

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIAS E GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ENERGIA NUCLEAR

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS  
ENERGÉTICAS E NUCLEARES.

**PRODUTIVIDADE DE BIOMASSA E INTERAÇÕES ÁRVORE-  
CULTIVO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NO  
AGRESTE DA PARAÍBA**

ALDRIN MARTIN PÉREZ MARIN

RECIFE-PERNAMBUCO-BRASIL  
AGOSTO, DE 2006

**PRODUTIVIDADE DE BIOMASSA E INTERAÇÕES ÁRVORE-  
CULTIVO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NO  
AGRESTE DA PARAÍBA**

**ALDRIN MARTIN PÉREZ MARIN**

**PRODUTIVIDADE DE BIOMASSA E INTERAÇÕES  
ÁRVORE-CULTIVO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NO  
AGRESTE DA PARAÍBA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares (PROTEN) do Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco, para obtenção do título de Doutor em Ciências. Área de Concentração: Aplicação de Radioisótopos / Ciência do solo

**ORIENTADOR: PROF. RÔMULO SIMÕES C. MENEZES**  
**CO-ORIENTADOR : PROF. IGNÁCIO HERNÁN SALCEDO**

**RECIFE-PERNAMBUCO-BRASIL**  
**AGOSTO DE 2006**

**P438p Pérez Marin, Aldrin Martin**

Produtividade de biomassa e interações árvore-cultivo em sistemas agroflorestais no Agreste da Paraíba / Aldrin Martin Pérez Marin. – Recife: O Autor, 2006.

69 f., il., gráfs., tabs.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Depto. de Energia Nuclear. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares, 2006.

Inclui referências bibliográficas.

**1. Energia Nuclear. 2. Sistemas agroflorestais. 3. Semi-Árido - Paraíba. 3. Adubação orgânica. 4. Ciclagem de nutrientes. I. Título.**

**631.4 CDD (22.ed.)**

**BCTG/2006-84**

**PRODUTIVIDADE DE BIOMASSA E INTERAÇÕES  
ÁRVORE-CULTIVO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NO  
AGRESTE DA PARAÍBA**

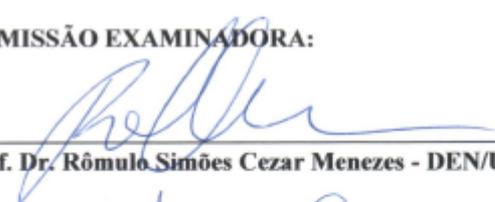
**Aldrin Martin Pérez Marin**

**APROVADO EM: 20.06.2006**

**ORIENTADOR: Prof. Dr. Rômulo Simões Cezar Menezes**

**CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. Ignácio Hernan Salcedo**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Rômulo Simões Cezar Menezes - DEN/UFPE**

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Everardo Valadares de Sá Barreto Sampaio - DEN/UFPE**

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Antonio Celso Dantas Antonino - DEN/UFPE**

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. José Romualdo de Sousa Lima - DSER/UFPB**

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. José Carlos Batista Dubeux Junior - DZ/UFRPE**

**Visto e permitida a impressão**

  
\_\_\_\_\_  
**Coordenador do PROTEN/DEN/UFPE**

*A minha mãe, Orfilia*  
*À minha avó Ângela Pérez, in memoriam*  
*À minha amada esposa, Adriana.*  
*A minha linda filha Isis.*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Pernambuco e ao Departamento de Energia Nuclear, pela oportunidade de realização do curso de pós-graduação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Inter American Institute for Global Change Research (IAI) pelo apoio financeiro através da CRN 001.

Ao Centro de Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa (AS-PTA), pela oportunidade concedida, pelo apoio e pela facilitação na realização da pesquisa.

À minha mãe Orfilia Pérez Marin, pelo amor, pela compreensão, pelo apoio, pelo estímulo e pelas orações, que contribuíram para culminar este projeto de vida.

A Luis Felipe Ulloa que, mais que um amigo para comigo, tem sido um pai no caminho da vida.

À minha amada esposa, Adriana, pelo amor, pelo carinho, pela compreensão e pelo incentivo, principalmente nos momentos difíceis.

Ao meu estimado companheiro e amigo Orientador Professor Rômulo S. Cezar Menezes, meus agradecimentos pela amizade e pelas sugestões realizadas ao longo de meu aprendizado.

Ao Professor Ignacio Hernán Salcedo, pelo aconselhamento e pelas sugestões no desenvolvimento do presente trabalho e pelo conhecimentos adquiridos durante suas aulas.

Aos Professores do DEN por todo o aprendizado, em especial ao coordenador do curso, Prof. Carlos Alberto Brayner de Oliveira Lira, Prof. Everardo de S. B. Sampaio e Prof. Antonio D. Antonino, pela amizade, paciência e total dedicação ao PROTEN.

A Equipe Técnica e amigos da ASPTA, em especial a Miraneide, Camelo, Roberval, Luciano, Paula, Anchieta, Edivam e Giba, pela amizade, boa convivência e auxílio nas atividades de campo e logísticas.

Aos laboratoristas do Departamento de Energia Nuclear, Laboratórios de Fertilidade e Física de solos, pela ajuda, pela amizade e pelo apoio na realização das análises de laboratório, em especial ao Antonio Márquez, Claus, Gilberto, Pedrinho, Clarindo, Carolina, e Daniela

À minha família brasileira, Sra. Odoci, Sr. Nicasio, Vivi, Liliana, Andres, Nicasinho, Rolsilda, e sobrinhos, pela acolhida, pela amizade e pelo grato carinho que sentem por mim.

À minha família nicaragüense, Tia Estela, Tia Arminda, Adilia, Onosma, Victor Manuel, Maria de los Angeles, Oscar, Lester, Izta, Aura Estela, Allan, Lorgia e filhos, Maria Celeste, Lisbeika, Gisele, mita Esperanza, Paco, Abel, Lourdes, Fabiola, Sra. Leonor, Elizabet, Rosário Vasquez, pela amizade e pelo grato carinho que sentem por mim.

Aos meus amigos irmãos nicaragüenses e brasileiros, Regis Mairena e sua esposa Adriana, Ariosto, Sergio, Romildo, Fabio, Ana, Acássia, Cacao, Mariana, Laélia,, Romualdo e colegas do laboratório e do curso Sandra, Antonio, Rafael, Marlon, pela solidariedade e inesquecível convivência.

Aos funcionários do DEN, Antônio, Edvaldo, Eliete, Cristina, Juarez, Lia, Magali, Nilvania, Norma, Zacarias e Zeza, pela amizade e profissionalismo com o qual desempenham suas funções

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para o desenvolvimento deste projeto de vida.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPITULO 1

- Figura 1. Precipitação pluviométrica mensal (PM) e total anual acumulada (PA) no Centro Agroecológico São Miguel, município de Esperança, Paraíba, durante o período de 2003 a 2005. .... 41
- Figura 2.- Delineamento experimental e distribuição das parcelas na área experimental. 42
- Figura 3. Produtividade de grãos do milho (massa seca) plantado a diferentes distâncias de fileiras de gliricídia em dois anos consecutivos sob diferentes tratamentos de adubação orgânica em um sistema de cultivo em aléias, no município de Esperança, PB..... 43

## LISTA DE TABELAS

### CAPITULO 1

- Tabela 1. Produtividade de grãos e palha de milho e de vegetação nativa espontânea em parcelas cultivadas com ou sem aléias de gliricídia sob três tipos de adubação orgânica em três anos consecutivos, no município de Esperança, PB. .... 38
- Tabela 2. Produtividade de gliricídia plantada com espaçamento de 6 m entre filas e 1 m entre plantas em consórcio com milho sob três tipos de adubação orgânica, em um Neossolo Regolítico ao longo de três anos no município de Esperança, PB. .... 39
- Tabela 3. Produtividade total de biomassa (milho + gliricídia + vegetação nativa espontânea) nos sistemas de cultivo com e sem aléias de gliricídia sob três tipos de adubação orgânica em um Neossolo Regolítico ao longo de três anos no município de Esperança, PB..... 40

### CAPITULO 2

- Tabela 1: Massa seca e conteúdo de N, P e K no folheto caído de julho a novembro de 2003, a diferentes distâncias das árvores de *G. sepium*, plantadas em fileiras com espaçamento de 6 m entre fileiras e 1 m entre árvores e consorciadas com milho, em um Neossolo Regolítico no município de Esperança-PB. .... 63
- Tabela 2: Teores médios de carbono orgânico total (COT), P e K e pH do solo em amostras coletadas na profundidade de 0-10 cm, a 0, 1 e 3 m de distância de árvores de *G. sepium*, sete anos após o seu plantio, em um Neossolo Regolítico, no município de Esperança-PB..... 63
- Tabela 3: Matéria orgânica leve do solo (MOL) na profundidade de 0-10 cm em quatro épocas do ano (de abril 2003 a janeiro de 2004) em um sistema agroflorestal com *G. sepium* ao longo de um transeito de amostragem partindo de baixo da copa das árvores (0 m) até o centro das parcelas (3 m), no município de Esperança, PB..... 64
- Tabela 4: Conteúdo médio de água no solo (0-20 cm) a diferentes distâncias de árvores de *G. sepium* plantadas em fileiras espaçadas 6 m entre si e consorciadas com milho, em um Neossolo Regolítico no município de Esperança, PB, de março a agosto de 2003 e de 2004. .... 65

Tabela 5:	Médias mensais das temperaturas máximas e mínimas do ar e do solo (0-10 cm) ao longo do ano embaixo e a 3 m de distância de fileiras de <i>G. sepium</i> consorciada com milho em um sistema agroflorestal no município de Esperança, PB.....	66
Tabela 6:	Produtividade de grãos e palha do milho semeado a diferentes distâncias de fileiras de <i>G. sepium</i> em um sistema agroflorestal de cultivo, no município de Esperança, PB.....	66

# SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

RESUMO

SUMMARY

INTRODUÇÃO \_\_\_\_\_ 17

CAPITULO 1 \_\_\_\_\_ 19

**Cultivo em aléias com gliricídia e milho: Produtividade de biomassa e interações árvore-cultivo.** \_\_\_\_\_ 19

RESUMO \_\_\_\_\_ 20

SUMMARY \_\_\_\_\_ 21

INTRODUÇÃO \_\_\_\_\_ 22

MATERIAL E MÉTODOS \_\_\_\_\_ 24

RESULTADOS E DISCUSSÃO \_\_\_\_\_ 28

CONCLUSÕES \_\_\_\_\_ 34

AGRADECIMENTOS \_\_\_\_\_ 34

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS \_\_\_\_\_ 35

CAPITULO 2 \_\_\_\_\_ 44

**Efeito da *Gliricidia sepium* sobre nutrientes do solo, microclima e produtividade do milho em sistema agroflorestal no agreste paraibano.** \_\_\_\_\_ 44

RESUMO \_\_\_\_\_ 45

SUMMARY \_\_\_\_\_ 47

INTRODUÇÃO \_\_\_\_\_ 48

MATERIAL E MÉTODOS \_\_\_\_\_ 50

RESULTADOS E DISCUSSÃO \_\_\_\_\_ 54

CONCLUSÕES \_\_\_\_\_ 59

AGRADECIMENTOS \_\_\_\_\_ 59

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS \_\_\_\_\_ 60

CONCLUSÕES GERAIS \_\_\_\_\_ 67

# **PRODUTIVIDADE DE BIOMASSA E INTERAÇÕES ÁRVORE-CULTIVO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NO AGRESTE DA PARAÍBA**

**Autor: Aldrin Martin Pérez Marin**

**Orientador: Prof. Rômulo S. C. Menezes**  
**Co-Orientador: Prof. Ignacio Hernán Salcedo**

## **RESUMO**

Sistemas agroflorestais, como o cultivo em aléias (alley cropping) ou a implantação de cercas vivas com gliricídia (*Gliricidia sepium*), vêm sendo adotados em propriedades agrícolas familiares no Agreste paraibano com o intuito de melhorar a fertilidade do solo e aumentar a produtividade agropecuária. Entretanto, na região, são praticamente inexistentes estudos quanto à dinâmica de nutrientes e água e a produção de biomassa em sistemas agrícolas familiares com incorporação do componente arbóreo. Objetivando compreender a natureza e o alcance desses processos foi desenvolvido o presente estudo, de 2003 a 2005 no Centro Agroecológico São Miguel (CASM), no município de Esperança, no Agreste paraibano. Na primeira parte da pesquisa (Capítulo 1) quantificaram-se os efeitos da presença da gliricídia em sistemas de cultivo com (CA) e sem aléias (SA) e da adubação orgânica com esterco ou ramas de gliricídia sobre a produtividade de grãos e palha do milho e a produtividade total de biomassa dos sistemas. A produtividades de grãos no sistema de cultivo SA foram 268, 129 e 116 % maior que o sistema CA, no primeiro, segundo e terceiro ano, respectivamente. Ao longo dos três anos, entretanto o sistema CA foi capaz de produzir maiores quantidades totais de biomassa (86, 120 e 37%) quando comparado ao sistema SA. Não houve diferenças significativas entre a incorporação de esterco e gliricídia quanto à produtividade do milho e vegetação nativa espontânea, porém ambas fontes orgânicas aumentaram significativamente a produtividade do milho e vegetação nativa espontânea

quando comparadas ao tratamento controle. Na segunda parte (Capítulo 2) da pesquisa descreve-se o efeito da introdução de fileiras de gliricídia, sete anos após o plantio das árvores, em campos cultivados com milho, sobre: (i) teores de carbono orgânico total (COT), P, K e matéria orgânica leve (MOL) do solo, (ii) características microclimáticas, (iii) umidade do solo medida (v) produtividade e absorção de nutrientes pelo milho; e (iv) queda de folheda da gliricídia. A massa seca de folheda caído embaixo da fileira de árvores foi de 1390 kg ha<sup>-1</sup> e diminuiu gradativamente para 270 kg ha<sup>-1</sup> a 3 m de distância das árvores. As concentrações de P, K e matéria orgânica leve (MOL) embaixo das árvores foram maiores do que a 1 e 3 m de distância das fileiras. As médias mensais das temperaturas máximas do solo e do ar foram 6 e 2 °C mais altas a 3 m das árvores, respectivamente. A umidade do solo foi significativamente menor embaixo das árvores do que a 1 e 3 m de distância. O milho produziu mais grãos e palha e acumulou mais nutrientes nas posições mais próximas (1 e 2 m) das fileiras de gliricídia.

Palavras chaves: semi-árido, sistemas agroflorestais, adubação orgânica, matéria orgânica leve, umidade do solo

# **BIOMASS PRODUCTIVITY AND INTERACTIONS TREE-CROP IN AGROFORESTRY SYSTEMS IN SEMI-ARID PARAIBA, BRAZIL**

**Author: Aldrin Martín Pérez Marin**

**Adviser: Prof. Rômulo S. C. Menezes**  
**Co-Adviser: Prof. Ignacio Hernán Salcedo**

## **SUMMARY**

Agroforestry systems, such as alley cropping or the implantation of gliricidia hedgerows (*Gliricidia sepium*), are being adopted in agricultural family properties in the rural area of Paraíba with the objective of bettering soil fertility and increasing cattle breeding productivity. However, studies regarding the dynamics of nutrients, water and biomass production in agricultural family systems, are practically non-existent, with incorporation of this arborous component. With the objective of understanding the nature and the range of these processes the present study was developed, from 2003 to 2005, at the São Miguel Agroecological Center (CASM), in the municipality of Esperança, in semi-arid Paraíba, Brazil. In the first part of the work (chapter one), the effects of presence of gliricidia in cultivated systems with (CA) and without hedgerows (SA) and organic fertilizer with manure or gliricidia foliage over productivity of grain and stalks of maize and also the total productivity of biomass in the systems were quantified. The productivity the cultivated systems without hedgerows was 268%, 129% and 166% greater than in the CA systems, in the first, second and third years, respectively. Along the three years, however, the CA systems was able to produce greater total quantities of biomass (86%, 120% and 36%) when compared with the SA systems. There were no significant differences between the incorporation of manure and gliricidia foliage, regarding the corn and spontaneous native vegetation productivity, nevertheless, both the organic sources significantly increased the

productivity of corn and spontaneous native vegetation when compared with the control treatment. In the second part (chapter two) of research, the effect of introduction of rows of *G. sepium* is described seven years after the planting of the trees, in fields cultivated with corns, regarding: (i) total organic carbon content (COT), P, K and light organic matter (MOL) of soil, (ii) microclimatic characteristics, (iii) soil humidity measured with neutron probe (iv) productivity and absorption of nutrients by the corn, and (v) the fall *G. Sepium* foliage. The foliage dry mass below the rows of trees was 1390 kg ha<sup>-1</sup> and gradually diminished to 270 kg ha<sup>-1</sup> a distance of 3 m from trees. The concentrations of P, K and light organic matter below the trees were greater than 1 m and 3 m distance from the rows. The monthly mean maximum temperatures of soil and air were 6 and 2 °C higher at 3 m from trees, respectively. The soil humidity was significantly lower below the trees than at 1 and 3 m distance. The maize produced more grain and stalk and accumulated more nutrients in the positions nearer (1 and 2 m) to the rows of *G. sepium*.

Keyword: semi-arid region in Brazil, agroforestry systems, green manure, light fraction of soil organic matter, soil moisture

## INTRODUÇÃO

A sustentabilidade de sistemas agrícolas familiares não-irrigados no Agreste da Paraíba, assim como no restante do semi-árido nordestino, é um dos entraves atuais mais relevantes para a região. As condições ambientais que definem os solos da região levam à formação de solos de baixa fertilidade, principalmente quanto à disponibilidade de nutrientes para as culturas agrícolas. Além disso, as perturbações antropogênicas, a fragmentação das unidades familiares e a descapitalização da maioria das famílias de agricultores certamente causam dificuldades quanto à implantação de sistemas agrícolas familiares sustentáveis.

Na região, a elevada quantidade de energia radiante ( $13-19 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ), a pequena variação do comprimento do dia e as elevadas temperaturas, associadas com a disponibilidade de água durante certas épocas do ano resultam em altas taxas de oxidação dos restos vegetais e da matéria orgânica do solo. Isto ocorre, principalmente em áreas recém abertas, submetidas ao cultivo itinerante que intensifica a mineralização da matéria orgânica e subsequente perda da produtividade biológica. Esses fatos, associados à ocorrência de chuvas de alta erosividade, exigem práticas de manejo do solo que priorizem a cobertura permanente e a manutenção da matéria orgânica.

Por outro lado, os solos da região ou são altamente intemperizados e, por conseqüência, inerentemente pobres em nutrientes litogênicos, ou são solos jovens onde o intemperismo de minerais contribui com pequena quantidade de nutrientes para as plantas e uma grande proporção deles encontra-se na biomassa, na serapilheira ou nos primeiros centímetros do solo.

Neste contexto, acumular matéria orgânica através de estratos arbóreos ou “*sistemas agroflorestais*” pode resultar numa estratégia para aumentar a produtividade biológica destes sistemas agrícolas familiares. A cobertura vegetal por diferentes estratos arbóreos permite uma maior deposição de folhas, frutos, casca, galhos e madeira, desenvolvendo camadas verticais de constante retroalimentação (serapilheira). Isto pode assegurar um fluxo de nutrientes, comparados com aquelas aplicações via esterco, composto e/ou restos culturais. Este fluxo de nutrientes no compartimento serapilheira-solo é regulado pela capacidade de produção de biomassa da espécie arbórea, pela quantidade de material que cai da parte aérea

das plantas e por sua taxa de decomposição. Por isso, é de grande importância entender os mecanismos que regulam esses processos dinâmicos, nos quais a entrada de materiais, através da deposição, e a saída ou transformação, via decomposição, acontecem quase que simultaneamente.

Na região, são praticamente inexistentes estudos quanto à dinâmica de nutrientes e água e à produção de biomassa em sistemas agrícolas familiares com incorporação do componente arbóreo. Recentemente, o plantio da *Gliricidia sepium* (Jacq. Walp) em aléias e cercas vivas vem sendo estimulado pela ONG Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa (AS-PTA) no Agreste paraibano, devido à alta capacidade dessa leguminosa de produzir biomassa em condições de baixa disponibilidade hídrica. É possível que o plantio desta leguminosa arbórea seja uma estratégia que promova uma maior estabilização na produção de biomassa, que aumente as entradas de C, N, P e outros nutrientes no sistema, que aumente a resiliência destes sistemas e que maximize a produção por unidade de entrada de insumo (como nutrientes), unidades de consumo (como água), ou de perdas (como solo).

Diante desta situação, delineou-se a presente pesquisa objetivando estudar a dinâmica de nutrientes, água e produtividade de biomassa em sistemas agroflorestais com *Gliricidia sepium* e milho sob diferentes sistemas de adubação orgânica.

O presente trabalho consta de dois artigos preparados para publicação em periódicos científicos. No artigo 1, objetivou-se quantificar, ao longo de três anos, os efeitos da presença da gliricídia em um sistema de cultivo em aléias e da adubação orgânica com esterco ou ramas de gliricídia sobre a produtividade de grãos e palha do milho e produtividade total de biomassa dos sistemas. O artigo 2 visou gerar um entendimento mais detalhado dos efeitos das fileiras de gliricídia, sete anos após o plantio das árvores, em campos cultivados com milho, sobre: (i) teores de carbono orgânico total (COT), P, K e matéria orgânica leve (MOL) do solo, (ii) características microclimáticas, (iii) umidade do solo (iv) produtividade e absorção de nutrientes pelo milho; e (v) queda de folheto da gliricídia.

## **CAPITULO 1**

### **Cultivo em aléias com gliricídia e milho: Produtividade de biomassa e interações árvore-cultivo.**

Aldrin Martin Pérez Marin, Rômulo Simões C. Menezes e Ignacio Hernán Salcedo.

Trabalho enviado para a Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira .

## CULTIVO EM ALÉIAS COM GLIRICÍDIA E MILHO: PRODUTIVIDADE DE BIOMASSA E INTERAÇÕES ÁRVORE- CULTIVO<sup>1</sup>

Aldrin Martin Pérez Marin<sup>2</sup>, Rômulo Simões Cezar Menezes<sup>3</sup> e Ignácio Hernán Salcedo<sup>4</sup>.

### RESUMO

Os efeitos da presença da gliricídia em um sistema de cultivo em aléias e da adubação orgânica com esterco ou ramas de gliricídia sobre a produtividade de grãos e palha do milho e a produtividade total de biomassa foram quantificados. Em uma área com fileiras de *Gliricídia sepium*, espaçadas 6 m entre si e com 1 m entre as árvores em um NEOSSOLO REGOLÍTICO no município de Esperança, segundo um delineamento experimental em blocos casualizados e parcelas sub-divididas, foram testados dois tratamentos principais (aléias de gliricídia consorciadas com milho, CA e milho sem aléias de gliricídia, SA) e três tratamentos secundários (aplicação de esterco, E, aplicação de ramas de gliricídia, G e testemunha, T). As produtividades de grãos no sistema de cultivo SA foram 268, 129 e 116 % maiores que no sistema CA. Ao longo dos três anos, entretanto, o sistema CA produziu maiores quantidades totais de biomassa (86, 120 e 37 %), somando-se a produtividade do milho, da gliricídia e da vegetação nativa. Não houve diferenças significativas entre a incorporação de esterco e gliricídia quanto à produtividade do milho e vegetação nativa espontânea, porém ambas as fontes orgânicas aumentaram significativamente a produtividade do milho e vegetação nativa espontânea quando comparadas ao tratamento controle.

Termos para indexação: semi-árido, sistemas agroflorestais, adubação orgânica.

---

<sup>1</sup> Parte do trabalho de Tese de Doutorado do primeiro autor, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Enviado para publicação em agosto de 2006 e aprovado em \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

<sup>2</sup> Pesquisador da Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA), Solos e Nutrição de Plantas, Av. das Nações s/n, CEP 56300-000, Petrolina (PE). Bolsista CNPq. E-mail: [aldrin@ipa.br](mailto:aldrin@ipa.br)

<sup>3</sup> Professor Adjunto do Departamento de Energia Nuclear (DEN), UFPE. E-mail: [rmenezes@ufpe.br](mailto:rmenezes@ufpe.br)

<sup>4</sup> Professor Titular do Departamento de Energia Nuclear (DEN), UFPE. E-mail: [salcedo@ufpe.br](mailto:salcedo@ufpe.br)

## ALLEY CROPPING WITH GLIRICIDIA AND MAIZE: BIOMASS PRODUCTIVITY AND TREE-CROP INTERACTIONS

Aldrin Martin Pérez Marin, Rômulo Simões César Menezes e Ignácio Hernán Salcedo

### SUMMARY

In the present study we quantified the effects of the introduction of *Gliricidia sepium* in an alley cropping system and fertilization with animal manure or *G. sepium* prunings on maize grain and straw productivity and overall biomass productivity. The study site had *G. sepium* trees planted with a spacing of 6 m between rows and 1 m between plants in a NEOSSOLO REGOLÍTICO in the county of Esperança, PB. The experimental design was complet randomized block in a split-plot, where the main treatments were the presence (CA) or absence (SA) of trees, and the secondary treatments were fertilization with animal manure (E), with *G. sepium* prunings (G) or control plots without fertilization (T). Maize grain productivities in the SA were 268, 129 and 116% greater than in the CA, respectively. However, throughout the three years of the study, total biomass productivity (the sum of the biomass produced by maize, *G. sepium* and native spontaneous vegetation) was 86, 120 e 37 % greater in the CA plots, respectively. Organic fertilization with animal manure or *G. sepium* prunings increased significantly the biomass of maize and native vegetation compared to the control plots, but there were no significant differences in biomass productivity between these two treatments.

Index term: semi-arid region in Brazil, agroforestry systems, green manure

## INTRODUÇÃO

Os solos da região semi-árida nordestina são deficientes em nutrientes, principalmente, N e P (Sampaio et al., 1995; Menezes et al., 2005). O emprego de fertilizantes químicos é muito reduzido, devido ao custo e ao risco proporcionado pela variabilidade do regime de chuvas (Sampaio et al., 1995). Por esse motivo, o manejo da fertilidade do solo depende principalmente do manejo da matéria orgânica (Tiessen et al., 1992). O esterco é uma fonte alternativa de nutrientes amplamente utilizada na região, porém não é disponível em quantidade suficiente nas propriedades rurais para suprir a demanda das culturas agrícolas. Como alternativa, nos últimos anos, a prática da adubação verde com gliricídia tem sido proposta.

A gliricídia é uma leguminosa arbórea resistente à seca que vem sendo cultivada como fonte de forragem e lenha em propriedades rurais no semi-árido nordestino. Devido à sua alta capacidade de fixar nitrogênio atmosférico (Bala et al., 2003) e de produzir biomassa em condições de baixa disponibilidade hídrica, a gliricídia vem se mostrando como uma planta capaz de melhorar a fertilidade do solo e de aumentar a produtividade das culturas agrícolas associadas quando usada como adubo verde (Barreto & Fernandes, 2001; Perez et al., 2004). A alta qualidade da biomassa da gliricídia para uso como adubo verde faz dessa árvore uma espécie ideal para o cultivo em aléias (Palm et al., 2001; Vanlauwe et al., 2005).

Sistemas agroflorestais, como o cultivo em aléias (alley cropping) ou a implantação de cercas vivas com gliricídia (*Gliricidia sepium*) vêm sendo adotados em propriedades agrícolas familiares no Agreste paraibano. O sistema em aléias consiste no plantio de árvores ou arbustos, geralmente leguminosas, em fileiras suficientemente espaçadas entre si para permitir o plantio de culturas agrícolas entre elas (Sanchez, 1995). O manejo desse sistema é baseado em cortes periódicos da parte aérea das espécies arbóreas, geralmente entre dois a três cortes

por ano, e na utilização da biomassa na alimentação animal e/ou para incorporação ao solo como adubo verde.

As espécies arbóreas requerem os mesmos recursos que as culturas associadas o que pode resultar tanto em interações positivas (complementariedade) quanto negativas (competição). Entre as interações competitivas da associação árvore-cultivo destacam-se a competição por luz, água e nutrientes, além de possíveis relações alelopáticas (Schroh et al., 1995). Entre as interações de complementariedade destacam-se o suprimento de nutrientes dentro da zona radicular das culturas através da entrada de N<sub>2</sub> por fixação biológica, a redução das perdas de nutrientes por lixiviação devido à sua absorção de camadas mais profundas e a reciclagem de resíduos orgânicos provenientes da deposição de serapilheira ou ainda da incorporação de biomassa através da adubação verde (Buresh & Tian, 1998, Rowe & Cadisch, 2002; Bala et al., 2003). A magnitude e o tipo de interação que ocorre entre as árvores e os cultivos depende das condições edafo-climáticas de cada local, das características das plantas utilizadas, do manejo e da eficiência do uso da água, além de outros fatores (Gimenez et al., 1996; Rowe et al., 2001; Gathumbi et al., 2003).

No semi-árido nordestino, existe uma lacuna de conhecimentos sobre a complementariedade e/ou competição das espécies arbóreas e culturas associadas em sistemas agrícolas familiares, assim como sobre os efeitos da adubação verde com gliricídia sobre a produtividade das culturas. Sendo assim, o presente estudo teve como objetivos quantificar, ao longo de três anos, os efeitos da presença da gliricídia em um sistema de cultivo em aléias e da adubação orgânica com esterco ou ramas de gliricídia sobre a produtividade de grãos e palha do milho e a produtividade total de biomassa dos sistemas.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Descrição da área experimental

Os estudos foram desenvolvidos ao longo dos anos de 2003, 2004 e 2005, no Centro Agroecológico São Miguel (CASM), sede da ONG Assessoria e Serviços a Projetos de Agricultura Alternativa (AS-PTA), no município de Esperança, no Agreste paraibano. O CASM está localizado a 7°19' de latitude sul e 33°51' de longitude oeste, a uma altitude de 635 m. A região apresenta uma estação chuvosa, de março a agosto, e estação seca, de setembro a fevereiro. A precipitação pluviométrica média anual é de 800 mm, e os totais anuais em 2003, 2004 e 2005 foram 648, 1000 e 668 mm, respectivamente (Figura 1). O solo na área experimental é classificado como um Neossolo Regolítico, textura franco-arenosa e com declividade em torno de 5%. Nesta área, fileiras de gliricídia foram plantadas em 1996, numa área de aproximadamente 0,5 ha, com um espaçamento de 6 m entre fileiras e 1 m entre as plantas.

### Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em parcelas subdivididas, com quatro repetições. Em 2003, dentro da área experimental, foram demarcadas quatro parcelas de 144 m<sup>2</sup> cada (6 x 24 m), que corresponderam ao tratamento principal com aléias de gliricídia consorciadas com milho (CA) (Figura 2). Imediatamente adjacente a essas parcelas, em áreas sem gliricídia, foram estabelecidas parcelas de mesmo tamanho, nas quais foi cultivado o milho solteiro em sistema convencional (SA), sem a presença de gliricídia (Figura 2). Cada parcela dos tratamentos principais foi sub-dividida em três parcelas de 48 m<sup>2</sup> (6 x 8 m), onde foram implementados os três tratamentos secundários de adubação orgânica: 1) aplicação de 15 t ha<sup>-1</sup> de massa seca ( 20 t ha<sup>-1</sup> massa fresca) de esterco (E); 2) aplicação de 6,40 t ha<sup>-1</sup> de massa seca ( 20 t ha<sup>-1</sup> massa fresca) de gliricídia

(folhas e galhos finos fragmentados) (G); e 3) testemunha (T), sem nenhum tipo de adubação orgânica (Figura 2).

Para evitar interferências das fileiras de árvores sobre as parcelas do sistema SA, foram escavadas trincheiras nas áreas de bordadura entre as parcelas com e sem árvores até a profundidade máxima do solo ( $\pm 1,20$  m). Em seguida, foram colocadas lonas plásticas dentro de cada trincheira, que foi reenchidas com o solo retirado, tratando de restaurar o solo o mais próximo possível da situação original.

O esterco utilizado no estudo foi obtido em propriedades rurais da região e continha, na matéria seca, 9,7, 2,3 e 13 g kg<sup>-1</sup> de N, P e K, respectivamente. A biomassa de gliricídia utilizada, obtida cortando-se pontas de ramas com menos de 1 cm de diâmetro das plantas presentes na área experimental, continha na matéria seca uma média de 32, 2,4 e 28 g kg<sup>-1</sup> de N, P e K, respectivamente. Os teores médios de massa seca no esterco e gliricídia utilizados foram 75 e 32%, respectivamente. A biomassa de gliricídia (folhas e galhos finos) foi cortada com um facão em pedaços com cerca de 10 a 20 cm de comprimento para facilitar sua distribuição sobre o solo das parcelas. O esterco e a gliricídia foram incorporados com enxadas ao solo das parcelas até a profundidade de 20 cm, antes do plantio do milho.

### **Plantio, manejo e colheita do milho**

O milho (*Zea mays* L.), da variedade “pontinha”, obtido no banco de sementes da AS-PTA, foi plantado na última semana de fevereiro de 2003 e de 2004, e terceira semana de maio de 2005. Foram semeadas duas sementes por cova, com um espaçamento de 1,0 x 0,20 m. Duas semanas após a emergência das plântulas, realizou-se o desbaste, deixando uma planta por cova (50,000 plantas ha<sup>-1</sup>). O controle de plantas espontâneas foi realizado com enxada, cerca de 15 a 20 dias após a semeadura do milho. Na ocasião da colheita do milho, aos 120 dias após a semeadura, foi quantificado o número total de plantas por fileira e por

parcela, e realizadas avaliações da produtividade de palha e de grãos. Para isto, em 2003, foram retiradas 20 plantas ao acaso de cada parcela (4 plantas fila<sup>-1</sup>). O peso dos grãos e palha das 20 plantas foi determinado e uma sub-amostra foi pesada e colocada em estufa de circulação forçada a 65°C, por 72 horas. Com base no número total de plantas foi estimada a produtividade total de grãos e palha por parcela. Em 2004 e 2005, baseado em observações prévias de que a produtividade do milho em parcelas não adubadas era maior nas posições próximas das fileiras de gliricídia, diminuindo com o aumento da distância das árvores; foi quantificado e pesado o número total de plantas por fileira de milho de cada parcela (i.e., 100% das plantas). As plantas foram divididas em grãos e palha e uma sub-amostra de cada um desses materiais foi seco em estufa (65°C), pesada para determinar a massa seca e moída para posterior análise dos teores de nutrientes. A produtividade de grãos foi expressa a 12% de umidade.

### **Manejo da gliricídia**

Em 2003 e 2004, as aléias de gliricídia foram podadas a uma altura de 1m, duas vezes por ano. O primeiro corte foi realizado no momento de incorporação das fontes orgânicas, antes do plantio do milho, o segundo quatro meses após o primeiro corte (final de julho). Em 2005, foi realizada uma única poda antes do plantio do milho. A quantificação da produção de biomassa da gliricídia foi realizada em cada um dos tratamentos (E, G e T) das áreas consorciadas com gliricídia e milho (CA). Todas as 16 plantas de cada parcela foram podadas e o peso fresco da biomassa podada foi quantificado. A biomassa produzida pela gliricídia foi agrupada em dois tipos: 1) madeira; e 2) folhas + galhos finos (< 1 cm de diâmetro). Sub-amostras desses materiais foram retiradas, pesadas e colocadas para secar em estufa a 65 °C até atingir peso constante.

Para determinar os teores de N, P e K no esterco e nas folhas + galhos finos da gliricídia, amostras de 0,25 g desses materiais foram digeridas com uma mistura de  $H_2SO_4$  +  $H_2O_2$  (EMBRAPA, 1999). Nos extratos, foram determinados os teores de K por fotometria de chama, de P por colorimetria e de N pelo método Kjeldahl (EMBRAPA, 1999).

### **Amostragem da biomassa da vegetação nativa espontânea**

Foi também quantificada a biomassa da vegetação nativa nascida espontaneamente nas parcelas após a colheita do milho, nas áreas com ou sem aléias. As amostras foram coletadas usando um gabarito de madeira de  $1,3\text{ m}^2$ , lançado ao acaso sobre 10 pontos, dentro de cada sub-parcela. O peso total foi determinado e uma sub-amostra foi coletada, pesada e colocada em estufa de circulação forçada a  $65^\circ\text{C}$ , por 72 horas, até atingir peso constante.

### **Análises estatísticas**

Os resultados da produtividade do milho e da vegetação nativa espontânea foram tratados estatisticamente, através de análise de variância, segundo o delineamento em blocos casualizados em parcelas sub-divididas, e as médias separadas pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). A produtividade de biomassa da gliricídia (folhas + galhos finos e lenha) foi analisada separadamente, como uma ANOVA em blocos casualizados, com quatro repetições, considerando-se como tratamentos os três tipos de adubação orgânica. Para estudar o efeito das fileiras de gliricídia sobre a produtividade de grãos e palha do milho em cada fila de plantio nos tratamentos E, G e T, foram usados contrastes polinomiais, permitindo quantificar um gradiente de produtividade com o aumento da distância das fileiras, no tratamento CA.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### **Efeito das aléias de gliricídia sobre a produtividade do milho e da vegetação nativa espontânea**

Ao longo dos três anos do estudo, as produtividades de grãos e palha do milho foram significativamente maiores no sistema sem aléias de gliricídia (SA) que no sistema com aléias (CA) (Tabela 1). As produtividades de grãos no sistema SA foram 268, 129 e 116 % maiores que no sistema CA, em 2003, 2004 e 2005, respectivamente. Em média, ao longo dos três anos do estudo, as parcelas sem árvores produziram 1282, 1960 e 206 kg ha<sup>-1</sup> a mais de massa seca de grãos, palha do milho e de vegetação nativa, respectivamente. Estudos realizados em outras regiões têm reportado tendências similares, mostrando que o cultivo em aléias reduz a produtividade da cultura associada (Rao et al., 1991; Schroh et al., 1995; De Costa et al., 2005).

Em um estudo conduzido em uma região semi-árida da Índia, houve uma redução de 58% da produtividade do milho, no cultivo em aléias com *Leucaena leucocephala* (Rao et al., 1991). Em regiões úmidas, em que a água não é um fator limitante da produtividade, tem-se observado forte competição devido à redução em luz e nutrientes (Szott et al., 1991). Segundo Sanchez (1995), de uma maneira geral, o cultivo em aléias só é capaz de aumentar a produtividade das culturas agrícolas associadas no caso de regiões úmidas e de solos férteis, onde a competição por água e nutrientes entre as árvores e as culturas agrícolas é reduzida.

### **Efeito da adubação orgânica com gliricídia ou esterco sobre a produtividade do milho e vegetação nativa espontânea**

No primeiro ano (2003), no sistema de cultivo SA, os tratamentos com adubação orgânica (E ou G) não provocaram aumentos significativos sobre a produtividade do milho

quando comparados ao controle (Tabela 1). Neste ano, o efeito devido à adubação orgânica G ou E aumentou a produtividade de grãos em apenas 6%. O reduzido efeito da adubação orgânica deu-se principalmente porque as parcelas sem aléias estavam em pousio nos anos anteriores ao estudo. Entretanto, o mesmo não aconteceu no segundo e terceiro ano de cultivo. Em 2004, os tratamentos E e/ou G aumentaram a produtividade de grãos e palha de milho em cerca de 60% e 50%, em relação ao controle, respectivamente. Em 2005 os aumentos com E e/ou G foram acima de 100 e 90% para grãos e palha, respectivamente. As diferenças (média anual ao longo de todo o período) entre as produtividades de grãos e palha do milho e vegetação nativa, para ambos tipos de adubação orgânica, superaram ao controle em cerca de 650, 1000 e 200 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Resultados similares quanto ao efeito dos adubos orgânicos foram observados no sistema CA (Tabela 1). Em 2003, nesse sistema não houve diferenças entre os tratamentos, apesar da produtividade média de grãos dos tratamentos com adubação orgânica (801 kg ha<sup>-1</sup>) ter sido bastante superior à do controle (402 kg ha<sup>-1</sup>). Nos anos 2004 e 2005 as produtividades médias de grãos e palha do milho nos tratamentos G e E foram 450 e 180% superiores às do controle, nos dois anos, respectivamente. Ao longo de todo o período, as produtividades médias de grãos e palha de milho, após a incorporação dos adubos orgânicos, foram cerca de 700 e 1700 kg ha<sup>-1</sup> superiores ao tratamento controle, respectivamente (Tabela 1).

A partir do segundo ano, o tratamento E teve maior efeito residual sobre a produção de matéria seca da vegetação espontânea (Tabela 1). Isso sugere que não seria necessária a aplicação anual do esterco nas áreas, permitindo uma rotação na aplicação de esterco nos campos agrícolas, o que é importante dada à limitada disponibilidade de esterco para adubação nas propriedades rurais.

O aumento das produtividades do milho em ambos os tratamentos de adubação orgânica ao longo de três anos ( $P > 0,05$ ), mostrou que a incorporação de gliricídia ou esterco

aumenta a produtividade do milho intercalado nos sistemas com ou sem aléias. Resultados similares têm sido relatados em outros estudos, demonstrando o aumento da produtividade das culturas após adubação orgânica, em sistemas agroflorestais (Jimenez et al., 1998; Agus et al., 1998; De Costa et al., 2005;).

Nas parcelas que não foram adubadas, a produtividade de grãos foi significativamente maior nas linhas próximas às fileiras de gliricídia (1m), do que a 2 e 3 m de distância (Figura 3a e 3b). Estudos prévios conduzidos nessa mesma área experimental demonstraram que o solo embaixo das árvores e a 1 m de distância das fileiras de gliricídia possuíam maiores teores de matéria orgânica leve, P e K extraível, e menor umidade que o solo a 3 m de distância das fileiras (Perez et al., 2006). Isso sugere que o milho produziu mais nas posições próximas às fileiras de gliricídia porque a baixa disponibilidade de nutrientes do solo nas parcelas não adubadas foi mais limitante para o crescimento e desenvolvimento do milho que a disponibilidade de água.

No caso das parcelas que receberam adubação orgânica, foi observado um forte efeito quadrático sobre a produtividade de grãos e palha do milho em relação à distância das fileiras de gliricídia ( $P < 0,05\%$ ) (Figuras 2c, 2d, 2e e 2f). A produtividade de grãos a 1 m das árvores foi significativamente menor do que a 2 e 3 m de distância das árvores. No ano de 2004, a 1 m de distância da fileira de gliricídia a produtividade média de grãos foi 714 e 961 kg ha<sup>-1</sup> para os tratamentos E e G, respectivamente. A 2 e 3 m de distância das fileiras de gliricídia, as produtividades médias de grãos, no tratamento G foram 1352 e 1522 kg ha<sup>-1</sup> e, no tratamento E, foram 1442 e 1531 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Em 2005, a produtividade do milho seguiu o mesmo padrão, sendo superior nas posições mais distantes das árvores (Figura 3d e 2f).

O ajuste quadrático nos tratamentos E e G indicou um comportamento oposto ao observado nas parcelas sem adubação, ou seja, a produtividade do milho aumentou quando distanciou-se das fileiras de gliricídia (Figuras 2c, 2d, 2e e 2f). Esse resultado sugere que uma

vez suprida a deficiência de nutrientes, com a adição dos fertilizantes orgânicos, possivelmente a competição por água e luz passou a limitar a produtividade do milho nas posições próximas às fileiras de gliricídia.

Os resultados indicam que o estabelecimento de sistemas de cultivo em aléias com gliricídia diminui a produtividade do milho consorciado. Se a biomassa da gliricídia é retirada para uso como forragem, ao invés de ser utilizada como adubo verde, há limitação de nutrientes no solo para o crescimento e desenvolvimento do milho. Por outro lado, se a biomassa de gliricídia é usada como adubo verde, a competição por água nas posições próximas às fileiras de gliricídia limita a produtividade do milho.

### **Efeito da adubação orgânica sobre a produtividade de biomassa da gliricídia**

A adubação orgânica com esterco e gliricídia não influenciou significativamente a produtividade de biomassa da gliricídia (folhas + galhos finos e lenha) (Tabela 2). Entretanto, em 2004, a incorporação de ramas frescas de gliricídia aumentou significativamente a produtividade de lenha em comparação aos tratamentos E e T, o que refletiu na média anual da produtividade de biomassa pela gliricídia (Tabela 2).

A produtividade média de folhas e galhos finos da gliricídia, ao longo dos três anos de estudo, foi  $3,3 \text{ t ha}^{-1}$ , com uma produtividade média de  $1,5 \text{ kg}$  de massa seca por árvore. Resultados reportados para outros locais diferem dos encontrados nesse estudo, principalmente nos casos em que as condições de solo e clima são mais favoráveis. Barreto & Fernandes (2001), avaliando a produtividade de biomassa da parte aérea da gliricídia em cultivos em aléias sobre um Latossolo Amarelo, no município de Lagarto, SE, reportou valores médios de  $5,5 \text{ t ha}^{-1}$  massa seca. Em um experimento conduzido por Heriksen et al. (2002), na estação experimental “La montaña”, CATIE, Turrialba, Costa Rica, com alta

precipitação (2640 mm) e solos com bom nível de fertilidade, obtiveram produtividades médias de 14,4 t ha<sup>-1</sup> massa seca.

As concentrações médias de N, P e K na biomassa da gliricídia (folhas + galhos finos), ao longo do estudo, foram 3,32, 0,24 e 2,8%, respectivamente. A biomassa apresentou alta concentração de N e K, porém baixo conteúdo de P, comparado aos teores de outras leguminosas. Em 2003, os acúmulos de N, P e K nas folhas e galhos finos de gliricídia foram de 126, 9 e 110 kg ha<sup>-1</sup> em média, respectivamente. Em 2004, devido à maior precipitação e maior produtividade de biomassa pela gliricídia, os acúmulos de nutrientes foram maiores, com valores médios para N, P e K de 219, 16 e 192 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Comportamento similar foi observado em 2005.

### **Efeitos dos sistemas de manejo sobre a produtividade global de biomassa**

Embora a presença de gliricídia tenha resultado em forte competição por recursos com o milho (grão e palha), o sistema em aléias foi capaz de produzir uma maior quantidade total de biomassa, que o sistema tradicional sem árvores (SA). Somando-se a forragem (folhas e galhos) e lenha produzidas pela gliricídia àquela do milho (grãos e palha) e da vegetação nativa espontânea, o sistema com aléias (CA) nos três anos de cultivo, incrementou a produtividade de biomassa total em 86, 120 e 37%, respectivamente, em comparação ao sistema sem aléias (Tabela 3). A diferença média ao longo de todo o período da produtividade de biomassa global entre os sistemas CA e SA foi de 6,2 t ha<sup>-1</sup>, demonstrando que a presença da espécie arbórea no sistema aumentou a eficiência de uso dos recursos (água, luz, nutrientes) para a produção de biomassa. Esses resultados sugerem que a rearboreização dos agroecossistemas na região semi-árida, além de aumentar a biodiversidade, pode aumentar a produção de biomassa e a diversidade de produtos.

Para maximizar e minimizar os efeitos positivos (i.e., maior produtividade global de biomassa, fertilidade solo) e negativos (i.e., competição) do sistema e cultivo em aléias com gliricídia, e conferir mais sustentabilidade a esse sistema, sugere-se sua implantação em sistemas para a formação de bancos de proteína, como estratégia para promover uma maior estabilização na produção de biomassa para alimentação animal. A biomassa da gliricídia é constituída de folhas e hastes tenras e possui na matéria seca entre 20% a 30% de proteína bruta, 53% de FDN, 33% de FDA e digestibilidade *in vitro* da matéria seca 54 a 70 % (Dzowela et al., 1995; Cabo et al., 2002). Esta biomassa e sua mistura com outros materiais, poderia ser usadas como fonte de proteína para alimentação animal.

Após a colheita do milho, a palhada deve ser recolhida e enfardada para uso como suplemento alimentar volumoso, durante a época seca e a biomassa proveniente das podas realizadas durante o período chuvoso, pode ser utilizada para ensilagem, quando então, o sistema passaria a desempenhar o papel de banco de proteína.

Para evitar a diminuição da fertilidade do solo recomenda-se que, após o uso da biomassa da gliricídia e da palha do milho como forragem, o esterco produzido pelos animais seja retornado ao solo dos campos de cultivo agrícola.

A lenha produzida nesse sistema poderia-se tornar em uma importante fonte de energia para atender até as necessidades das residências domésticas dos pequenos e médios agricultores, onde essa forma de energia na Região Nordeste representa 33% da matriz energética (Araújo Filho & Carvalho, 2001). Além disso, o cultivo em aléias fornece também postes e varas para a confecção de cercas vivas permanentes e, é uma importante área para apicultura. Após a retirada da madeira útil, cuja venda pode custear parte das despesas da propriedade, os garranchos podem ser enleirados em cordões perpendiculares ao declive, para proteção do solo contra a erosão.

## CONCLUSÕES

1. O sistema de cultivo em aléias com gliricídia reduziu a produtividade de grãos e palha de milho, comparado com as áreas de milho sem aléias de gliricídia.
2. A incorporação de esterco ou de ramas de gliricídia ao solo aumentou significativamente a produtividade de milho, principalmente no sistema de cultivo em aléias.
3. O sistema de cultivo em aléias produziu uma maior quantidade de biomassa total (milho + gliricídia + vegetação nativa espontânea) do que o sistema sem aléias.
4. Apesar da adubação orgânica com gliricídia ou esterco animal ter mitigado a limitação de nutrientes no solo, no sistema de cultivo em aléias, provavelmente a competição por água e luz nas posições próximas as fileiras de gliricídia limitou a produtividade do milho.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pela concessão da bolsa de estudo, à CAPES, à ONG Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa (ASPTA) e ao Inter American Institute for Global Change Research (IAI) pelo apoio financeiro ao presente trabalho através da CRN 001, assim como a Francisco Brito e Equipe Técnica da ASPTA e do Laboratório de Fertilidade de Solos do DEN-UFPE pelo auxílio nas atividades de campo e laboratório.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUS, F.; GARRITY D. P.; CASSEL, D. K.; MERCADO, A. Grain crop response to contour hedgerow systems on sloping Oxisols. **Agroforestry Systems**, 42: 107-120, 1998.

ARAÚJO FILHO, & CARVALHO, F. C. Sistemas de produção agrosilvopastoril para o Semi-Árido Nordeste. In: CARVALHO, M. M.; ALVIM, J.M., CARNEIRO, J. C., (ed). **Sistemas Agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais**. Juiz de Fora: Embrapa Gado Leite; Brasília: FAO, 414. p, 2001.

BALA, A.; MURPHY.; P.; GILLER, K.E. Distribution and diversity of rhizobia nodulating agroforestry legumes in soil from tree continents in the tropics. **Molecular Ecology**, 12:917-930, 2003.

BARRETO, A, C.; FERNANDES, F. M. Cultivo de *Gliricidia sepium* e *Leucaena leucocephala* em alamedas visando a melhoria do solos dos tabuleiros costeiros. **Pesq. agropec. bras., Brasília**, v. 36, n. 10, p.1287-1293, out, 2001.

BURESH, R.J.; TIAN, G. Soil improvement by trees in sub-Saharan Africa. **Agroforestry Systems**, 38:51-76, 1998.

COBO, J.G.; BARRIOS, E.; KASS, D.C.L.; THOMAS, R.J. Decomposition and nutrient release by green manures in a tropical hillside agroecosystem. **Plant and soil**, 240: 331-342, 2002

DE COSTA, W. A.; SURENTHAN J. M. Tree-crop interaction in hedgerow intercropping with different tree species and tea in Sri Lanka: 1. Production and resource competition. **Agroforestry systems**, 63:199-209. 2005.

DZOWELA, B.H.; HOVE, L.; MAFONGOYA, P.L. Effect of drying method on chemical composition and in vitro digestibility of multi-purpose tree and shrub fodders. **Tropical Grasslands**, 29:263-269, 1995

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA-EMBRAPA. Informática Agropecuária (Brasília, DF). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 1. ed. Brasília, 1999. 370p.

GATHUMBI S.M.; CADISCH G.; BURESH R, J.; GILLER, K. Subsoil nitrogen capture in mixed legume stands as assessed by deep nitrogen-15 placement. **Soil Sci. Am. J**, 67:573-582, 2003.

GIMENEZ, M. E.; MOLINA, C.H.; MOLINA. E.J.; MURGUEITO, E. **Producción de biomasa en seis ecotipos de matarraton (*Gliricidia sepium*)**. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV). 1996. 9p.

HENRIKSEN, I.; MICHELSEN, A.; SCHLONVOIG, T. Tree species selection and soil tillage in alley cropping systems with *Phaseolus vulgaris* L. in humid premontane

climate:biomass, production, nutrient cycling and crop responses. **Plant and Soil**, 240:145-159. 2002.

JIMENEZ, F.; COLLINET, J.; MAZARIEGO, M. Recuperación de suelos degradados com *Gliricidia sepium* o gallinaza en la microcuenca rio Las Cañas, El Salvador. **Revista Agroforesteria en las Américas**, vol. 5 nº 20, 1998.

MENEZES, R. S. M.; GARRIDO, M. S.; PEREZ, A. M.M. Fertilidade dos solos no semi-árido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO XXIX. Recife, PE, Brasil, 2005. **Anais...** dos simpósios (CD-ROM). Solos, Sustentabilidade e Qualidade Ambiental. 2005.

PALM, C.A.; GILLER, K. E.; MAFONGOYA, P. L.; SWIFT, M.J. Management of organic in yhe tropics: traslating heory into practice. **Nutrient Cycling in Agroecosystem**, 61:63-75, 2001,

PEREZ, A.M.M, MENEZES, R.S.C, DIAS, E.M. Efeito da gliricídia *sepium* sobre nutrientes do solo, microclima e produtividade de do milho em sistema agrflorestal no agreste paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 30: 555-564, 2006b.

PEREZ, A.M.M.; MENEZES, R.S.C. Adubação orgânica e produtividade de biomassa em um sistema agroflorestal com gliricídia e milho no agreste da Paraíba. In: XXV REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, X REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, VIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO E V REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO. Lages, SC, Brasil, 2004. **Anais...** dos simpósios (CD-ROM). FERTIBIO 2004, Lages, SC, Brasil, 2004.

RAO, M.R.; ONG C. K.; PATHAK, P.; SHARMA, M. M. Productivity of annual and agroforestry systems on a shallow Alfisol in semiarid India. **Agroforestry systems**, 15:51-63, 1991.

ROWE, E.C.; CADISCH, G. Implications of hterogeneity on procedures for estimating plant <sup>15</sup>N recorvery in hedgerow intercrop systems. **Agroforestry Systems**, 54:61-70, 2002.

ROWE, E.C.; VAN NOORDWIJK, M.; SUPREYOGO, D.; HAIRIAH K.; GILLER, K. E.; CADISCH, G. Root distributions partially explain <sup>15</sup>N uptake patterns in Gliricídia and Peltophorum hedgerow systems. **Plant and Soil**, 235: 167-179, 2001

SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, I. H.; SILVA, F.B.R. Fertilidade de solos do semi-árido do Nordeste. Reunião Brasileira de Fertilidade dos solos e Nutrição de Plantas, 21, Petrolina, 1994. **Anais do Simpósio: Fertilizantes: insumo básico para a agricultura e combate à fome**. Petrolina, EMBRAPA-CPTSA/SBCS, 1995. p. 51-71.

SANCHEZ, P. A. Scieencie in agroforestry. **Agroforestry systems**, 30:5-55, 1995.

SCHROTH, G.; LEHMANN, J. Constrasting effects of roots and mulch form three agroforestry tree species on yield of alley cropepp maize. **Agriculture Ecosystems and Environment**, 54:89-101, 1995.

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

TIESSEN, H. SALCEDO, I.H & SAMPAIO, E.V.S.B. Nutrient and soil organic matter dynamics under shifting cultivation in semi-arid Northeastern Brazil. **Agric. Ecosyst. Environ**, 38:139-151, 1992.

VANLAUWE, B.; GACHENGO, K.; SHEPHERD, E.; BARRIOS, G.; CADISCH, G.; PALM, C.A. Laboratory validation of a resource quality-based conceptual framework for organic matter management. **Soil Sci. Soc. Am. J**, 69:1135-1145, 2005.

Tabela 1. Produtividade de grãos e palha de milho e de vegetação nativa espontânea em parcelas cultivadas com ou sem aléias de gliricídia sob três tipos de adubação orgânica em três anos consecutivos, no município de Esperança, PB.

Sistemas de cultivo	Adubação orgânica	Produtividade			
		2003	2004	2005	Media anual
-----MS kg ha <sup>-1</sup> -----					
<b>Grãos</b>					
Sem aléias	Esterco <sup>2</sup>	2507a <sup>1</sup>	2308 a	2205 a	2340 a
	Gliricídia	2506 a	2271 a	1998 a	2258 a
	Testemunha	2367 a	1414 b	995 b	1592 b
	<b>media</b>	<b>2460 A</b>	<b>1998 A</b>	<b>1733 A</b>	<b>2063 A</b>
Com aléias	Esterco	655 a	1169 a	1072 a	965 a
	Gliricídia	947 a	1230 a	1168 a	1115 a
	Testemunha	402 a	222 b	165 b	263 b
	<b>media</b>	<b>668 B</b>	<b>874 B</b>	<b>802 B</b>	<b>781 B</b>
<b>Palha</b>					
Sem aléias	Esterco <sup>2</sup>	4656 a	5205 a	5778 a	5213 a
	Gliricídia	4339 a	5199 a	4416 a	4651 a
	Testemunha	4307 a	3405 b	2978 b	3563 b
	<b>media</b>	<b>4434 A</b>	<b>4603 A</b>	<b>4391 A</b>	<b>4476 A</b>
Com aléias	Esterco	3141 a	2349 a	3504 a	2998 a
	Gliricídia	3521 a	2849 a	3410 a	3260 a
	Testemunha	1756 b	947 b	1168 b	1290 b
	<b>media</b>	<b>2806 B</b>	<b>2048 B</b>	<b>2694 B</b>	<b>2516 B</b>
<b>Vegetação nativa espontânea</b>					
Sem aléias	Esterco	1118 a	1508 a	NQ <sup>3</sup>	1313 a
	Gliricídia	1183 a	1236 b	NQ	1209 a
	Testemunha	957 b	1055 c	NQ	1006 a
	<b>media</b>	<b>1086 A</b>	<b>1266 A</b>		<b>1176 A</b>
Com aléias	Esterco	683 a	1510 a	NQ	1096,5 a
	Gliricídia	630 a	1287 a	NQ	958,5 a
	Testemunha	513 a	716 b	NQ	614,5 b
	<b>media</b>	<b>609 B</b>	<b>1171 B</b>		<b>890 B</b>

<sup>1</sup>Letras maiúsculas na coluna comparam a produtividade de grãos, palha do milho e vegetação nativa espontânea entre sistemas de cultivo e letras minúsculas na coluna comparam os tratamentos de adubação orgânica dentro de cada sistema, onde letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05). <sup>2</sup>E= incorporação de esterco (20 t ha<sup>-1</sup>), G= incorporação de folhas+galhos finos de gliricídia (20 t ha<sup>-1</sup>); e T= Controle, sem nenhum tipo de incorporação. <sup>3</sup>NQ = não quantificada

Tabela 2. Produtividade de gliricídia plantada com espaçamento de 6 m entre filas e 1 m entre plantas em consórcio com milho sob três tipos de adubação orgânica, em um Neossolo Regolítico ao longo de três anos no município de Esperança, PB.

Adubação orgânica	2003	2004	2005 <sup>3</sup>	Media anual
-----MS kg ha <sup>-1</sup> -----				
Folhas + galhos finos				
Esterco <sup>2</sup>	3959 a <sup>1</sup>	4078 a	1872 a	3303 a
Gliricídia	3999 a	4469 a	1920 a	3463 a
Testemunha	3865 a	3437 a	1604 a	2967 a
-----Estercos ha <sup>-1</sup> -----				
Lenha				
Esterco	9 a	12 b	4 a	8 ab
Gliricídia	9 a	15 a	5 a	10 a
Testemunha	9 a	10 b	3 a	7 b

<sup>1</sup>Médias nas colunas seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05). <sup>2</sup>E= incorporação de esterco (15 t ha<sup>-1</sup> MS), G= incorporação de folhas+galhos finos de gliricídia (6,4 t ha<sup>-1</sup> MS) e T= Controle, sem nenhum tipo de incorporação. <sup>3</sup>Em 2005, unicamente foi realizado um corte.

Tabela 3. Produtividade total de biomassa (milho + gliricídia + vegetação nativa espontânea) nos sistemas de cultivo com e sem aléias de gliricídia sob três tipos de adubação orgânica em um Neossolo Regolítico ao longo de três anos no município de Esperança, PB.

Sistemas de cultivo	Adubação orgânica	2003	2004	2005	Media anual
		-----MS kg ha <sup>-1</sup> -----			
Com aléias	Esterco <sup>2</sup>	15201 a <sup>1</sup>	17895 a	9621 a	14239 b
	Gliricídia	15964 a	21349 b	10169 a	15827 a
	Testemunha	13474 a	12765 c	5300 b	10513 c
	<b>media</b>	<b>14890 A</b>	<b>17337 A</b>	<b>8363 A</b>	<b>13526 A</b>
Sem aléias	Esterco	8288 <sup>1</sup> a	9022 a	7983 a	8431 a
	Gliricídia	8028 a	8707 a	6414 a	7716 b
	Testemunha	7631 b	5874 b	3974 b	5827 c
	<b>media</b>	<b>7983 B</b>	<b>7867 B</b>	<b>6123 B</b>	<b>7324 B</b>

<sup>1</sup>Letras maiúscula na coluna comparam a produtividade biomassa global entre sistemas de cultivo e letras minúsculas na coluna comparam os tratamentos de adubação orgânica dentro de cada sistema, onde letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05). <sup>2</sup>E= incorporação de esterco (15 t ha<sup>-1</sup> MS<sup>1</sup>), G= incorporação de folhas+galhos finos de gliricídia (6,4 t ha<sup>-1</sup> MS) e T= Controle, sem nenhum tipo de incorporação.

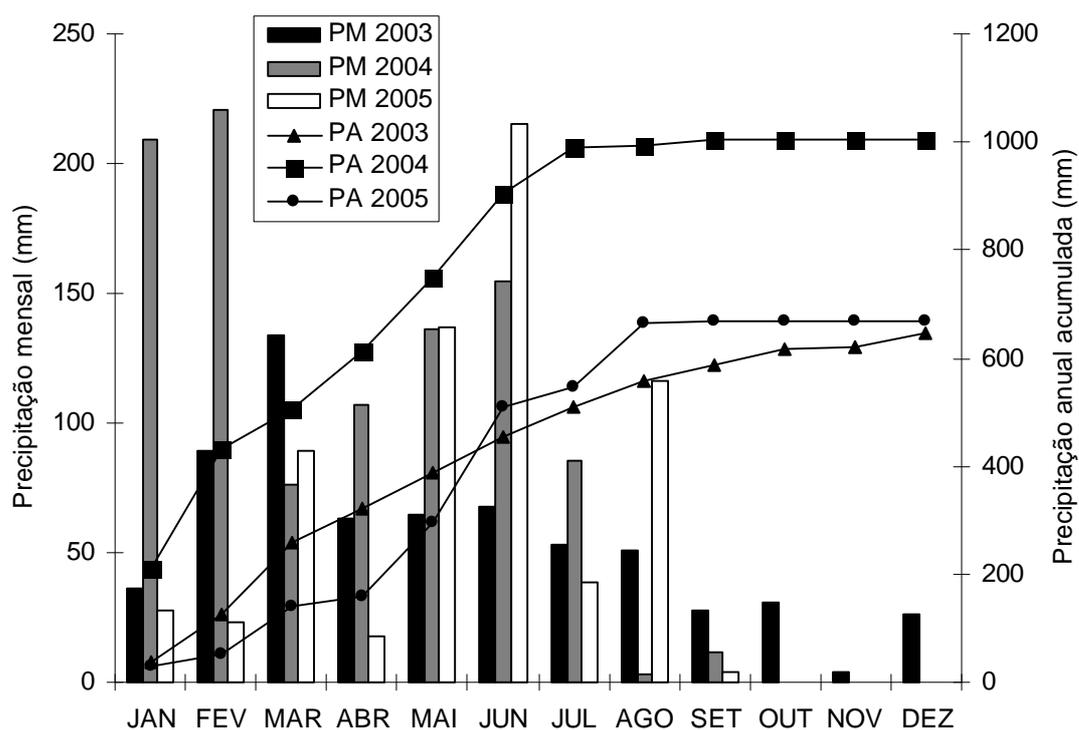
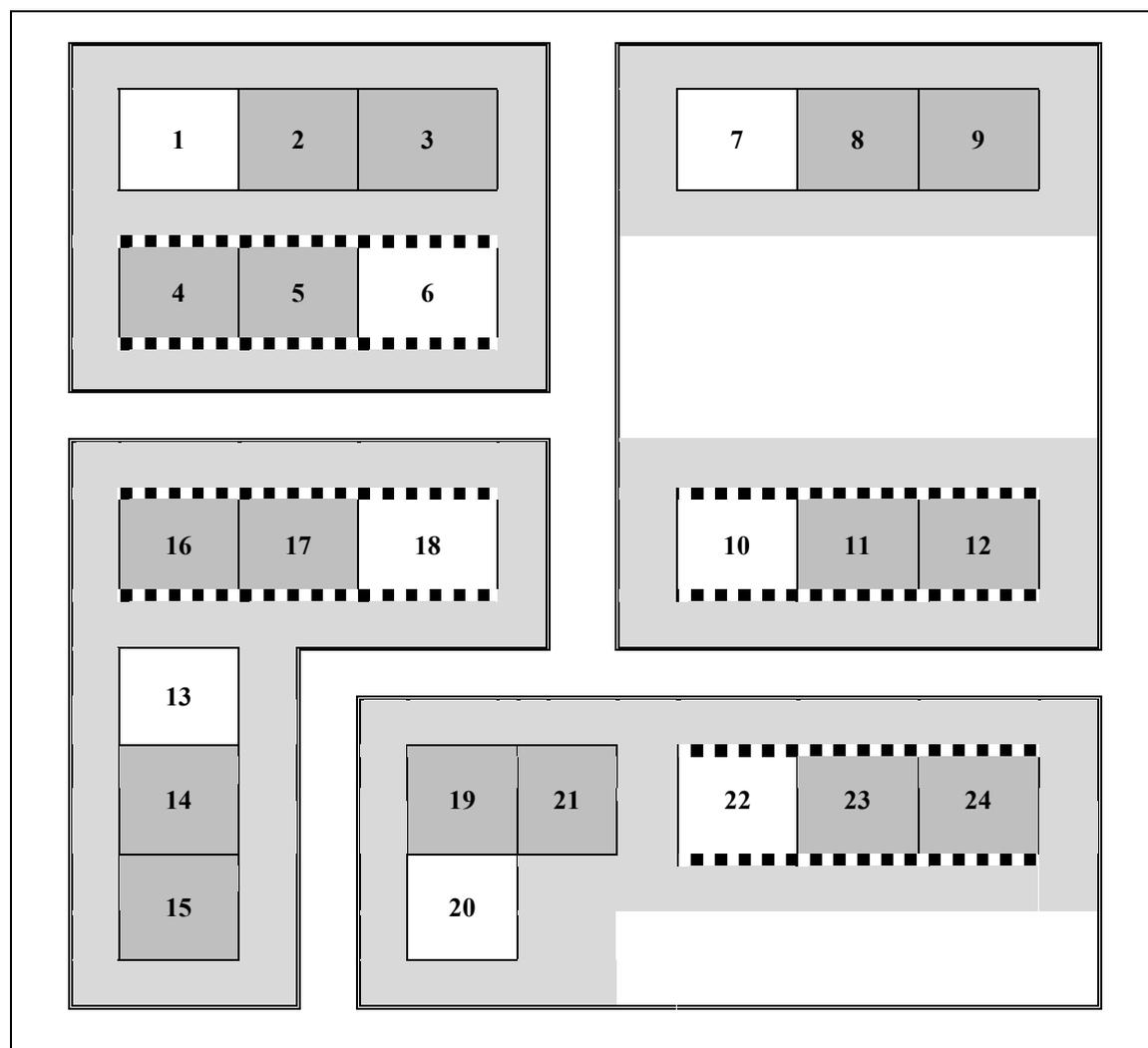


Figura 1. Precipitação pluviométrica mensal (PM) e total anual acumulada (PA) no Centro Agroecológico São Miguel, município de Esperança, Paraíba, durante o período de 2003 a 2005.

## DESENHO EXPERIMENTAL EM CAMPO



## LEGENDA:

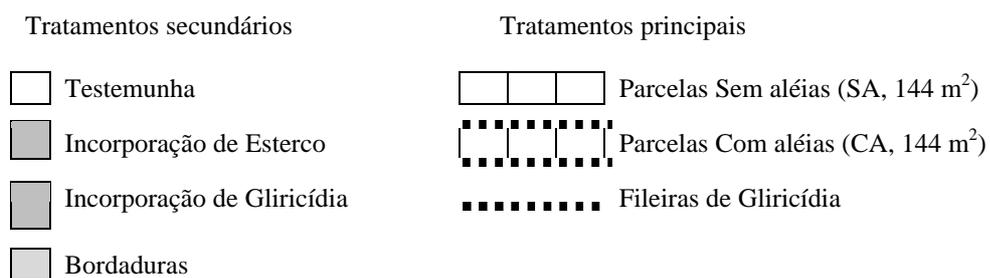


Figura 2.- Delineamento experimental e distribuição das parcelas na área experimental.

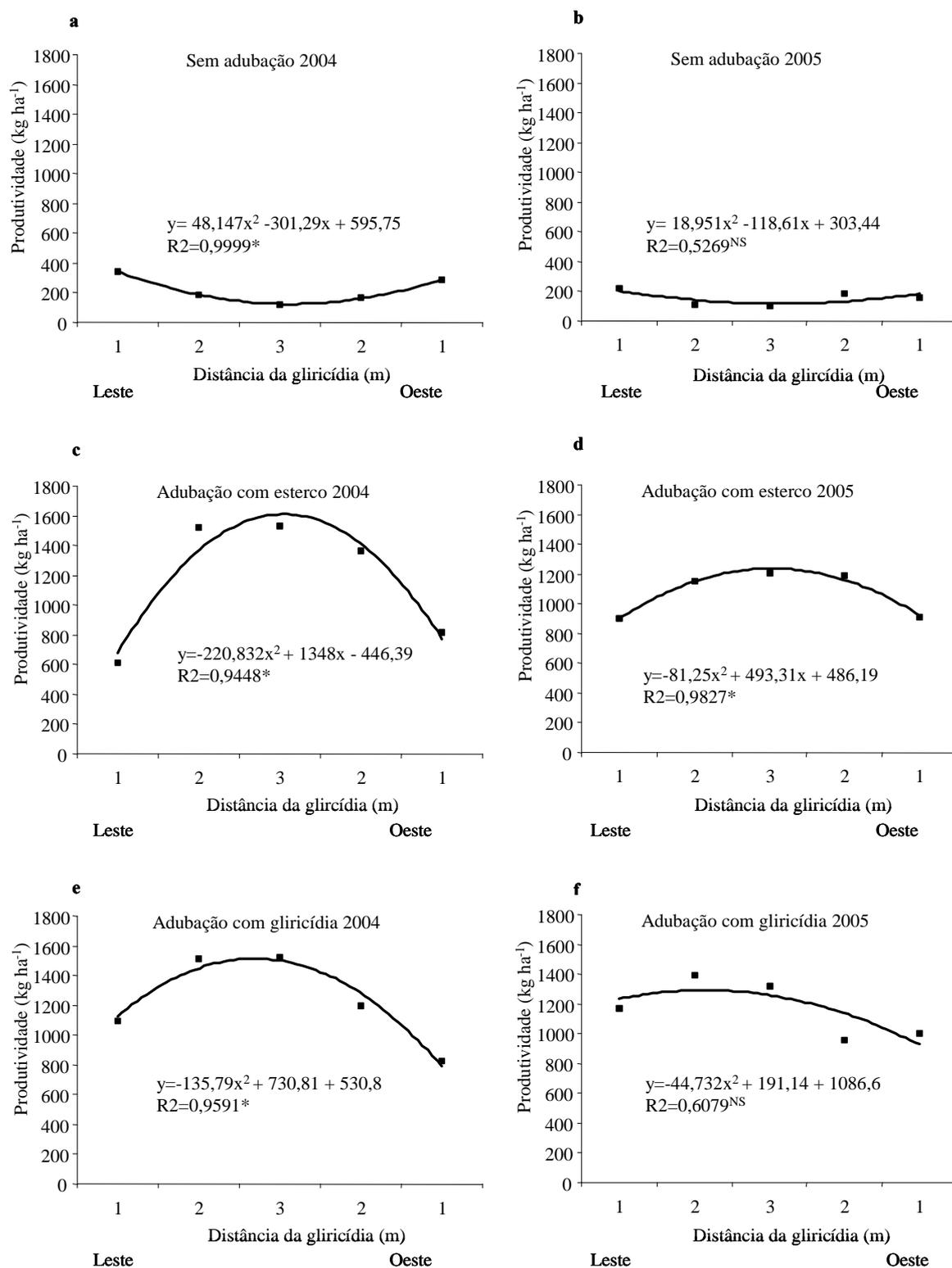


Figura 3. Produtividade de grãos do milho (massa seca) plantado a diferentes distâncias de fileiras de gliricídia em dois anos consecutivos sob diferentes tratamentos de adubação orgânica em um sistema de cultivo em aléias, no município de Esperança, PB.

\* = significativo a  $P < 0,05$  e NS = não significativo a  $P < 0,05$ .

## CAPITULO 2

### **Efeito da *Gliricidia sepium* sobre nutrientes do solo, microclima e produtividade do milho em sistema agroflorestal no agreste paraibano.**

Aldrin Martin Pérez Marin, Rômulo Simões C Menezes, Emanuel Dias da Silva Everardo & Valadares de Sá Barreto Sampaio

Trabalho publicação na **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30:555-564, 2006

# EFEITO DA *Gliricidia sepium* SOBRE NUTRIENTES DO SOLO, MICROCLIMA E PRODUTIVIDADE DO MILHO EM SISTEMA AGROFLORESTAL NO AGRESTE PARAIBANO<sup>1</sup>

Aldrin Martin Pérez Marin<sup>2</sup>; Rômulo Simões César Menezes<sup>3</sup> & Emanuel Dias Silva<sup>4</sup> & Everardo Valadares de Sá Barreto Sampaio<sup>5</sup>

## RESUMO

*Gliricidia sepium* é uma leguminosa arbórea que tem sido utilizada em sistemas em aléias no semi-árido nordestino por apresentar bom desenvolvimento em condições de estresse hídrico. Entretanto, há pouca informação disponível sobre o efeito da introdução dessa espécie nos agroecossistemas da região. No presente estudo, objetivou-se avaliar a influência da distância de plantas de *Gliricidia sepium* sobre características da cultura do milho e do solo e microclima no Agreste Paraibano. O estudo foi realizado no município de Esperança (PB), em área de 0,5 ha, onde, em 1996, foram plantadas fileiras de *G. sepium* espaçadas 6 m entre si e com 1 m entre as árvores. Nesta área, em 2002, foram delimitadas quatro parcelas de 6 x 8 m e, em cada parcela, foi estabelecido um transecto perpendicular às fileiras de árvores com três posições de amostragem: (1) nas fileiras de árvores (0 m); (2) a 1 m das fileiras de árvores, e (3) a 3 m de distância das fileiras de árvores. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições. A massa seca de folheto caído embaixo da fileira de árvores foi de 1.390 kg ha<sup>-1</sup> e diminuiu, gradativamente, para 270 kg ha<sup>-1</sup> a 3 m de distância das árvores. As concentrações de P, K e matéria orgânica leve (MOL) embaixo das árvores foram maiores do que a 1 e 3 m de distância das fileiras. As médias mensais das temperaturas mínimas do ar e do solo embaixo e a 3 m das árvores foram similares. Entretanto, as médias mensais das temperaturas máximas do solo e do ar foram de 6

<sup>1</sup> Parte do trabalho de Tese de Doutorado do primeiro autor, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Recebido para publicação em maio de 2005 e aprovado em março de 2006.

<sup>2</sup> Doutorando em Tecnologias Energéticas e Nucleares, Grupo de Fertilidade de Solos/Radioagronomia, Departamento de Energia Nuclear (DEN), Universidade Federal de Pernambuco UFPE, Av. Prof. Luiz Freire, 1000, CEP50740-540, Recife (PE). Bolsista CNPq. E-mail: [perez@ufpe.br](mailto:perez@ufpe.br)

<sup>3</sup> Professor adjunto do Departamento de Energia Nuclear, UFPE. E-mail: [rmenezes@ufpe.br](mailto:rmenezes@ufpe.br)

<sup>4</sup> Estudante de Agronomia, Universidade Federal da Paraíba. Bolsista do CNPq. E-mail: [emanoeldias@yahoo.com.br](mailto:emanoeldias@yahoo.com.br)

<sup>5</sup> Professor Titular do Departamento de Energia Nuclear, FPE. Bolsista do CNPq. E-Mail: [esampaio@ufpe.br](mailto:esampaio@ufpe.br)

e 2 °C mais altas a 3 m das árvores, respectivamente, ao longo do período de estudo. A umidade do solo foi significativamente menor embaixo das árvores do que a 1 e 3 m de distância. O milho produziu mais grãos e palha e acumulou mais nutrientes nas posições mais próximas das fileiras de *G. sepium*.

Termos de indexação: semi-árido, matéria orgânica leve, umidade do solo.

**EFFECTS OF *Gliricidia sepium* ON SOIL NUTRIENTS, MICROCLIMATE AND  
MAIZE PRODUCTIVITY IN AN AGROFORESTRY SYSTEM IN SEMI-ARID  
PARAIBA, BRAZIL**

Aldrin Martin Pérez Marin; Rômulo Simões César Menezes, Emanuel Dias Silva & Everardo  
Valadares de Sá Barreto Sampaio

**SUMMARY**

*Gliricidia sepium* is a leguminous tree that has been used in alley cropping systems in the Northeastern semi-arid region of Brazil because of its good development under water stress conditions. However, little information is available on the effects of the introduction of this species into regional agroecosystems. The objective of the present study was to evaluate the influence of the distance of *Gliricidia sepium* plants on the characteristics of maize crop, soil properties and microclimate conditions in the semi-arid region of Paraíba, Brazil. The study was conducted in the Esperança County, Paraíba State, Brazil., where *G. sepium* trees were planted on a 0.5 ha field in 1996. The spacing used was 6 m between rows and 1 m between plants within the rows. In 2002, four 48 m<sup>2</sup> plots were established within this field. Within each plot, three sampling positions were established: (1) under tree crowns in the rows (0 m); (2) 1 m apart from tree rows; and (3) 3 m apart from the tree rows. The experiment had a randomized block design with four replications. Litterfall dry matter amounted to 1.390 kg ha<sup>-1</sup> under the trees and decreased to 270 kg ha<sup>-1</sup> at a distance of 3 m from the trees. Soil P, K and light fraction of organic matter were significantly greater under the trees as compared to those between the tree rows. Soil and air monthly minimum temperature averages were not influenced by the distance from the trees. However, soil and air monthly maximum temperature averages were 6 and 2 °C lower under the trees, respectively. Soil moisture was significantly lower under the trees as compared to positions 1 and 3 m away from tree rows. Maize grain and straw yields as well as nutrient accumulation were higher under the trees and decreased with increasing the distance from the trees.

Index terms: semi-arid, light fraction of soil organic matter, soil moisture.

## INTRODUÇÃO

A sustentabilidade de sistemas agrícolas familiares não irrigados no Agreste da Paraíba, assim como no restante do semi-árido nordestino, é um dos aspectos atuais mais relevantes para a região. Entretanto, o cultivo agrícola e a retirada dos produtos agrícolas após a colheita, sem adoção de práticas que visem à reposição de nutrientes, podem causar a degradação das propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos (Salcedo et al., 1997; Menezes & Sampaio, 2000; ASPTA, 2000). Na região semi-árida, estes efeitos são mais intensos em razão da elevada quantidade de energia radiante (13–19 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>), da menor variação do comprimento do dia e das elevadas temperaturas que, associadas com a disponibilidade de água durante a época chuvosa do ano, resultam em altas taxas de oxidação dos restos vegetais e da matéria orgânica do solo (Fraunderaich, 2000; Mielniczuk et al., 2003). Isto se verifica principalmente em áreas recém-desmatadas, submetidas a cultivo itinerante e intensivo, onde a acelerada mineralização da matéria orgânica leva a perdas da produtividade vegetal (Tiessen et al., 1992; Salcedo et al., 1997). Esses fatos, associados à ocorrência de chuvas de alta intensidade, exigem práticas de manejo do solo que priorizem a cobertura permanente e a manutenção da matéria orgânica.

Estudos recentes têm demonstrado que a preservação de árvores durante o corte da caatinga ou o plantio de espécies nativas ou introduzidas podem contribuir para a preservação ou recuperação da fertilidade do solo em campos agrícolas ou pastagens no semi-árido nordestino. Segundo Araújo Filho (1990), em sistemas silvopastoris em áreas de caatinga, a preservação de 30 % das árvores durante o corte da vegetação nativa incrementou a produção de forragem e carne em comparação com áreas onde todas as árvores foram removidas. Menezes & Salcedo (1999) e Menezes et al. (2002) encontraram maiores teores de matéria orgânica e nutrientes (N, P, Ca, Mg) em amostras de solo coletadas debaixo das copas de *Ziziphus joazeiro* e *Prosopis juliflora* do que nas áreas ao redor das árvores cultivadas com capim-buffel *Cenchrus ciliaris*). Estes estudos demonstraram que sistemas em que são consorciadas árvores resistentes à seca com culturas agrícolas ou pastagens podem aumentar a produção de biomassa e manter a fertilidade do solo no semi-árido nordestino (Wick et al., 2000; Menezes et al., 2002). Entretanto, a importância e a efetividade de cada um destes processos dependem das condições específicas de cada ecossistema e das práticas de manejo adotadas.

*Gliricidia sepium* é uma leguminosa que tem sido plantada em propriedades rurais do Agreste paraibano graças à sua alta capacidade de produzir biomassa em condições de baixa disponibilidade hídrica. Esta espécie geralmente é plantada em cercas-vivas nas propriedades e, recentemente, tem sido plantada nos campos de cultivo, em fileiras suficientemente espaçadas entre si, para permitir o plantio de culturas agrícolas ou forrageiras entre elas. O manejo da gliricídia neste sistema é feito por cortes periódicos da copa das árvores (geralmente de dois a três cortes por ano). Estudos prévios demonstram que a introdução da gliricídia em campos de cultivo agrícola pode apresentar várias vantagens potenciais, a saber: produção de biomassa rica em nutrientes para adubação orgânica, presença de um sistema radicular perene, cobertura e proteção do solo, manutenção ou melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo, manutenção da microfauna em profundidade e produção de forragem para alimentação animal, além de outros produtos florestais ou não-florestais (Schroth & Lehmann, 1995; Gómez & Preston, 1996; Esquivel et al., 1998; Barreto & Fernandes, 2001).

Na região do Agreste da Paraíba, são praticamente inexistentes informações quanto ao impacto da introdução de espécies arbóreas em campos de cultivo agrícola. Sendo assim, delineou-se o presente estudo com o objetivo geral de avaliar a produção e composição química do milho, alterações em características do solo e microclima, e a produção de folheto a diferentes distâncias de plantas de *Gliricidia sepium*.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Descrição da área de estudo.

Os estudos foram desenvolvidos no período de outubro de 2002 a julho de 2004, no Centro Agroecológico São Miguel (CASM), sede da ONG Assessoria e Serviços a Projetos de Agricultura Alternativa (ASPTA), no município Esperança, no Agreste paraibano. O CASM está localizado geograficamente a 7 ° 19 ' de latitude sul e 33 ° 5 1' de longitude oeste, a uma altitude de 635 m. O clima da região caracteriza-se por apresentar uma estação chuvosa, de março a agosto, e uma estação seca, de setembro a fevereiro. A precipitação pluviométrica média anual é de 800 mm, e os totais anuais em, 2003 e 2004, atingiram 653 e 1.000 mm, respectivamente. O solo na área experimental é classificado como um Neossolo regolítico (Embrapa, 1999a), com declividade em torno de 0,05 m m<sup>-1</sup>, textura franco-arenosa, apresentando, na camada de 0–20 cm, 830 g kg<sup>-1</sup> de areia, 60 g kg<sup>-1</sup> de argila e 110 g kg<sup>-1</sup> de silte.

Em uma área de aproximadamente 0,5 ha, foram estabelecidas, em 1996, fileiras de *G. sepium* no espaçamento de 6 m si e 1 m entre as plantas. De 1996 a 2002, a área entre as linhas de árvores foi cultivada anualmente com batata. Em outubro de 2002, em pontos distribuídos ao acaso dentro da área experimental, foram estabelecidas quatro parcelas, com dimensão de 6 x 8 m cada uma. Em 2003 e 2004, as aléias de *G. sepium* foram podadas duas vezes por ano, a uma altura de 1 m. O primeiro corte foi realizado no início da estação chuvosa (fevereiro a março), o segundo quatro meses após o primeiro (final de julho). A biomassa cortada foi retirada e utilizada como forragem.

### Coleta inicial de amostras de solo e análises químicas

Na parte central de cada parcela, foram estabelecidas três posições de amostragem em transetos perpendiculares às fileiras de árvores: (a) na fileira de árvores (0 m); (b) a 1 m da fileira; e (c) a 3 m da fileira. Em novembro de 2002, em cada posição de amostragem (0, 1 e 3 m), foram coletadas dez amostras de solo na profundidade de 0–10 cm. As amostras foram misturadas, formando uma amostra composta, levadas ao laboratório, secas ao ar, passadas em peneiras de 2 mm e analisadas quanto ao pH, medido em água na relação 1:2,5, P

disponível e K trocável extraídos com Mehlich-1 de acordo com os métodos descritos pela Embrapa (1999b), e carbono orgânico total, pelo método de Snyder & Trofymow (1984).

### **Quantificação da queda de folheda e da matéria orgânica leve-livre (MOL) do solo**

Em 2003, foi avaliada a dinâmica da queda de folheda e da MOL do solo. Para a coleta do folheda caído das árvores de *G. sepium*, foram utilizadas cestas com diâmetro de 35 cm, confeccionadas com telas de náilon de abertura de 1 mm, instaladas a uma altura de 20 cm do solo. Foram colocadas oito cestas, por parcela, em dois transetos perpendiculares às fileiras de *G. sepium* a distâncias de 0, 1, 2 e 3 m das fileiras. O folheda foi coletado das cestas, quinzenalmente, seco em estufa até massa constante e analisado para determinação do teor de nutrientes por meio dos métodos descritos pela Embrapa (1999b). Para quantificar a dinâmica da MOL do solo, foram realizadas coletas de solo em quatro épocas do ano: 1a amostragem - plena estação das chuvas (abril); 2a amostragem - final das chuvas (julho); 3a amostragem - plena seca (outubro); 4a amostragem - final da seca (janeiro/2004). As amostras de solo para quantificar a MOL foram coletadas nas mesmas posições de amostragem nas parcelas, dos transetos antes descritos, na profundidade de 0–10 cm. Subamostras do solo foram levadas ao laboratório do Departamento de Solos da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) para determinação da MOL pela flotação em água, utilizando o método densimétrico (Gregorich & Ellert, 1993; Fraga & Salcedo, 2004). Os teores de CO e nutrientes da MOL do solo não foram determinados, uma vez que as quantidades de MOL extraídas não foram suficientes.

### **Condições microclimáticas**

A umidade do solo (0–20 cm) foi medida, semanalmente, ao longo das estações de cultivo (março a agosto), em 2003 e 2004, utilizando-se uma sonda de nêutrons. Em cada posição de amostragem, foi instalado um tubo de acesso de Al. A relação entre a leitura da sonda, em contagens por minuto (cpm), e o conteúdo de água (l) do solo, foi estabelecida nas estações úmida e seca, conforme descrito por IAEA (2003). Para isto, foram coletadas amostras de solo no entorno de cada tubo, para determinar pelo método gravimétrico. Para evitar efeitos eletrônicos derivados da temperatura e outros fatores que pudessem interferir na

sonda, não foram usados diretamente os dados de cpm obtidos em campo, mas, sim, a relação de contagem relativa (CR), segundo descrito por IAEA (2003).

A temperatura do solo foi determinada usando sensores automáticos HOBO, com capacidade de armazenamento de dados, colocados em posição vertical, na profundidade de 5 a 10 cm. As medidas foram realizadas simultaneamente nas posições a 0 e 3 m de distância das árvores, em uma das parcelas experimentais. Os sensores foram envolvidos com filme plástico fino para evitar danos pela umidade do solo e foram programados para realizar medidas de temperatura a cada 30 minutos por um período de 270 dias.

Em uma das parcelas foram realizadas medidas da temperatura do ar nas posições a 0 e 3 m de distância das árvores, usando sensores HOBO colocados dentro de pequenas caixas de madeira, com persianas nas laterais para permitir ventilação, fixadas a um poste de madeira 1 m acima da superfície do solo. As caixas foram posicionadas próximas (1 m de distância) aos sensores enterrados para medir a temperatura do solo.

### **Produtividade de milho em função da distância das árvores**

Em 2003 e 2004, cada parcela foi cultivada com milho (*Zea mays* L.) variedade “pontinha”, obtido no banco de sementes da ASPTA. Foram semeadas duas sementes por cova, em espaçamento de 1 x 0,20 m.

Duas semanas após a emergência das plântulas, realizou-se o desbaste, deixando uma planta por cova (50.000 plantas ha<sup>-1</sup>). O controle de plantas espontâneas foi realizado com enxada 15 a 20 dias após a semeadura. Na ocasião da colheita do milho, 120 dias após a semeadura, foram realizadas avaliações da produtividade de palha e de grãos do milho (12 % de umidade) de acordo com as distâncias das fileiras de árvores (1, 2 e 3 m). As amostras de material vegetal foram secas em estufa, pesadas para determinar o teor de matéria seca e moídas (Moinho tipo Wiley) para análises químicas. As determinações de N, P e K na palha e grãos do milho foram realizadas de acordo com os métodos descritos pela Embrapa (1999b).

### **Análises estatísticas**

O desenho experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições, em que os tratamentos foram as posições de amostragem a distâncias iguais a 0, 1 e 3 m das fileiras de árvores.

Os valores da concentração de nutrientes e umidade do solo, queda de folheto, produtividade e nutrientes do milho nas posições de amostragem foram submetidos à análise de variância utilizando o programa SAS Statistical Package (SAS, 1995), e as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). Os dados de temperatura do solo e do ar foram submetidos a análises de estatística descritiva.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Queda de folheto

A massa seca de folheto debaixo das árvores atingiu 1.390 kg ha<sup>-1</sup> com diminuição gradual até valores de 270 kg ha<sup>-1</sup> na distância de 3 m das árvores (Tabela 1), somando-se todo o folheto caído durante o período de queda, de julho a novembro de 2003. Estes valores são baixos, quando comparados aos resultados de outros estudos realizados em florestas tropicais sobre solos de média a baixa fertilidade, cujos valores médios foram de 11 e 9 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de folheto caído, respectivamente (Vistousek & Sanford, 1986).

No presente estudo, as quantidades de N, P e K aportadas via queda de folheto embaixo das árvores foram estimadas em 27,8, 1,39 e 5 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 1), diminuindo para 5,4, 0,27 e 2,7 kg ha<sup>-1</sup> de N, P e K na distância de 3 m das fileiras de *G. sepium*.

A queda de folheto observada neste estudo, embora tenha sido baixa comparada à de ecossistemas tropicais úmidos, foi comparável àquela encontrada em ecossistemas de caatinga arbórea e savana. Dantas (2003) realizou um estudo em uma caatinga arbórea no Agreste paraibano e quantificou uma queda de folheto anual de 1,5 Mg ha<sup>-1</sup>, em média, ao longo de dois anos do estudo. Os baixos valores observados no presente estudo são, em parte, resultantes da baixa densidade de plantio e da baixa precipitação pluviométrica da região do estudo. Além disso, o cultivo sucessivo do solo associado à retirada contínua da produção vegetal, sem a reposição dos restos vegetais ou outra fonte externa de insumos, favorece a degradação das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Nestas condições, é provável que a demanda nutricional das plantas não seja satisfeita pelo processo de ciclagem de nutrientes, limitando, assim, a produtividade de biomassa e a quantidade de folheto que cai ao solo anualmente.

### Carbono orgânico total (COT), P, K e matéria orgânica leve (MOL) do solo

Sete anos após o plantio das árvores de *G. sepium*, os teores de COT do solo não apresentaram diferenças significativas ao longo dos transetos de amostragem (Tabela 2). Alguns estudos têm demonstrado que, em sistemas agroflorestais, as quantificações das mudanças ocorridas em algumas variáveis no solo, como COT total, não devem ser feitas

precocemente, visto que é considerado improvável a percepção dessas modificações em um prazo inferior a 10 anos (Barrios et al., 1997; Buresh & Tian, 1998; Esquivel et al., 1998; Murage et al., 2000; Etchevers et al., 2000; Mendonça et al., 2001, Barreto & Fernandes, 2001). Além disso, as práticas de cultivo sucessivo, especialmente pela intensidade de revolvimento do solo dentro das aléias durante os sete anos desde o plantio das árvores, não favoreceram o acúmulo maior de COT em razão da influência que esta prática apresenta sobre a temperatura, umidade, aeração do solo e da maior exposição da matéria orgânica do solo (MOS) à degradação (Barreto & Fernandes, 2001). Numa escala mais pontual, destaca-se a baixa quantidade de folheto que cai da parte aérea e que irá formar a matéria orgânica, uma vez que o acúmulo de matéria orgânica no solo é regulado pela quantidade de resíduos orgânicos que caem da parte aérea das plantas e por sua taxa de decomposição. Quanto maior a quantidade que cai desse material e quanto menor sua velocidade de decomposição, maior o teor de COT no solo (Correia & Andrade, 1999). Por isso, nestas condições de cultivo, a matéria orgânica total do solo não foi um indicador adequado para apontar mudanças de manejo no período entre o plantio das árvores e a amostragem do solo.

Por outro lado, os teores de matéria orgânica leve (MOL) variaram significativamente, tanto em relação às distâncias das árvores como nas distintas épocas de amostragem. Em geral, a MOL foi maior embaixo da copa das árvores do que a 1 e 3 m de distância, ao longo das quatro épocas de amostragem e transetos estudados (Tabela 3). O menor valor da MOL a 0 m foi encontrado na plena estação chuvosa, com média de  $2,15 \text{ g kg}^{-1}$  e o maior valor no final da seca, com média de  $3,72 \text{ g kg}^{-1}$ . O aumento de MOL na época mais seca deveu-se à característica caducifolia da *G. sepium*. A 1 e 3 m de distância das árvores, não ocorreram diferenças significativas, e isso pode ser explicado pelo cultivo sucessivo entre as fileiras de árvores e pela baixa deposição de folheto nesses pontos de amostragem. Ao final da seca (janeiro), a MOL quantificada a 0 m foi 73, 43 e 36 % maior do que nas épocas de estação chuvosa (abril), final da estação chuvosa (julho) e plena seca (outubro), sustentando a idéia que sua quantidade no solo e composição apresentam variabilidade espacial e sazonal em relação a outras frações de matéria orgânica do solo, o que mostra ser um bom indicador capaz de detectar mudanças no manejo da cobertura vegetal nesse sistema.

Os teores de K e de P extraíveis do solo (Tabela 2) tiveram comportamento similar aos teores da MOL (Tabela 3), sendo mais elevados a 0 m do que a 1 e 3 m de distância das árvores. O teor de P a 0 m não foi significativamente diferente do teor a 1 m, porém foi significativamente maior do que a 3 m de distância das árvores. Já os teores de K foram 2,1 e

2,3 vezes maiores a 0 m que os teores a 1 e 3 m, respectivamente. A maior concentração de nutrientes do solo embaixo das árvores é explicada pela deposição de folhas de *G. sepium*, aliada à sua composição química, rica em N, P, Ca, Mg e, principalmente, K (Nair, 1995; Kwesiga, 1994, Gomez & Preston 1996).

### **Umidade do solo**

A umidade do solo (0 a 20 cm), avaliada nos períodos de março a agosto de 2003 e 2004, foi significativamente menor nas fileiras de *G. sepium* (0 m) em comparação com a umidade a 3 m de distância das fileiras. Entre 0 e 1 m, a umidade do solo não apresentou diferenças significativas. Em 2003 e 2004, a umidade do solo a 3 m de distância das árvores nos meses monitorados foi, em média, de 20 e 17 % maior em relação a 0 e 1 m, respectivamente (Tabela 4). Tais resultados revelam que a presença da *G. sepium* leva a uma maior absorção de água nas posições próximas às fileiras de árvores, ou seja, as raízes laterais das árvores nesse sistema aparentemente são capazes de capturar significativamente mais água a distâncias pelo menos cerca de 1 m, mas menores que 3 m das fileiras (Tabela 4). É também possível que a menor umidade do solo embaixo das árvores seja, em parte, resultante da interceptação pela copa de uma fração da água precipitada. Essa água interceptada pode ficar parcialmente retida nas folhas e escorrer pelos galhos das árvores e infiltrar-se no solo imediatamente adjacente ao caule das árvores. Entretanto, não há dados disponíveis sobre a interceptação de chuva pela copa das árvores nesses sistemas no Nordeste do Brasil.

### **Condições microclimáticas**

O plantio de árvores de *G. sepium* dentro das áreas cultivadas influenciou a temperatura do ar e do solo, principalmente nos meses correspondentes às épocas de plena estação chuvosa e final das chuvas, ou seja, maio e julho, respectivamente (Tabela 5). As temperaturas mínimas do ar foram similares nas posições embaixo das árvores e a 3 m de distância; entretanto, as temperaturas máximas no período de estudo foram, em média, 2 °C mais elevadas a 3 m do que embaixo da copa das árvores. Esta influência foi observada principalmente durante os meses de plena estação chuvosa (maio a junho), ou seja, durante o período de crescimento das copas das árvores após a poda. Já na plena seca e no final da seca (outubro a janeiro), não foram observadas diferenças entre as temperaturas máximas do ar em

ambas posições de amostragem. Provavelmente, isto aconteceu por causa da poda das árvores no final das chuvas (julho) e da característica caducifólia da *G. sepium*, que permanece sem folhas durante os períodos de maior estresse hídrico. A poda realizada ao final das chuvas fez com que as copas das árvores permanecessem capacidade de sombreamento. Na estação chuvosa, as árvores após a poda tiveram uma rápida reposição das suas folhas e, conseqüentemente, maior capacidade de sombreamento.

Resultados similares foram observados quanto às temperaturas mínimas e máximas do solo (Tabela 5). As temperaturas mínimas foram similares a 0 e 3 m de distâncias das árvores. Entretanto as temperaturas máximas do solo foram inferiores a 0 m, ao longo das quatro épocas do ano estudadas, apresentando, em geral, valores entre 24 e 31 °C, enquanto a 3 m a variação das temperaturas máximas no solo oscilaram entre 27 e 41 °C (Tabela 5). Ao longo do ano, a temperatura máxima do solo a 3 m de distância das árvores foi, em média, 6 °C mais alta do que debaixo da copa das árvores.

Dados semelhantes sobre o microclima dentro de diversos sistemas de manejo agroflorestal e variadas espécies arbóreas foram relatados em outros estudos. Menezes et al. (2002) encontraram que as temperaturas máximas do ar e do solo foram, em média, 2 e 16 °C mais baixas debaixo das copas de *Ziziphus joazeiro* em relação a áreas com *Cenchrus ciliaris*. Outro estudo realizado por Sierra et al. (2002) mostrou que a temperatura do solo num sistema silvopastoril foi, em média, 2 °C menor do que em áreas com pastagem. Os resultados desses trabalhos demonstram que a introdução de espécies arbóreas dentro de sistemas agrícolas pode exercer uma ação reguladora sobre microclima, como observado no presente estudo. Os efeitos das espécies arbóreas sobre a temperatura do ar e do solo são parâmetros importantes no desenho dos sistemas agroflorestais, uma vez que as inter-relações de fotossíntese e respiração dependem grandemente da temperatura.

Na região semi-árida do Nordeste do Brasil, a quantidade de energia radiante e a temperatura são elevadas e uniformemente distribuídas ao longo do ano. Dessa maneira, em geral, esses dois fatores não limitam a fotossíntese; todavia, valores elevados de temperatura podem levar a perdas excessivas de carbono por meio do processo respiratório, bem como a perdas de água dos sistemas (Moreira & Siqueira, 2002).

## Produtividade de grãos e palha do milho

A produção de grãos e de palha do milho observada no presente estudo foi relativamente baixa, levando em consideração as médias da região semi-árida, que se situam em torno de 700 e 2.000 kg ha<sup>-1</sup> (Menezes & Sampaio, 2000). Verificou-se que a produção do milho acompanhou o gradiente de fertilidade observado nas análises químicas de solo. Em 2003, a produção de grãos foi de 476 kg ha<sup>-1</sup> a 1 m de distância das árvores, com uma diminuição gradual até 399 kg ha<sup>-1</sup> a 3 m das árvores (Tabela 6). Em 2004, a produção média de grãos a 1 m das árvores foi de 318 kg ha<sup>-1</sup>, com uma diminuição gradual até 122 kg ha<sup>-1</sup> a 3 m das árvores (Tabela 6), valores 34 e 69 % menores, em relação a 2003. Comportamento similar foi observado para ambos os anos quanto à produção de palha (Tabela 6).

A quantidade de N, P e K absorvido pelo milho foi maior nas fileiras próximas às árvores de *G. sepium*. Em 2003, as quantidades absorvidas de N, P e K (grão + palha) a 1 m de distância das árvores foram de 15, 4 e 19 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Nas fileiras de milho a 3 m de distância das árvores, as quantidades de N, P e K absorvidas foram de 10, 3 e 11 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 6). Resultados similares foram observados em 2004, porém, com menores quantidades absorvidas, em decorrência da menor produção nesse ano.

As baixas produções de grãos e palha do milho nos dois anos do estudo estão relacionadas com a baixa fertilidade do solo, já que estas parcelas foram cultivadas sem nenhum tipo de adubação orgânica ou química durante os sete anos anteriores ao presente estudo. Além disso, neste estudo, tanto os grãos e palha do milho, quanto a biomassa da parte aérea da *G. sepium*, foram retirados após cada colheita ou poda, o que contribuiu para diminuição do estoque de nutrientes do sistema. A palha do milho e a biomassa da *G. sepium* são normalmente utilizadas como forragem para animais externos ao sistema, enquanto o esterco desses animais não retorna aos campos de cultivo do milho. Uma vez que as árvores são podadas anualmente, o processo de ciclagem de nutrientes via queda de folheto é insuficiente para atender à demanda nutricional do milho (Tabela 1). No geral, o balanço de nutrientes entre as entradas via folheto e as saídas via produção foi negativo. Por exemplo, em 2003, o balanço de N, P e K a 1 m de distância das fileiras de *G. sepium* foi +4, -3,5 e -16 kg ha<sup>-1</sup>, com valores de -5, -2,8 e -10 kg ha<sup>-1</sup> a 3 m de distância, respectivamente.

Para evitar a diminuição da fertilidade do solo e conferir mais sustentabilidade a esses sistemas, sugere-se que, após o uso da biomassa da *G. sepium* e da palha do milho como

forragem, o esterco produzido pelos animais seja retornado ao solo dos campos de cultivo agrícola.

## CONCLUSÕES

1. A proximidade da *G. sepium* aumentou significativamente os teores de matéria orgânica leve, P disponível e K extraível do solo.
2. A matéria orgânica leve do solo foi melhor indicador do que a CO total para detectar mudanças causadas pelo manejo da cobertura vegetal nas condições do presente estudo.
3. A *G. sepium* provocou uma diminuição significativa da umidade do solo até distâncias de 1 m das árvores em relação à posição a 3 m das árvores.
4. As temperaturas máximas do ar e do solo foram menores embaixo das árvores de *G. sepium* do que a 1 e 3 m de distância.
5. A produção de grãos e palha do milho foi maior nas posições mais próximas das fileiras das árvores e diminuiu gradativamente com o aumento da distância das árvores.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudo, à CAPES, à ONG Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa (ASPTA) e ao Inter American Institute for Global Change Research (IAI), pelo apoio financeiro ao presente trabalho; a Francisco Brito e Equipe Técnica da ASPTA, pelo auxílio nas atividades de campo e laboratório, e a Marlon da Silva Garrido, pelas valiosas contribuições realizadas durante a preparação do manuscrito.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAUJO FILHO J.A. Manipulação da vegetação lenhosa da caatinga para fins pastoris. Sobral, Embrapa-CNPC. 18p, 1990. (Circular Técnica, 11)
- ASPTA. Conversão agroecológica de sistemas agrícolas familiares no Agreste da Paraíba: uma leitura multidisciplinar a partir do enfoque da produção e do manejo da biomassa. Esperança, ASPTA/CIRAD, 2000. 12p.
- BARRIOS, E.; KWESIGA, F.; BURESH, R.J. & SPRENT, J.I. Light fraction soil organic matter and available nitrogen following trees and maize. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 61:826-831, 1997.
- BARRETO, A.C. & FERNANDES, F.M. Cultivo de *Gliricídia sepium* e *Leucaena leucocephala* em alamedas visando a melhoria do solos dos tabuleiros costeiros. *Pesq. Agropec. Bras.*, 36:1287-1293, 2001.
- BURESH, R.J. & TIAN, G. Soil improvement by trees in sub-Saharan Africa. *Agrofor. Syst.*, 38:51-76, 1998.
- CORREIA, M.E.F. & ANDRADE, A.G. Formação de serrapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G.A.; FLAVIO A. & CAMARGO, O., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, Genesis, 1999. 508p.
- DANTAS, J.S. Dinâmica da produção e decomposição de folheto e ciclagem de nutrientes em um ecossistema de caatinga arbórea na Agreste da Paraíba. Areia, Universidade Federal da Paraíba, 2003. 30p. (Monografia do Curso de Agronomia)
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPEQUARIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, 1999a. 412p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPEQUARIA - EMBRAPA. Informática Agropecuária (Brasília, DF). Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília, 1999b. 370p.
- ESQUIVEL, J.; IBRAHIM, M.; JIMENEZ, F. & PEZO, D. Distribución de nutrientes en el suelo en sociaciones de poró (*Erythrina berteroana*), madero negro (*Gliricídia sepium*) e *Arachis pintoi* con *Brachiaria brizantha*. *R. Agrofor. la Am.*, 5:39-43, 1998.

- ETCHEVERS, D.J.; FISCHER, R.A.; VIDAL, I.; SAYRE, K.; SANDOVAL, M.A.; OLESCHKO, K. & ROMAN, S. Labranza de conservación, índices de calidad del suelo y captura de carbono. Colégio de Posgraduados. CIMNYT. Universidad Autónoma de México. In: SIMPOSIUM INTERNACIONAL DE LABRANZA DE CONSERVACIÓN, 2000. Anais. Culiacán-Mazatlán, Sinaloa, 2000. 13p. CDROM.
- FRAGA, V.S. & SALCEDO, I.H. Declines of organic nutrient pools in tropical semi-arid soils under subsistence farming. *Soil. Sci. Am. J.*, 68:215-224, 2004.
- FRAINDEIRAICH, N., coord. Atlas solarimétrico do Brasil: Cartas de isolinhas de radiação solar e insolação. Recife, Universidade Federal de Pernambuco, Companhia elétrica do São Francisco (CHESF), CEPEL/ ELECTROBRAS. 2000. v.3. 36p. (Relatório Técnico)
- GÓMEZ, M.E. & PRESTON, T.R. Ciclaje de nutrientes en un banco de proteína de mata *Gliricidia sepium*. *Liv. Res. Rural Develop.*, 8:6, 1996.
- GREGORICH, E.G. & ELLERT, B.H. Light fraction and macroorganic matter in mineral soils. In: CARTER, M.R., ed. *Soil sampling and methods of analysis*. Boca Raton, Canadian Society of Soil Science, 1993. p.397-407.
- IAEA. Sondas de neutrones y gamma: Sus aplicaciones em agronomia. 2.ed. Viena, 2003. 77p. (Coleccion..., 16).
- KWESIGA, F. Performance of fifteen provenances of *Gliricidia sepium* in eastern Zambia. *For. Ecol. Manag.*, 64:161-170, 1994.
- MENDONÇA, E.S.; LEITE, C.L.F. & NETO, F.P.S. Cultivo do café em sistema agroflorestal: Uma opção para recuperação de solos degradados. *R. Árvore*, 25:375-383, 2001.
- MENEZES, R.S.C. & SALCEDO, I.H. Influence of tree species on the herbaceous understory and soil chemical characteristics in a silvopastoral system in semi-arid northeastern Brazil. *R Bras. Ci. Solo*, 23:817-826, 1999.
- MENEZES, R.S.C. & SAMPAIO, E.V.S.B. Agricultura sustentável no semi-árido nordestino. In: OLIVEIRA, T.S.; ROMERO, R.E.; ASSIS Jr., R.N. & SILVA, J.R.C.S., eds. *Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido*. Fortaleza, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Universidade Federal do Ceará, 2000. p.20-46.
- MENEZES, R.S.C.; SALCEDO, I.H. & ELLIOTT, E.T. Microclimate and nutrient dynamics in a silvopastoral system of semiarid northeastern Brazil. *Agrofor. Syst.*, 56:27-38, 2002.

- MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F.M.; LOVATO, T.; FERNANDES, F.F. & DEBARBA, L. Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A.S. & ALVAREZ V., V.H., eds. Tópicos em ciência do solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v.3. p.209-248.
- MOREIRA, F.M.S. & SIQUEIRA, J.O. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2002. 625p.
- MURAGE, W.E.; KARANJA, N.K.; SMITHSON, P.C. & WOOMER, P.L. Diagnostic indicator of soil in productive and non-productive smallholders fields of Kenya's Central Highlands. *Amsterdam Agric. Ecosyst. Environ.*, 79:1-8, 2000. NAIR, P.K.R. Introduction to agroforestry. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1995. 449p.
- SALCEDO, I.H.; TIESSEN, H. & SAMPAIO, E.V.S.B. Nutrient availability in soil samples from shifting cultivation sites in the semi-arid Caatinga of NE Brazil. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 65:177-186, 1997.
- SAS. INSTITUTE. SAS Statistical Package, Cary, NC, 1995. Version 6.12.
- SCHROTH, G. & LEHMANN, J. Constrasting effects of roots and mulch form three agroforestry tree species on yield of alley cropepp maize. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 54:89- 101, 1995.
- SIERRA, J.; DULORMME, M. & DESFONTAINES, L. Soil nitrogen as affected by *Gliricidia sepium* in a silvopastoral system in Guadeloupe, French Antilles. *Agrofor. Syst.*, 54:87-97, 2002.
- SNYDER, J.D & TROFYMOW, J.A. A rapid accurate wet oxidation diffusion procedure for determining carbon in plant and soil samples. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 15:587-597, 1984.
- TIESSEN, H.; SALCEDO, I.H. & SAMPAIO, E.V.S.B. Nutrient and soil organic matter dynamics under shifting cultivation in semi-arid Northeastern Brazil. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 38:139-151, 1992.
- VITOUSEK, P.M. & SANFORD, R.L. Nutrient cycling in most tropical Forest. *Ann. Rev. Ecol. Sci.*, 17:137-167, 1986.
- WICK, B.; T IESSEN, H. & MENEZES, R.S.C. Land quality changes following the conversion of natural vegetation into silvo-pastoral systems in semiarid NE Brazil. *Plant Soil*, 222:59-70, 2000.

Tabela 1: Massa seca e conteúdo de N, P e K no folheto caído de julho a novembro de 2003, a diferentes distâncias das árvores de *G. sepium*, plantadas em fileiras com espaçamento de 6 m entre fileiras e 1 m entre árvores e consorciadas com milho, em um Neossolo Regolítico no município de Esperança-PB.

Distância das árvores	Massa seca	N	P	K
m	-----kg ha <sup>-1</sup> -----			
0	1390 a <sup>1</sup>	27,8 a	1,39 a	5 a
1	970 a	19,4 a	0,97 a	3,49 a
2	360 b	7,2 b	0,36 b	1,30 b
3	270 b	5,4 b	0,27 b	0,97 b
Média	748	15	0,75	2,70

<sup>1</sup>Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 2: Teores médios de carbono orgânico total (COT), P e K e pH do solo em amostras coletadas na profundidade de 0-10 cm, a 0, 1 e 3 m de distância de árvores de *G. sepium*, sete anos após o seu plantio, em um Neossolo Regolítico, no município de Esperança-PB.

Distância das árvores	COT	P	K	pH
m	-----g kg <sup>-1</sup> -----	-----mg kg <sup>-1</sup> -----		
0	9,7 a <sup>1</sup>	8,6 a	376 a	6,6 a
1	8,9 a	7,5 ab	178 b	6,4 a
3	8,4 a	6,1 b	162 b	6,4 a

<sup>1</sup>Médias na linha seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 3: Matéria orgânica leve do solo (MOL) na profundidade de 0-10 cm em quatro épocas do ano (de abril 2003 a janeiro de 2004) em um sistema agroflorestral com *G. sepium* ao longo de um transecto de amostragem partindo de baixo da copa das árvores (0 m) até o centro das parcelas (3 m), no município de Esperança, PB.

Distância das árvores	Meses (Épocas)			
	Abril	Julho	Outubro	Janeiro
m	-----g kg <sup>-1</sup> -----			
0	2,15 Ca <sup>1</sup>	2,61 Ba	2,73 Ba	3,72 Aa
1	1,04 Ab	1,09 Ab	1,10 Ab	1,24 Ab
3	0,95 Bb	0,85 Bb	0,88 Bb	1,20 Ab

<sup>1</sup>Médias nas linhas seguidas pela mesma letra maiúscula e, médias nas colunas seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 4: Conteúdo médio de água no solo (0-20 cm) a diferentes distâncias de árvores de *G. sepium* plantadas em fileiras espaçadas 6 m entre si e consorciadas com milho, em um Neossolo Regolítico no município de Esperança, PB, de março a agosto de 2003 e de 2004.

Meses	Distâncias em relação às fileiras de <i>G. sepium</i>		
	0 m	1 m	3 m
-----Conteúdo de água no solo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ )-----			
<b>2003</b>			
Março	0,131b <sup>1</sup>	0,135b	0,150a
Abril	0,127b	0,131b	0,151a
Maiο	0,112b	0,113b	0,142a
Junho	0,121b	0,121b	0,145a
Julho	0,120b	0,126b	0,145a
Agosto	0,121b	0,121b	0,144a
<b>2004</b>			
Marco	0,149b	0,176b	0,219a
Abril	0,118b	0,126b	0,161a
Maiο	0,133b	0,137b	0,179a
Junho	0,141b	0,137b	0,179a
Julho	SD <sup>2</sup>	SD	SD
Agosto	0,100b	0,101b	0,126a

<sup>1</sup>Médias na linha seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05). <sup>2</sup>SD= Sem dados

Tabela 5: Médias mensais das temperaturas máximas e mínimas do ar e do solo (0-10 cm) ao longo do ano embaixo e a 3 m de distância de fileiras de *G. sepium* consorciada com milho em um sistema agroflorestal no município de Esperança, PB.

Época	Mês	T max do Ar (°C)		T min do AR (°C)		T max solo (°C)		T min solo (°C)	
		Max 0 m	Max 3 m	Min 0 m	Min 3 m	Max 0 m	Max 3 m	Min 0 m	Min 3 m
Plena estação das chuvas	Maio	25	31	22	23	28	30	20	21
	Junho	27	28	19	19	24	28	21	22
	Julho	26	27	18	18	26	27	20	20
Final das chuvas	Agosto	27	30	19	19	26	31	22	21
	Setembro	29	34	20	19	26	36	23	22
	Outubro	32	32	19	19	27	37	24	24
Plena seca	Novembro	33	33	20	20	30	41	30	25
	Dezembro	33	33	20	20	33	39	25	25
Final da seca	Janeiro	32	32	21	21	31	37	24	24
Média no período		29	31	20	20	28	34	23	23

Tabela 6: Produtividade de grãos e palha do milho semeado a diferentes distâncias de fileiras de *G. sepium* em um sistema agroflorestal de cultivo, no município de Esperança, PB.

Distância das árvores	Grãos				Palha			
	MS	N	P	K	MS	N	P	K
m	-----kg ha <sup>-1</sup> -----							
2003								
1	479a <sup>1</sup>	7,18a	2,35a	3,02a	1156a	8,09a	2,08a	16,41a
2	340a	5,10a	1,66a	2,14a	1106a	7,74a	1,99a	15,70a
3	399a	5,98a	2,05a	2,51a	629b	4,40b	1,13b	8,93b
2004								
1	317a	4,75a	1,55a	1,99a	1138a	7,96a	2,04a	16,15a
2	179b	2,68b	0,88b	1,13b	826b	5,78b	1,48b	11,72b
3	122c	1,83c	0,59c	0,77c	809b	5,66b	1,46b	11,49b

<sup>1</sup>Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05)

## CONCLUSÕES GERAIS

A produtividade de sistemas agrícolas familiares na região semi-árida do Brasil é limitada principalmente pela disponibilidade de água e nutrientes. Assim, toda técnica de manejo que levar ao aumento do uso eficiente da água e dos nutrientes armazenados no solo poderá ter reflexo na produtividade de biomassa.

Atualmente, na região semi-árida vem sendo promovida a implantação de sistemas agrofloretais, por centros de pesquisa e organismos não governamentais, como estratégias para aumentar a produtividade de biomassa destes sistemas agrícolas familiares e como medidas mitigadoras à variabilidade ambiental da região. Contudo, um vez que as espécies arbóreas requerem os mesmos recursos que as culturas associadas (radiação solar, nutrientes, água, dióxido de carbono e oxigênio) podem ocorrer interações negativas ou positivas entre as árvores e as culturas, podendo haver redução da produtividade das culturas como resultado da competição por recursos.

Neste estudo foram obtidos diversos resultados referentes a esses processos oriundos da associação árvore – cultivo, num sistema agroflorestral em aléias com gliricídia e milho, tendo como principais conclusões finais:

### *Quanto à produtividade de biomassa*

- O sistema de cultivo em aléias reduziu a produtividade de grãos e palha de milho e da vegetação nativa espontânea, mas foi um sistema capaz de produzir uma quantidade total de biomassa maior que o sistema sem aléias.
- Não houve diferenças significativas quanto a produtividade de grãos e palha do milho com a incorporação de gliricídia e/ou esterco. Ambas fontes aumentaram significativamente a produtividade de grãos e palha do milho em relação ao controle, o que mostra ser a biomassa de gliricídia uma fonte alternativa a mais de nutrientes em sistemas agrícolas familiares.

- Suprida a deficiência de nutrientes, com a adição dos fertilizantes orgânicos, possivelmente a competição por água e por luz limitou a produtividade do milho nas posições próximas às fileiras de gliricídia.

#### ***Quanto à algumas propriedades químicas do solo e algumas condições microclimáticas***

- A presença da *G. sepium* em sistema de cultivo em aléias aumentou significativamente os teores de matéria orgânica leve, P disponível e K extraível do solo até distâncias de 1 m das fileiras de árvores.
- Nesse sistema, a matéria orgânica leve do solo foi melhor indicador do que o carbono orgânico total para detectar mudanças causadas pelo manejo da cobertura vegetal após o plantio das fileiras de gliricídia.
- O plantio de árvores de *G. sepium* dentro das áreas cultivadas diminuiu a temperatura do ar e do solo, principalmente nos meses correspondentes às épocas de plena estação chuvosa e final das chuvas.

#### **RECOMENDAÇÕES DE CARATER GERAL**

O incremento na adoção dos sistemas agroflorestais como, o cultivo em aléias, na região semi-árida pode resultar em benefícios potenciais, os quais em associação com outras práticas de manejo podem: contribuir para o uso sustentado de pastagens cultivadas, evitando sua degradação, b) promover a sustentabilidade de sistemas de produção animal, recuperar e desenvolver áreas degradadas, melhorar as condições econômicas dos agricultores por causa da maior diversidade de produtos, e, preservar os recursos naturais, contribuindo para a valorização das propriedades rurais. A efetividade destes benefícios potenciais dependerá dos objetivos, condições agroecológicas e estratégia de manejo adotado.

Para maximizar e minimizar os efeitos positivos e negativos do sistema e cultivo em aléias com gliricídia, e conferir mais sustentabilidade a esse sistema, sugere-se sua implantação em sistemas para a formação de bancos de proteína, como estratégia para promover uma maior estabilização na produção de biomassa para alimentação animal. A

biomassa da gliricídia é constituída de folhas e hastes tenras e possui na matéria seca entre 20% a 30% de proteína bruta, 53% de FDN, 33% de FDA e digestibilidade *in vitro* da matéria seca 54 a 70 %. Esta biomassa e sua mistura com outros materiais, poderia ser usadas como fonte de proteína para alimentação animal.

Após a colheita do milho, a palhada deve ser recolhida e enfardada para uso como suplemento alimentar volumoso, durante a época seca e a biomassa proveniente das podas realizadas durante o período chuvoso, pode ser utilizada para ensilagem, quando então, o sistema passaria a desempenhar o papel de banco de proteína.

Para evitar a diminuição da fertilidade do solo recomenda-se que, após o uso da biomassa da gliricídia e da palha do milho como forragem, o esterco produzido pelos animais seja retornado ao solo dos campos de cultivo agrícola

A lenha produzida nesse sistema poderia-se tornar em uma importante fonte de energia para atender até as necessidades das residências domésticas dos pequenos e médios agricultores, onde essa forma de energia na Região Nordeste representa 33% da matriz energética (Araújo Filho & Carvalho, 2001). Além disso, o cultivo em aléias fornece também postes e varas para a confecção de cercas vivas permanentes e, é uma importante área para apicultura. Após a retirada da madeira útil, cuja venda pode custear parte das despesas da propriedade, os garranchos podem ser enleirados em cordões perpendiculares ao declive, para proteção do solo contra a erosão.

Estudos relacionados com a frequência e altura de podas, espaçamentos mais adequados entre as aléias e entre árvores, associação com outras culturas e seleção de espécies, merecem atenção nos próximos trabalhos a serem desenvolvidos na região

Nome do arquivo: Versão\_post\_defesa\_(5).doc  
Pasta: \\Alunos1\compartilhada  
Modelo: C:\WINDOWS\Application Data\Microsoft\Modelos\Normal.dot  
Título: Aspectos Conceituais  
Assunto:  
Autor: Usuario  
Palavras-chave:  
Comentários:  
Data de criação: 15/08/06 3:26  
Número de alterações: 15  
Última gravação: 05/12/06 6:40  
Gravado por: Aldrin  
Tempo total de edição: 60 Minutos  
Última impressão: 05/12/06 6:58  
Como a última impressão  
Número de páginas: 69  
Número de palavras: 16.491 (aprox.)  
Número de caracteres:89.054 (aprox.)