

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE LEGUMINOSAS
HERBÁCEAS EM RECICLAR NUTRIENTES E SUPRIMIR
ERVAS ESPONTÂNEAS QUANDO CONSORCIADAS EM
SISTEMA DE ALÉIAS**

JOVENILSON CORRÊA ARAUJO

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. EMANOEL GOMES DE MOURA

Dissertação apresentada ao Programa de
Mestrado em Agroecologia da Universidade
Estadual do Maranhão, para obtenção do
título de Mestre em Agroecologia.

SÃO LUÍS

Maranhão - Brasil

Novembro - 2004

ARAUJO, Jovenilson Corrêa

Avaliação da eficiência de leguminosas herbáceas em reciclar nutrientes e suprimir ervas espontâneas quando consorciadas em sistema de aléias.

77 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Agroecologia) – Universidade Estadual do Maranhão, 2004.

1. Leguminosas. 2. Ciclagem. 3. Cultivo em aléia. 3. Ervas daninhas.
I Título.

CDU: 631.874:632.51

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE LEGUMINOSAS HERBÁCEAS EM
RECICLAR NUTRIENTES E SUPRIMIR ERVAS ESPONTÂNEAS
QUANDO CONSORCIADAS EM SISTEMA DE ALÉIAS**

JÓVENILSON CORRÊA ARAUJO

Aprovada: 08/11/2004

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Emanuel Gomes de Moura (Orientador) – UEMA

Prof. Dr. Christoph Gehring – UEMA/FAPEMA

Prof. Dr. Altamiro Souza de Lima Ferraz Júnior - UEMA

A meus pais, Francisco de Assis Santos Araujo e Benedita Corrêa Araújo, pelo amor e incansável disposição em cuidar dos filhos; e a meus irmãos e irmãs por saber que sempre poderei recorrê-los.

ofereço

A comunidade do Assentamento Tico-tico, em especial ao Silva e sua família, que mesmo vitimas da atual situação da agricultura itinerante maranhense e da nossa sociedade injusta, não desistem de viver com honestidade e respeito ao próximo.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço

Ao Prof. Emanuel Gomes de Moura pela oportunidade de mais uma vez ser seu orientando, pela confiança em depositada e pelo aprendizado diário sempre que conversamos;

Ao Silva por sua preciosa e indispensável ajuda nos trabalhos de campo, a sua esposa Sara por tão gentilmente preparar meu alimento nos dias de trabalho de campo e a seu filho Emanuelson por sua companhia no campo;

A minha ex-professora e hoje amiga e colega de turma Josilda Junqueira por sua valiosa e inestimável contribuição na identificação das ervas adventícias, assim como por sua permanente disposição em ajudar quando solicitada;

Ao Prof. Christoph por sua contribuição nas discussões e análise estatística deste trabalho e por aceitar compor a minha banca examinadora;

Ao Prof. Altamiro por gentilmente aceitar fazer parte da minha banca examinadora;

A Prof^a. Francisca Helena por sua disponibilidade em ajudar e orientar sempre que é requerida;

Ao Prof. Gusmão por seu empenho e preocupação com o bem-estar do Curso;

A todos dos demais professores do mestrado pelas lições acadêmicas e de vida que me proporcionaram;

Aos meus queridos amigos e colegas de turma: Carlos Magno, César Carneiro, Cínara, Fabio, Gazolla, Josilda, Juvenice, Ligia, Osvaldo, Pedro, Tereza, Tomás e Wasti pelos inesquecíveis e felizes momentos que passamos juntos, especialmente as festas e viagens; e a Ilka e Fabrícia pela amizade leal.

A eu irmão Wanderley por seu apoio técnico na manutenção do nosso computador;

A Valdenia por seu apoio amigo, por suas dicas quase sempre infalíveis, por sua contribuição ao ler este trabalho e ajuda no laboratório, por estar sempre disposta a me estender às mãos e por seu irresistível sorriso;

A Olga por sua ajuda no laboratório; e ao Izaque pelo apoio em Miranda;

Ao Walter, secretário do Curso, pela disposição e esforço em nos atender sempre que solicitado;

A CAPES pelo apoio financeiro em forma de bolsa de estudo.

Mãos Dadas

Não serei o poeta de um mundo caduco.

Também não cantarei o mundo futuro.

Estou preso à vida e olho meus companheiros

Estão taciturnos mas nutrem grandes esperanças.

Entre eles, considere a enorme realidade.

O presente é tão grande, não nos afastemos.

Não nos afastemos muito, vamos de mãos dadas.

Não serei o cantor de uma mulher, de uma história.

Não direi suspiros ao anoitecer, a paisagem vista na janela.

Não distribuirei entorpecentes ou cartas de suicida.

Não fugirei para ilhas nem serei raptado por serafins.

O tempo é a minha matéria, o tempo presente, os homens presentes, a vida presente.

(Carlos Drummond de Andrade)

“... toda nossa ciência não passa de um livro de cozinha, com uma teoria ortodoxa de culinária que não se pode admitir ser posta em questão, e uma lista de receitas que não deve ser aumentada, exceto com a permissão especial do Mestre-Cuca”.

Admirável mundo novo / Aldous Huxley

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	VIII
LISTA DE FIGURAS.....	IX
LISTA DE FOTOGRAFIAS.....	X
RESUMO.....	XI
ABSTRACT.....	XII
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1. Sistemas agroflorestais.....	5
2.2. Efeito de leguminosas anuais na produção de grãos	7
2.3. Ervas espontâneas nos agroecossistemas.....	13
2.4. Efeitos alelopáticos de culturas de cobertura.....	18
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1. Características e histórico do local.....	19
3.2. Características físicas e químicas do solo.....	20
3.3. Instalação do experimento e delineamento experimental.....	22
3.4. Coleta de dados.....	24
3.5. Análise dos dados.....	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	29
4.1. Comportamento das leguminosas de cobertura em função da precipitação pluviométrica.....	29
4.2. Avaliação da capacidade das leguminosas herbáceas em produzir biomassa.....	32
4.3. Capacidade potencial de estoque de nutrientes ao solo pelas	

leguminosas.....	34
4.3.1. Capacidade de aporte de nitrogênio.....	34
4.3.2. Capacidade de aporte de fósforo.....	36
4.3.3. Capacidade de aporte de potássio.....	36
4.3.4. Capacidade de aporte de cálcio.....	37
4.3.5. Capacidade de aporte de magnésio.....	37
4.3.6. Estimativa da capacidade total de aporte de nutrientes ao sistema.....	38
4.4. Composição e dominância da cobertura de ervas espontâneas.....	39
4.5. Efeito das leguminosas de cobertura sobre a dinâmica populacional e produção de biomassa seca das ervas espontâneas.....	46
5. CONCLUSÕES.....	55
REFERÊNCIAS.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Concentrações de nutrientes em leguminosas freqüentemente usadas como cultura de cobertura em diferentes tipos de solo no Brasil.....	12
Tabela 2. Composição granulométrica e características químicas do solo da área do experimento.....	21
Tabela 3. Concentração de N, P, K, Ca e Mg na biomassa aérea das leguminosas herbáceas.....	35
Tabela 4. Estimativa do estoque de N, P, K, Ca e Mg na biomassa aérea das leguminosas herbáceas.....	35
Tabela 5. Espécies de ervas espontâneas encontradas no experimento.....	41
Tabela 6. Espécies de ervas espontâneas encontradas na área do experimento, classificadas de acordo com a duração do ciclo vital e largura das folhas.....	42
Tabela 7. Distribuição de freqüência das espécies de ervas espontâneas encontradas em função da leguminosa de cultura de cobertura.....	43
Tabela 8. Densidade das espécies de ervas espontâneas em função da leguminosa de cobertura.....	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Médias históricas de 10 anos de precipitação e temperatura no município de Itapecuru, município vizinho a Miranda do Norte-MA.....	20
Figura 2. Croqui da área experimento ilustrando o delineamento experimental com os blocos dispostos no sentido Norte – Sul.	23
Figura 3. Estimativa do estoque de N, P, K, Ca e Mg pela biomassa aérea de um sistema de aléia só com sombreiro e de um sistema de aléia com sombreiro e feijão-de-porco como cultura de cobertura de solo.....	39
Figura 4. Dominância relativa (%) das principais espécies de ervas espontâneas em função da espécie de cultura de cobertura.....	46
Figura 5. Efeitos de diferentes leguminosas anuais usadas como cultura de cobertura sobre a densidade de ervas espontâneas.....	48
Figura 6. Efeitos das espécies usadas como cultura de cobertura sobre o número de espécies de ervas espontâneas.....	49
Figura 7. Efeitos das espécies usadas como cultura de cobertura sobre a diversidade de ervas espontâneas segundo o índice de Shannon-Wiener.....	50
Figura 8. Similaridade da composição florística de ervas adventícias entre os tratamentos.....	51
Figura 9. Efeitos das espécies usadas como cultura de cobertura sobre a produção de biomassa das ervas espontâneas.....	51
Figura 10. Desvio padrão da produção de biomassa pelas ervas espontâneas nas amostras dentro de cada parcela por tratamento.....	52
Figura 11. Biomassa seca das ervas adventícias e em função da biomassa seca produzida pelas leguminosas.....	53

LISTA DE FOTOGRAFIAS

- Fotografia 1.** Planta de mucuna preta (*Mucuna aterrima*), da germinação de novembro, entrelaçada em planta de sombreiro (*Clitoria fairchildiana*) do sistema de aléia e ramos das que morreram em decorrência da estiagem..... 26
- Fotografia 2.** Parcela com mucuna (*Mucuna aterrima*) ainda com desenvolvimento vigoroso no início do período de estiagem, cobrindo totalmente a superfície do solo as plantas de sombreiro..... 26
- Fotografia 3.** Parcela com feijão-de-porco em pleno florescimento, cobrindo totalmente a superfície do solo, no início do período de estiagem..... 30
- Fotografia 4.** Parcela com feijão-de-porco após o auge da estiagem, já com vargens maduras, com reduzida área nas entrelinhas..... 31
- Fotografia 5.** Parcela com feijão guandu praticamente abafado pelas ervas adventícias no início do período de estiagem..... 31
- Fotografia 6.** Parcela com feijão guandu após o auge da estiagem, ainda mostrando baixa cobertura de solo nas entrelinhas..... 32

**AValiação DA EFICIÊNCIA DE LEGUMINOSAS HERBÁCEAS EM
RECICLAR NUTRIENTES E SUPRIMIR ERVAS ESPONTÂNEAS
QUANDO CONSORCIADAS EM SISTEMA DE ALÉIAS.**

Autor: JOVENILSON CORRÊA ARAUJO

Orientador: Prof. Dr. EMANOEL GOMES DE MOURA

RESUMO - Culturas de cobertura além de promoverem proteção do solo e ciclagem de nutrientes, podem promover significativo controle de ervas espontâneas. Nesse sentido, com o objetivo de avaliar a eficiência de quatro leguminosas de cobertura de solo em reciclar nutrientes e supressão de ervas espontâneas, quando cultivadas nas aléias de um sistema, cujo componente arbóreo é a *Clitoria fairchildiana* R. A. Howard., do final do período chuvoso até o início do novo ciclo de cultivo econômico, foram semeadas as leguminosas herbáceas: mucuna-preta, feijão guandu, feijão-de-porco e calopogônio, em uma área no Município de Miranda do Norte – MA. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com cinco repetições em parcelas de 40 m². A resposta das leguminosas de cobertura à estiagem foi variada, sendo que a mucuna e o calopogônio, que tem desenvolvimento indeterminado, não resistiram ao auge do período seco, que foi de três meses. Já o guandu e o feijão-de-porco, que são arbustos de crescimento determinado, resistiram bem a estiagem. O feijão-de-porco foi à leguminosa mais eficiente na reciclagem de nutrientes, estocando 61,8 kg.ha⁻¹ de N; 6,1 kg.ha⁻¹ de P; 38,5 kg.ha⁻¹ de K; 35,5 kg.ha⁻¹; e 1.6 kg.ha⁻¹ de Mg, em sua parte aérea. Isto devido a sua excelente capacidade em produzir biomassa. Essa leguminosa aliada ao sombreiro pode proporcionar um aporte anual, ao sistema, de aproximadamente 468,6 kg.ha⁻¹ de N, 202,2 kg.ha⁻¹ de K e 142.1 kg.ha⁻¹ de Ca. As leguminosas de cobertura não influenciaram significativamente a dinâmica populacional das comunidades de ervas espontâneas. Entretanto, a análise de regressão mostrou que há uma relação entre produção de biomassa das leguminosas e biomassa das ervas. De modo que, a biomassa das ervas tende a diminuir com o aumento da produção de biomassa pelas leguminosas. As espécies *Leptochoa virgata* (L.) P. Beauv e *Panicum laxum* Swartz. foram dominantes em todos os tratamentos incluindo o controle.

Palavras-chave: Culturas de cobertura; rotação de culturas; ervas daninhas; dinâmica populacional.

**EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF HERBACEOUS LEGUMES IN
RECYCLING NUTRITIOUS AND TO WEED SUPPRESS WHEN IN ALLEY
CROP CONSORTIUM.**

Author: JOVENILSON CORRÊA ARAUJO

Adviser: Prof. Dr. EMANOEL GOMES DE MOURA

ABSTRACT - Cover crops besides they promote protection of the soil and nutrients cycling they can promote significant weed control. That with objective of evaluate the efficiency of four legumes of soil covering in recycling nutritious and weed suppression, when cultivated in the alley of a system whose arboreal component is *Clitoria fairchildiana* R. A. HOWARD., it was sowed the species: *Mucuna aterrma*, *Cajanus cajan* (L.) MILLSP., *Canavalia ensiformes* (L.) DC.) and *Calopogonium mucunoides* DESV. in an area in the Municipal district of Miranda do Norte – MA. The experimental desing was randomized bloks, with five replications in plot 40 m². The answer of the legumes of covering to the dry period was varied, the *M. aterrima* and the *C. mucunoides* of uncertain development, didn't resist to the peak of the dry period, that was of three months, while the *Cajanus cajan* and *Canavalia ensiformes*, that they are bushes of certain growth, they resisted well to the dry period. The *Canavalia ensiforme* went to more efficient legume in the recycling of nutritious, recycling 61,8 kg N ha⁻¹, 6,1 kg P ha⁻¹, 38,5 kg K ha⁻¹, 35,5 kg Ca ha⁻¹ and 1,6 kg Mg ha⁻¹ on the average. This due to its excellent capacity in producing biomass. That legume formed an alliance with the sombrero can provide an annual 468,64 kg N ha⁻¹, 202,2 kg K ha⁻¹ e 142,1 kg Ca ha⁻¹ to the system. The legumes didn't influence the weed communities' dynamic population significantly. However, a correlation was verified between production of biomass of the vegetable and biomass of the weed, so that the biomass of the weed tends to decrease the increase of the biomass production for the legume. The species *Leptochoa virgata* (L.) P. Beauv and *Panicum laxum* Swartz. was dominant in all the treatments including the control.

Key words: Cover crops, rotational cropping, weed, population dynamics.

1. INTRODUÇÃO

Na Amazônia Legal, a agricultura familiar baseada no tradicional sistema de rotação de áreas de cultivo, denominada de agricultura itinerante, utilizado por índios e caboclos e adotado por migrantes vindos de outras regiões, era equilibrada em termos ambientais até a década de 1960. Contudo, nas últimas décadas, essa sustentabilidade tem sido afetada (AGENDA 21 BRASILEIRA, 2000), principalmente, pela concentração fundiária que diminuiu o estoque de terras disponíveis para realização de pousio de longa duração, necessário para a recuperação da fertilidade do solo (ANDRADE, 1999), ou mais apropriadamente, para regeneração da biomassa vegetal necessária à formação de cinzas em quantidades adequadas à obtenção de boas colheitas por mais de um ano. Já que, com o prolongamento do pousio há tendência de diminuição da concentração de nutrientes na superfície do solo em decorrência da imobilização pelo desenvolvimento da cobertura vegetal (AWETO, 1981). Desse modo, o retorno de nutrientes ao solo ocorrerá por meio da decomposição da biomassa morta e, ou por queima, como no sistema de corte e queima. Aspectos relacionados à integração ao mercado, à tecnologia, ao conhecimento produtivo, às políticas de créditos e ao mercado de trabalho, também têm contribuído para o comprometimento da sustentabilidade da agricultura itinerante (AGENDA 21 BRASILEIRA, 2000). Em contrapartida, a agricultura empresarial baseada, sobretudo na monocultura, que tem sua sustentabilidade questionada por exigir elevado aporte de insumos externos e por possuir baixa capacidade de geração de emprego, além de provocar significativos impactos ambientais; também é responsável pela perda da sustentabilidade da agricultura familiar itinerante, por influenciar em sua desarticulação e no aumento da concentração de terras e de renda (AGENDA 21 BRASILEIRA, 2000).

Na maioria dos municípios maranhenses, além de fatores como concentração da terra e a pressão populacional provocada tanto pelo crescimento da

população local quanto pela migração de agricultores para áreas de fronteiras agrícolas (FERRAZ JR., 2004), a baixa fertilidade natural dos solos aliada à alta precipitação pluviométrica e elevadas temperaturas, também contribuem para selar a atual insustentabilidade da agricultura itinerante (MOURA, 2004).

No Município de Miranda do Norte, por exemplo, que está situado em uma área de transição entre as Formações Geológicas conhecidas como Aluviões Flúvio-Marinhos e Formação Itapecuru, é freqüente a ocorrência de áreas ambientalmente degradadas (MOURA, 2004), devido à perda de fertilidade química e de solo por exposição à elevada precipitação (superior a 2000 mm) com chuvas de alta intensidade; em decorrência da agricultura itinerante (FERRAZ JR., 2004); e devido à introdução de modelos convencionais de uso do solo, que revolvem o solo por meio de gradagens sucessivas quebrando a frágil estrutura da camada arável, iniciando, a partir daí, um rápido processo de compactação. Essa compactação é facilitada pelos altos teores de areia fina e silte presentes nesses solos; pelo enorme impacto das chuvas torrenciais que têm início logo após o preparo do solo; e pela rápida decomposição da matéria orgânica em função de altas temperaturas e umidade, o que contribui para a exacerbação dos efeitos negativos da acidez (MOURA, 2004). Segundo esse autor, a presença de níveis satisfatórios de matéria orgânica no solo é capaz de neutralizar, através de um fenômeno químico chamado de complexação, os efeitos tóxicos de Al e H⁺. Os Aluviões Flúvio-Marinhos são caracterizados por solos constituídos predominantemente por argilas, silte e areia fina (MOURA, 2004), sujeitos a ciclos repetitivos de saturação e secagem devido ao regime de chuvas (SILVA & MOURA, 2004). Já a Formação Itapecuru se caracteriza por solos formados principalmente por areia fina e silte com baixa capacidade de retenção de cátions, de estrutura frágil e drenagem interna dificultada pela presença quase constante de camadas subjacentes de baixa condutividade hidráulica (MOURA, 2004).

Para Moura (2004), a ausência de práticas que assegurem o crescimento e a manutenção da qualidade dos solos cultivados é um dos principais entraves ao desenvolvimento da agricultura nos aluviões e na formação Itapecuru. Não obstante, Ferraz Jr. (2004) coloca que o esgotamento do modelo de produção itinerante requer alternativas capazes de o substituírem. Sendo que, essas alternativas têm que originar

sistemas de produção de alimentos com maior diversidade de espécies e que atuem no sentido de construção da fertilidade dos solos pobres que ocupam uma grande extensão do Maranhão.

Outro fator que contribui para acirrar os problemas de sustentabilidade dos sistemas de produção maranhense, em especial na agricultura familiar, e que ainda é pouco estudado, é infestação das áreas de cultivo por ervas espontâneas (ervas daninhas). É comum observarmos nas diversas regiões agrícolas do Estado, agricultores que mesmo descapitalizados, como é o caso dos que praticam a agricultura itinerante, darem prioridade ao uso de herbicidas, e freqüentemente o único insumo, além de sua força de trabalho, usado no processo produtivo, por entenderem que é a melhor forma de garantir uma produção satisfatória com relativa economia de trabalho físico, que de outra forma teria que ser despendido para adequado controle das ervas espontâneas.

Dois dos principais instrumentos vislumbrados no acordo firmado durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em 1992, para o desenvolvimento rural e agricultura sustentável são a conservação do solo e o manejo dos insumos (AGENDA 21, 1997). Nesse aspecto, a conservação do solo está usualmente associada a sua profundidade, capacidade de armazenamento de água, balanço de nutrientes, conteúdo de matéria orgânica, cobertura do solo e diversidade biológica (ARSHAD & MARTIN, 2002). Por outro lado, as culturas de cobertura por apresentarem efeitos benéficos à conservação do solo, ciclagem de nutrientes, pragas, patógenos e populações de ervas espontâneas, constituem um importante elo de ligação entre solo, nutriente, pragas e manejo de ervas espontâneas nos agroecossistemas (BÀRBERI, 2002).

O objetivo do plantio de culturas de cobertura é proteger o solo num período ou durante todo o ano, sendo freqüentemente plantadas após a colheita da cultura principal, para cobrir o solo durante o período de pousio, proporcionando importantes impactos sobre o ambiente através da sua habilidade em modificar a interface solo-atmosfera, de oferecer proteção física ao solo contra a luz do Sol, o vento e a chuva, e de participar de diversas interferências de adição e remoção (GLIESSMAN, 2001). Os principais benefícios almejados pelas culturas de

cobertura sobre o solo às culturas são: melhoria da capacidade de infiltração de água, redução na formação de crosta de solo, redução do escoamento, menor erosão, melhoria da estabilidade dos agregados do solo, aumento da percentagem de macroporos, redução da compactação e conseqüentemente da densidade do solo, aumento do conteúdo de matéria orgânica do solo e retenção de nutrientes no sistema e conseqüentemente prevenção das perdas por lixiviação, aumento do conteúdo de nitrogênio, por meio da fixação biológica, aumento da diversidade da biota benéfica no solo, inibição de ervas espontâneas por efeitos alelopáticos, supressão de ervas espontâneas por competição, controle de patógenos de solo por aleloquímicos, aumento da presença de organismos benéficos e supressão de organismos-praga (GLIESSMAN, 2001; KHATOUNIAN, 2001; ALTIERI, 2002).

A despeito do benefício comprovado da cultura de cobertura, o seu uso deve ser trabalhado para o agroecossistema individual, já que, por melhor que seja a espécie da cultura de cobertura, seu cultivo exclusivo não deixa de ser monocultura. Como tal, sujeita aos problemas típicos dessa condição, tais como: exploração desigual do solo, seleção de pragas e doenças, desbalanço da atividade biológica em favor de umas poucas espécies e redução da biodiversidade (KHATOUNIAN, 2001).

Neste sentido, a solução para melhor simular a natureza, seria cultivar um conjunto de espécies com hábitos de crescimento e necessidades contrastantes, idealmente de nichos complementares (KHATOUNIAN, 2001). Por isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a capacidade potencial de quatro leguminosas herbáceas de reciclar nutrientes e suprimir ervas espontâneas, quando utilizadas como cultura de cobertura no final do período chuvoso até o início do novo ciclo de cultivo econômico, em consórcio com *Clitoria fairchildiana* R. A. HOWARD. (sombreiro), componente arbóreo de um sistema em aléias, visando proteção do solo e diminuição da entrada de insumos externos, sobretudo herbicidas, que são rotineiramente utilizados no preparo de área para plantio direto.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Sistemas Agroflorestais

Sistemas agroflorestais (SAFs) são sistemas tradicionais de uso da terra que combinam árvores no espaço e ou no tempo com espécies agrícolas anuais e/ou animais, com o objetivo de otimizar os efeitos benéficos das interações entre os componentes arbóreos, agrícolas e animais a fim de obter uma produção compatível com àquela obtida em monocultivo, utilizando os mesmos recursos e práticas de manejo compatíveis com a cultura da população local (ALTIERI, 2002). Para Neupane & Thapa (2001) sistemas agroflorestais são práticas sustentáveis de produção agrícola porque, além de serem capazes de fornecer alimentos, madeira para construção e combustível, são capazes de incrementar a produtividade da terra e melhorar as condições econômicas dos agricultores, através da exploração de espécies arbóreas de múltiplas funções, sem grandes mudanças nas práticas agrícolas existentes.

O sistema de cultivo em aléia, que é uma modalidade de sistema agroflorestal, constitui-se em um sistema melhorado de pousio, no qual, arbustos ou árvores de múltiplos propósitos, preferencialmente leguminosas devido á fixação biológica de nitrogênio, são plantadas em associação com espécies alimentares, visando acelerar a regeneração dos nutrientes do solo, diminuindo, em consequência, o tempo de pousio (ALTIERI, 2001). Nesse sistema, durante o período de cultivo da cultura econômica, as árvores que compõem a cerca viva do sistema, são periodicamente podadas para minimizar sombreamento da cultura alimentar. E quando não há cultura econômica no campo, às árvores são permitidas crescer livremente para cobrir o solo. O material proveniente da poda é então espalhado na superfície do solo, nas aléias, para formação de cobertura morta ou pode ser incorporado como adubo verde (KANG, 1997). Segundo esse autor, o sistema de cultivo em aléia é baseado nos seguintes princípios:

- ✓ No manejo do crescimento das árvores, estas executam as mesmas funções como no sistema tradicional de alqueive para reciclagem de nutrientes e regeneração da fertilidade do solo;
- ✓ As árvores fornecem, no local, material para formação de cobertura morta e adubo verde;
- ✓ No período sem cultivo, as árvores ajudam na supressão de ervas espontâneas através do sombreamento parcial das aléias;
- ✓ A inclusão de espécies fixadoras de nitrogênio acrescenta este elemento ao sistema;
- ✓ Favorece a reciclagem de nutrientes, através da absorção de nutrientes das camadas mais profundas do solo e posterior deposição na superfície através do material podado. Isto ocorre quando a espécie utilizada possui raízes profundas;
- ✓ As árvores do sistema também podem ser fonte de pastagem para animais e fornecer outros produtos tais como: lenha e estacas.

A possível limitação do sistema de cultivo em aléias é a concorrência das espécies arbóreas ou arbustivas com as culturas agrícolas por água, luz e nutrientes (ALTIERI, 2000), que pode parcialmente ser contornada através do manejo adequado da poda.

Os sistemas agroflorestais podem melhorar as características químicas, além das físicas do solo. De acordo com McGrath et al. (2001), solos cultivados em sistema agroflorestal, no Acre e Rondônia, apresentaram maiores teores de Ca e Mg trocáveis e, conseqüentemente, menor saturação de alumínio que solos de florestas adjacentes, porém apresentaram de 30 a 50% menos fósforo inorgânico extraível do que os solos de florestas. Mafra et al. (1998) também observaram aumento nos teores de N, P, Ca e Mg, na camada de 0–20 cm, de um solo sob cultivo em aléias de leucena, quando comparado com uma área de cerrado adjacente.

Embora cultivos em aléia reciclem grande quantidade de nutrientes, a quantidade reciclada ainda pode ser insuficiente para satisfazer as necessidades das

culturas (KANG, 1997). Nesse aspecto, cultivos em sistemas de aléias, combinados com adubação suplementar, tendem a ser mais produtivos do que cultivos que utilizam somente o manejo das espécies arbóreas, e/ou com somente adubação química. Isto provavelmente é devido a interações positivas entre o P fornecido pelo adubo e o N fornecido através da fixação biológica das leguminosas do sistema de aléia (IMO & TIMMER, 2000). Akinnifesi et al. (1997) conseguiram incrementar em 82% o rendimento de milho quando combinaram material proveniente da poda de *Leucaena leucocephala*, de um sistema em aléia implantado em um Alfisol no sudoeste da Nigéria, com adubação química; e o N assimilado pelos grãos de milho foi aproximadamente 50% superior ao assimilado sem os resíduos da poda de *L. leucocephala*, só com adubação química.

Contudo, como um dos principais objetivos da agroecologia é o desenvolvimento de uma agricultura ambientalmente sustentável com o menor uso possível de insumos externos, a suplementação química não é vista com bons olhos pela corrente agroecológica. Visto que, essa suplementação química depende de combustíveis fósseis não renováveis; e por se constituir em produtos que podem ser lixiviados com mais facilidade, podendo ocasionar contaminação da água subterrânea; e/ou poderem ser arrastados por enxurradas para corpos d'água superficiais. Além disso, o custo dos adubos químicos é uma variável sobre o qual os agricultores não têm controle, uma vez que acompanha as oscilações do petróleo (GLIESSMAN, 2001). Esse fator exclui principalmente os agricultores familiares do acesso a esse tipo de insumo. Nesse sentido, Bhowmik (1997) chama a atenção sobre a necessidade de se olhar para dentro dos sistemas agrícolas, com o propósito de minimizar a entrada de energia necessária para a produção. Para isso, cultivos mistos ou sistema de unidades auto-sustentáveis (FRISSEL, 1977) são capazes de produzir com mais eficiência (CAPOLARI & ONNIS, 1992).

2.2. Efeitos de leguminosas anuais na produção de grãos

Snapp et al., (2002) em pesquisa participativa com pequenos agricultores de Malawi (África), avaliando sistemas de cultivos com uso de leguminosas intercaladas ou em rotação com o milho, concluíram que o rendimento de grão nos sistemas com uso de leguminosas foi semelhante ao rendimento do monocultivo

continuo de milho. Sendo que, o lucro líquido dos sistemas com leguminosas foi potencialmente duas vezes maior; isto porque os agricultores podiam desfrutar também dos grãos de feijão-guandu (*Cajanus cajan*) e amendoim (*Arachis hypogaea*). Heinrichs et al. (2002), também em estudo de cultivo intercalar de adubos verdes com o milho, conduzido em Piracicaba-SP, em um Litossolo Vermelho eutrófico, observaram que o estado nutricional e a produção de grãos do milho apresentaram melhores resultados no cultivo consorciado com feijão-de-porco, superando a testemunha, sem cultivo intercalar, e leguminosas como mucuna anã e guandu anão. Não obstante, Zoschke & Quadranti (2002) colocam que cultivos intercalados leguminosas podem, também, reduzir o rendimento da cultura de interesse econômico. Entretanto, na maioria dos casos, os efeitos que prevalecem são os benéficos. Poudel et al. (2002), por exemplo, dizem que as práticas de manejo usadas nos sistemas alternativos de cultivos têm potencial para produção comparável com rendimentos de sistemas convencionais de plantio. Carvalho et al. (2004) também não encontraram diferença significativa na produtividade de milho em sucessão a adubos verdes (mucuna-preta e guandu) em comparação ao sistema de pousio, onde apenas a crotalária foi superior em um dos períodos de cultivo. Nesse aspecto, dentro de uma percepção ecológica, os cultivos consorciados com leguminosas sobressaem-se em relação ao convencional (monocultivo mecanizado com elevada entrada de insumos externos) e ao cultivo itinerante, por asseguram melhor diversidade na estrutura e maior estabilidade no funcionamento do agroecossistema (CAPORALI & ONNIS, 1992) e por terem potencial para melhoria da fertilidade do solo, fornecendo, sobretudo N (CERETTA et al. 1994). A função de fixação biológica de nitrogênio pelas leguminosas é particularmente importante para os solos tropicais que, em geral, são pobres em N (MELLO et al., 1983). O baixo conteúdo de N em solos tropicais é devido, principalmente, ao baixo conteúdo de matéria orgânica desses solos em decorrência da rápida atividade microbiana (NANDWA, 2001) e a lavagem em consequência da elevada precipitação pluviométrica (MELLO et al., 1983).

Silva et al. (2002) em trabalho sobre reciclagem de nutrientes ao solo pelo cultivo de adubos verdes intercalados em pomar de laranja-‘pera’, verificaram aumento da produção de biomassa verde e seca nas leguminosas usadas como adubos

verdes, com o decorrer de sua sucessão. Sendo que, a produção média de biomassa seca da mucuna preta foi de 3,56 Mg.ha⁻¹; 6,84 Mg.ha⁻¹ para o feijão guandu e 6,05 Mg.ha⁻¹ para o feijão-de-porco. Em sistemas agrícolas com culturas intercaladas, a cultura secundária é plantada como forma de segurar possíveis perdas na cultura principal, para controle de erosão, melhoria da fertilidade do solo e controle de ervas espontâneas (HATCHER & MELANDER, 2003).

As culturas de cobertura por apresentarem efeitos benéficos à conservação do solo, ciclagem de nutrientes, pragas, patógenos e populações de ervas espontâneas, constituem um importante elo de ligação entre solo, nutriente, pragas e manejo de ervas espontâneas nos agroecossistemas (BÀRBERI, 2002). Para Amabile et al. (1996), a utilização de adubos verdes, que na maioria das situações no Brasil devem ser deixados completar o ciclo para que funcionem como cobertura sobre o solo, devido ao rápido processo de decomposição da biomassa que ocorre no trópico úmido (KHATOUNIAN, 2001), na época adequada, nos sistemas de cultivos, constitui-se uma alternativa promissora sob os aspectos técnico e econômico. Nesse sentido, a semeadura dos adubos verdes no final do período chuvoso é vislumbrada como uma estratégia para o incremento da fertilidade do solo, principalmente os de baixa fertilidade natural. Amado et al. (2001), avaliando o potencial de cultura de cobertura em acumular C e N em um Argissolo Vermelho distrófico arênico, em Santa Maria-RS, concluíram que o uso de leguminosas de cobertura do solo em rotação com culturas agrícolas, constitui-se em uma estratégia econômica e ambientalmente sustentável para fornecimento, sobretudo, de N ao sistema; com capacidade de promover aumento na produção de fitomassa e de grãos das culturas comerciais. Contudo, a taxa de mineralização de nitrogênio a partir de resíduos de plantas é uma função de sua qualidade. Nesse aspecto, quando os resíduos vegetais contêm alta concentração de lignina ou polifenóis, apresentam baixa taxa de mineralização (TORRES et al., 2002). Segundo Palm et al. (2001) a concentração de nitrogênio na biomassa de leguminosas (material não senescente) em geral varia de 2,5 a 4,5%. Enquanto que, a concentração média de N em espécies não leguminosas varia de 0,8 a 1,5% dependendo da parte da planta.

Bayer et al. (1998) observaram que o maior fornecimento de nitrogênio ao milho, nos sistemas com inclusão de leguminosas, deve-se à sua mineralização na

biomassa das culturas antecessoras ao milho; e ao incremento do conteúdo de N do solo, favorecido pelo aumento na quantidade de matéria seca com baixa relação C:N. Poudel et al. (2002) também observaram que o potencial de mineralização de nitrogênio de solos cultivados em sistema com baixa entrada de insumos externos, que utiliza sistema de cobertura viva, sobretudo com leguminosas, aumentou mais de 50% em relação ao sistema de cultivo convencional. Já o aumento do sistema orgânico em relação ao sistema convencional foi de 112%. E segundo Aita et al., (2001), a melhoria do balanço de N no solo por meio de introdução de leguminosas é particularmente importante em solos pobres em matéria orgânica, onde a disponibilidade de N é um fator limitante à produção agrícola.

Um aspecto importante, a ser considerado, no manejo das culturas de cobertura em sistemas de produção, consiste na necessidade de sincronizar o corte das plantas com as fases de crescimento da cultura, no sentido de otimizar o rendimento do sistema. Kramer et al. (2002), por exemplo, estudando fontes de nitrogênio inorgânico e orgânico em três sistemas de cultivo: convencional, de baixa entrada e orgânico, observaram que a maior disponibilidade de nitrogênio oriundo de adubo sintético ocorre no início do período de crescimento da cultura do milho, não coincidindo com o período de maior taxa de assimilação de nitrogênio da cultura, que ocorre no meio do ciclo da cultura, ou seja, a partir de 70 dias da semeadura. Já quando a fonte de nitrogênio era orgânica, nesse caso proveniente de resíduo de ervilha, a disponibilidade de nitrogênio foi constante. Sendo que, o aumento da disponibilidade de nitrogênio, proveniente dessa fonte, coincidiu melhor com o período de maior demanda da cultura. Nesse experimento não houve diferença de rendimento de grão entre os três sistemas. Entretanto, Scivittaro et al. (2003) avaliando a dinâmica do nitrogênio de adubos verdes e mineral na cultura do milho em um Latossolo Vermelho, observaram que o milho assimilou apenas 12% de N proveniente de adubação verde de *Mucuna aterrima*, incorporada 15 dias antes da semeadura do milho, enquanto que a assimilação de N proveniente de uréia foi de 43%. Essa menor assimilação do N proveniente da adubação verde, pelo milho, estaria relacionado à indisponibilidade desse nutriente em decorrência da lenta mineralização e liberação do adubo verde.

O guandu (*Cajanus cajan*) por apresentar sistema radicular bem profundo e com boa habilidade de exploração do solo, apresenta um grande potencial de reciclagem de nutrientes (ALCÂNTARA et al., 2000). Ceretta et al. (1994) relatam que matéria seca da parte aérea do guandu no estágio de florescimento, quando cultivado em argissolo vermelho amarelo, é constituída de 1,9% de N, 0,2% de P e 1,2% de K, com uma relação C:N de 21,6. Garcia (2002) obteve em solos arenosos de tabuleiros costeiros do Piauí, sob irrigação, produção de 13.958 Mg ha⁻¹. O calopogônio (*Calopogonium mucunoides*), também conhecido como catinga-de-macaco é uma planta de ciclo anual, mas que pode ser perene, caso a umidade do solo seja favorável, de porte herbáceo, podendo ter caule com cerca de 3 cm de comprimento, normalmente enraizando-se a partir dos nós, que está bem adaptada a locais sombreados e em áreas úmidas, porém normalmente se desenvolve sobre árvores e arbustos (NASCIMENTO et al., 1996). Ainda, segundo esses autores, a concentração de fósforo e cálcio na biomassa dessa fabacea (leguminosa) é de 0,25 e 0,30%, respectivamente.

Resende et al. (2003) verificaram através da técnica de abundância de ¹⁵N, que mais de 70% do nitrogênio acumulado na parte aérea da *Canavalia ensiformis* e *Mucuna deeringiana*, cultivados para adubação verde, é proveniente de fixação biológica, correspondendo, respectivamente, a produção mínima de 43 e 35 kg N ha⁻¹. Isto indica que estas leguminosas possuem bom potencial para introdução de N nos sistemas agrícolas, uma vez que, de acordo com Borkert et al. (2003) de 60 a 70% desse nutriente encontrado na biomassa vegetal heterotrófica é reciclado e novamente absorvido pelas plantas do cultivo seguinte. Segundo Ceretta et al. (1994) há 2,6% de N, 0,2% de P e 1,7% de K na biomassa aérea do feijão-de-porco, estágio de florescimento, sendo a relação C:N de 14,6, quando cultivado em um argissolo vermelho amarelo. Na Tabela 1 apresenta concentrações de nutrientes de algumas leguminosas freqüentemente utilizadas como cultura de cobertura e/ou adubação verde, cultivadas em diferentes solos.

Tabela 1. Concentrações de nutrientes em leguminosas freqüentemente usadas como cultura de cobertura e/ou adubação verde em diferentes tipos de solo no Brasil.

Espécie	Solo	N	P	K	Ca	Mg	Referência
<i>Cajanus cajan</i>	Latossolo Vermelho Férrico Típico	42,9	3,7	23,1	10,2	66,0	Saminéz et al., 2003
<i>Cajanus cajan</i>	Latossolo Vermelho Escuro	21,0	1,9	16,0	8,0	3,0	Silva et al., 2002
<i>Cajanus cajan</i>	Argissolo Vermelho Amarelo	19,0	2,0	11,9	-	-	Ceretta et al., 1994
<i>Canavalia brasiliensis</i>	Latossolo Vermelho Férrico Típico	30,8	3,4	31,7	27,9	4,2	Saminéz et al., 2003
<i>Canavalia ensiformes</i>	Latossolo Vermelho Férrico Típico	37,6	3,1	23,2	29,7	4,5	Saminéz et al., 2003
<i>Canavalia ensiformes</i>	Latossolo Vermelho Escuro	28,0	2,2	19,0	18,0	5,0	Silva et al., 2002
<i>Canavalia ensiformes</i>	Argissolo Vermelho Amarelo	25,8	2,3	16,9	-	-	Ceretta et al., 1994
<i>Crotalária juncea</i>	Latossolo Vermelho Férrico Típico	40,8	4,5	19,8	22,9	7,28	Saminéz et al., 2003
<i>Crotalária juncea</i>	Latossolo Vermelho Escuro	14	1,3	13,0	8,0	4,0	Silva et al., 2002
<i>Crotalária spectabilis</i>	Argissolo Vermelho Amarelo	21,1	2,0	19,2	-	-	Ceretta et al., 1994
<i>Crotalária spectabilis</i>	Latossolo Vermelho Férrico Típico	32,9	3,9	25,8	21,1	4,2	Saminéz et al., 2003
<i>Crotalária spectabilis</i>	Latossolo Vermelho Escuro	18,0	1,8	19,0	13,0	4,0	Silva et al., 2002
<i>Dolichos labe-labe</i>	Latossolo Vermelho Escuro	21	2,6	18	13	6	Silva et al., 2002
<i>Mucuna aterrima</i>	Latossolo Vermelho Férrico Típico	26,6	3,2	28,8	10,2	3,3	Saminéz et al., 2003
<i>Mucuna aterrima</i>	Latossolo Vermelho Escuro	24,0	2,3	17,0	11,0	4,0	Silva et al., 2002
<i>Mucuna deeringiana</i>	Latossolo Vermelho Escuro	26,0	1,9	13,0	9,0	4,0	Silva et al., 2002

Além da capacidade das leguminosas em estocar nutrientes, o manejo adequando dessas plantas pode influenciar nas populações de inimigos naturais de pragas. Segundo Fadini et al. (2001), em trabalho que avaliou o efeito da cobertura vegetal do solo sobre a abundância e diversidade de inimigos naturais de pragas em vinhedos, a manutenção da diversidade de cobertura vegetal estimula a diversidade e abundância de inimigos naturais de pragas. Em oposição, onde a cobertura vegetal do solo é totalmente retirada, com capina mecânica ou com herbicida, há redução significativa na diversidade e abundância de inimigos naturais.

Ainda que culturas de cobertura também tenham grande possibilidade de abrigarem pragas das culturas econômicas, algumas espécies utilizadas como cultura de cobertura podem por se só realizar eficiente controle de alguns patógenos como nematóides (MCSORLEY, 1999). De acordo com Sharma & Resck (1979), espécies como a *Crotalaria grationa* e *Canavallia ensiformis* quando utilizadas como adubação verde, mostraram eficiência de mais de 90% no controle de nematóides.

2.3. Ervas espontâneas nos agroecossistemas

As ervas espontâneas (ALTIERI, 2002), também chamadas de ervas adventícias ou invasoras por Gliessman (2001); comumente chamadas de ervas daninhas pelos adeptos da revolução verde, são plantas especializadas por serem bem sucedidas em áreas de produção, ocupando um nicho que favorece populações anuais de estratégia *r* ou de ruderais (GLIESSMAN, 2001). As ervas espontâneas competem com a cultura por umidade, luz e nutrientes, e quando não são controladas podem impedir ou retardar o desenvolvimento da cultura (ZOSVCHKE & QUADRANTI, 2002); acarretando decréscimo em produção e qualidade do produto colhido, bem como aumentam os custos de produção em todas as partes do mundo, sendo responsáveis pela maior parte dos custos com agrotóxicos (CARMONA, 1992; MARSHALL et al., 2003). Apesar disso, Gliessman (2001) enumera alguns efeitos benéficos das ervas espontâneas sobre os agroecossistemas, que em algumas ocasiões podem ser comparados aos efeitos proporcionados por algumas culturas de cobertura. Para Gliessman (2001), as ervas espontâneas também têm função de proteger a superfície do solo contra erosão, principalmente erosão laminar e a provocada pelo impacto da chuva, através cobertura foliar e pelas raízes. As ervas espontâneas

podem também absorver nutrientes que, de outra forma, seriam lixiviados do sistema; adicionar matéria orgânica ao solo; e podem inibir seletivamente o desenvolvimento de espécies mais perniciosas, através da alelopatia. Neste sentido, as ervas espontâneas podem acionar algumas e eventualmente todas essas funções, promovendo diversidade, funcionamento do ecossistema e sustentando muitas outras espécies que fortuitamente podem ser benéficas à agricultura (MARSHALL et al., 2003). Desse modo, esses autores colocam que existe a necessidade da permanência de algumas ervas espontâneas entre a cultura para que seja mantido um equilíbrio ecológico. Por isso, o controle das ervas espontâneas deve ser feito de modo a selecionar espécies e populações que sejam toleradas nas lavouras, ou seja, aquelas mais raras e menos competitivas (MARSHALL et al., 2003).

A pesar dos possíveis efeitos benéficos das ervas espontâneas sobre os sistemas agrícolas, enumerados acima, na prática, os efeitos que prevalecem são os negativos, provenientes da competição das ervas espontâneas com a cultura agrícola, que normalmente comprometem rendimento dos produtos colhidos. Por outro lado, no controle químico de ervas espontâneas; o uso repetido do mesmo herbicida ou de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação para controle dessas ervas tem exercido alta pressão de seleção (VARGAS et al., 2001). Isto ocorre principalmente em áreas onde é prática comum o monocultivo intensivo, nas quais, os herbicidas são aplicados com o objetivo de eliminar quase toda população de ervas espontâneas incidentes (CHRISTOFFOLETI, 1994). Caporalli & Innis (1992), observaram efeitos adversos da aplicação de herbicidas sobre desempenho de rendimento de girassol em sucessão com leucena e sem fertilização nitrogenada.

Ao contrário dos sistemas de cultivos múltiplos, onde a natureza dos consórcios pode manter o solo coberto por todo o período de plantio, sombrear as espécies sensíveis e diminuir a necessidade de controle de vegetação espontânea (ALTIERI, 2002), os sistemas de cultivo convencional e cultivo mínimo, por revolverem o solo provocam modificações e exposição direta do banco de semente do solo à luz solar, podendo com isso favorecer o aumento do surgimento de ervas espontâneas. Pereira & Velini (2003), por exemplo, avaliando efeitos de sistemas de cultivo sobre a dinâmica de populações de plantas espontâneas, no cerrado, observaram que o sistema de plantio direto apresentou maior eficiência no controle

cultural de comunidades infestantes, quando comparado com o sistema convencional e cultivo mínimo. Isto ocorre, em parte, porque no sistema de plantio direto há uma aceleração do decréscimo de sementes recém-derrubadas no solo por indução de germinação e perda de viabilidade (CARMONA, 1992).

Ricci et al. (2000), constataram que seguida à preparação do solo (aração e gradagem) a tiririca (*Cyperus rotundus*) apresenta-se muito agressiva, com aumento acelerado da população, e a medida que outras espécies espontâneas surgem, a população de tiririca diminui, provavelmente pelo sombreamento e competição exercidos. Rodrigues et al. (2000), trabalhando com emergência do capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*), no Paraná, observaram também, que em solos revolvidos ocorreram maiores emergências dessa gramínea, do que em solos não-revolvidos, em plantio direto, e que as maiores emergências ocorrem em profundidades menores do solo e com um ano de enterramento. Isto indica que em sistema de plantio direto há um melhor controle de bancos de sementes localizados em camadas inferiores do solo. N'zala et al. (2002), verificaram que a não realização de capinas manuais durante o ciclo produtivo do amendoim, provoca uma redução média de 45% na produção de vargens. Porém, estes autores afirmam que a capina sistemática não prova ser necessária, ao passo que, a realização desta de acordo com o estágio de desenvolvimento da cultura é capaz de diminuir custos sem comprometer o rendimento da cultura. Sendo que, para o amendoim a remoção das ervas espontâneas deve ser realizada antes do período de florescimento.

Diversas pesquisas têm mostrado que culturas de cobertura são eficientes no controle de ervas espontâneas. Senarathme et al. (2003), por exemplo, constataram que a *Pueraria phaseoloides*, utilizada como cultura de cobertura em plantio de coco no Sri Lanka, foi tão eficiente na redução da biomassa das ervas espontâneas quanto herbicida a base de glifosato, apresentando, também, relação custo/benefício positiva. Para Severino & Christoffoleti (2004) o uso de culturas de cobertura para a produção de adubos verdes pode contribuir para a reduzir as populações de ervas espontâneas. Porém, para prevenir efetivamente o estabelecimento de ervas espontâneas e também ter a adequada fenologia para complementar os recursos usados pela cultura de interesse econômico, a cultura de cobertura deve consistir de um desenvolvimento uniforme. Entretanto, Bond & Grundy (2001) comentam que,

em geral, os principais propósitos de uma cobertura viva são melhoria da estrutura do solo e fertilidade ou redução de problemas com pragas; sendo a supressão de ervas espontâneas um benefício suplementar. Além do que, segundo esses autores, coberturas de solo, vivas ou não, são mais eficientes na prevenção de germinação de sementes de ervas espontâneas e emergência de plântulas do que na supressão de plantas já estabelecidas.

Efeitos negativos de culturas de cobertura do solo sobre populações de ervas espontâneas, podem ocorrer principalmente em decorrência da formação de barreira física, através da biomassa acumulada na superfície do solo, que impede, sobretudo a incidência de luz sobre a superfície do solo, onde estariam os bancos de sementes, e/ou em decorrência de efeitos alelopáticos. Porém, a supressão dessas ervas através de competição por fatores de desenvolvimento é o fator mais eficiente da cultura de cobertura (BONDY & GRUNDY, 2001). Severino & Christoffoleti (2001a), em trabalho sobre efeitos de quantidades de fitomassa de adubos verdes na supressão de plantas espontâneas, constataram que tanto à aplicação de biomassa de leguminosas na superfície do solo como incorporadas a este, causaram redução na densidade e na produção de biomassa seca das plantas daninhas; e que esses efeitos estão normalmente relacionados ao volume da biomassa aplicada. Segundo Favero et al. (2001) a mucuna preta usada como cultura de cobertura é capaz de suprimir 100% das plantas espontâneas a partir do quinquagésimo sexto dia de emergência, cobrindo totalmente a área. Já o feijão-de-porco é capaz de cobrir 83% da superfície do solo, sob a mesma densidade de plantio da mucuna preta, com tendência de diminuir a área de cobertura do solo a partir do octogésimo quarto dia de emergência. E, diferentemente do feijão-de-porco, o feijão guandu apresenta baixa capacidade de cobertura de solo e por isso baixa capacidade de supressão de ervas espontâneas no início do ciclo, que, contudo, tende a aumentar a medida que envelhece. A premissa fundamental das culturas de cobertura como um componente do manejo integrado de ervas espontâneas, é que elas exercem um efeito diferencial sobre ervas espontâneas e a cultura, resultando em relativa diminuição do vigor das ervas espontâneas (WILLIAMS et al., 1998).

A utilização de leguminosas em sistemas de rotação com culturas anuais, visando a formação de cobertura morta para plantio direto, também contribui para a

supressão de ervas espontâneas. Marengo & Santos (1999) conseguiram redução na biomassa, cobertura e na densidade de invasoras, da cultura de arroz, através de rotação com mucuna e crotalária. Capolari & Onnis (1992), também observaram que a sucessão de leucena em rotação com a cultura do girassol, sem qualquer tratamento de controle de ervas espontâneas, foi tão eficiente na restrição da expansão das ervas quanto à sucessão de cultura anual em rotação com o girassol e controle químico de ervas espontâneas. De acordo com Hatcher & Melander (2003), o aumento do nível de nitrogênio na planta pode ser benéfico para agentes de controle biológico de ervas espontâneas, porém, também pode conduzir a maior crescimento dessas ervas. Para Williams et al. (1998), resíduos de cultura de cobertura, em sistema de plantio direto, não devem ser usados como uma única tática de defesa contra ervas espontâneas. Isto porque, resíduos de culturas de cobertura não são eficientes na supressão total das ervas e por exercerem efeito de curta duração. Zoschke & Quadranti (2002) colocam que os cultivos intercalados com leguminosas, também apresentam potencial para supressão de ervas espontâneas.

Um melhor conhecimento da ecologia das ervas espontâneas e inter-relações entre culturas e pressão das ervas espontâneas e manejo de nutrientes são necessários para melhorar a produtividade agrícola de sistemas de cultivos orgânicos e de baixa entrada de insumos externos, com vistas a melhoria da qualidade ambiental do agroecossistema (POUDEL et al., 2002). Neste sentido, os bancos de sementes no solo constituem-se na principal dificuldade no controle de plantas invasoras (CATMOSA, 1992), uma vez que, dependendo do sistema de manejo de solo e de condições ambientais, sementes de algumas espécies podem permanecer viáveis no solo por vários anos. Por exemplo, Voll et al. (2001) estimaram a sobrevivência (a 1% da população inicial) de banco de sementes de *Brachiaria plantaginea* em cinco a dez anos, *Digitaria horizontalis* em cinco a sete anos, *Amaranthus* spp. em cinco a nove anos e *Commelina benghalensis* em dez a vinte anos. Contudo, Severino & Christoffoleti (2001b) observaram que a utilização de leguminosas, tais como *Crotalaria juncea* e *Cajanus cajan*, como adubos verdes, contribuem significativamente para a redução da infestação de ervas espontâneas em agroecossistemas. Neste sentido, o uso de culturas de cobertura para controle de ervas espontâneas deve ser visto como um componente do manejo integrado dessas

ervas; que combinado com outros métodos de controle biológico, cultural, mecânico e químico pode contribuir para a redução das taxas de aplicação de herbicidas pós-emergência (WILLIAMS et al. 1998) e no preparo da área para plantio direto, uma vez que, nesse sistema de cultivo, o uso de herbicidas para dessecar a cultura de cobertura é prática rotineira.

2.4. Efeitos alelopáticos de culturas de cobertura

Alelopatia, que é a produção de compostos por uma planta que, quando liberado no ambiente, tem um impacto inibidor ou estimulador sobre outros organismos (GLIESSMAN, 2001), pode contribuir para aumentar a competitividade das culturas sobre a vegetação espontânea coexistente, tanto nas monoculturas como nas policulturas (ALTIERI, 2002).

Algumas espécies de leguminosas utilizadas como cobertura de solo e ou adubação verde, podem além da competição por luz e nutrientes produzir efeitos alelopáticos sobre outras espécies de plantas adjacentes (RESENDE et al., 2003). Para Bondy & Grundy (2001); Hatcher & Melander (2003) a capacidade alelopática das culturas de cobertura pode contribuir significativamente na redução do desenvolvimento de ervas espontâneas. Xuan et al. (2003), por exemplo, conseguiram inibição de 80% sobre rendimento de biomassa seca de ervas espontâneas na cultura de arroz, incorporando alfafa ao solo, ao mesmo tempo em que proporcionou rendimento de grão 80,6% superior ao tratamento controle.

Os compostos alelopáticos, que são produtos naturais, podem ser metabólitos diretos, subprodutos de outros processos metabólicos ou produtos da decomposição de compostos ou da biomassa, podem ser liberados na lavagem das folhas verdes; lixiviados de folhas secas; volatilização das folhas; exsudados de raízes; ou liberados durante a decomposição de restos de plantas (GLIESSMAN, 2001). Sendo que os efeitos dos compostos alelopáticos podem variar em função da idade de crescimento, da parte da planta e da espécie receptora. Plantas de calopogônio, por exemplo, alocam substâncias químicas com atividades potencialmente alelopáticas, na parte aérea, nas fases iniciais de crescimento e que com o avanço da idade passa a alocá-las, preferencialmente, nas raízes (SOUZA FILHO et al., 2003).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Caracterização e histórico do local

O experimento foi conduzido no período de 30/05/2003 a 17/12/2003 em uma área de assentamento do INCRA, no Município de Miranda do Norte, localizado a 3° 36' de latitude sul e 45° 24' de longitude oeste, a 60 m acima do nível do mar; onde foi implantado, no início de 2002, em um terreno plano com um hectare de área, um sistema “alley cropping” com *Clitoria fairchildiana* R. A. HOWARD., em espaçamento de 0,5 m entre plantas e 2 m entre fileiras. O desmatamento da área e o plantio subsequente de milho foram mecanizados, o que muito provavelmente acarretou compactação do solo com consequente danificação do sistema de poros do solo. Esse problema de compactação foi detectado através da observação de pontos encharcamento durante o período chuvoso de 2004. A temperatura média anual da região é de 27 °C, e a pluviosidade média anual é de 1614,9 mm, sendo que o período chuvoso ocorre de dezembro a maio (Figura 1).

Nas entre linhas do sistema de “alley cropping”, foi semeado em janeiro de 2003, através de plantio direto, três linhas de milho espaçadas 0,80 m, com cinco plantas por metro, onde em seguida, ainda em janeiro a *Clitoria fairchildiana* (sombreiro) foi podada, pela primeira vez, à altura de 0,50 m do solo, e seus ramos aplicados entre as fileiras do milho. Por ocasião desse cultivo de milho, foi aplicado glifosato para controle das ervas existentes.

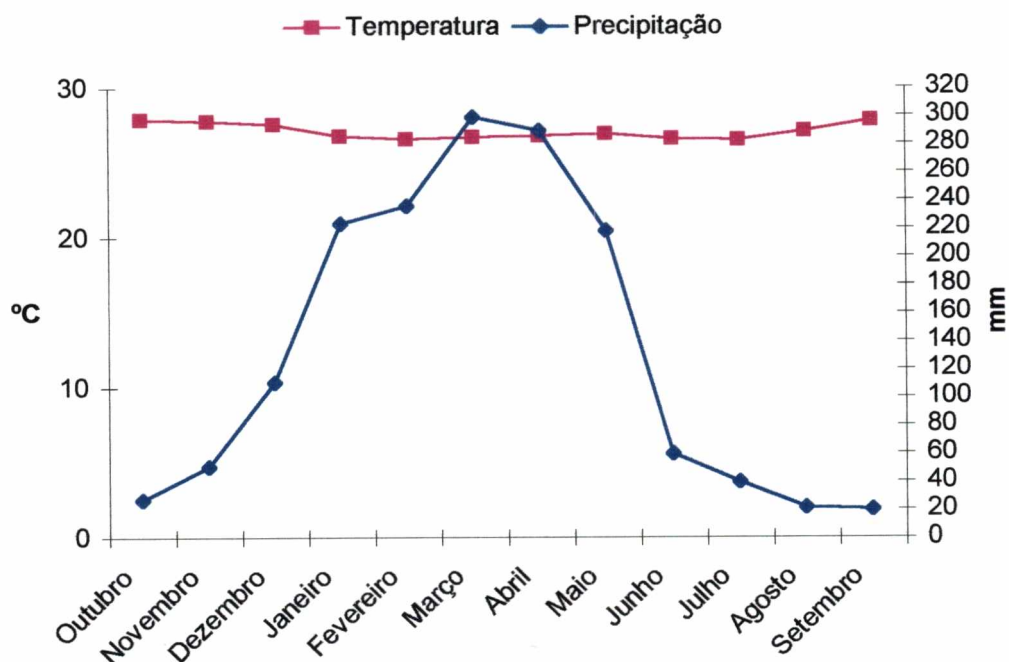


Figura 1. Médias históricas de 10 anos de precipitação e temperatura no município de Itapecuru Mirim ($44^{\circ} 24'$ de latitude e $3^{\circ} 39'$ de longitude) vizinho a Miranda do Norte ($44^{\circ} 58'$ de latitude e $3^{\circ} 56'$ de longitude). Fonte: Laboratório de Meteorologia do Núcleo Geoambiental da Universidade Estadual do Maranhão UEMA, ANEL.

3.2. Características físicas e químicas do solo

Os solos da região são caracterizados por estarem em uma área de transição entre as Formações Aluviões Flúvio-Marinhos e Itapecuru. Os Aluviões Flúvio-Marinhos são caracterizados por solos constituídos predominantemente por argilas, silte e areia fina (MOURA, 2004), sujeitos a ciclos repetitivos de saturação e secagem devido ao regime de chuvas (SILVA & MOURA, 2004). Já a Formação Itapecuru se caracteriza por solos formados principalmente por areia fina e silte com baixa capacidade de retenção de cátions, de estrutura frágil e drenagem interna dificultada pela presença quase constante de camadas subjacentes de baixa condutividade hidráulica (MOURA, 2004).

O solo do local do experimento foi classificado como Argissolo vermelho-amarelo, de textura franca siltosa, cujas características granulométrica e químicas são apresentadas na Tabela 1. De acordo com os dados apresentados na

Tabela 2, pode-se inferir que: o pH na camada de 0-10 cm de 5,9 está em um nível bom para a maioria das culturas, entretanto, na camada de 10-30 cm, com pH de 5,4, já pode ser considerado baixo, caracterizando condições locais de acidez. Solos com pH abaixo de 5,5 começam a apresentar problemas de solubilidade de P, devido à presença de quantidades elevadas de Fe, Al e outros metais pesados, que fixam o P formando fosfatos insolúveis desses elementos. Essa faixa de pH compromete também a atividade de microrganismos do solo (MELLO et al., 1983). Em consequência, a percentagem de saturação de bases (V%) na camada de 0-10 cm foi considerada boa e na camada de 10-30 cm como de baixa saturação de bases. Os resultados da Tabela 1 mostram também que a saturação por bases na camada de 0-10 cm está num nível razoável ou médio e na camada de 10-30 cm encontra-se baixa. Em consequência, o teor de H+Al na camada de 0 a 30 cm, sobretudo o teor de H, é alto.

Tabela 2. Composição granulométrica e características químicas do solo da área do experimento, São Luís – MA, 2003.

Composição Granulométrica										
Profundidade cm	Areia grossa 2,0–0,2 mm		Areia fina 0,02–0,05 mm	Silte 0,05–0,002 mm			Argila <0,002 mm			
	%									
0 – 10	1		25	65			9			
10 – 20	1		25	63			11			
20 – 30	1		23	61			13			

Características químicas											
Profundidade Cm	PH		P _(resina)	K	Ca	Mg	Na	SB ¹	Al	H	V
	H ₂ O	CaCl ₂	mg dm ³	mmol _c dm ³							%
0 – 10	5,9	5,9	10	4,1	31	17	0,8	52,9	0	10	84,4
10 – 20	5,4	5,4	23	4,4	16	11	1,0	32,4	4	12	66,9
20 – 30	5,4	5,4	11	3,9	12	08	0,4	24,3	10	1	68,8

¹Saturação em bases.

3.3. Instalação do experimento e delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com cinco repetições e cinco tratamentos. Cada bloco constando de duas faixas com uma fileira de *Clitoria fairchildiana* no centro e cinco parcelas de 4 m de largura por 10 m de comprimento, com os seguintes tratamentos: T1-mucuna preta (*Mucuna aterrma*); T2-feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) MILLSP.) variedade taipeiro; T3-feijão de porco (*Canavalia ensiformes* (L.) DC.); T4-calopogônio (*Calopogonium mucunoides* DESV.); e T5-tratamento controle sem leguminosa de cobertura (Figura 2).

O posicionamento do sistema de bloqueamento, orientado no sentido Sul-Norte (Figura 2), não conseguiu eliminar as diferenças condições físicas de drenagem do solo, detectadas somente no período de análise dos dados. A área equivalente as duas últimas parcelas do experimento apresentou problemas de encharcamento, o que inevitavelmente influenciou no desenvolvimento das leguminosas de cobertura e na população das espécies de ervas espontâneas, dificultando assim a detecção de efeitos mais significativos dos tratamentos.

O plantio das leguminosas herbáceas teve início no dia 20/05/2003, semeadas manualmente nas aléias de sombreiro em espaçamento de 0,50 x 0,50 m, o que correspondeu a oito fileiras por parcela, e adubadas com a formula 8:24:12, na proporção de 10 g por cova. Doze dias após a primeira semeadura das leguminosas de cobertura, foi realizada nova semeadura para corrigir falhas de germinação e cinco dias depois operação de desbaste, onde foram deixadas duas plantas por cova, o que corresponde a uma densidade de 80000 plantas por hectare.

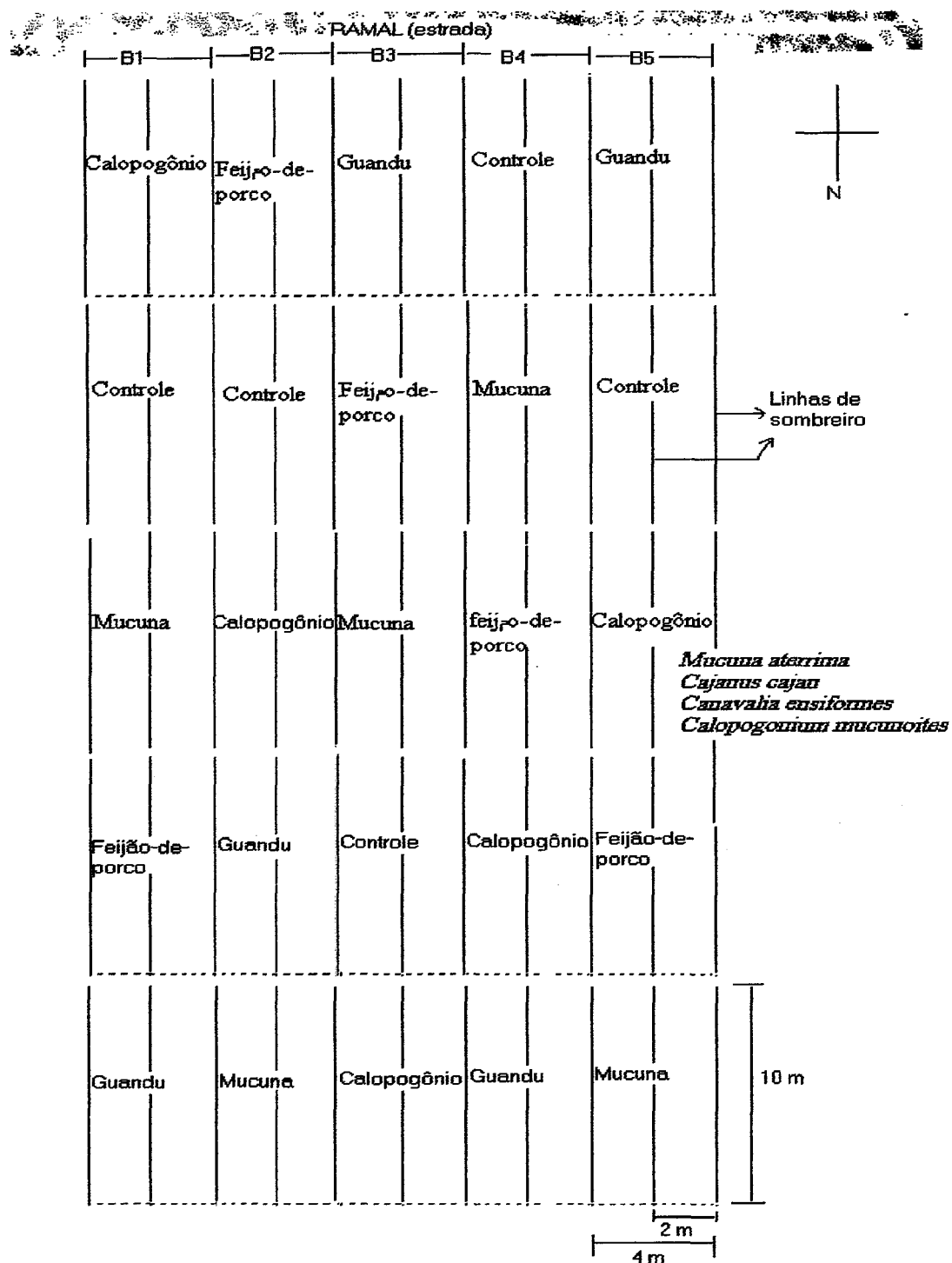


Figura 2. Croqui da área experimental ilustrando a disposição das parcelas, que foram orientadas no sentido Sul-Norte. Miranda do Norte-MA, 2003.

3.4. Coleta de dados

202 dias após a semeadura das leguminosas herbáceas, período que coincidiu com o final da estação seca da região (Figura 1), teve início à coleta, contagem e identificação das ervas espontâneas nas parcelas experimentais. Nesse período, o feijão-de-porco já estava com vagens maduras; o guandu ainda não havia atingido o estágio de florescimento; e a mucuna e o calopogônio havia morrido em decorrência da estiagem, restando apenas novas plantas que germinaram em decorrência das primeiras chuvas que ocorreram em novembro, como será discutido no parágrafo seguinte. A coleta das ervas espontâneas foi realizada utilizando um quadrado de 0,5 m de lado (IKUENOBE & ANOLIEFO, 2003), em quatro amostragens ao acaso (HYVÖNEN et al., 2003; JAKELAITIS et al., 2003). As ervas espontâneas coletadas foram levadas ao laboratório de Análises de Sementes da Universidade Estadual do Maranhão, onde foram identificadas por espécies, de acordo com Kissmann & Groth (1992; 1995), Kissmann (1997) e Lorenzi (2000), contadas e postas para secar em estufa a 70°C até peso constante (MARENCO, 1999) para determinação da biomassa seca.

Após o período de coleta e identificação das ervas espontâneas, foi realizado o corte das leguminosas de cobertura; pesada toda a matéria verde produzida por parcela; e coletada uma amostra representativa da parte aérea, que foi levada ao Laboratório de Nutrição de Plantas da Universidade Estadual do Maranhão para posterior determinação de biomassa seca e macronutrientes. Como mencionado no parágrafo anterior, a mucuna preta (*Mucuna aterrima*) e calopogônio (*Calopogonium mucunoides* DESV.) não resistiram ao auge do período seco da região. Entretanto, essas leguminosas floresceram antes desse período, o que possibilitou a germinação de algumas sementes que ficam sobre o solo por ocasião das chuvas de novembro, em especial o calopogônio, que no momento das coletas, estava presente em todas as parcelas. Já a mucuna, na maioria das parcelas havia apenas ramos mortos na superfície do solo e principalmente sobre as plantas de sobreiro (Fotografia 1), por isso, para avaliação da biomassa da mucuna, foi coletado o material morto que ficou na superfície do solo e sobre as plantas de sobreiro, bem como, todas as plantas vivas que germinaram em novembro. Ikuenobe & Anoliefo (2003), também encontraram limitação da *Mucuna pruriens*, utilizada como cultura

de pousio, no controle de ervas espontâneas por não resistir ao período de agravamento da estiagem em Benin na Nigéria. Contudo, esta espécie, assim como, a *Mucuna aterrima* por ser uma leguminosa herbácea, trepadeira de crescimento vigoroso no período chuvoso, sendo capaz de cobrir densamente o solo, possui alto potencial para sufocar ervas espontâneas (Fotografia 2).

As amostras da biomassa das leguminosas foram postas para secar em estufa a temperatura ente 65 e 70 °C até peso constante para determinação da biomassa seca. Em seguida, foram moídas em moinho de facas de aço inoxidável com peneira de 20 mesh, para posterior digestão e determinações de N, P, K, Ca e Mg (MIYAZAWA et al. 1999). E a título de informação, determinou-se os teores de N, P, K, Ca e Mg na biomassa do sombreiro, de apenas uma amostra, sem considerar os tratamentos do experimento. Para a determinação do nitrogênio total foram realizadas digestões sulfúricas com peróxido de hidrogênio e o NH_4^+ determinado por destilação - titulação (método Kjeldahl) metodologias descritas por Tedesco et al. (1995); Miyazawa et al. (1999). E para determinações de P, K, Ca e Mg, as amostras de tecidos vegetais das leguminosas, foram submetidas à digestão nitroperclorica, também de acordo com metodologia descrita por Tedesco et al. (1995); Miyazawa et al. (1999). O fósforo foi determinado por espectrofotometria com amarelo-devanadato e o potássio, cálcio e magnésio por fotometria de chama de acordo com Miyazawa et al. (1999).



Fotografia 1. Planta de mucuna preta (*Mucuna aterrima*), da germinação de novembro, entrelaçada em planta de sombreiro (*Clitoria fairchildiana*) do sistema de aléia e ramos das que morreram em decorrência da estiagem, Miranda do Norte – MA, 2003.



Fotografia 2. Parcela com mucuna (*Mucuna aterrima*) ainda com desenvolvimento vigoroso no início do período de estiagem, cobrindo totalmente a superfície do solo as plantas de sombreiro, Miranda do Norte – MA, 2003.

3.5. Análise dos dados

As amostras de biomassa verde das quatro leguminosas herbáceas foram novamente pesadas no laboratório, em balança eletrônica, para determinação do erro de pesagem no campo, e assim estimar o peso real da biomassa verde produzida pelas leguminosas, através da seguinte relação:

$$prbmv = pbmc - (pbmc \times ep\%),$$

onde: *prbmv* é o peso real da biomassa verde; *pbmc* é o peso da biomassa pesada no campo; e *ep* é o erro percentual médio da diferença de peso entre a amostra aferida em condições de campo e o peso dessa amostra aferida em balança eletrônica, em condições de laboratório. Sendo que, o *ep* foi calculado pelo tipo da leguminosa de cobertura, onde o *ep* da mucuna foi de 12,82%, do guandu de 6,17%, do feijão-deporco de 8,81% e do calopogônio de 21,43%. Os maiores erros de pesagens do calopogônio e da mucuna são devidos impurezas, ou seja, restos de plantas espontâneas que vinham entrelaçados nos ramos da mucuna e do calopogônio, que são trepadeiras.

Para estudo da dinâmica populacional das ervas espontâneas em função das diferentes leguminosas utilizadas, foi realizada uma comparação da composição florística e dos índices que expressam a estrutura horizontal da vegetação, ou seja, frequência (JAKELAITS *et al.*, 2003), densidade, dominância e diversidade de espécies (FIEDLER *et al.*, 2004). Sendo que a dominância foi representada pela média da frequência e densidade.

A avaliação da similaridade florística entre os tratamentos foi realizada para dados qualitativos (presença e ausência de espécies), a partir do índice de similaridade de Sorensen (Pinto-Coelho, 2000), que é dado por:

$$S = 2C / A + B \quad 0 \leq S \leq 1 \text{ ou } 0 \leq S \leq 100$$

onde: *S* é o índice de similaridade, *A* é o número de espécies presentes no tratamento A; *B* é igual ao número de espécies presentes no tratamento B, e *C* é o número de espécies comuns nos tratamentos A e B.

O índice de similaridade de Sorensen varia de 0 (completa dissimilaridade) a 1 ou 100% (total similaridade) (FIEDLER et al., 2004).

A diversidade da composição florística nos tratamentos foi obtida a partir do índice de Shannon-Wiener (PINTO-COELHO, 2000), que é dado por:

$$H = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

onde: s é o número de espécies; p_i é a proporção da amostra contendo de indivíduos da espécie i , ou seja, p_i é a razão da densidade do número de indivíduos da espécie i pela densidade total de todas as espécies e \ln é o logaritmo natural de p_i .

Foi realizada distribuição de frequência relativa e densidade de cada espécie por tratamento. Para estudo da diversidade espécies, número de espécies, densidade de plantas e biomassa, entre os tratamentos, foi realizada análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Os resultados de produção de biomassa e teores de nutrientes na biomassa das leguminosas, também foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey. Antes, porém, os dados foram submetidos a teste de distribuição normal no programa STATISTICA 6.0, desenvolvido por StatSoft. Desse modo, quando não havia distribuição normal, os dados eram transformados em logaritmo natural antes das análises paramétricas propriamente ditas. Esta transformação foi realizada nos dados de produção de biomassa e estoque de nutrientes das leguminosas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Comportamento das leguminosas de cobertura em função da precipitação pluviométrica.

Devido ao problema de encharcamento de parte da área do experimento, sobretudo na área das duas últimas parcelas (Figura 2), provocado pela compactação do solo, a eficiência do sistema de blocos ficou comprometida. Isto possivelmente afetou, sobretudo, a ocorrência das populações de ervas espontâneas. A presença de uma área de solo drenado e outra de solo encharcada, cortando os blocos, gerou um gradiente de condições físicas de solo que, da forma com que os blocos foram dispostos não seria possível eliminar os diferentes efeitos das condições de solo, drenado e encharcado.

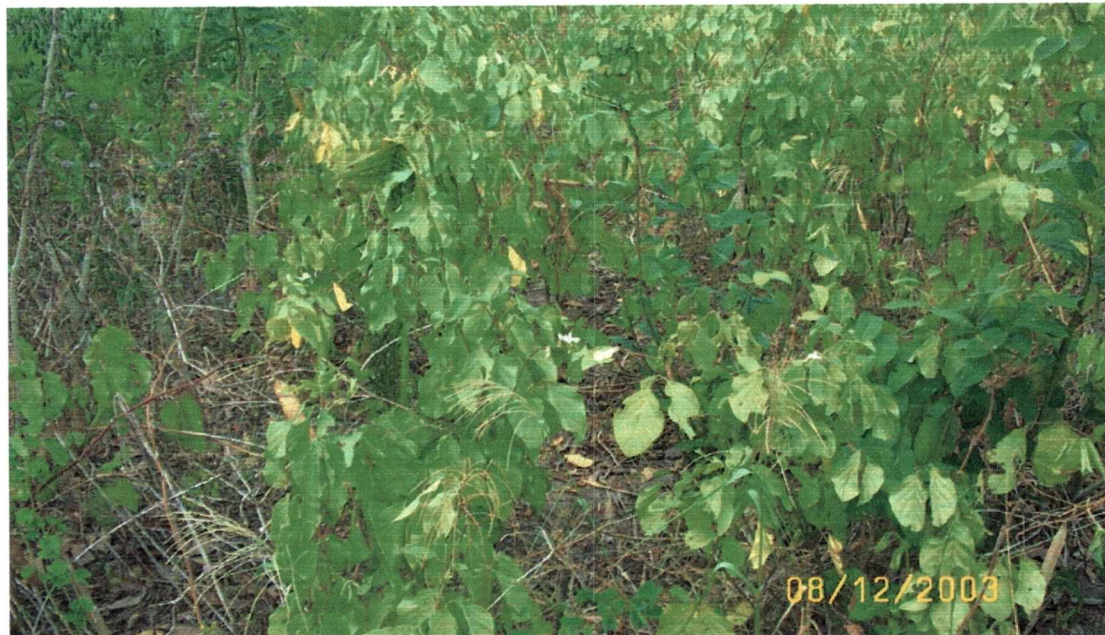
O período de realização do experimento (30/05/2003 a 17/12/2003) é considerado a estação seca do ano. A precipitação pluviométrica esperada para esse período em um ano típico no município de Itapecuru, vizinho ao município onde foi implantado este experimento, gira em torno de 328 mm, de acordo com os dados históricos representados na Figura 1. No local do experimento foi registrada uma precipitação acumulada de apenas 262 mm, isto leva à conclusão de que, no período do experimento, o ano foi mais seco que o normal. Além disso, não foram registrados chuvas nos meses de agosto, setembro e outubro.

A baixa precipitação que se evidenciou por três meses de completa estiagem, explica a morte prematura da mucuna e do calopogônio, como foi mencionado anteriormente, e expõe a limitação do uso dessas espécies como culturas de cobertura de solo, no período de pousio agrícola da região. Obstante a mucuna e o calopogônio, o guandu e o feijão-de-porco demonstraram melhor capacidade adaptativa às condições climáticas da região. Porém, o feijão-de-porco que até o mês de agosto havia coberto totalmente a superfície do solo, apresentando vegetação

exuberante (Fotografia 3), teve após os três meses de agravamento da estiagem visível diminuição em sua capacidade de cobrir o solo (Fotografia 4); mesmo considerando-se que essa diminuição também foi em decorrência do florescimento e frutificação, com senescência das folhas mais velhas. Já o guandu demonstrou possui desenvolvimento inicial lento, mesmo no período anterior a estiagem (Fotografia 5). Contudo, essa leguminosa foi capaz de manter um aparente crescimento vegetativo constante, que embora fraco, dentro de uma observação visual, não permitiu a diminuição da copa (Fotografia 6).



Fotografia 3. Parcela com feijão-de-porco em pleno florescimento, cobrindo totalmente a superfície do solo, no início do período de estiagem, Miranda do Norte - MA, 2003.



Fotografia 4. Parcela com feijão-de-porco após o auge da estiagem, já com vargens maduras, com reduzida área nas entrelinhas, Miranda do Norte - MA, 2003.



Fotografia 5. Parcela com feijão guandu praticamente abafado pelas ervas espontâneas no início do período de estiagem, Miranda do Norte - MA, 2003.



Fotografia 6. Parcela com feijão guandu após o auge da estiagem, ainda mostrando baixa cobertura de solo nas entrelinhas, Miranda do Norte - MA, 2003.

4.2. Avaliação da capacidade das leguminosas herbáceas em produzir biomassa.

O feijão-de-porco foi à leguminosa com melhor capacidade produtiva de biomassa, sob as condições do experimento, com produção mediana de $2382 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de biomassa seca, superando em mais de seis vezes a biomassa produzida pelo guandu, que obteve a segunda melhor produção. A produção de biomassa da mucuna, guandu e calopogônio não diferiram entre se, sedo que, a mediana da mucuna foi de 348 kg ha^{-1} , do guandu 395 kg ha^{-1} e do calopogônio de 253 kg ha^{-1} . Contudo, em uma comparação prática e subjetiva do feijão guandu com a mucuna preta e o calopogônio, o guandu está visivelmente melhor adaptado ao sistema de cultivo em aléia. Isto pode ser inferido não só por ter obtido melhor desempenho na produção de biomassa em relação a mucuna e o calopogônio, mesmo não tendo diferido estatisticamente destes, mas também por possuir sementes de tamanho adequado ao semeio por plantadeiras mecânicas ou manuais e por apresentar crescimento determinado, facilitando com isso o seu manejo no sistema de cultivo em aléia. Em oposição, a mucuna e o calopogônio por apresentarem hábito de crescimento indeterminado (trepadeiras) tendem a se desenvolverem sobre as árvores

que compõem o sistema de aléias (Fotografias 1 e 2), podendo com isso comprometer o desenvolvimento das árvores, ao passo que também dificultam o manejo por ocasião do corte.

Em todos os tratamentos, a variação da produção de biomassa das leguminosas herbáceas nas parcelas foi relativamente alta. O desvio padrão entre as parcelas com calopogônio, por exemplo, foi de 483 kg. A menor variação ocorreu entre as parcelas com mucuna ($S = 95$ kg). Essa menor variação observada na biomassa da mucuna é provavelmente devido à sua morte prematura. Uma vez que, por ocasião da coleta de dados, o material coletado da mucuna já estava morto e era proveniente do período de desenvolvimento onde ainda não havia restrição por água, ou seja, até aproximadamente o final de julho.

O rendimento de biomassa das culturas pode variar muito de acordo com o ano, local e nível de fertilidade do solo (BORKERT et al. 2003). Nesse sentido, é farta a literatura que relata casos em que a produção de biomassa pelo fajão-deporco varia de 5371 kg.ha^{-1} (FAVERO et al. 2001) a 13338 kg.ha^{-1} (GARCIA, 2002). Silva et al. (2002), por exemplo, obtiveram para essa leguminosa produção de biomassa seca que variou de 4890 a 7530 kg.ha^{-1} , quando cultivada em um mesmo local ao longo de quatro anos. Além disso, o desenvolvimento vegetativo de qualquer cultura de cobertura varia muito em função da época do ano em que é semeada, sobretudo em decorrência do ciclo das chuvas. Amabile et al. (2000), obtiveram produção de biomassa da mucuna e do guandu de 12655 kg.ha^{-1} e 11142 kg.ha^{-1} , respectivamente, quando a precipitação total do período de semeadura dessas culturas foi de $936,6$ mm, e produções de 3984 kg.ha^{-1} e 5753 kg.ha^{-1} , para a mucuna e o guandu, respectivamente, no período em que a precipitação total foi de $455,3$ mm. A precipitação total durante o período de execução deste experimento foi de apenas 262 mm, o que explica a relativa baixa produção de biomassa pela mucuna, guandu e calopogônio, assim como, a morte da mucuna e do calopogônio por ocasião do agravamento da estiagem nos meses de agosto a outubro.

4.3. Capacidade potencial de estoque de nutrientes ao solo pelas leguminosas de cobertura.

4.3.1. Capacidade de aporte de nitrogênio

O feijão de porco foi à leguminosa com maior concentração de N na biomassa aérea (27 g.kg^{-1} de biomassa aérea), contudo, só diferiu significativamente do calopogônio (21 g.kg^{-1}) e este, por sua vez, não diferiu estatisticamente da mucuna ($23,3 \text{ g.kg}^{-1}$) (Tabela 3). As concentrações de N na parte aérea do feijão-de-porco e guandu, neste trabalho, foram ligeiramente superiores às encontradas por Ceretta et al. (1994), que obtiveram concentrações de 26 g.kg^{-1} para o feijão-de-porco e 19 g.kg^{-1} para o guandu, quando cultivados em um Argissolo Vermelho-amarelo no Rio Grande do Sul. A concentração de N encontrada na biomassa aérea da mucuna, guandu e feijão-de-porco corroboram os resultados obtidos por Silva et al (2002), que encontraram 24 g.kg^{-1} de biomassa da mucuna, 21 g.kg^{-1} de biomassa do feijão guandu e 28 g.kg^{-1} de biomassa do feijão-de-porco, através do método descrito por Malavolta, com corte e coleta para análise realizado em pleno florescimento das leguminosas, onde segundo esses autores corresponde ao período de maior acúmulo de nutrientes. De acordo com Palm et al. (2001), a concentração de N na biomassa seca de leguminosas varia de 25 a 45 g.kg^{-1} . E para esses autores, a concentração de N na mucuna é superior a 35 g.kg^{-1} de biomassa. Com relação à capacidade de aporte desse nutriente ao solo, o feijão-de-porco por ter apresentado maior produção de biomassa e maior capacidade de assimilação desse elemento, destacou-se em relação às demais leguminosas. Com produtividade estimada de $63,4 \text{ kg.ha}^{-1}$, aportando quase quatro vezes mais N do que o guandu, que obteve o segundo melhor desempenho ($10,7 \text{ kg.ha}^{-1}$) (Tabela 4). O guandu mesmo apresentando concentração de N semelhante ao feijão-de-porco (Tabela 3), não diferiu da mucuna preta e do calopogônio em relação à capacidade de reciclagem desse nutriente, por ter apresentado baixa produção de biomassa (Tabela 4). Como a variação na concentração de N na biomassa aérea de espécies leguminosas é relativamente pequena (PALM et al., 2001), a diferença de aporte desse elemento entre duas espécies de leguminosas está diretamente relacionada às suas respectivas capacidades de produção de biomassa. Nesse sentido, mesmo sabendo que algumas espécies como o guandu e a mucuna podem ciclar de 43 a 288 kg.ha^{-1} e 66 a 280 kg.ha^{-1} de N,

respectivamente (BORKERT *et al.*, 2003), para as condições do experimento, estas leguminosas, assim como o calopogônio, apresentam baixa capacidade de aporte de nitrogênio ao sistema. Isto, provavelmente, por terem tido seus crescimentos comprometidos pela restrição hídrica no final do período seco da região.

Tabela 3. concentrações de N, P, K, Ca e Mg (g.kg^{-1}) na biomassa aérea das leguminosas herbáceas, Miranda do Norte - MA, 2003. Valores representam a média de cinco repetições por tratamento. Valores médios de cinco repetições com o respectivo erro padrão entre parêntese*.

	Mucuna	Guandu	Feijão-de-porco	Calopogônio	CV%
	g.kg^{-1}				
N	23,3 ab ($\pm 0,3$)	25,8 a ($\pm 1,8$)	27,0 a ($\pm 0,9$)	21,0 b ($\pm 1,0$)	8,8
P	2,4 a ($\pm 0,2$)	2,4 a ($\pm 0,0$)	2,4 a ($\pm 0,0$)	2,8 a ($\pm 0,2$)	14,4
K	12,7 b ($\pm 2,2$)	21,0 a ($\pm 1,5$)	19,0 ab ($\pm 1,6$)	22,0 a ($\pm 0,9$)	21,0
Ca	13,0 ab ($\pm 1,0$)	12,8 ab ($\pm 1,5$)	16,6 a ($\pm 1,6$)	12,0 b ($\pm 1,8$)	15,7
Mg	0,6 b ($\pm 0,0$)	0,6 ab ($\pm 0,0$)	0,7 a ($\pm 0,0$)	0,5 b ($\pm 0,0$)	13,6

*Médias nas linhas seguidas de letras iguais, nas linhas, não diferem estatisticamente entre si;

Tabela 4. Estimativa do estoque de N, P, K, Ca e Mg (kg.ha^{-1}) na biomassa aérea das leguminosas herbáceas, Miranda do Norte - MA, 2003. Valores representam a mediana de cinco repetições por tratamento*.

	Mucuna	Guandu	Feijão-de-porco	Calopogônio	CV%
	g.kg^{-1}				
Biomassa	348 b	395 b	2382 a	253 b	24,5
N	7,8 b	10,7 b	63,4 a	6,3 b	38,5
P	0,5 b	1,1 b	6,1 a	0,8 b	42,6
K	3,0 b	8,4 b	38,5 a	5,3 b	47,4
Ca	4,7 b	4,6 b	35,5 a	3,3 b	57,0
Mg	0,2 b	0,2 b	1,6 a	0,1 b	52,3

*Medianas nas linhas seguidas de letras iguais, nas linhas, não diferem estatisticamente entre si;

4.3.2. Capacidade de aporte de fósforo

No calopogônio foi encontrada a maior concentração de P ($2,8 \text{ g.kg}^{-1}$). Contudo, o teor de P nessa leguminosa não diferiu das demais (Tabela 3). A concentração de P encontrada neste experimento para o calopogônio está de acordo com a relatada por Nascimento et al. (1996). As concentrações encontradas no feijão-de-porco e guandu também estão de acordo às encontradas por Ceretta et al. (1994), e foram ligeiramente superiores às enumeradas por Silva et al. (2002), que obteve concentrações médias de $2,2$ e $1,9 \text{ g.kg}^{-1}$ de biomassa da parte aérea do feijão-de-porco e guandu, respectivamente. Em relação ao estoque de P na biomassa aérea dessas leguminosas, o calopogônio, mesmo apresentando em termos absoluto maior concentração de P em seus tecidos, consegue estocar apenas $0,8 \text{ kg.ha}^{-1}$ de P devido a sua pequena produção de biomassa (Tabela 3 e 4). Em contrapartida, o feijão-de-porco por apresentar a maior capacidade de produção de biomassa, consegue acrescentar, no final do período de pousio, aproximadamente cinco vezes mais fósforo ao sistema do que o calopogônio ($6,1 \text{ kg.ha}^{-1}$). O guandu e a mucuna que, segundo Borkert *et al.* (2003) podem reciclar, respectivamente, entre 4 a 33 e 6 a 26 kg de P por hectare. Contudo, sob as condições do experimento essas leguminosas demonstram baixa capacidade de estocar esse nutriente. O P estocado guandu foi de apenas $1,1 \text{ kg.ha}^{-1}$ e da mucuna foi de $0,5 \text{ kg.ha}^{-1}$ (Tabela 4). De qualquer modo, as concentrações de fósforo na biomassa das leguminosas tendem a ser pequenas, em média $0,17\%$, sendo freqüentemente menores do que espécies não leguminosas (PALM et al., 2001), por isso, na seleção de uma espécie leguminosa para cultura de cobertura e ou adubação verde este nutriente assume papel secundário.

4.3.3. Capacidade de aporte de potássio

Assim como em relação à concentração de fósforo, sob as condições do experimento, o calopogônio também apresentou maior concentração de potássio em seus tecidos (22 g.kg^{-1} de biomassa); diferindo, entretanto, apenas da mucuna preta que apresentou concentração de $12,7 \text{ g.kg}^{-1}$ de biomassa. Esta por sua vez não diferiu da concentração encontrada no feijão-de-porco (Tabela 3). A concentração de K encontrada para o feijão-de-porco de $19,0 \text{ g.kg}^{-1}$ corrobora com Silva et al., (2002), contudo, estes autores obtiveram concentração ligeiramente maior para a mucuna (17

g.kg⁻¹) e menor para o guandu (16 g.kg⁻¹). O feijão-de-porco mesmo apresentando, aparentemente, menor capacidade de assimilação de K do que o calopogônio, devido a sua boa produção de biomassa, consegue superar em mais de quatro vezes o potássio fornecido pelo calopogônio ao sistema, com um estoque médio de 38,5 kg.ha⁻¹ (Tabela 4). O feijão guandu e a mucuna preta conseguiram estocar apenas 8,4 e 3,0 kg de K por hectare, respectivamente. Segundo Borkert *et al.* (2003), o guandu tem capacidade de estocar entre 20-174 kg.ha⁻¹ de K, e a mucuna de 25-144 kg.ha⁻¹. Contudo, para as condições do experimento, se for considerado apenas o potássio, só o guandu poderia ocasionalmente ser utilizado em rotação com o feijão-de-porco, provavelmente em maior densidade, para tentar compensar a baixa capacidade de produção de biomassa no período seco.

4.3.4. Capacidade de aporte de cálcio

A leguminosa que apresentou maior teor de Ca nos tecidos da parte aérea foi o feijão-de-porco, 16,6 g.kg⁻¹ de biomassa. Contudo, só foi diferente do teor encontrado no calopogônio, 12,0 g.kg⁻¹ (Tabela 3), que por sua vez ficou acima da concentração indicada por Nascimento *et al.* (1996), que foi de 3 g.kg⁻¹. Os teores de Ca do feijão guandu e do feijão-de-porco ficaram bem próximos aos encontrados por Silva *et al.* (2002). Discordância maior ficou por conta da mucuna preta, onde a concentração obtida foi até 5 g.kg⁻¹ superior a media encontrada por esses autores. O feijão-de-porco como já possui a maior capacidade produtiva de biomassa, agora que, assim como para o N, também consegue assimilação de boas quantidades de Ca, é significativamente superior as demais leguminosas no que diz respeito ao estoque desse elemento, estocando 35,5 kg.ha⁻¹, superando o guandu, que tem o segundo melhor desempenho, em mais de quatro vezes (Tabela 4).

4.3.5. Capacidade de aporte de magnésio

O teor de magnésio no tecido das leguminosas estudadas não chegou a 1 g.kg⁻¹ de biomassa seca. O feijão-de-porco apresentou a maior capacidade de assimilação desse nutriente, 0,7 g.kg⁻¹ de biomassa seca, seguido pelo feijão guandu, no qual a concentração de magnésio não diferiu da encontrada na mucuna preta e no calopogônio (Tabela 3). Os teores de Mg encontrados para a mucuna, feijão guandu e feijão-de-porco foram bem inferiores aos valores encontrados por Silva *et al.* (2002),

que obtiveram médias de 4, 3 e 5 g.kg⁻¹ de biomassa seca, respectivamente. Em relação ao rendimento de magnésio por hectare, mais uma vez o feijão-de-porco superou as demais leguminosas, 1,6 kg de Mg por hectare (Tabela 4). O rendimento de Mg do guandu, que também apresentou o segundo melhor desempenho, foi basicamente inferior 400% em relação ao feijão-de-porco devido à sua capacidade de produção de biomassa (Tabela 4). Contudo, segundo Borkert *et al.* (2003) o guandu pode estocar até 28 kg.ha⁻¹ de magnésio e a mucuna entre 4 e 24 kg.ha⁻¹.

4.3.6. *Estimativa do estoque total de nutrientes ao sistema*

Na análise da biomassa aérea podada do sombreiro, a concentração de N encontrada foi de 32,8 g.kg⁻¹ de biomassa seca, a de P foi de 3,1 g.kg⁻¹, a de Mg 12,8 g.kg⁻¹, a de Ca 8,3 g.kg⁻¹ e a de Mg 0,2 g.kg⁻¹ de biomassa seca. Se for considerado que um sistema de aléia bem estabelecido, com quatro anos de idade, essa leguminosa é capaz de produzir 12,4 Mg.ha⁻¹ de biomassa seca (FERRAZ JR., 2000), é possível esperar que o sombreiro recicle, por meio das podas, quantidades expressivas de nutrientes, especialmente N, K e Ca (Figura 3). Na hipótese de utilização do feijão-de-porco como cultura de cobertura nas aléias do sistema, no período de pousio de culturas econômicas, por ter apresentado o melhor desempenho neste trabalho, a quantidade dos nutrientes reciclados no sistema pode aumentar em média mais de 20% (Figura 3). Em teoria, a quantidade de nutriente que pode ser reciclado no sistema, o tornaria praticamente auto-sustentável em termos de alguns nutrientes, sobretudo N, K e Ca, para a maioria das culturas anuais. Ou pelo menos, pode contribuir para significativa redução no aporte externo desses nutrientes, ou seja, pode contribuir para diminuir a entrada de adubos químicos no sistema. Segundo Leite (2001), só o sombreiro pode estocar em sua biomassa aérea por hectare, 327,9 kg de N, 19,7 kg de P, 263,8 kg de K, 74,2 kg de Ca e 34,2 kg de Mg.

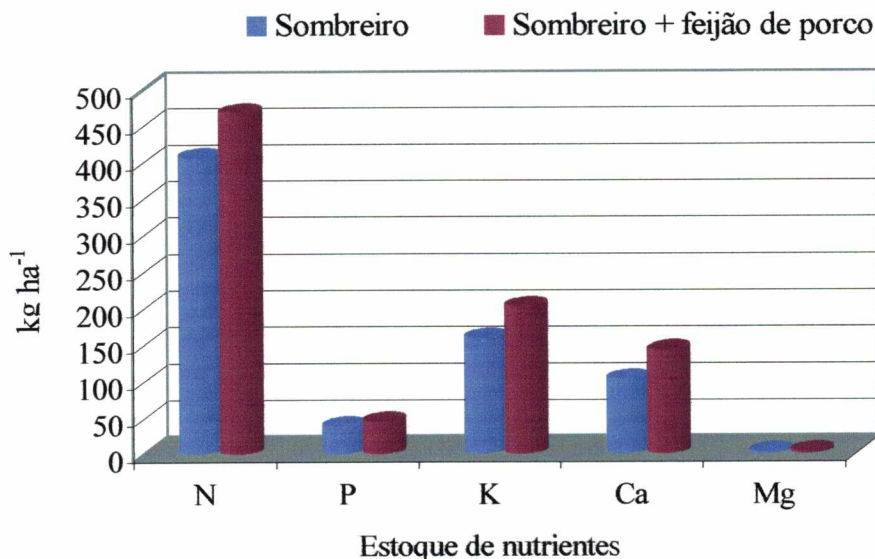


Figura 3. Estimativa do estoque de N, P, K, Ca e Mg pela biomassa aérea de um sistema de aléia só com sombreiro e de um sistema de aléia com sombreiro e feijão-de-porco como cultura de cobertura de solo.

4.4. Composição e dominância da cobertura de ervas espontâneas

Foram identificadas 42 espécies de ervas espontâneas, distribuídas em 34 gêneros e 19 famílias. As famílias Gramineae, Malvaceae e a Cyperaceae apresentaram, respectivamente, os maiores números de representantes (Tabela 5). Das 42 espécies de ervas encontradas no experimento, 14 são Monocotiledôneas distribuídas em quatro famílias, onde a Gramineae possui o maior número de representante, com oito espécies; e 28 são Dicotiledôneas distribuídas em 15 famílias. Neste grupo, a família Malvaceae possui o maior número de representante, com quatro espécies (Tabela 5). Das espécies Monocotiledôneas, três são anuais ou perenes de folhas estreitas, nove são perenes de folhas estreitas e duas são perenes de folhas largas (Tabela 6). E das Dicotiledôneas, uma espécie é anual de folhas estreitas, 10 são anuais de folhas largas, quatro são anuais ou perenes de folhas largas e treze são perenes de folhas largas (Tabela 6).

Todas as 42 duas espécies de ervas espontâneas de ocorrência na área do experimento são freqüentes em pelo menos um dos tratamentos. Contudo, somente as espécies *Leptochoa virgata* (L.) P. BEAUV. (Poaceae), *Panicum laxum* SWARTZ.

(Poaceae), *Sida glaziovii* K. SCHUM.(Malvaceae) e *Sida* sp. (Malvaceae) ocorreram em todos os tratamentos (Tabela 7). A espécie *Leptochoa virgata* foi mais freqüente no tratamento onde a leguminosa de cobertura foi o feijão-de-porco e menos freqüente no tratamento controle (Tabela 7). Entretanto, nesse tratamento essa erva espontânea teve menor densidade (Tabela 8). As maiores densidades da espécie *L. virgata* ocorreram nos tratamentos com guandu e calopogônio (Tabela 8). A *L. virgata* é uma planta perene, ereta, entouceirada, com curtos rizomas, de caules glabos e sub-compridos, com 40 a 60 cm de altura. Propaga-se principalmente por sementes, prefere solos argilosos e férteis (LORENZI, 2000).

O *Panicum laxum*, espécie com segunda maior freqüência em todos os tratamentos, teve maior ocorrência no tratamento com calopogônio, superando até mesmo o tratamento controle, e menor no tratamento com mucuna (Tabela 7). Porém, a menor densidade dessa erva foi verificada no tratamento com guandu e a maior densidade no tratamento controle (Tabela 8). Tanto o *L. virgata* como o *P. laxum* são Monocotiledôneas de folhas estreitas, sendo que a primeira é perene e a segunda pode ser anual ou perene, dependendo das condições ambientais, sobretudo umidade do solo. O *P. laxum* é uma Poaceae perene ou anual, bem adaptada a áreas inundáveis, solos argilosos ou arenosos, com elevada resistência em condições de sombreamento (NASCIMENTO & RENVOIZE, 2001).

Não foi possível identificar, em nível espécie, a erva espontânea com terceira maior freqüência e densidade na área do experimento e que foi de ocorrência em todos os tratamentos. Contudo, trata-se de uma Dicotiledônea da família Malvaceae do gênero *Sida*, que devido ao seu comportamento no campo deve ser uma espécie de ciclo vital anual ou perene, dependendo da disponibilidade de água no solo. Sua maior freqüência ocorreu no tratamento com feijão-de-porco e as menores nos com guandu e calopogônio (Tabela 7). Diferentemente das outras duas espécies de ervas espontâneas de maior freqüência e densidade, a *Sida* sp. parece demonstrar um padrão mais claro de ocorrência, uma vez que, assim como para a freqüência, esta espécie também teve maior densidade no tratamento com feijão-de-porco e menores nos com guandu e calopogônio (Tabelas 7 e 8). Isto sugere que essa de erva prefere ambientes mais sombreados.

Tabela 5. Espécies de ervas espontâneas encontradas no experimento e identificadas segundo Kissmann & Groth (1992, 1995); Kissmann (1997) e Loranzi (2000).

Família	Espécie	Nome comum
M (Monocotiledôneas)		
Cyperaceae	<i>Cyperus esculentus</i> L.	tiriricão, tiririca
	<i>Cyperus flavus</i> (VAHL) NEES	Tiririca
	<i>Cyperus</i> sp.	Tiririca
	<i>Cyperus surinamensis</i> ROTTB	junca, tiririca
Gramineae (Poaceae)	<i>Axonopus compressus</i> (SW) BEAUV.	grama-missioneira
	<i>Chloris</i> sp.	capim-pé-de-galinha
	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) PERS.	capim-de-burro
	<i>Eleusine indica</i> (L.) GAERT.	capim-pé-de-galinha
	<i>Leptochloa virgata</i> (L.) P. BEAUV	pé-de-galinha
	<i>Panicum laxum</i> SWARTZ	capim-de-capivara
	<i>Paspalum conspersum</i> SCHRAD.	capim-do-brejo
	<i>Sporobolus indicus</i> (L.) R. BR.	capim-capela
Marantaceae	<i>Thalia geniculata</i> L.	arumarana, caeté
Arecaceae	<i>Orbignya speciosa</i> (MART.) BARB. RODR.	babaçu
D (Dicotiledôneas)		
Amaranthaceae	<i>Amaranthus deflexus</i> L.	caruru, bredo
Asteraceae (Compositae)	<i>Eclipta alba</i> (L.) HASSK.	agrião-do-brejo
	<i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC.	aldodão-de-preá
Commelinaceae	<i>Comelina bengalensis</i> L.	trapoeraba
	<i>Murdania nudiflora</i> (L.) BRENNAN	trapoerabinha
Euphorbiaceae	<i>Chamaesyce prostrata</i> (AIT.) SMALL	-
	<i>Croton glandulosus</i> L.	gervão-branco
	<i>Euphorbia comosa</i> VELL.	-
Lamiaceae (Labiatae)	<i>Hyptis suaveolens</i> (L.) POIT.	bamburral
	<i>Leucas martinicensis</i> (JACQ.) W.T. AITON	hortelã, mentinha
Fabaceae	<i>Canavalia brasiliensis</i> MART. EX BENTH.	feijão-bravo
Malvaceae	<i>Sida carpinifolia</i> L.	vassourinha
	<i>Sida cordifolia</i> L.	malva-branca
	<i>Sida glaziovii</i> K. SCHUM.	guanxuma-branca
	<i>Sida santaremnensis</i> H. MONTEIRO	guanxuma
	<i>Sida</i> sp.	-
	<i>Urena lobata</i> L.	malva-roxa
Onagraceae	<i>Ludwigia leptocarpa</i> (NUTT.) HARA	cruz-de-malta
	<i>Ludwigia sericea</i> (CAMB.) HARA	cruz-de-malta
Passifloraceae	<i>Passiflora nigelliflora</i> L.	maracujá-de-estalo
Portulacaceae	<i>Talium triangulare</i> (JACQ.) WILLD.	erva-gorda
Rubiaceae	<i>Dioidia teres</i> WALT	mata-pasto
	<i>Spermacoce verticillata</i> L.	vassourinha
Scrophulariaceae	<i>Scoparia dulcis</i> L.	vassourinha
Solanaceae	<i>Solanum paniculatum</i> L.	jurubeba, jubeba
Turneraceae	<i>Turnera ulmifolia</i> L.	chanana
Verbenaceae	<i>Lantana câmara</i> L.	cambará-de-espinho
	<i>Stachytarpheta cayennensis</i> (RICH.) VAHL	gervão

Tabela 6. Espécies de ervas espontâneas encontradas na área do experimento classificadas de acordo com a duração do ciclo vital e largura das folhas (Loranzi 2000). Miranda do Norte - MA, 2003.

Ciclo vital	Largura de folhas	Espécies	
Anual	Estreitas	D <i>Scoparia dulcis</i>	
		D <i>Amaranthus deflexus</i>	
		D <i>Croton glandulosus</i>	
		D <i>Diodia teres</i>	
	Largas	D <i>Eclipta alba</i>	
		D <i>Emilia sonchifolia</i>	
		D <i>Hyptis suaveolens</i>	
		D <i>Leucas martinicensis</i>	
		D <i>Murdania nudiflora</i>	
		D <i>Solanum paniculatum</i>	
Anual ou perene	Estreitas	D <i>Talium triangulare</i>	
		M <i>Chloris sp.</i>	
		M <i>Eleusine indica</i>	
	Largas	M <i>Panicum laxum</i>	
		D <i>Canavalia brasilinsis</i>	
		D <i>Ludwigia leptocarpa</i>	
		D <i>Stachytarpheta cayennensis</i>	
	Perene	Estreitas	D <i>Sida sp.</i>
			M <i>Axonopus compressus</i>
			M <i>Cynodon dactylon</i>
M <i>Cyperus esculentus</i>			
M <i>Cyperus flavus</i>			
M <i>Cyperus sp.</i>			
M <i>Cyperus surinamensis</i>			
Largas		M <i>Leptochoa virgata</i>	
		M <i>Paspalum conspersum</i>	
		M <i>Sporobolus indicus</i>	
Perene	Largas	D <i>Chamaesyce prostrata</i>	
		D <i>Comelina bengalensis</i>	
		D <i>Euphorbia comosa</i>	
		D <i>Lantana câmara</i>	
		D <i>Ludwigia sericea</i>	
		M <i>Orbignya spp.</i>	
		D <i>Passiflora nigelliflora</i>	
		D <i>Sida carpinifolia</i>	
		D <i>Sida cordifolia.</i>	
		D <i>Sida glaziovii</i>	
D <i>Sida santaremnensis</i>			
Perene	Largas	D <i>Spermacoce verticillata</i>	
		M <i>Thalia geniculata</i>	
		D <i>Turnera ulmifolia</i>	
		D <i>Urena lobata</i>	

Tabela 7. Distribuição de frequência relativa das espécies de ervas espontâneas encontradas na área do experimento em função do tipo da espécie de leguminosa de cobertura. Miranda do Norte - MA, 2003.

Espécie	Frequência Relativa				
	Mucuna	Guandu	F.de-porco	Calopogônio	Controle
<i>L. virgata</i>	24,0	31,8	38,9	27,6	20,7
<i>P. laxum</i>	18,4	20,5	16,7	21,1	20,7
<i>Sida sp.</i>	12,9	2,3	16,7	3,3	10,3
<i>S. glaziovii</i>	11,1	2,3	2,8	4,9	6,9
<i>E. indica</i>	3,7	-	5,6	4,9	8,6
<i>P. conspersum.</i>	3,7	-	2,8	4,9	3,4
<i>C. bengalensis</i>	-	2,3	-	11,4	-
<i>H. suaveolens</i>	5,5	2,3	-	-	5,2
<i>T. geniculata</i>	-	9,1	-	-	3,4
<i>P. nigelliflora.</i>	3,7	4,5	-	1,6	-
<i>S. verticillata</i>	1,8	4,5	-	-	3,4
<i>C. glandulosus</i>	1,8	2,3	2,8	-	-
<i>E. comosa</i>	1,8	4,5	-	-	-
<i>S. carpinifolia.</i>	-	-	5,6	-	-
<i>T. triangulare .</i>	-	2,3	-	-	1,7
<i>C. flavus</i>	-	2,3	-	1,6	-
<i>Cyperus sp.</i>	3,7	-	-	-	-
<i>S. santaremnensis</i>	-	-	-	-	3,4
<i>C. dactylon</i>	-	-	-	1,6	1,7
<i>C. esculentus</i>	-	-	-	3,3	-
<i>C. brasiliensis</i>	-	-	2,8	-	-
<i>L. sericea</i>	-	-	2,8	-	-
<i>U. lobata</i>	-	-	2,8	-	-
<i>A. compressus</i>	-	2,3	-	-	-
<i>Orbygnia spp.</i>	-	2,3	-	-	-
<i>L. câmara</i>	-	2,3	-	-	-
<i>M. nudiflora</i>	-	2,3	-	-	-
<i>S. paniculatum</i>	2,3	-	-	-	-
<i>A. deflexus</i>	1,8	-	-	-	-
<i>Chloris sp.</i>	1,8	-	-	-	-
<i>S. cordifolia.</i>	1,8	-	-	-	-
<i>L. martinicensis</i>	-	-	-	-	1,7
<i>C. surinamensis</i>	-	-	-	-	1,7
<i>T. ulmifolia</i>	-	-	-	-	1,7
<i>E. alba.</i>	-	-	-	-	1,7
<i>E. sonchifolia</i>	-	-	-	-	1,7
<i>S. indicus</i>	-	-	-	1,6	-
<i>C. prostrata</i>	-	-	-	1,6	-
<i>D. teres</i>	-	-	-	1,6	-
<i>L. leptocarpa</i>	-	-	-	1,6	-
<i>S. dulcis</i>	-	-	-	1,6	-
<i>S. cayennensis</i>	-	-	-	1,6	-

Tabela 8. Densidade média das espécies de ervas espontâneas encontradas em função da leguminosa de cultura de cobertura. Miranda do Norte - MA, 2003.

Espécie	Plantas m ⁻²				
	Mucuna	Guandu	F.de-porco	Calopogônio	Controle
<i>L. virgata</i>	23,8	35,8	16,6	39,0	26,4
<i>P. laxum</i>	15,2	7,4	11,4	14,4	24,0
<i>Sida sp.</i>	5,8	0,8	12,2	1,0	9,0
<i>E. indica</i>	7,2	-	1,0	1,6	6,2
<i>S. glaziovii</i>	2,2	0,8	0,2	1,4	0,8
<i>P. conspersum.</i>	0,8	-	0,4	1,8	1,6
<i>S. carpinifolia.</i>	-	-	2,2	-	-
<i>T. geniculata</i>	-	1,8	-	-	0,4
<i>C. bengalensis</i>	-	0,6	-	1,4	-
<i>S. verticillata</i>	0,4	0,4	-	-	1,0
<i>H. suaveolens</i>	0,6	0,2	-	-	0,8
<i>P. nigelliflora.</i>	0,4	0,4	-	0,2	-
<i>T. triangulare .</i>	-	0,4	-	-	0,4
<i>Cyperus sp.</i>	0,8	-	-	-	-
<i>S. santaremnensis</i>	-	-	-	-	0,8
<i>S. indicus</i>	-	-	-	0,8	-
<i>C. dactylon</i>	-	-	-	0,2	0,4
<i>C. glandulosus</i>	0,2	0,2	0,2	-	-
<i>L. martinicensis</i>	-	-	-	-	0,6
<i>A. deflexus</i>	0,4	-	-	-	-
<i>Chloris sp.</i>	0,4	-	-	-	-
<i>C. flavus</i>	-	0,2	-	0,2	-
<i>C. surinamensis</i>	-	-	-	-	0,4
<i>E. comosa</i>	0,2	2,0	-	-	-
<i>T. ulmifolia</i>	-	-	-	-	0,4
<i>S. cordifolia.</i>	0,4	-	-	-	-
<i>A. compressus</i>	-	0,2	-	-	-
<i>C. esculentus</i>	-	-	-	0,2	-
<i>O. speciosa</i>	-	0,2	-	-	-
<i>C. brasilinsis</i>	-	-	0,2	-	-
<i>C. prostrata</i>	-	-	-	0,2	-
<i>D. teres</i>	-	-	-	0,2	-
<i>E. alba.</i>	-	-	-	-	0,2
<i>E. sonchifolia</i>	-	-	-	-	0,2
<i>L. câmara</i>	-	0,2	-	-	-
<i>L. leptocarpa</i>	-	-	-	0,2	-
<i>L. sericea</i>	-	-	0,2	-	-
<i>M. nudiflora</i>	-	0,2	-	-	-
<i>S. dulcis</i>	-	-	-	0,2	-
<i>S. paniculatum</i>	0,2	-	-	-	-
<i>S. cayennensis</i>	-	-	-	0,2	-
<i>U. lobata</i>	-	-	0,2	-	-

A *Sida glaziovii* que também ocorreu em todos os tratamentos, inclusive no controle, embora tenha tido a quarta maior frequência (Tabela 7), sua densidade foi menor que a da espécie *Eleusine indica* que não ocorreu nas parcelas com guandu (Tabela 8). A *E. indica*, também é uma Poaceae anual reproduzida por semente, pouco exigente em relação ao tipo de solo, com boa tolerância a solos compactados, e aceita uma ampla faixa de pH. A luminosidade e o fotoperíodo influenciam pouco no processo reprodutivo mas determinam características diversas no aspecto vegetativo. Alta luminosidade estimula o crescimento e determina um certo prostramento; com sombreamento as plantas ficam mais eretas, mas a altura é menor. É uma planta relativamente resistente à seca e a excesso de umidade. Realiza fotossíntese pelo ciclo C-4 (KISSMANN, 1997).

As espécies *L. virgata* e *P. laxum* foram dominantes em todos os tratamentos, sendo que a primeira foi mais dominante no tratamento com guandu, com 50,3% de dominação, e a segunda, no tratamento controle como dominância de 29,8% (Figura 4). A menor dominância da *L. virgata* ocorreu no tratamento controle, com 20,5%, que foi o tratamento onde a espécie mais dominante foi o *P. laxum*. No tratamento controle, as duas espécies de ervas espontâneas mais dominantes na área do experimento estão em melhor equilíbrio do que nos tratamentos com leguminosa de cobertura. Das espécies dicotiledôneas, a mais dominante foi a *Sida* sp., especialmente nas parcelas com feijão-de-porco, que inclusive foi mais dominância que o *P. laxum* nas parcelas com feijão-de-porco (Figura 4). Curiosamente, no tratamento com feijão-de-porco foi encontrada a maior população de espécies dicotiledôneas, representada, sobretudo por espécies do grupo das sidas, indicando um possível processo de substituição de espécies com prejuízo a espécies monocotiledôneas. Isto pode ser visualizado especialmente em relação às espécies *P. laxum* e *E. indica*, que foram menos dominantes quando, espécies como *Sida* sp. e *S. glaziovii* eram mais dominantes nos tratamentos com leguminosa de cobertura (Figura 4).

Das 42 espécies de ervas espontâneas encontradas na área do experimento, as cinco espécies representadas na Figura 4, juntas têm dominância superior a 70% em todos os tratamentos. Em geral, do número total de espécies num componente trófico ou numa comunidade como um todo, uma percentagem

relativamente pequena é abundante ou dominante (ODUM, 1988) e essas espécies abundantes tendem a desfavorecer o ambiente às raras (MARSHALL et al. 2003).

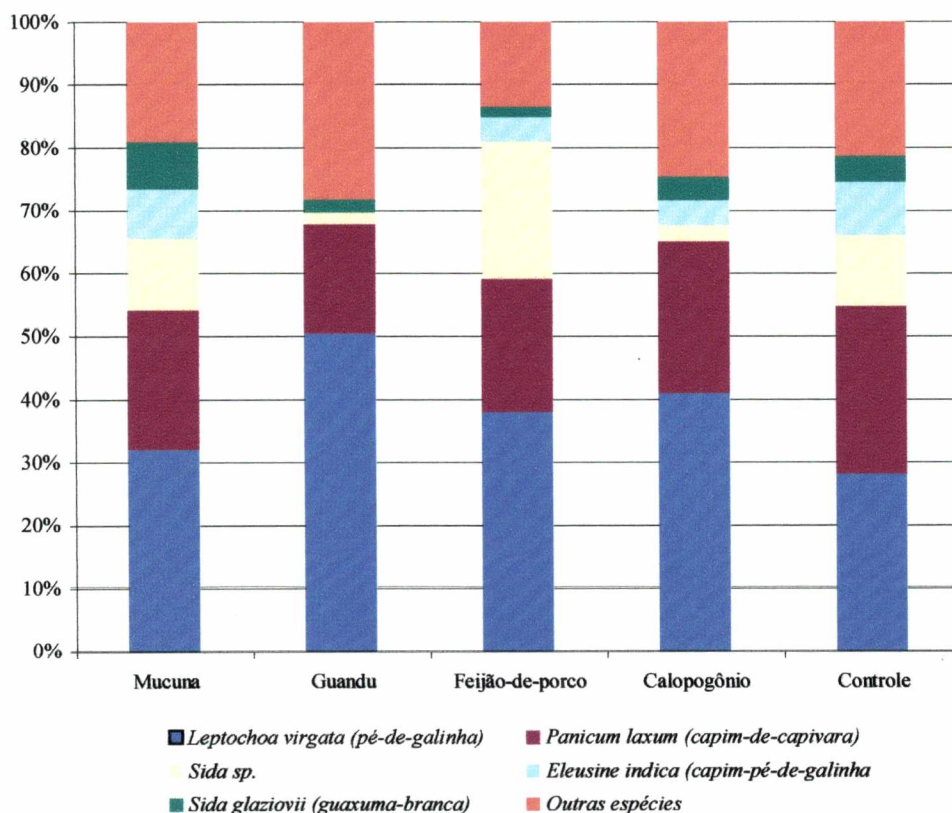


Figura 4. Dominância relativa (%) das principais espécies de ervas espontâneas em função da espécie da cultura de cobertura. Miranda do Norte - MA. 2003.

4.5. Efeito das leguminosas de cobertura sobre a densidade e diversidade e produção de biomassa das ervas espontâneas.

O tratamento onde foi utilizado feijão-de-porco como cultura de cobertura apresentou a menor densidade de ervas espontâneas ($44 \text{ plantas.m}^{-2}$), porém não diferiu estatisticamente dos demais tratamentos (Figura 5). Também não foi observada correlação significativa entre a densidade das ervas e a biomassa das leguminosas. Segundo Marshall et al. (2003), não é fácil prever a verdadeira área e a quantidade de ervas espontâneas em uma comunidade, dado a ocorrência generalista de muitas espécies e suas variações que são traços característicos das ervas

espontâneas. Além disso, por serem de estratégias *r* (GLIESSMAN, 2001), as ervas espontâneas estão bem adaptadas a ambientes com perturbações periódicas, tal como seca (ODUM, 1983), o que lhes conferem rápida capacidade de recuperação aos primeiros sinais de condições favoráveis (chuvas). Nesse sentido, o reinício do período chuvoso, sobretudo com as chuvas ocorridas a partir da segunda quinzena de novembro e início de dezembro de 2004, antes do início da coleta dos dados, permitiu a recuperação da cobertura florística das ervas espontâneas, momento em que a área do solo coberta pelas leguminosas era menor em decorrência do estresse sofrido durante o período de estiagem. Esta recuperação das ervas espontâneas nesse período, muito provavelmente contribuiu para diminuir as diferenças entre os tratamentos, o que inevitavelmente resultou indiferença estatística (Figura 5). Além disso, o sistema de bloqueamento do experimento não foi capaz de controlar todas as diferenças ambientais. Isto porque, os blocos foram dispostos no sentido perpendicular a uma área de aproximadamente dois quintos do comprimento dos blocos sujeita a encharcamento. Esse erro na disposição dos blocos só foi verificado com o reinício do período chuvoso. Desse modo, esse erro experimental muito provavelmente influenciou a população de ervas espontâneas, contribuindo assim, para mascarar resultados. Isto poderá ser melhor observado na parte que trata da biomassa das ervas espontâneas em função biomassa das leguminosas herbáceas.

A influência da produção de biomassa das leguminosas anuais sobre a densidade de ervas, provavelmente está associada à capacidade das leguminosas em cobrir o solo. Segundo Favero et al. (2001), a mucuna preta apresenta alta capacidade potencial na produção de biomassa, com produção de 6.987 kg.ha⁻¹ de matéria seca em densidade de 100.000 plantas por hectare e capacidade de cobrir 100% de solo a partir do quinquagésimo sexto dia após a emergência, em condições edafoclimáticas da Região de Sete Lagoas – MG. Contudo, devido a sua baixa capacidade de tolerância a seca, como foi constatada neste experimento, e por ainda ser uma trepadeira, que tende a se desenvolver sobre as plantas do componente arbóreo do sistema de aléias, esta leguminosa tem propensão a deixar o solo desprotegido no final do período seco. Isto, inevitavelmente permite a emergência de novas ervas espontâneas, provenientes do banco de semente existente, com as primeiras chuvas que antecedem o período de cultivo. Isto pode ser constatado através das Fotografias

2 e 1, que mostram a cobertura do solo nas parcelas com mucuna no início e no final do período de estiagem, respectivamente, e pela Figura 5, que mostra que a maior densidade de ervas, dentre as leguminosas, ocorreram nas parcelas com mucuna. Severino & Christoffoleti (2004) verificaram que o feijão guandu usado como cultura de cobertura foi eficiente na supressão de ervas espontâneas reduzindo a densidade de três ervas semeadas propositalmente no experimento e de ervas de infestação natural, além de, quando utilizado como adubo verde ter contribuído para a redução do banco de sementes.

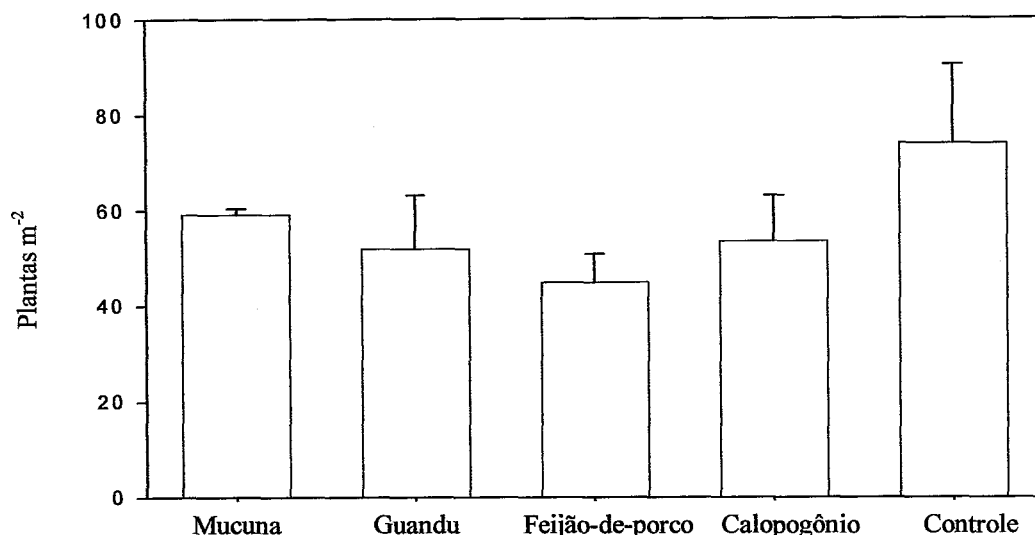


Figura 5. Efeitos de diferentes leguminosas anuais usadas como cultura cobertura sobre a densidade de ervas espontâneas. Os dados representam média + erro padrão. Miranda do Norte, 2003.

Também não houve diferença significativa entre os tratamentos em relação ao número de espécies de ervas espontâneas. Contudo, o menor número de espécies foi encontrado no tratamento onde a cultura de cobertura foi o feijão-de-porco, 4 espécies m⁻², (Figura 6); que ainda assim, para os padrões de campos agrícolas pode ser considerada como de alta diversidade. Já que, segundo Gerowitt et al. (2003) atualmente as terras cultivadas apresentam baixa biodiversidade florística, com menos de 10 espécies por 100 m². Os ecossistemas fora de equilíbrio, ou seja, sistemas que são perturbados periodicamente, tendem a apresentar uma diversidade

mais alta do que os ecossistemas de equilíbrio, onde a dominância e a exclusão competitiva são mais intensas (ODUM, 1983). Nesta acepção, a análise do índice de diversidade de espécies de Shannon-Wiener (H), que atribui peso maior às espécies raras (ODUM, 1983), também não mostrou diferença significativa entre os tratamentos. Porém, o tratamento controle apresentou o maior índice ($H = 0,9$) e o com feijão-de-porco o menor ($H = 0,8$) (Figura 7), indicando que as leguminosas de cobertura podem ter excluído algumas espécies. Fávero et al. (2001) também encontraram maior diversidade de ervas espontâneas no tratamento controle em função da ausência de competição impostas pelas culturas de cobertura.

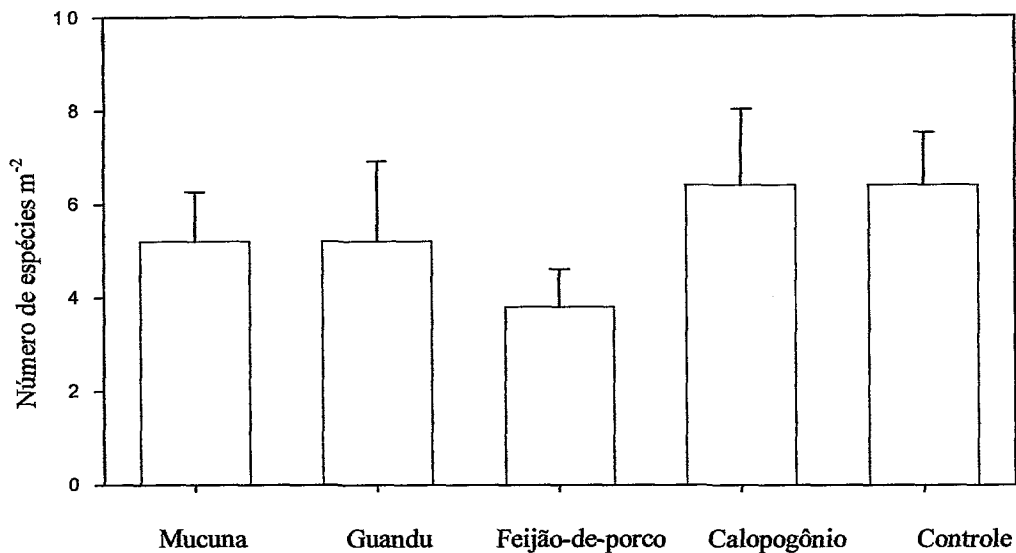


Figura 6. Efeitos das espécies usadas como cultura cobertura sobre número de espécies de ervas espontâneas. Os dados representam média + erro padrão. Miranda do Norte, 2003.

A similaridade da composição florística de ervas espontâneas, entre os tratamentos, foi média, variando de 32,3% a 51,8% (Figura 8). Só os tratamentos com mucuna e feijão-de-porco apresentaram similaridade superior a 50% (51,85%). A menor similaridade, de 32,3%, ocorreu entre os tratamentos feijão-de-porco e calopogônio. Como as espécies *L. virgata*, *P. laxum*, *S. glaziovii* e *Sida* sp., que ocorrem em todos os tratamentos, têm juntas dominância igual ou superior a 70% em todos os tratamentos (Figura 4), a maioria das espécies não coincidentes podem ser consideradas raras, tais como: *Attlea speciosa*, *Chamaesyce prostrata*, *Dioidia teres*,

Ludwigia leptocarpa, *Ludwigia sericea*, *Murdania nudiflora*, etc., que possuem densidade de 0,2 plantas.m⁻², em apenas um dos tratamentos (Tabela 9), ou seja, a maioria das espécies não coincidentes parece ter ocorrência esporádica. Por outro lado, a similaridade entre os tratamentos está pautada, basicamente, nas quatro espécies dominantes (*L. virgata*, *P. laxum*, *S. glaziovii* e *Sida* sp.).

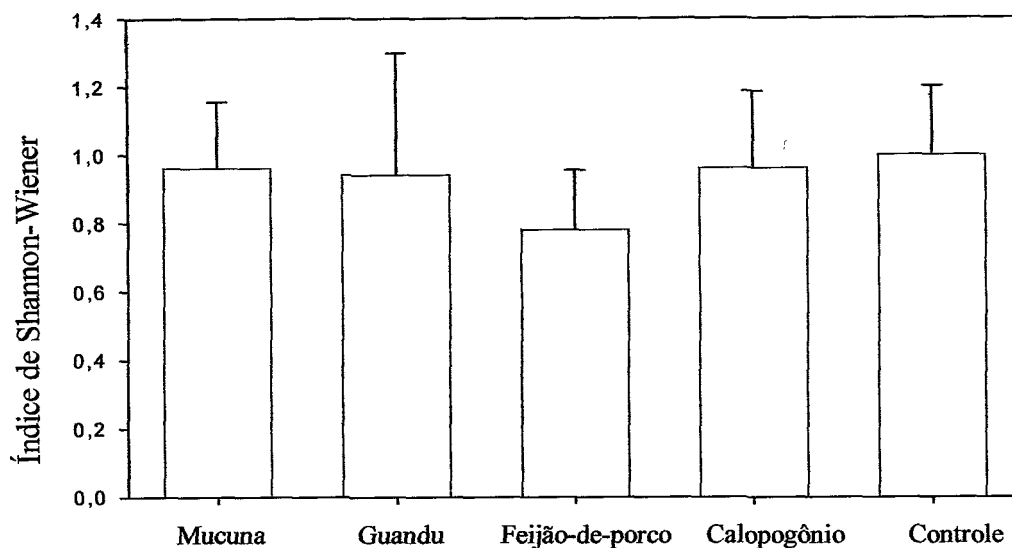


Figura 7. Efeitos das espécies usadas como cultura cobertura sobre a diversidade de ervas espontâneas segundo o índice de Shannon-Wiener. Os dados representam média + erro padrão. Os dados representam média + erro padrão. Miranda do Norte, 2003.

A análise de variância também não mostrou diferença significativa na produção de biomassa das ervas espontâneas em relação às quatro leguminosas de cobertura e nem destas em relação ao controle (Figura 9). Mesmo entre os tratamentos com feijão-de-porco e controle, onde a produção média de biomassa das ervas espontâneas foi de 158,6 g.m⁻² e 428,0 g.m⁻², respectivamente, não houve diferença significativa. Isto provavelmente foi devido a uma grande variação na ocorrência das ervas espontâneas nas parcelas de cada tratamento. No tratamento com guandu, por exemplo, o desvio padrão da produção de biomassa entre as amostras do “bloco 1” foi de 104 g; enquanto que no “bloco 3” foi de 8 g (Figura 10). Essas diferenças resultaram em um coeficiente de variação entre os tratamentos de 55,6%. Nesse sentido, essas variações reforçam a hipótese de que o

posicionamento dos blocos no experimento não foi eficiente para controlar as diferenças ambientais dentro da área experimental.

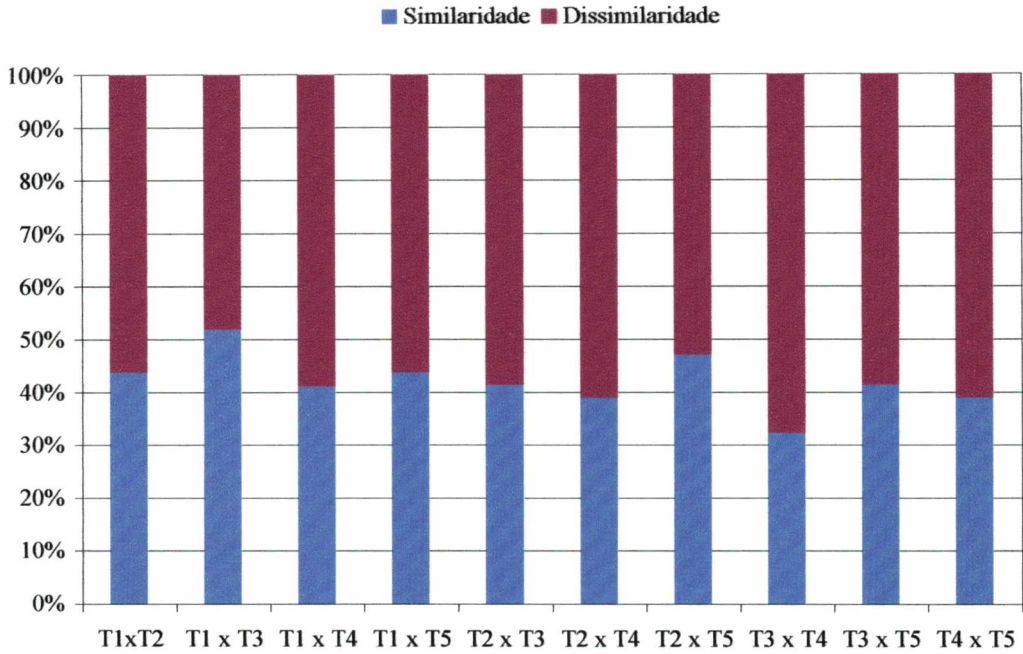


Figura 8. Similaridade da composição florística de ervas espontâneas entre os tratamentos. Miranda do Norte, 2003.

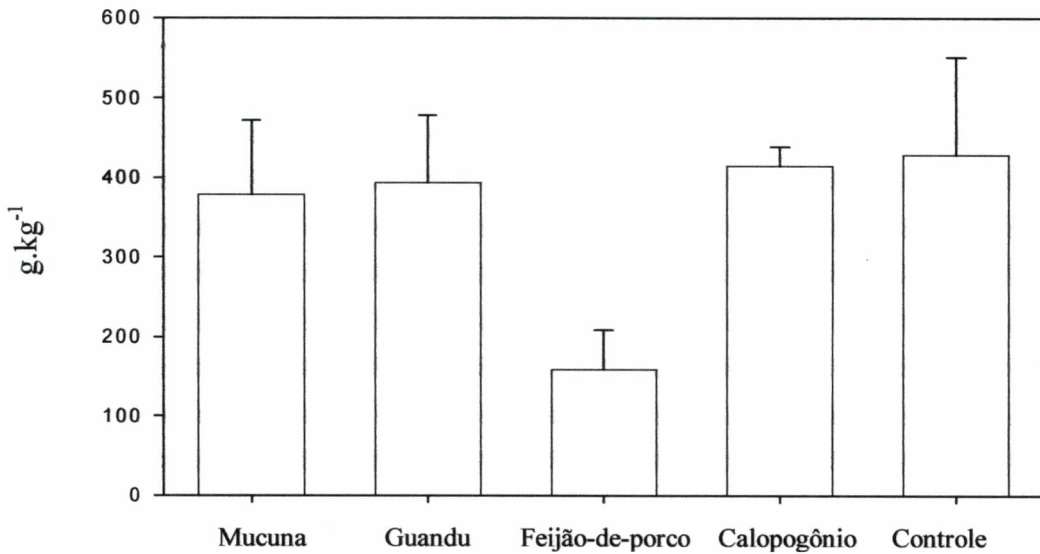


Figura 9. Efeitos das espécies usadas como cultura cobertura sobre a produção de biomassa seca das ervas Espontâneas. Os dados representam média + erro padrão Miranda do Norte, 2003.

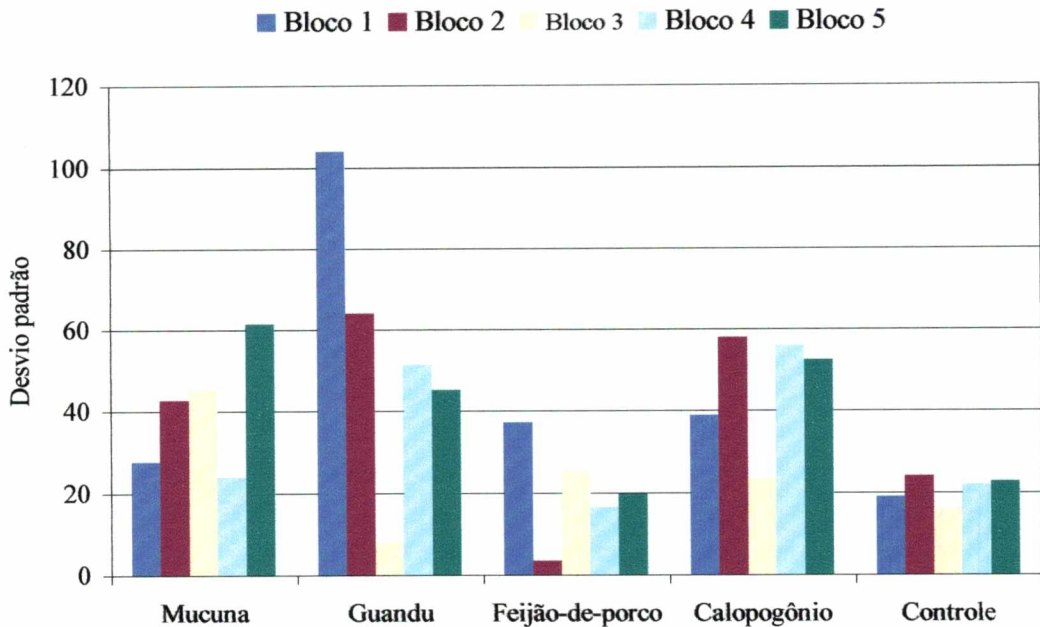


Figura 10. Desvio padrão da produção de biomassa pelas ervas espontâneas nas amostras dentro de cada parcela por tratamento.

Entretanto, a despeito da insignificância estatística demonstrada através da análise de variância da densidade das ervas espontâneas, do número de espécies, da diversidade de espécies e da biomassa produzida pelas ervas espontâneas nos diversos tratamentos com leguminosas anuais, a equação de regressão linear, representada pela Figura 11, mostra relação de dependência entre a biomassa produzida pelas ervas espontâneas e a produzida pelas leguminosas anuais. A equação da Figura 11 mostra que há uma tendência de diminuição na biomassa das ervas espontâneas à medida que aumenta a produção de biomassa pelas leguminosas, ou vice-versa. Entretanto, Fávero et al. (2001) observaram que a eficiência de leguminosas em diminuir a biomassa de plantas espontâneas, está relacionada à capacidade de produção de biomassa pelas leguminosas, que é tanto melhor quanto maior for a capacidade da leguminosa em produzir biomassa e cobrir o solo.

Na comunidade científica e, por extensão, entre a maioria dos agricultores existe o consenso de que culturas de cobertura são capazes de reduzir a infestação de ervas espontâneas em agroecossistemas. Contudo, a dinâmica de

distribuição das espécies de ervas em um local, também é fortemente influenciada pelo banco de sementes existente e por fatores edafoclimáticos (N'ZALA et al. 2002). Por isso, a resposta das ervas espontâneas às culturas de cobertura pode variar muito (HATCHER & MELANDER, 2003). Hatcher & Melander (2003), por exemplo, relatam casos em que o centeio usado como cultura de cobertura não influenciou a densidade, composição e a biomassa das espécies de ervas espontâneas em sistemas de plantio direto de soja e milho, em até durante nove anos de estudo. Estes autores comentam também, casos em que as culturas de cobertura conseguem controlar apenas algumas espécies enquanto outras acabam por dominar a área. Ikuenobe & Anoliefo (2003) avaliando a influência da *Mucuna pruriens* e *Chromolaena odorata*, utilizadas como culturas de pousio, sobre a infestação de ervas espontâneas, verificaram que mesmo havendo diferença na biomassa das ervas entre essas leguminosas, nos dois primeiros anos de implantação do sistema, a biomassa das ervas espontâneas foi praticamente a mesma, ocorrendo reduções significativas só a partir do terceiro ano.

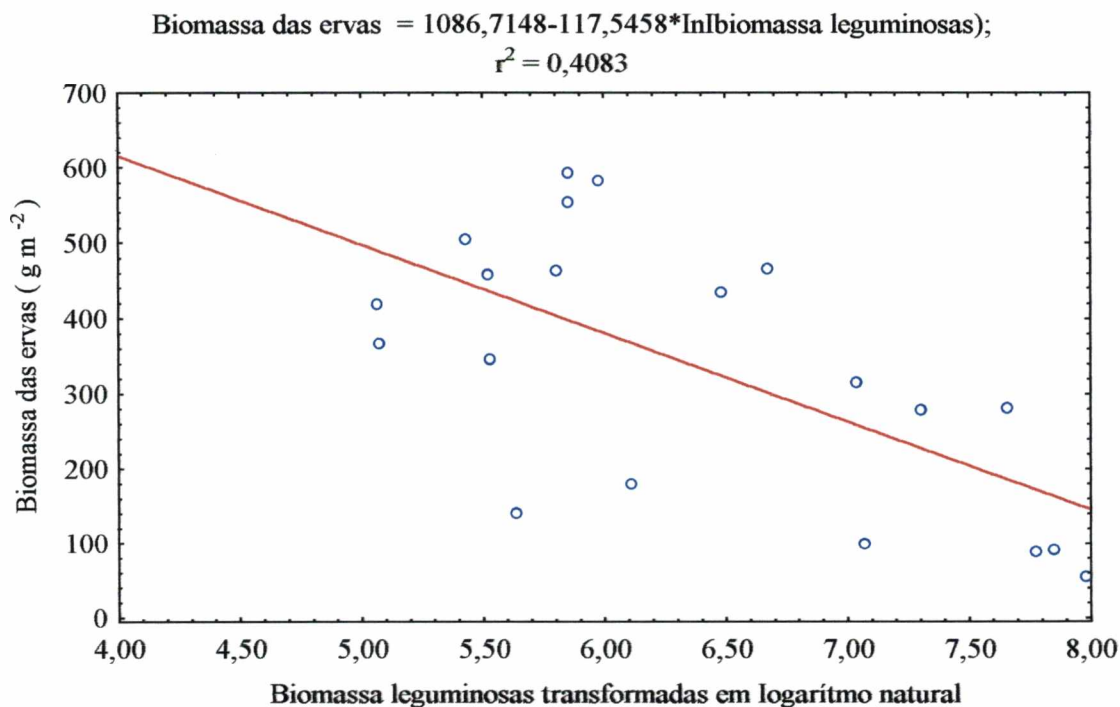


Figura 11. Biomassa das ervas espontâneas e em função da biomassa seca produzida pelas leguminosas. Miranda do Norte, 2003.

Corroborando com Favero et al. (2001), dentre outros autores, este trabalho deixa evidente que leguminosas usadas como cultura de cobertura são capazes de promoverem modificações na dinâmica populacional das espécies de ervas espontâneas, além de contribuírem para o aumento do conteúdo de N no sistema e favorecem a ciclagem de alguns nutrientes, principalmente de K e Ca. Contudo, as leguminosas de cobertura não podem ser vistas como o único mecanismo de controle de ervas espontâneas. Devem sim, serem vislumbradas como parte de um conjunto de medidas de caráter agroecológico, que será capaz de promover um manejo sustentável das espécies espontâneas, preservando uma diversidade espécies, sem comprometimento do rendimento cultura econômica e com o menor impacto possível ao meio ambiente. Hatcher & Melander (2003), por exemplo, sugerem uma combinação de métodos físicos, culturais e biológicos, de controle de ervas espontâneas, a fim de evitar o emprego de agrotóxicos. Como métodos físicos esses autores sugerem capinas mecânicas e/ou manuais; como métodos biológicos uso de espécies predadoras de sementes e patógenos foliares (bactérias e fungos); e como métodos culturais, uso de culturas de cobertura.

5. CONCLUSÕES

- ✓ Devido às altas variações ocorridas entre as parcelas de cada tratamento, tanto para a produção de biomassa pelas leguminosas herbáceas como para a ocorrência das ervas espontâneas, em decorrência do bloqueamento malsucedido, houve dificuldade em detectar efeito dos tratamentos sobre a população das ervas espontâneas;
- ✓ O feijão-de-porco foi a leguminosa de melhor capacidade de adaptação às condições do experimento. Por apresentar resistência ao período de estiagem da região mantendo uma boa produção de biomassa, que aliada à biomassa aportada pelo sombreiro, pode permitir um maior aporte de N e reciclagem de alguns nutrientes, sobretudo de K e Ca, em quantidades adequadas às necessidades de algumas culturas anuais.
- ✓ Embora exista uma tendência de supressão de ervas espontâneas de acordo com a produção de biomassa da leguminosa, nenhuma das culturas de cobertura testada foi capaz de promover consistentes mudanças na dinâmica populacional das ervas. Isto porque, devido a três meses de completa estiagem, durante o período de realização do experimento, nenhuma das espécies testadas foi capaz de segurar, até o início do novo ciclo de cultivo, uma cobertura de solo uniforme e adequada a ponto de evitar emergência de novas ervas no início de período chuvoso, e também devido ao fracasso do sistema de blocos.
- ✓ Diante dos resultados, para as condições locais do experimento, é prudente afirmar que a supressão das ervas espontâneas não depende apenas da biomassa da espécie supressora, mas também da coincidência da supressão com o surgimento das ervas.

REFERÊNCIAS

AGENDA 21. **Documento da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento.** 1997. Disponível em: www.mma.gov.br/port/se/agen21/index.cfm>. Acesso em: 13 set. 2003.

AGENDA 21 BRASILEIRA. **Agricultura Sustentável.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2000, 190 p. Disponível em: www.mma.gov.br/port/se/agen21/index.cfm>. Acesso em: 13 set. 2003.

AITA, C.; BASSO, J. C.; CERETTA, C. A.; GONÇALVES, C. N.; DA ROS, C. O. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 25 p. 157-165, 2001.

AKINNIFESI, F. K.; KANG, B. T.; SANGINGA, N.; TIJANI-ENIOLA, H. Nitrogen use efficiency and N-competition between *Leucaena* hedgerows and maize in an alley cropping system. **Nutr. Cycl. Agroecosyst.**, v. 47, p. 71-80, 1997.

ALCÂNTARA, F. A. et al. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um latossolo vermelho-escuro degradado. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.35, n.2, p.277-288, fev. 2000.

ALTIERI, M. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável.** 3. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2001, 110 p.

ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável.** Guaíba: Agropecuária, 2002, 592 p.

AMABILE, R. F. et al. Efeito de épocas de semeadura na fisiologia e produção de fitomassa de leguminosas nos cerrados da região do Matogrosso de Goiás. **Sci. Agric.**, Piracicaba, v.53, n.2-3, p.1-12, dez. 1996. Disponível

em:<<http://www.scielo.br/scientiaagricola.htm>>. Acesso em 28 fev. 2003.

AMABILE, R. F.; FANCELLI, A. L.; CARVALHO, A. M. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos cerrados. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 35, n. 1, p. 47-54, jan. 2000.

AMADO, T. J. C. et al. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e melhoria da qualidade ambiental. **R. Bras. Ci. Solo**. Viçosa, v. 25, p. 189-197, 2001.

ARSHAD, M. A.; MARTIN, S. Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. **Agric. Ecosyst. Envir.**, v. 88, p. 153-160, 2002.

AWETO, A. O. Secondary succession and soil fertility restoration in south-western Nigéria **J. Ecol.**, v. 69, p. 609-614, 1981.

BAYER, C., MIELNIEZUK, J., PAVINATO, A. Sistemas de manejo do solo e seus efeitos sobre o rendimento do milho. **Ci. Rural**, Sara Maria, v.28, nº 1, p. 23-28, 1998.

BÀRBERI, P. Weed management in organic agriculture: are we addressing the right issues? **Weed Research**, v. 42, p. 177-193, 2003.

BHOWMIK, P. C. Weed biology: importance to weed management. **Weed Science**, v.45, p.349-356, may-june. 1997.

BOND, W. & GRUNDY, A. C. Non-chemical weed management in organic farming systems. **Weed Research**, v. 41, p. 283-405, 2001.

BORKERT, C. M.; GAUDÊNCIO, C. A.; PEREIRA, J. E.; PEREIRA, L. R.; OLIVEIRA JR., A. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 38, n. 1, p. 143-153, jan. 2003.

CAPORALI, F. & ONNIS, A. Validity of rotation as na effective agroecological principle for a sustainable agriculture. **Agricu., Ecosyst. Envir.**, v. 41, p.101-113, 1992.

CARMOSA, R. Problemática e manejo de bancos de sementes de invasoras em solos agrícolas. **Planta Daninha**, v. 10, n. ½, p. 5-13, 1992.

CARVALHO, M. A. C.; SORATTO, R. P.; ATHAYDE, M. L. F.; ARF, O.; SÁ, M. E. Produtividade do milho em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 39, n. 1, p. 47-53, jan. 2004.

CERETTA, C. A.; AITA, C.; BRAIDA, J. A.; PAVINATO, A.; SALET, R. L. Fornecimento de nitrogênio por leguminosas na primavera para o milho em sucessão nos sistemas de cultivo mínimo e convencional. **R. Brás. Ci. Solo**, Campinas, v. 18, p. 215-220, 1994

CHRISTOFFOLETI, P. J.; VICTORIA FILHO, R.; SILVA, CLÓVIS, B. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas. **Planta Daninha**, v. 12, n. 1, p. 13-20, 1994.

DERETTA, C. A.; AITA, C.; BRAIDA, J. A.; PAVINATO, A.; SALET, R. L. Fornecimento de nitrogênio por leguminosas na primavera para o milho em sucessão nos sistemas de cultivo mínimo e convencional. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, v. 18, p. 215-220, 1994.

FAVERO, C.; JUCKSCH, I.; ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M. Modificações na população de plantas espontâneas na presença de adubos verdes. **Pesq. Agropec. Brás.**, Brasília, v. 36, n. 11, p. 1355-1362, nov. 2001.

FERRAZ JR., A. S. L. **Arroz de sequeiro em aléias de leguminosaas sobre solo de baixa fertilidade natural**. 2000. 126 f. Tese (Phylosophiae Doctor em Agronomia) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro.

FERRAZ JR., A. S. L. O cultivo em aléias como alternativa para a produção de alimentos na agricultura familiar do trópico úmido. In: MOURA, E. G. (Org.). **Agroambientes de transição entre o trópico úmido e o semi-árido do Brasil: atributos; alternativas; uso na produção familiar**. São Luís: UEMA, 2004, p. 71-100.

FIEDLER, N. C.; AZEVEDO, J. N. C.; REZENDE, A. V.; MEDEIROS, M. B.;

VENTUROILI, F. Efeito de incêndios florestais na estrutura e composição florística de uma área de cerrado *sensu* na Fazenda Água Limpa-DF. **R. Árvore**, Viçosa, v. 28, p. 129-138, 2004.

GARCIA, L. F. Introdução e avaliação de leguminosas para adubação verde em solos arenosos de tabuleiros costeiros do Piauí. **Rev. Fac. Agron.**, Maracay, v. 28, p. 93-103, 2002. <http://www.redpav_fpolar.info.vefagro>. acesso em: 23/08/2003.

GEROWITT, B.; BERTKE, E.; HESPELT, S-K.; TUTE, C. Towards multifunctional agriculture – weeds as ecological goods?. **Weed Research**, v. 43, p. 227-235, 2003.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2001, 653 p.

HATCHER, P. E.; MELANDER, B. Combining physical, cultural and biological methods prospects for integrated non-chemical weed management strategies. **Weed Research**, v. 43, p. 303-322, 2003.

HEINRICHS, R.; VITTI, G. C.; MOREIRA, A.; FANCELLI, A. L. Produção e estado nutricional do milho em cultivo intercalar com adubos verdes. **R. Bras. Ci. Solo**. V. 26, p. 225-230, 2002.

HYVÖNEN, T.; KETOJA, E.; SALONEN, J. Changes in the abundance of weeds in spring cereal fields in Finland. **Weed Research**, v. 43, p. 348-356, 2003.

IKUENOBE, C. E.; & ANOLIEFO, G. O. Influence of *Chromolaena odorata* and *Mucuna pruriens* fallow duration on weed infestation. **Weed Research**, v. 43, p. 199-207, 2003.

IMO, M.; TIMMER, V. R. Vector competition analysis of a *Leucaena*-maize alley cropping system in western Kenya. **For. Ecol. Manage.**, v. 126, p. 255-268, 2000.

JAKELAITIS, A. et al. Dinâmica populacional de plantas daninhas sob diferentes sistemas de manejo nas culturas de milho e feijão. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 1, p. 71-79, 2003.

KANG, B. T. Alley cropping – soil productivity and nutrient recycling. **For. Ecol. Manage.**, v. 91, p. 75-82, 1997.

KHATOUNIAN, C. A. **A reconstrução ecológica da agricultura**. Botucatu: Agroecológica, 2001, 348 p.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. Tomo II, 1. ed. São Paulo: Basf S.A., 1992. 798 p.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. Tomo III, 1. ed. São Paulo: Basf S.A., 1995. 683 p.

KISSMANN, K. G. **Plantas infestantes e nocivas**. Tomo I, 2. ed. São Paulo: Basf, 1997. 824p.

KRAMER, A. W. et al. Combining fertilizer and organic inputs to synchronize N supply in alternative cropping systems in California. **Agric. Ecosyst. Envir.**, v. 91, p. 233-243.

LEITE, A. A. L. **Cultivo de milho em aléias de leguminosas como alternativa à agricultura de corte e queima**. 2001. 95 f. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) – Universidade Estadual do Maranhão.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. 3. ed. Nova Odessa, SP: Instituto plantarum, 2000. 640 p.

MARENCO, R. A.; SANTOS, A. M. B. Crop rotation reduces weed competition and increases chlorophyll concentration and yield of rice. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 34, n. 10, p. 1881-1887, out. 1999.

MAFRA, A. L.; MIKLÓS, A. A. W.; VOCURCA, H. L.; HARKALY, A. H.; MENDOZA, E. Produção de fitomassa e atributos químicos do solo cultivado em aléias e sob vegetação nativa de cerrado. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 22, p. 43-48, 1998.

MARSHALL, E. J. P.; BROWN, V. K.; BOATMAN, N. D.; LUTMANT; P. J. W.; SQUIRE, G. R.; WARD, L. K. The role of weeds in supporting biological diversity

within crop fields. **Weed Research**, v. 43, p. 77-89, 2003.

MCGRATH, D. A.; DURYEY, M. L.; CROPPER, W. P. Soil phosphorus availability and fine root proliferation in Amazonian agroforest 6 years following forest conversion. **Agric. Ecosyst. Envir.**, v. 83, p. 271-284, 2001.

MCSORLEY, R. Host suitability of potential cover crops for root-knot nematodes. **Jor. Nemat.** (suplemento), v. 31, nº 4S, p. 619-613, 1999.

MELLO, F. A. F.; SOBRINHO, M. O. C. B.; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R. I.; NETTO, A. C.; KIEHL, J. C. **Fertilidade do solo**. São Paulo: Nobel, 1983, 400 p.

MIYAZAWA, M. et al. Análises químicas de tecido vegetal. In: _____. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa, 1999. cap. 4, p. 171-224.

MOURA, E. G. Agroambientes de transição avaliados numa perspectiva da agricultura familiar. In: MOURA, E. G. (Org.). **Agroambientes de transição entre o trópico úmido e o semi-árido do Brasil: atributos; alternativas; uso na produção familiar**. São Luís: UEMA, 2004, p. 15-51.

NANDWA, S. M. Soil organic carbon (SOC) management for sustainable productivity of cropping and agro-forestry systems in Eastern and Southern Africa. **Nutr. Cycl. In Agroecosyst.** v. 61, p. 143-158, 2001.

NASCIMENTO, M. P. S.; OLIVEIRA, M. E. A.; NASCIMENTO, H. T. S.; CARVALHO, J. H. ALCOFORADO FILHO, F. G.; SANTANA, C. M. M. **FORAGEIRAS DA BACIA DO PARNAÍBA: usos e composição química**. Teresina: EMBRAPA-CPAMN/Recife: Associação Plantas do Nordeste, 1996. 86 p.

NASCIMENTO, M. P. S.; RENVOIZE, C. B. **Gramíneas forrageiras naturais e cultivadas na Região do Meio-Norte**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, Kew: Rayol Botanic Gardens, Kew, 2001. 196 p.

NEUPANE, R. P.; THAPA, G. B. Impact of agroforestry intervention on soil fertility and farm income under the subsistence farming system of the middle hills,

Nepal. **Agric. Ecosyst. Envir.** v. 84, p. 157-167, 2001.

N'ZALA, D.; NADJIDJIM, J.; NGAKA, A. Weed population dynamics during the groundnut crop cycle in the wet tropical zone of Kombe (Congo). **Weed Research**, v. 42, p. 100-106, 2002.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. 434 p.

PALM, C. A.; GACHENG, C. N.; DELVE, R. J.; CADISCH, G. GILLER, K. E. Organic inputs for soil fertility management in tropical agroecosystems: application of an organic resource database. **Agric. Ecosyst. Envir.**, v. 83, p. 27-42, 2001.

PAULO, E. M.; BERTON, R. S.; CAVICHIOLI, J. C.; BULISANI, E. A.; KASAI, F. S. Produtividade do café apoaã em consórcio com leguminosas na região de Alta Paulista. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 3, p. 195-199, 2001.

PEREIRA, F. A. R.; VELINI, E. D. Sistemas de cultivo no cerrado e dinâmica de populações de plantas daninhas. **Plantas Daninhas**, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 355-363, 2003.

PINTO-COELHO, R. M. **Fundamentos em ecologia**. Porto Alegre: Artmed, 2000, 252 p.

POUDEL, D. D. et al. Comparison of soil N availability and leaching potential, crop yields and weeds in organic, low-input and conventional farming systems in northern California. **Agric. Ecosyst. Envir.**, v. 90, p. 125-137, 2002.

RESENDE, A. S.; XAVIER, R. P.; QUESADA, D. M.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. Use of green manures in increasing inputs of biologically fixed nitrogen to sugar cane. **Biol. Fertil. Soils**, v. 37, p. 215-220, 2003.

RICCI, M. DOS S. F. et al. Efeitos da solarização do solo na densidade populacional da tiririca e na produtividade de hortaliças sob manejo orgânico. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.35, n.11, p.2175-2179, nov. 2000.

RODRIGUES, B. N. et al. Emergência do capim-marmelada em duas regiões do Paraná. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.35, n.12, p.2363-2373, dez. 2000.

SAMINÊZ, T. C. O.; RESENDE, F. V.; SOUZA, A. F.; CARVALHO, A. M. Extração de nutrientes por espécies de adubos verdes sob sistema orgânico de produção nas condições de verão dos Cerrados. In: 1. CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 4. SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE AGROECOLOGIA, 5. SEMINÁRIO ESTADUAL SOBRA AGOECOLOGIA, 2003, Porto Alegre. **Anais**, Porto Alegre, EMATER/RS-AS, 2003. cd-rom.

SCIVITTARO, W. B.; MUKASHI, T.; BOARETTO, A. E.; TRIVELIN, P. C. O. Transformações do nitrogênio proveniente de mucuna-preta e uréia utilizados como adubo na cultura do milho. **Pesq. Agropec. bras.**, Brasília, v. 38, n. 12, p. 1427-1433, dez. 2003.

SENARATHNE, S. H. A.; SAMARAJEEWA, A. D.; PERERA, K. C. P. Comparison of different weed management systems and their effects on yield of coconut plantations in Sri Lanka. **Weed Biol. Manage.**, v. 3, p. 158-161, 2003.

SEVERINO, F. J.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Efeitos de quantidades de fitomassa de adubos verdes na supressão de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v.19, n.2, p.223-228, 2001a.

SEVERINO, F. J.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Banco de sementes de plantas daninhas em solo cultivado com adubos verdes. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 3, p. 201-204, 2001b.

SEVERINO, F. J.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Weed supression by smother crops and selective herbicides. **Sci. Agric.**, Piracicaba, v.61, n.1, p.21-26, jan./fev. 2004.

SHARMA, R. D.; RESCK, D. V. S. Efeito da adubação verde no controle de nematóides e nas propriedades físicas do solo do cerrado. **Fitopatologia Brasileira**, v. 61, p. 151-152, 1979.

SILVA, A. C.; MOURA, E. G. Atributos e especificidades de solos de baixada no trópico úmido. In: MOURA, E. G. (Org.). **Agroambientes de transição entre o trópico úmido e o semi-árido do Brasil**: atributos; alternativas; uso na produção familiar. São Luís: UEMA, 2004, p. 133-160.

SILVA, J. A. A.; VITTI, G. C.; STUCHI, E. S.; SEMPIONATO, O. R. Reciclagem e incorporação de nutrientes ao solo pelo cultivo intercalar de adubos verdes em pomar de laranjeira-‘pera’. **Rer. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 225-230, abril 2002.

SNAPP, S. S.; ROHRBACH, D. D.; SIMTOWE, F.; FREEMAN, H. A. Sustainable soil management options for Malawi: can smallholder farmers grow more legumes?. **Agric. Ecosyst. Envir.**, v. 91, p. 159-174, 2002.

SOUZA FILHO, A. P. S.; ALVES, S. M.; FIGUEIREDO, F. J. C. Efeitos alelopáticos do calopogônio em função de sua idade e densidade de sementes da planta receptora. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 211-218, 2003.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Ver, e ampl. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1995, 174 p.

TORRES, A.; RIVERO, C.; AMPUEDA, J. CORI, C. E. Efeito de la incorporación de resíduos orgânicos marcados com ^{15}N sobre la dinámica Del nitrógeno em suelos venezuelanos. **Rev. Fac. Agron**, Maracay, v. 28, p. 105-116, 2002. Disponível em: <<http://www.redpavfpolar.info.vefagro>>. Acesso em: 23/08/2003.

VARGAS, L.; BORÉM, A.; SILVA, A. A. Herança da resistência aos herbicidas inibidores da ALS em biótipos da planta daninha *Euphorbia heterophylla*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 19, n. 3, p. 331-336, 2001.

VOLL, E.; TORRES, E.; BRIGHENTI, A. M.; GAZZIERO, D. L. P. Dinâmica do banco de sementes de plantas daninhas sob diferentes sistemas de manejo de solo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 19, n. 12, p.171-178, 2001.

WILLIAMS II, M. M.; MORTENSEN, D. A.; DORAN, J. W. Assessment of weed and crop fitness in cover crop residues for integrated weed management. **Weed Science**, v. 46, p. 595-603, 1998.

XUAN, T. D.; TSUZURI, E.; TERAU, H.; MATSUO, M.; KHANH, T. D.; MURAYAMA, S.; HONG, N. H. Alfalfa, rice by-products and their incorporation

for weed control in rice. **Weed Biol. Manage.**, v. 3, p. 137-144, 2003.

ZOSCHKE, A. & QUADRANTI, M. Integrated weed management: Quo vadis?.
Weed Biol. Manage., v. 2, p. 1-10, 2003.