

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ATRIBUTOS DO SOLO E FLORA INFESTANTE EM
SISTEMA DE SEMEADURA DIRETA DO MILHO NA PALHA
DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS**

Jeane Rodrigues de Abreu Macêdo

Bióloga

2015

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ATRIBUTOS DO SOLO E FLORA INFESTANTE EM
SISTEMA DE SEMEADURA DIRETA DO MILHO NA PALHA
DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS**

Jeane Rodrigues de Abreu Macêdo

Orientador: Prof. Dr. Itamar Andrioli

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutora em Agronomia (Ciência do Solo).

2015

Macêdo, Jeane Rodrigues de Abreu
M141a Atributos do solo e flora infestante em sistema de semeadura
 direta do milho na palha de leguminosas arbóreas / Jeane Rodrigues
 de Abreu Macêdo. – – Jaboticabal, 2015
 xii, 58 p. : il. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2015

Orientador: Itamar Andrioli

Banca examinadora: Alberto Carvalho Filho, Eurico Lucas de
Sousa Neto, William Natale e Renato de Mello Prado

Bibliografia

1. Adubação verde. 2. Cultivo em aleias. 3. Física do solo. 4.
Fitossociologia. 5. Plantas daninhas. 6. Química do solo. I. Título. II.
Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.874:633.15

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da
Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de
Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE JABOTICABAL

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: ATRIBUTOS DO SOLO E FLORA INFESTANTE EM SISTEMA DE SEMEADURA
DIRETA DO MILHO NA PALHA DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS

AUTORA: JEANE RODRIGUES DE ABREU MACÊDO

ORIENTADOR: Prof. Dr. ITAMAR ANDRIOLI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA
(CIÊNCIA DO SOLO), pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. ITAMAR ANDRIOLI

Departamento de Solos e Adubos / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal



Prof. Dr. WILLIAM NATALE

Departamento de Solos e Adubos / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal



Prof. Dr. RENATO DE MELLO PRADO

Departamento de Solos e Adubos / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal



Prof. Dr. EURICO LUCAS DE SOUSA NETO

Universidade do Estado de Mato Grosso / Pontes e Lacerda/MT



Prof. Dr. ALBERTO CARVALHO FILHO

Universidade Federal de Viçosa / Rio Paranaíba/MG

Data da realização: 27 de fevereiro de 2015.

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

JEANE RODRIGUES DE ABREU MACÊDO – Filha de Carlito Inácio de Abreu e Cecília Rodrigues Abreu, nasceu no dia 03 de fevereiro do ano de 1973, em Teresina – PI. Cursou o Ensino Médio no Colégio Freitas Figuerêdo, em São Luís – MA, no período de 1988 a 1990. Em agosto de 1992 ingressou no curso de Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Piauí, Teresina – PI, e em fevereiro de 1997 obteve o título de Bióloga. Iniciou em março de 1998 o curso de Mestrado no Programa de Pós Graduação em Biologia Vegetal da Universidade Federal de Pernambuco, Recife – PE, obtendo o título de Mestre em Biologia Vegetal em 2000. No período de 2000 a 2006 foi professora do Ensino Médio de escolas públicas estaduais em Teresina – PI e de faculdades da rede particular de Ensino. Após aprovação em concurso público assumiu a função de professora na Universidade Federal do Piauí em 2006. Em 2008 passou a constituir o quadro de docentes da Universidade Federal do Maranhão. Ingressou no curso de Doutorado em Agronomia (Ciências do Solo) pela Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal em março de 2011 e obteve o título de Doutora em Agronomia (Ciência do Solo) em fevereiro de 2015.

*“Viver
E não ter a vergonha
De ser feliz
Cantar e cantar e cantar
A beleza ser
Um eterno aprendiz”
(Gonzaguinha)*

A Deus, meu pai maior, meu guia, minha fortaleza.

Aos meus pais Carlito Inácio de Abreu e Cecília Rodrigues de Abreu pelo amor incondicional e dedicação. Amo vocês.

Aos meus irmãos Jean Carlos, Jandeylton, Jany Cléia (*in memoriam*) que sempre me apoiaram e alegraram-se com minhas conquistas.

Ao meu marido Ivanlins Macêdo, pessoa que amo e admiro muito. Meu companheiro e grande incentivador.

Aos meus filhos Ivan Matheus, Giovanna Letícia, Anna Larissa, presentes de Deus, por alegrarem os meus dias e me fazer a pessoa mais importante do mundo. Meus amores!!!

Aos meus sobrinhos Camilla, Diego, Maria Cecília, Ana Clara, Jésyka, Jéfferson, Jackson.

COM AMOR, DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por mais essa graça alcançada.

Aos meus pais e irmãos, pelo apoio constante.

Aos Professores Itamar Andrioli e Alana das Chagas Ferreira Aguiar, pela orientação, ensinamentos e compreensão durante a realização deste trabalho.

Aos Professores Marcílio, José Marques, Gener, Arthur, Zanini, Itamar e Afonso, pelos ensinamentos transmitidos.

Aos Professores Mara Cristina Pessoa da Cruz, José Renato Zanini, William Natale e Renato de Mello Prado pela participação na banca do exame geral de qualificação e pelas valiosas contribuições.

As amigas do Dinter, Cristiane Rêgo e Izumy Dohyara pela ajuda na execução desse trabalho, pelo convívio, apoio e amizade.

Aos amigos Fredgardson Martins e Edson Fernandes pela amizade e contribuições.

Ao professor Barbosa e a Mara Moitinho pelo auxílio nas análises estatísticas.

A Marlen Barros e Silva pela análise do perfil e classificação do solo.

Aos técnicos do Departamento de Solos da Universidade Estadual do Maranhão, João, Dionízio e Josael, pelas análises dos solos.

A Francirose Shigaki, pela tradução dos textos.

Aos demais colegas do Dinter, Ana Zélia, Jussara, Sandra, Alexsandra, Ismênia, José Roberto, Paulo Sérgio, James, José Maria, Telmo, Marcelino, Rogério, Carlos Magno, pela amizade e troca de conhecimentos.

Aos alunos de graduação do Centro de Ciências agrárias e ambientais, Norma, Núbia, Taynara, Adenias, Débora, Dayvson, Anágila, pela ajuda na coleta e identificação das espécies vegetais.

Aos funcionários do Departamento de Solos e Adubos, Célia, Maria Inês e Djair, por todo o apoio.

À Universidade Federal do Maranhão, pela liberação para a realização do Curso de Doutorado.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, FCAV – Câmpus de Jaboticabal.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pelo financiamento deste trabalho.

E a todos que, direta e indiretamente, ajudaram na realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	xi
ABSTRACT	xii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 Propriedades químicas do solo em sistemas de cultivo agroecológico	4
2.2 Propriedades físicas do solo em sistemas de cultivo agroecológico	7
2.3 Plantas daninhas em sistemas de cultivo agroecológico.....	11
2.4 Espécies de leguminosas arbóreas no sistema de cultivo em aleias	14
2.4.1 Acácia.....	14
2.4.2 Gliricídia.....	15
2.4.3 Leucena.....	16
2.4.4 Sombreiro	17
3 MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1 Área de estudo	18
3.2 Delineamento experimental	19
3.3 Poda das leguminosas e semeadura do milho.....	21
3.4 Coleta e análise do solo.....	23
3.5 Amostragem das plantas	24
3.6 Estudos fitossociológicos e biomassa das plantas daninhas	24
3.7 Análises estatísticas	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1 Atributos químicos do solo no sistema de cultivo em aleias	26
4.2 Atributos físicos do solo no sistema de cultivo em aleias	31
4.3 Diversidade e dinâmica populacional de plantas infestantes no sistema de cultivo em aleias	35
5 CONCLUSÕES.....	43
6 REFERÊNCIAS	43
APÊNDICE	53

ATRIBUTOS DO SOLO E FLORA INFESTANTE EM SISTEMA DE SEMEADURA DIRETA DO MILHO NA PALHA DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS

RESUMO - Objetivou-se com esse estudo avaliar o efeito de diferentes combinações de leguminosas arbóreas em sistema de cultivo em aleias, com quatro anos, sobre os atributos químicos e físicos do solo e a diversidade e dinâmica populacional de plantas infestantes. O experimento foi constituído por cinco tratamentos com oito repetições em delineamento experimental em blocos casualizados: *Leucaena leucocephala* + *Clitoria fairchildiana*; *Leucaena leucocephala* + *Acacia mangium*; *Gliricidia sepium* + *Clitoria fairchildiana*; *Gliricidia sepium* + *Acacia mangium* e o controle (sem leguminosas). Foram avaliados no solo: matéria orgânica, pH em CaCl_2 , P, K, Ca, Mg, H + Al, Na, Al, densidade, porosidade e estabilidade dos agregados e calculadas a soma de bases (SB), a capacidade de troca catiônica (CTC) e a saturação por bases (V%), As plantas invasoras foram avaliadas quanto a: família, espécie, número de indivíduos e fitomassa, sendo estimados a abundância, a frequência, a dominância e o Índice de Valor de Importância (IVI). A avaliação da diversidade florística foi realizada através do Índice de diversidade de Shannon-Wiener (H'). Na camada de 0 – 10 cm todos os tratamentos afetaram a concentração de magnésio. Para a densidade e a porosidade do solo, não houve diferenças significativas entre os tratamentos. Quanto à estabilidade de agregados, os valores para diâmetro médio ponderado (DMP) variaram estatisticamente entre os tratamentos na camada de 10-20 cm, as combinações *L. leucocephala* + *A. mangium* e *G. sepium* + *A. mangium* obtiveram os maiores valores. Foram identificadas 32 espécies de plantas, pertencentes a 16 famílias. As famílias mais representativas foram Poaceae, com seis espécies, seguida por Cyperaceae e Malvaceae, com quatro espécies cada. A espécie *Cyperus lanceolatus* apresentou o maior IVI. Leucena + sombreiro e gliricídia + acácia apresentaram maior diversidade. Em relação à fitomassa das plantas espontâneas, houve diferenças entre os tratamentos com o maior valor no tratamento testemunha. Não houve diferenças significativas entre os tratamentos para a maioria dos atributos químicos e físicos do solo. As combinações de leguminosas conservaram de forma semelhante à maioria das características do solo e controlaram o desenvolvimento de espécies invasoras.

Palavras-chave: adubação verde, cultivo em aleias, física do solo, fitossociologia, plantas daninhas, química do solo

SOIL ATTRIBUTES AND FLORA WEED ON DIRECT SEEDING SYSTEM OF CORN IN LEGUMES TREES STRAW

ABSTRACT - The objective of this study was to evaluate the effect of different combinations of legumes tree in alleys cropping systems with four years on the chemical and physical properties of the soil, and the diversity and dynamics of weed population. The experiment consisted of five treatments with eight replications in a randomized block experimental design: *Leucaena leucocephala* + *Clitoria fairchildiana*, *L. leucocephala* + *Acacia mangium*, *Gliricidia sepium* + *C. fairchildiana*, *G. sepium* + *A. mangium* and control (without legumes). The following soil properties were evaluated: organic matter, pH in CaCl₂, P, K, Ca, Mg, H + Al, Na, Al, density, porosity and stability of aggregates and calculated the sum of bases (SB), the cation exchange capacity (CEC) and base saturation (V%). The weeds were evaluated for: family, species, number of individuals and biomass and estimated abundance, frequency, dominance and the Importance Value Index (IVI). The floristic diversity was analyzed using the diversity index of Shannon-Wiener (H'). At depth 0-10 cm all treatments affected magnesium concentration. For density and porosity of the soil there were no significant differences between treatments. For the aggregate stability, the values for mean weight diameter (MWD) varied between treatments in the 10-20 cm layer, the combinations *L. leucocephala* + *A. mangium* and *G. sepium* + *A. mangium* presented the highest values. Thirty two plant species belonging to sixteen families were identified. The most representative families were Poaceae, with six species, followed by Cyperaceae and Malvaceae, with four species. The specie *Cyperus lanceolatus* presented the highest IVI. *Leucaena leucocephala* + *Clitoria fairchildiana* and *Gliricidia sepium* + *Acacia mangium* presented greater diversity. Regarding the biomass of weeds, there were differences between treatments with the highest value observed for the control treatment. There were no significant differences between treatments for most chemical and physical soil properties. The combinations of legumes conserved most of the soil properties similarly and were able to control weed growth.

Keywords: green manure, crops in alleys, soil physics, phytosociology, weeds, soil chemistry

1 INTRODUÇÃO

O sistema de cultivo em aleias constitui uma das técnicas incorporadas aos processos produtivos agroecológicos nas pequenas propriedades rurais em substituição ao sistema corte e queima. No bioma Cerrado, no qual os solos são altamente intemperizados, ácidos e pobres em nutrientes (COSTA JÚNIOR et al., 2012), embora bem estruturados e com elevada estabilidade de agregados (SANTOS et al., 2012), a adoção de cultivos agroecológicos pelos pequenos produtores rurais é uma alternativa viável, por apresentar efeito mais duradouro a fertilidade, baixo custo e riscos reduzidos aos agricultores (HANISCH et al., 2012).

No sistema de cultivo em aleias, as plantas anuais são cultivadas em semeadura direta, entre fileiras de leguminosas arbóreas ou arbustivas, que são periodicamente podadas e seus ramos empregados na adubação verde; desta forma os nutrientes são transferidos das árvores para as culturas agrícolas. A poda diminui a competição por luz, água e nutrientes dentro do sistema (MARTINS et al., 2013). No solo, a decomposição dos ramos provenientes das espécies de leguminosas aumenta o teor de matéria orgânica, a disponibilidade de nutrientes, a capacidade de troca de cátions e a produção de ácidos orgânicos (CALEGARI et al., 2008; MOURA et al., 2012; SANTOS et al., 2012; AGUIAR et al., 2013). Os resíduos das leguminosas promovem ainda, a diminuição nos teores de alumínio trocável pela sua complexação, e incremento da capacidade de reciclagem, ou seja, a mobilização de nutrientes lixiviados ou pouco solúveis que estejam nas camadas mais profundas do perfil do solo (CALEGARI, 2006).

Os resíduos vegetais aumentam o volume superficial de solo disponível ao crescimento das raízes (MOURA et al., 2012), aumentam a capacidade de aeração do solo (AGUIAR et al., 2009), aumentam a quantidade de agregados no solo, alterando o conteúdo de água disponível às plantas (SOUSA NETO et al., 2008). O aporte em quantidades elevadas de resíduos vegetais contribui com a presença de agregados estáveis por períodos mais longos (SANTOS et al., 2012). As melhorias na qualidade do solo refletem no aumento da produtividade da cultura (AGUIAR et al., 2009).

A eficiência do sistema de cultivo em aleias em conservar as características físicas do solo está relacionada, em parte, a adoção da semeadura direta no cultivo agrícola. O uso contínuo do sistema de semeadura direta reduz a densidade do solo, melhora a agregação, aumenta o teor de carbono orgânico, além de proporcionar maior continuidade e estabilidade dos poros (STONE et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2004). A constante adição de matéria orgânica e o não revolvimento do solo contribuem para a diminuição da densidade na camada superficial (LOSS et al., 2009). A agregação do solo em áreas sob semeadura direta pode ser semelhante ou superior a agregação do solo sob vegetação nativa (ANDRADE et al., 2009).

Uma estratégia para melhorar os efeitos da aplicação dos resíduos vegetais ao solo, a fim de aumentar o crescimento das raízes e o fornecimento de N e K durante todo o ciclo de cultura, é a utilização de combinações de leguminosas que forneçam resíduos de alta e baixa qualidade (AGUIAR et al., 2010). Os resíduos de alta qualidade, os mais eficazes na ciclagem dos nutrientes, são produzidos por plantas com baixa relação de C/N, baixos teores de lignina e polifenóis, enquanto que os resíduos de baixa qualidade apresentam elevada relação C/N e elevado teor de lignina e polifenóis; esse último tipo de resíduo aumenta o volume do solo disponível para o crescimento das raízes (YOUNG, 1997).

Para o aproveitamento das vantagens do sistema de cultivo em aleias deve-se considerar, também, sua eficiência no controle das plantas daninhas, o que pressupõe a escolha de árvores que proporcionem, além da melhoria da fertilidade do solo, efeitos de sombreamento, de supressão física e de alelopatia sobre a comunidade de plantas infestantes (MOURA et al., 2009).

No sistema de cultivo em aleias, o corte e a aplicação dos ramos das árvores ao solo, constituindo a cobertura morta, previne a germinação das sementes, a emergência das plântulas e a infestação de algumas plantas daninhas, possibilitando assim que a cultura principal inicie o seu desenvolvimento com menor competição inicial (QUEIROZ et al., 2010). Em longo prazo, a decomposição dos resíduos melhora os indicadores de fertilidade do solo, alterando a composição das plantas daninhas e a habilidade da cultura para competir com elas (MACLEAN et al., 2003).

O manejo das plantas daninhas é um fator importante na produção agrícola, especialmente para os pequenos produtores, que não dispõem de alta tecnologia, como mecanização agrícola e produtos herbicidas, somados à escassez e ao alto custo da mão de obra (QUEIROZ et al., 2010). Neste contexto, o cultivo em aleias pode ser uma alternativa viável, pois, além de proporcionar a manutenção ou melhoria do potencial produtivo do solo, utiliza espécies vegetais que podem atuar como herbicidas naturais.

A ocorrência de plantas daninhas está diretamente relacionada com a fertilidade do solo, influenciado por atributos químicos, físicos e biológicos. Desta forma, o sistema de manejo do solo pode alterar a composição florística das comunidades de plantas infestantes (DUARTE et al., 2007). Para a determinação do manejo adequado das plantas daninhas, é imprescindível a realização de um diagnóstico para identificar e quantificar a dinâmica dessas populações (MARQUES et al., 2010).

As comunidades de plantas daninhas podem ser mais bem analisadas com a realização de levantamentos fitossociológicos, grupo de métodos de avaliação ecológica com o objetivo de fornecer uma visão compreensiva, tanto da composição, como da distribuição de espécies vegetais (CONCENÇO et al., 2013). Através desses estudos, podem-se obter parâmetros confiáveis para utilização na escolha de práticas eficazes no controle das plantas infestantes em cultivos. Os índices fitossociológicos permitem o conhecimento das plantas daninhas mais importantes dentro da comunidade infestante, para as quais devem ser determinadas as práticas de manejo ou mesmo mudanças no sistema, a fim de viabilizar o controle dessas espécies vegetais (MARQUES et al., 2011). Estudos periódicos sobre a fitossociologia de plantas invasoras podem facilitar o manejo preventivo, uma vez que indicam tendências na dinâmica populacional.

Além de fornecer informações sobre a comunidade de plantas infestantes de determinada cultura, os estudos fitossociológicos podem ser empregados para comparar os sistemas de produção (VAZ DE MELO et al., 2007), avaliar o controle por plantas de cobertura (QUEIROZ et al., 2010) e o efeito dos sistemas de consórcios de culturas sobre as plantas daninhas (ARAÚJO et al., 2012).

Baseado no exposto, a seguinte hipótese foi estabelecida para esta pesquisa: as combinações de leguminosas arbóreas em cultivo em aleias, após quatro anos de implantação, alteram diferentemente a fertilidade do solo, os atributos físicos do solo e a diversidade e a dinâmica populacional de plantas daninhas.

O objetivo desta pesquisa foi avaliar o efeito de combinações de leguminosas arbóreas em sistema de cultivo em aleias, com quatro anos, sobre os atributos químicos e físicos do solo e a diversidade e dinâmica populacional de plantas infestantes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Propriedades químicas do solo em sistemas de cultivo agroecológico

O cultivo em aleias com leguminosas arbóreas pode substituir o corte e a queima no trópico úmido com vantagens ambientais, pois diminui a quantidade de CO₂ atmosférico por meio da manutenção de um equilíbrio dinâmico entre entrada e saída de C, que pode sustentar até 10 Mg ha⁻¹ desse elemento na liteira. Do ponto de vista agrônomo, os benefícios do cultivo em aleias são o aumento da saturação por bases e a diminuição da resistência física a penetração das raízes na camada de 0-10 cm, o que propicia o aumento e a sustentação da produtividade da cultura do milho (AGUIAR et al., 2009).

Em 2010, Aguiar et al. avaliaram a capacidade de um sistema de cultivo em aleias para sustentar a produtividade do milho. Verificaram, dentre as vantagens mais importantes deste sistema, a diminuição nas quantidades de N adicional e a manutenção dos teores de cálcio na zona da raiz. Porém, devido a incapacidade do sistema de cultivo para manter suficientemente alto K e Mg na zona da raiz, em conjunto com a baixa concentração de Mg e P nos resíduos das leguminosas, sugeriram a utilização de fontes inorgânicas para estes três nutrientes. As melhorias na qualidade do solo foram causadas por (1) maior capacidade de aeração de parcelas com cobertura morta, com efeito na absorção de nutrientes, (2) maior quantidade e melhor utilização de nitrogênio aplicado, tanto orgânico quanto

inorgânico e (3) melhor distribuição e manutenção de teores adequados de bases na zona da raiz.

Em pesquisa sobre o efeito de diferentes usos do solo sobre a dinâmica da matéria orgânica e do fósforo, Aguiar et al. (2013) avaliaram cinco sistemas: pastagem de 30 anos; plantio direto com cinco anos de rotações de milho e arroz; plantio direto em sistema de cultivo em aleia com 10 anos; área recém desmatada; floresta secundária com 20 anos. Observaram que todas as frações mais lábeis de matéria orgânica diminuíram com o uso contínuo do solo no sistema de cultivo em aleias. Portanto, sob as parcelas, a maior parte do P (95%) foi encontrada na forma inorgânica, e aproximadamente 60% foi encontrado nas frações menos lábeis. A pastagem e a floresta secundária apresentaram maiores teores das frações lábeis de matéria orgânica e P orgânico. Foram encontradas correlações significativas entre o P orgânico e as frações de silte e argila. Concluíram que o uso intensivo e contínuo das culturas anuais nos solos dos trópicos úmidos causam aumento da acidez real e potencial, diminuição da matéria orgânica lábel e esgotamento das reservas de fósforo orgânico, levando a degradação do solo.

Quanto ao efeito dos resíduos resultantes de diferentes combinações de leguminosas em aleias sobre atributos do solo, Moura et al. (2009) observaram que a combinação de aleias de forma a permitir aplicação de baixa e alta qualidade de resíduos, proporcionam aumento da fertilidade do solo na camada de 0 a 10 cm. Uma das principais modificações resultantes da aplicação da mistura de resíduos de alta e baixa qualidade é o aumento da saturação por bases, resultante da reciclagem do cálcio.

Visto que, na periferia SE da Amazônia brasileira os sistemas de agricultura de baixo insumo em solos arenosos e argilosos têm baixa eficiência no uso de nutrientes, Moura et al. (2010) avaliaram a dinâmica de decomposição dos resíduos e a produção e captação de nutrientes pela cultura do milho, em plantio direto, associado com tratamentos formados por combinações de leguminosas em aleia. Constataram que os tratamentos com acácia proporcionaram melhor cobertura do solo ao longo do ciclo do milho. O potássio foi liberado mais rápido do que o nitrogênio proveniente dos resíduos; As concentrações de nitrogênio nas folhas da cultura do milho nos tratamentos com resíduos estavam abaixo dos níveis críticos.

O tratamento leucena + acácia foi o mais eficaz no aumento de N e K e na assimilação e eficiência do uso de K. Isto resultou na produtividade de milho 3,5 vezes maior que o controle sem aplicação de resíduo.

Em relação à eficiência da utilização de nitrogênio (N) e potássio (K) esta pode ser severamente limitada, em solos com elevadas taxas de perda de nutrientes e que também tendem a endurecer e restringir o crescimento das raízes. Deste modo, a escolha dos resíduos de leguminosas para sistemas de cultivo em aleias deve levar em conta o fornecimento de nutrientes e a necessidade de melhoria do solo. A aplicação de resíduos combinados melhorou as propriedades físicas do solo e aumentou a soma de bases. A combinação de resíduos de leguminosas com fertilizantes N e K aumentou a produção do milho. A eficiência relativa e a densidade e comprimento radicular (RLD) foram maiores no tratamento L+A como resultado do aumento da aplicação dos resíduos contendo N e K (MOURA et al., 2012).

Sobre o teor de nutrientes e a produtividade de grãos, Queiroz et al. (2007) avaliaram a influência de algumas leguminosas perenes no teor foliar de N, P e K e na produtividade da cultura do milho, cultivado no sistema de aleias, sem adubação fosfatada. Os tratamentos consistiram no sistema de aleias com *Albizia lebbeck* (L.) Benth., *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit., *Cajanus cajan* (L.) Millsp., *Sesbania virgata* (Cav.) Pers., *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth., *Gliricídia sepium* (Jacq.) Pers. e duas testemunhas com milho solteiro (com e sem NPK). Nas aleias de guandu o milho apresentou maior teor foliar de N, em relação às demais leguminosas, no primeiro ciclo de cultivo. No segundo ciclo, os consórcios milho + guandu, milho + gliricídia e milho solteiro adubado superaram os demais na produtividade de grãos.

Em avaliação feita por Hanisch et al. (2012) sobre o desempenho da cultura do milho e as características químicas do solo ao longo de quatro anos, em função do uso de sistema de base agroecológica de produção, constatou-se que, após quatro anos de cultivo com o milho, ocorreram reduções nos valores de P, K e matéria orgânica do solo.

Bertalot et al. (2010) avaliaram o desempenho da cultura do milho (*Zea mays* L.) em sucessão com aveia-preta (*Avena strigosa* Shred.) sob manejos agroflorestal em aleias com *Leucaena diversifolia* (Schlecht.) Bentham e em um sistema agrícola

tradicional. A análise dos sistemas permitiu inferir que ambos apresentam viabilidade produtiva da cultura do milho nos tratamentos com aplicação de biomassa, biomassa + fertilizante e fertilizante. Salientaram ainda que a utilização de biomassa mostrou-se adequada para substituir parcial ou totalmente o uso de fertilizantes químicos sem, contudo, comprometer a eficiência produtiva do milho. Concluíram também que o manejo das aleias de *L. diversifolia*, com podas na altura de 1,00 m e cultivo do milho a 0,90 m de distância entre linhas e em relação as aleias, não comprometem o desempenho produtivo do milho por minimizar ou inexistir competição entre as espécies, além do sistema agroflorestal conservar maior umidade.

2.2 Propriedades físicas do solo em sistemas de cultivo agroecológico

Na região do Cerrado, os sistemas convencionais de manejo do solo têm causado desagregação excessiva da camada arável, encrostamento superficial e formação de camadas coesas ou compactadas subsuperficialmente. Como alternativa para solucionar o problema, os agricultores adotaram o sistema plantio direto; entretanto, em várias situações vêm sendo relatadas ocorrências de compactação do solo devido ao aumento da densidade e a diminuição da macroporosidade. O aumento da densidade do solo eleva a sua resistência a penetração e reduz linearmente a porosidade total e a macroporosidade. Ocorre ainda, a redução no tamanho dos poros para o fluxo de água, reduzindo a condutividade hidráulica do solo (STONE et al., 2002).

De acordo com Oliveira et al. (2004), o manejo e o cultivo alteram a estrutura do solo que, por sua vez, interfere em uma série de propriedades físico-hídricas na camada superficial. Em Latossolo Vermelho submetido à semeadura direta e ao preparo com arado de discos por 20 anos, tendo como testemunha o solo sob Cerrado nativo, os referidos autores constaram algumas dessas alterações. A semeadura direta, pela ausência de revolvimento e tráfego de equipamentos, causa maior alteração na estrutura do solo, na profundidade de 0-5 cm. Entretanto, este aspecto não indica restrição para o cultivo, tendo sido observado, neste sistema, maior disponibilidade de água nessa profundidade, em relação aos sistemas arado de discos e Cerrado. A densidade do solo na semeadura direta é inferior ou igual

àquela do arado de discos, possivelmente em razão do maior teor de carbono orgânico presente no solo e ausência de revolvimento. O valor de diâmetro médio geométrico dos agregados até a profundidade de 10 cm é maior no Cerrado, seguido da semeadura direta e arado de discos.

As raízes podem responder a ocorrência de condições físicas restritivas no solo e enviar sinais à parte aérea para controlar o crescimento da planta. Deste modo, a resistência mecânica e a aeração do solo podem ser alteradas para melhorar as condições físicas do solo para o crescimento das plantas por meio do emprego de diferentes sistemas de preparo do solo (SILVA et al., 2004). O crescimento das plantas varia positivamente com a porosidade de aeração e negativamente com a resistência mecânica do solo. Entretanto, as taxas de acréscimo/decrécimo dependem do sistema de preparo do solo. O sistema plantio direto gera condições físicas mais favoráveis às plantas, especialmente quando as propriedades do solo forem mais restritivas, permitindo-lhes atingir taxas de crescimento mais elevadas.

A conversão do solo sob cerradão em sistemas de produção agrícola, baseado nas rotações de cultura, ocasiona aumento da densidade do solo e redução do volume total de poros, macroporosidade, carbono orgânico, nitrogênio total e carbono da biomassa microbiana (FONSECA et al., 2007). De acordo com os autores, a utilização do sistema de rotação feijão/soja + braquiária/feijão, em relação a rotação feijão/milho + braquiária/feijão, proporciona melhorias na qualidade do solo, em especial na densidade, diâmetro médio geométrico, diâmetro médio ponderado, carbono orgânico e nitrogênio total.

Para avaliar os atributos físicos de um Latossolo Vermelho distrófico argiloso e a produtividade do milho em sistemas de manejo que incluem plantas de cobertura cultivadas em pré-safra, Sousa Neto et al. (2008) desenvolveram experimento com as seguintes plantas de cobertura: crotalária (*Crotalaria juncea*); milheto (*Pennisetum americanum*); lab-lab (*Dolichus lablab*) em sistema de semeadura direta; e pousio cultivado em sistema de preparo convencional, antecedendo o cultivo do milho. Verificaram que as plantas de cobertura no sistema de semeadura direta promovem maior estabilidade de agregados e maior densidade do solo na

camada superficial, sem alteração do conteúdo de água disponível as plantas. A utilização de lab-lab, em pré safra, promoveu a menor produtividade do milho.

Em avaliação realizada por Aguiar et al. (2009) sobre os indicadores de qualidade do solo e a produtividade do milho em sistema de cultivo em aleias com combinações de quatro leguminosas: *Clitoria fairchildiana*, *Cajanus cajan*, *Acacia mangium*, *Leucaena leucocephala*, todas as parcelas com resíduos aumentaram significativamente a produtividade do milho a partir do quarto ano. As parcelas com leucena produziram três vezes mais milho em relação ao controle sem leguminosas. A diminuição da resistência física a penetração das raízes na camada de 0-10 cm contribuiu para o aumento da produtividade da cultura do milho.

Com relação à influência do manejo agroecológico na distribuição dos agregados estáveis em água e no teor de carbono orgânico dos agregados em diferentes coberturas vegetais, Loss et al. (2009) verificaram que o manejo convencional desfavorece a formação de agregados mais estáveis e que manejo agroecológico propicia agregados de maior diâmetro.

Em Latossolo de cerrado, sob plantio direto, a agregação do solo varia com as culturas de cobertura e com a profundidade. Entre as diferentes culturas de cobertura as espécies da família gramínea são mais eficientes em formar agregados estáveis maiores que 2 mm de diâmetro na camada de 0-10 cm, em comparação com as espécies leguminosas (SANTOS et al., 2012). O cultivo do solo modifica a sua estrutura comparativamente a mata nativa, aumentando sua densidade e reduzindo a macroporosidade, porosidade total e qualidade física. As culturas de cobertura mantêm a camada superficial do solo com boa qualidade física, especialmente as gramíneas que favorecerem maior agregação do solo (ANDRADE et al., 2009).

A aplicação de resíduos vegetais formado pela combinação de ramos de leguminosas arbóreas, utilizados como cobertura morta, também altera a estrutura do solo. Os indicadores físicos de qualidade do solo, tais como a densidade, a porosidade total e a capacidade de aeração do solo são substancialmente melhorados como resultado da aplicação de resíduos na superfície (AGUIAR et al., 2010).

Considerando que a estrutura do solo desempenha papel de destaque no crescimento de plantas e no controle da erosão e, por conseguinte, na produção de alimentos e na conservação do solo e da água, Portela et al. (2010) realizaram pesquisa com o objetivo de implementar e acompanhar o processo de restauração da estrutura de um solo degradado, por meio de sequências culturais (gramíneas e leguminosas de inverno e verão, dispostas nos modos de cultivo isolado e consorciado), implantadas em semeadura direta. A superfície de solo não mobilizada e com pouca cobertura por resíduo cultural foi a que mais favoreceu a enxurrada e a erosão, enquanto que a superfície de solo inteiramente coberta por resíduo cultural – tenha sido ela não mobilizada ou recém-escarificada – controlou a enxurrada de modo eficaz e impediu a erosão.

A aplicação de resíduos vegetais melhora as propriedades físicas de solos coesos. Nos sistemas de cultivo em aleias, os resíduos de leguminosas aumentam o volume de solo na camada superior (0-10 cm), tornando-o adequado ao crescimento das raízes. Os benefícios da utilização de resíduos vegetais como cobertura do solo estão relacionados à diminuição da densidade do solo e à maior retenção de água devido a redução das perdas por evaporação, conservando, assim, a umidade do solo (MOURA et al., 2012).

Costa Júnior et al. (2012) desenvolveram pesquisa para avaliar os teores de carbono (C) em agregados do solo sob quatro usos e manejos: Cerrado nativo (CE), sistema plantio direto (SPD), sistema plantio convencional (SPC) e pastagem (PA). As áreas de estudo foram localizadas em Latossolo Vermelho distrófico de textura argilosa. No solo avaliado observou-se predominância de macroagregados, com maior quantidade sob CE e PA, em comparação ao solo sob SPD e SPC, indicando efeito negativo do cultivo do solo na conservação de macroagregados. Contudo os teores de C nos agregados do solo na camada 0-20 cm foram maiores no CE e SPD em relação a PA e SPC, sugerindo que o não revolvimento e a manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo favorecem o acúmulo de C. Com isso foi verificado que os macro e mesoagregados podem ser mais sensíveis ao tipo de uso e manejo do solo, quando comparados aos microagregados. A agregação do solo sob PA é semelhante ao do CE, embora com menores teores de C, sugerindo dinâmica de agregação diferenciada.

2.3 Plantas daninhas em sistemas de cultivo agroecológico

Em avaliação sobre os efeitos de sistemas de preparo do solo sobre a comunidade de plantas daninhas, SILVA et al. (2005) verificaram que a aplicação de herbicidas em pós-emergência diminui a biomassa total das plantas daninhas, e esse efeito independe do sistema de preparo. Os sistemas de preparo do solo e a aplicação de herbicida em pós-emergência alteraram a importância relativa das plantas daninhas dentro da comunidade. As espécies que apresentaram maior importância foram *Cyperus rotundus*, nos tratamentos com preparo convencional do solo, e *Galinsoga parviflora*, no plantio direto.

As culturas de cobertura exercem efeitos supressivos distintos sobre as diferentes espécies de plantas daninhas nos agrossistemas. Por este motivo, para o controle de espécies indesejáveis em um sistema de cultivo em aleias, com leguminosas herbáceas anuais como cobertura do solo entre as fileiras de leguminosas arbóreas, o mais racional é o uso continuado com rotação anual de leguminosas, e o feijão-de-porco e o feijão-guandu são recomendados, em razão de sua maior tolerância a seca e capacidade supressiva (ARAÚJO et al., 2007).

O controle de plantas daninhas na cultura do milho varia com o manejo adotado. Duarte et al. (2007) constataram predomínio de alta infestação na semeadura convencional, evidenciando desempenho inferior deste sistema em relação aos demais no controle de plantas daninhas. O método mecânico mostrou-se pouco eficiente no controle da infestação, o que é atribuído ao revolvimento do solo, que resulta na transferência das sementes de plantas daninhas para a superfície, necessitando de capinas adicionais. Quanto às áreas sem controle, verificou-se, com o decorrer dos anos, redução das áreas sem infestação e aumento da infestação alta. Essa tendência pode resultar no aumento do banco de sementes do solo, tornando o manejo de plantas daninhas na cultura do milho cultivado na safrinha mais difícil e oneroso.

Em pesquisa desenvolvida por Queiroz et al. (2010) sobre o efeito da palhada de leguminosas sobre as plantas daninhas e a produção de milho-verde, ficou comprovado que o nível de infestação de plantas daninhas compromete a

produtividade agrícola. As áreas com palhadas da mucuna-preta e da crotalária proporcionaram maiores reduções de matéria seca e da população das plantas daninhas e também, maiores produtividade de espigas comerciais de milho-verde.

Marques et al. (2010) realizaram levantamento florístico nas áreas de plantio direto na capoeira triturada cultivada com feijão-caupi. Foram identificados 51 táxons distribuídos em 22 famílias, 43 gêneros e 46 espécies. As famílias de plantas daninhas com o maior número de espécies foram Cyperaceae (7), Fabaceae (7), Poaceae (6), Malvaceae (5) e Rubiaceae (4). No primeiro ano agrícola analisado, as espécies com maiores IVI foram *Cyperus difusus*, *Fimbristylis dichotoma*, *Spermacoce verticillata* e *Cyperus* sp. No segundo ano agrícola, as principais espécies foram *Digitaria horizontalis*, seguida de *C. difusus* e *Pavonia cancellata*. As plantas de capoeira originárias de rebrotas apresentaram os maiores IVIs no primeiro ano agrícola e sofreram reduções drásticas no ano subsequente. Concluíram que o cultivo progressivo reduz a infestação de plantas de capoeira e aumenta a densidade de plantas daninhas herbáceas.

De acordo com Concenço et al. (2013), áreas onde forragens e pastejo não estão inseridas na rotação apresentam número de plântulas de espécies daninhas 250% superior em relação a áreas periodicamente ou continuamente sob pastejo. Em área com preparo convencional, a cobertura do solo pela comunidade de plantas infestantes é muito superior, quase o dobro, em relação à média dos sistemas plantio direto, integração lavoura/pecuária e pecuária contínua. Plantas daninhas de folhas estreitas predominam na área de preparo convencional do solo, enquanto folhas largas predominam na área de plantio direto, provavelmente devido, também, a fatores de seleção relativos ao herbicida.

No sistema de cultivo corte e queima o fogo diminui a diversidade e o número de plantas daninhas, pois elimina as sementes das espécies mais sensíveis, selecionando espécies mais agressivas. Marques et al. (2011) através da determinação de índices fitossociológicos, verificaram mudanças na composição florística de espécies invasoras de acordo com o manejo. As espécies com maior IVI foram *Imperata brasiliensis*, *Sida glomerata* e *Corchorus argutus*, após o fogo na cultura do feijão-caupi; e *Juncus* sp., *Spermacoce verticillata*, *Aeschynomene americana* e *Cyperus* sp., após preparo da área com aração nas culturas de

mandioca e feijão-caupi. As plantas de capoeira ocorreram depois da queima, porém sua importância foi reduzida com o passar do tempo.

Albuquerque et al. (2012) realizaram um levantamento fitossociológico em experimento de manejo de solo para identificar as comunidades de plantas daninhas que ocorreram após o cultivo do milho em plantio direto na savana amazônica. A vegetação emergente na área de estudo foi de 15 espécies, nove das dicotiledôneas e seis das monocotiledôneas. As espécies da família Cyperaceae foram as mais abundantes, enquanto as famílias Poaceae, Cyperaceae, Asteraceae, Malvaceae e Fabaceae foram as que registraram os maiores números de indivíduos e frequências de espécies nas parcelas. A espécie *Cyperus rotundus* apresentou os maiores valores em todos os parâmetros fitossociológicos avaliados, destacando-se o índice de valor de importância.

Para avaliar o potencial de supressão das plantas invasoras em áreas do cerrado, Meschede et al. (2007) compararam diferentes tipos de cobertura vegetal. Foram analisados sete tipos de cobertura (milheto ADR 500, milheto ADR 300, sorgo, milho, crotalária, mamona e vegetação espontânea). O sorgo apresentou maior peso de cobertura seca ($11.890 \text{ Kg ha}^{-1}$) e, juntamente com o milheto e a crotalária, demonstrou maior capacidade de supressão das plantas invasoras, pela maior capacidade de cobertura do solo. A vegetação espontânea apresentou os menores valores de biomassa. O milho e a mamona foram as culturas com menor potencial de cobertura do solo. A mamona permitiu a maior exposição do solo e maior incidência de plantas daninhas por m^2 . O acúmulo de biomassa pelas coberturas foi inversamente proporcional ao da biomassa das plantas invasoras.

Avaliando o efeito de resíduos resultante de diferentes combinações de leguminosas em aleias, sobre a densidade e a biomassa de ervas daninhas, Moura et al. (2009) concluíram que aleias combinadas de forma a permitir aplicação de resíduos de baixa e alta qualidade, diminui a incidência e a competitividade das ervas daninhas, mesmo com a vantagem de aumentar a fertilidade do solo na camada de 0 – 10 cm. Os resíduos de alta qualidade como leucena e guandu, se utilizados sozinhos, tornam o sistema menos adequado para o manejo agroecológico, por não apresentarem efeitos supressivos significativos e ainda, aumentar a fertilidade do solo favorecendo o crescimento das ervas daninhas.

Sobre o controle das plantas daninhas no milho, Araújo et al. (2012) desenvolveram pesquisa com gliricídia em consorciação. Utilizou-se o delineamento em blocos completos casualizados, com 8 repetições. Quinze espécies de plantas daninhas foram catalogadas na área experimental, sendo *Commelina benghalensis* a mais frequente. Os rendimentos das espigas verdes (empalhadas e despalhadas) obtidos com a consorciação foram iguais ou superiores a 85% dos rendimentos obtidos com capinas. Além disso, o rendimento de grãos no consórcio chegou a 80% do rendimento de grãos do milho capinado. Portanto, a consorciação com a gliricídia pode ser uma alternativa viável para as produções de milho verde e de grãos, embora essa consorciação não tenha influenciado a densidade e a biomassa seca das plantas daninhas.

2.4 Espécies de leguminosas arbóreas no sistema de cultivo em aleias

2.4.1 Acácia

A leguminosa *Acacia mangium* Willd (acácia) é uma espécie exótica que apresenta significativa capacidade de adaptação às condições edafoclimáticas brasileiras (ANDRADE et al., 2009). Espécie nativa da Austrália e Papua Nova Guiné tem sido plantada em diferentes regiões do planeta para diversos usos (SIMÕES et al., 2010).

A espécie *A. mangium* merece destaque em relação à recuperação de solos degradados, pois apresenta rápido crescimento e rusticidade, boa adaptabilidade às condições adversas de solo e clima, além de excelente capacidade de fixação biológica de nitrogênio e de produção de biomassa (DUARTE et al., 2010). Na região amazônica é bastante difundida como opção para o plantio de espécies florestais para utilização nas indústrias de produtos serrados e celulose (LUNZ; VAZ-DE-MELLO; MONTEIRO, 2011).

Em regiões com solos degradados, ocorrência de estiagem prolongada e de pragas e doenças, o gênero *Acacia* pode ser uma alternativa para os plantios florestais, uma vez que compreende cerca de 1.200 espécies, sendo a maioria pioneiras, de rápido crescimento, adaptáveis aos mais variados tipos de solo e

ocorrendo naturalmente em vários continentes, exceto na Europa e na Antártida (RODRIGUES et al., 2008). Há relatos na literatura de que essa espécie atinge uma altura média de 17,2 m de altura em 5 anos (BALIEIRO et al., 2004).

A leguminosa *A. mangium* se desenvolvem bem em regiões que apresentam a taxa de precipitação média de aproximadamente 2.100 mm (MARINHO et al., 2004) e temperaturas médias mínimas entre 12 a 25°C e médias máximas de 31 a 34°C, sendo de ampla distribuição nas áreas de clima tropical úmido, que apresentam curto período de seca e uma precipitação anual elevada (BARBOSA, 2002).

A acácia representa uma opção silvicultural para o Brasil, sobretudo em áreas com baixa fertilidade, pois produz elevada quantidade de madeira com baixa acumulação de nutrientes (BALIEIRO et al., 2004). Pode ainda ser empregada como planta de cobertura em cultivos agroecológicos, pois, segundo os referidos autores produz resíduos com baixa relação C/N e baixa velocidade de decomposição, produzindo assim, grande quantidade de serrapilheira.

2.4.2 Gliricídia

A espécie *Gliricidia sepium* (Jacq) Kunth ex Walp. (gliricídia) foi trazida da América Central para o Brasil na década de 1980 e tem atraído à atenção de agricultores de vários estados nordestinos (KILL; MENEZES, 2005). Devido a sua boa adaptação ao semi-árido, o seu plantio tem sido indicado para à recuperação de áreas degradadas em sistemas agroflorestais e em outros sistemas agrícolas (SILVA et al., 2014). Gliricídia vem sendo empregada na agricultura familiar na implantação de sistemas agroflorestais, como o cultivo em aleias, ou em cercas-vivas (MARIN; MENEZES, 2008).

A gliricídia produz grande quantidade de biomassa de folhas, galhos finos e lenha; deste modo, a presença dessa espécie em áreas de cultivo agrícola pode proporcionar aumento da produtividade e, ainda, conferir maior estabilidade aos sistemas, como por exemplo, ao sistema de cultivo em aleias (MARTINS et al., 2013). De acordo com os autores, a produção de grande quantidade de lenha pela

gliricídia está relacionada ao fato dessa espécie apresentar potencial de fixar nitrogênio da atmosfera através de simbiose com bactérias diazotróficas.

A leguminosa gliricídia é capaz de produzir biomassa em condições de baixa disponibilidade hídrica (BALA et al., 2003). Esta espécie apresenta boa tolerância à seca, devido ao enraizamento profundo, apresenta crescimento rápido, suporta cortes periódicos e tem alta capacidade de rebrota (BARRETO et al., 2004). Vegeta em locais com precipitações de 500 a 1500 mm anuais e tolera grande variedade de solos (RANGEL et al., 2010). De acordo com Rangel et al. (2010), a propagação da *G. sepium* pode ser feita através de sementes ou estaquia e as árvores podem crescer até 12 m de altura.

2.4.3 Leucena

A *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. (leucena) é uma leguminosa originária da América Central (FRANCO; SOUTO, 1986) utilizada para o reflorestamento de áreas degradadas, alimentação animal, adubação verde e também para o efeito alelopático (PRATES et al., 2000; COSTA; DURIGAN, 2010).

A leucena é uma das árvores mais cultivadas no mundo, pois se adapta a diversos tipos de solos, sendo tolerante à seca e à temperatura variável entre 16 e 32 °C (LINS et al., 2007), com melhor desempenho em regiões com precipitação entre 600 e 3000 mm. Essa espécie prefere insolação direta, perdendo as folhas quando sombreada (COSTA et al., 2008).

A leguminosa *L. leucocephala* apresenta sistema radicular profundo, o que lhe confere grande resistência à seca. A espécie apresenta crescimento rápido e grande produção de sementes (COSTA; DURIGAN, 2010), podendo alcançar de 5 a 7 m de altura (LORENZI, 2009).

O plantio simultâneo de espécies nativas perenifólias de grande porte em consórcio com a leucena pode ser uma alternativa promissora para recuperação de áreas degradadas (COSTA; DURIGAN, 2010). Nesse caso, as árvores de leucena forneceriam, em curto prazo, proteção ao solo e melhoria de sua qualidade pela fixação de nitrogênio até que as espécies nativas possam se estabelecer.

2.4.4 Sombreiro

A *Clitoria fairchildiana* R. A. Howard (sombreiro) é uma espécie brasileira procedente das regiões norte e nordeste do país (BLUM; BORGIO; SAMPAIO, 2008). É uma árvore ornamental com 6 a 12 m de altura. Sua madeira é moderadamente pesada e com baixa durabilidade sob condições naturais (SCALON et al., 2006). O sombreiro é indicado para reflorestamentos ou para enriquecimento de áreas degradadas (PORTELA et al., 2001).

O sombreiro tem a capacidade de desenvolver-se nos mais variados ambientes ou estágios da vegetação, desde campos abertos até sub-bosques desenvolvidos (PORTELA et al., 2001). Possui sementes fotoblásticas neutras, ou seja, germinam no escuro e em todos os regimes de luz e em amplas condições de temperatura (ALVES et al., 2012).

Nos Trópicos Úmidos, o sombreiro é indicado para a sustentabilidade do sistema plantio direto por ser uma espécie nativa de fácil implantação no sistema e pelo fato de fornecer resíduos de baixa qualidade e de decomposição lenta (AGUIAR et al., 2006). O sombreiro é uma espécie adequada para fim de cobertura do solo, tanto pela quantidade de biomassa produzida, quanto pela sua permanência na superfície do solo (LEITE et al., 2008).

A qualidade da biomassa nem sempre deve ser o critério para a escolha de uma espécie para uso no cultivo em aleias, onde o efeito do resíduo está mais condicionado à proteção da superfície do solo do que ao fornecimento de nutrientes (MOURA et al., 2008). O mais adequado para o sistema de cultivo em aleias é a utilização de leguminosas de baixa e alta qualidade de resíduos, aplicados na mesma área. Essa medida contribui para aumentar a fertilidade do solo, além de diminuir a incidência e competitividade das ervas daninhas (MOURA et al., 2009).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O estudo foi realizado no período de maio de 2012 a junho de 2013, em um sistema de cultivo em aléias, localizado no Assentamento Vila União, município de Chapadinha, Mesorregião Leste do Estado do Maranhão, com coordenadas geográficas de 03°47'71,6" S e 43°21'70,8" W. A área de estudo está a 98 metros de altitude. O clima, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, é do tipo Aw, clima tropical com estação seca de inverno. A estação chuvosa está concentrada entre os meses de janeiro e junho, e o período de seca de julho a dezembro, com precipitação pluvial média de 1.835 mm, temperatura média anual acima de 27 °C e umidade relativa anual entre 73 e 79% (GOVERNO DO ESTADO DO MARANHÃO, 2002).

A vegetação predominante na região é considerada, segundo o Sistema Ecológico de Classificação Brasileira (IBGE, 2012), como Savana (Cerrado stricto sensu). Essa vegetação encontra-se sobre a formação Itapecuru, com domínio de rochas sedimentares, composta por arenitos finos a conglomeráticos, alternando-se leitos de siltitos e folhelhos (RIBEIRO et al., 2006).

O sistema de cultivo em aleia foi implantado em janeiro de 2009 em área de Cerrado subcaducifólio. O solo do local é do tipo Plintossolo Pétrico Concrecionário êndico Tb (SANTOS et al., 2013), textura média argilosa (Apêndice), com as seguintes características físicas na camada de 0-20 cm: composição granulométrica (710 g kg⁻¹ de areia, 90 g kg⁻¹ de silte, 200 g kg⁻¹ de argila); densidade (1,36 g cm⁻³); macroporosidade (0,39 m³m⁻³); microporosidade (0,24 m³m⁻³); porosidade total (0,63 m³m⁻³).

A área experimental apresentava, antes da implantação do sistema de cultivo, as características químicas relacionadas na Tabela 1. As análises foram feitas segundo métodos descritos em Raij et al. (2001). Com base nos resultados da análise do solo, foi feita em janeiro de 2009 a correção da acidez do solo com aplicação superficial de calcário, com PRNT entre 45 e 50%, na dose de 1 Mg ha⁻¹, correspondente a 390 kg ha⁻¹ de Ca. Para a correção dos baixos teores de fósforo

no solo foi aplicado 300 kg ha⁻¹ de superfosfato triplo na linha de plantio das leguminosas, em janeiro de 2009. A correção do solo foi feita para obter V% próximo de 70 (RAIJ et al., 1997). Nos anos seguintes a aplicação de fertilizantes foi feita somente na semeadura do milho.

Tabela 1. Atributos químicos do solo da área experimental, antes da calagem e do plantio das leguminosas no sistema de cultivo em aleias, Chapadinha, em 2009

Camada	MO	pH	P	K	Ca	Mg	H+Al	Na	Al	SB	CTC	V
		(CaCl ₂)	(resina)									
cm	g dm ⁻³		mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³								%
0-10	41	5,0	10	1,0	22	5	58	2,0	2	30,0	88	34
10-20	28	4,0	5	0,1	9	2	87	1,0	13	12,1	99	12
20-40	21	4,1	4	0,2	4	1	85	0,7	15	5,1	91	6

3.2 Delineamento experimental

O sistema de cultivo é constituído de quatro espécies de leguminosas, duas de alta qualidade de resíduos – *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. (leucena) e *Gliricidia sepium* (Jacq) Kunth ex Walp. (gliricídia), e duas de baixa qualidade de resíduos – *Clitoria fairchildiana* R. A. Howard (sombreiro) e *Acacia mangium* Willd (acácia). A definição de resíduos de alta e baixa qualidade foi feita segundo Young (1997), em que os resíduos de alta qualidade são aqueles que apresentam elevado teor de N (> 4%), baixa relação de C/N, baixas quantidades de lignina e polifenóis, e o inverso deve ser denominado de resíduo de baixa qualidade. As espécies foram semeadas em fileiras duplas, cada fileira com um tipo de leguminosa, de forma que cada parcela de 10 x 4 m recebeu dois tipos de resíduos. As leguminosas foram espaçadas com 4,0 m entrelinhas e 0,5 m entre plantas (Figuras 1 e 2). Foram formados, então, cinco tratamentos com oito repetições, em delineamento experimental em blocos casualizados: leucena + sombreiro (L+S), leucena + acácia (L+A), gliricídia + sombreiro (G+S), gliricídia + acácia (G+A) e o tratamento controle sem leguminosas (T).

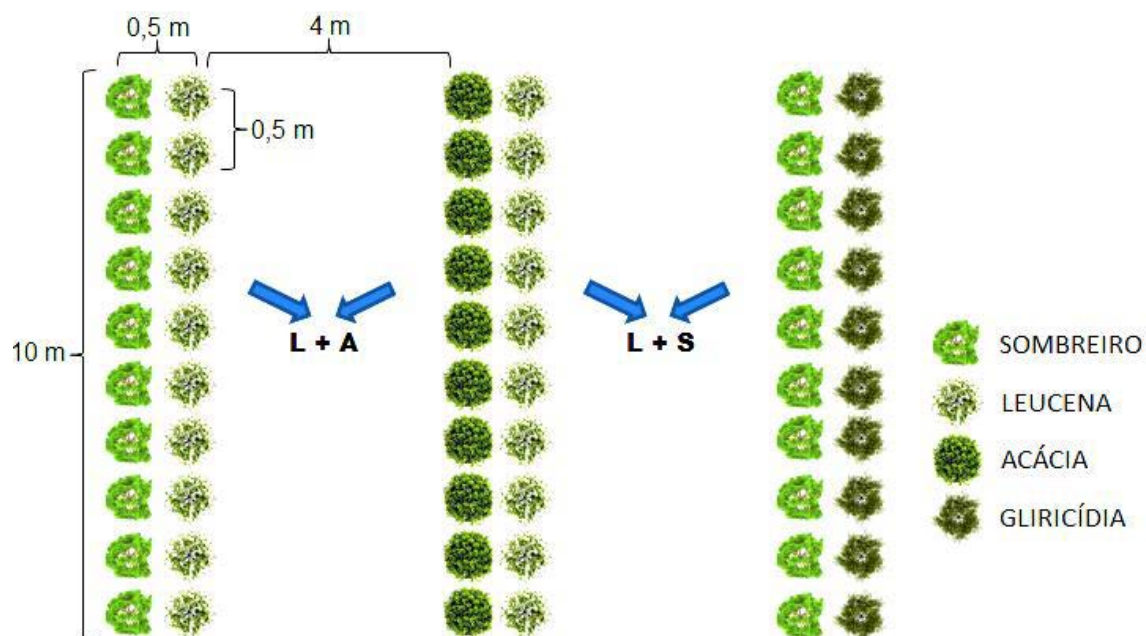


Figura 1. Representação esquemática das parcelas experimentais.



Figura 2. Área experimental do cultivo em aleias no início do período chuvoso. 2013.

3.3 Poda das leguminosas e semeadura do milho

Anualmente, no início das chuvas, entre os meses de fevereiro e março, imediatamente após a emergência do milho, foi feita a poda das leguminosas, com facção, na altura de 50 cm do solo e o material resultante foi fragmentado (ca. 10 cm) e distribuído uniformemente sobre o solo, de modo que cada parcela recebeu a biomassa do seu referido tratamento (Figura 3). As podas foram realizadas em 2010, 2011, 2012, 2013. A acácia não foi podada no primeiro ano devido não ter apresentado crescimento satisfatório. Houve diferenças no desenvolvimento das leguminosas, ocasionando variações entre os tratamentos em relação à quantidade de resíduos produzidos (Tabela 2).



Figura 3. Área experimental do cultivo em aleias após a poda das leguminosas. 2013.

Tabela 2. Biomassa seca produzida anualmente pelas combinações de leguminosas no sistema de cultivo em aleias.

Tratamentos	Biomassa seca (Mg ha ⁻¹)			
	2010	2011	2012	2013
Leucena + Sombreiro	4,13	2,51	6,03	8,20
Leucena + Acácia*	1,46	6,85	3,80	8,50
Gliricídia + Sombreiro	6,48	13,15	6,44	16,00
Gliricídia + Acácia*	3,81	17,49	4,20	12,90

*a acácia não foi podada no primeiro ano.

No início de fevereiro, na área entre as leguminosas foram semeadas, manualmente e em semeadura direta, quatro linhas de milho espaçamento de 1 x 0,25 m (Figuras 4 e 5). Com base na análise do solo, foi realizada a adubação, na linha do plantio, com 80 kg de P ha⁻¹ e 6,25 kg de Zn ha⁻¹, utilizou-se o superfosfato simples e sulfato de zinco, respectivamente, como fontes. As parcelas receberam, ainda, 40 kg ha⁻¹ de N e 40 kg de K, via ureia e cloreto de potássio, respectivamente. A cultivar de milho utilizada foi a BR 473. Antes da semeadura do milho foi utilizado o herbicida Glifosate para controle das plantas daninhas. A adubação foi feita anualmente com base na análise do solo.



Figura 4. Plantio do milho entre as linhas de leguminosas no sistema de cultivo em aleias, em 2013.



Figura 5. Área experimental do cultivo em aleias durante o crescimento do milho, em 2013.

3.4 Coleta e análise do solo

Em maio de 2013, durante o florescimento do milho, foram coletadas amostras de solo nas parcelas de todos os tratamentos para análises químicas e físicas. As amostras deformadas foram coletadas ao acaso em zig-zag, com trado tipo holandês, nas entrelinhas do milho, nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm, totalizando sete amostras simples para formar uma amostra composta, resultando em oito amostras por tratamento. As amostras foram identificadas e colocadas em sacos de polietileno para posterior realização das análises.

Foram determinados os indicadores químicos de fertilidade do solo: pH em CaCl_2 , matéria orgânica, P, K, Ca, Mg, H + Al, Na, Al, C% e calculadas a capacidade de troca catiônica a pH 7 (CTC), soma de bases (SB) e saturação por bases (V), segundo Raij et al. (2001). A capacidade de troca catiônica (CTC) foi calculada pela soma de K, Ca, Mg, H + Al, Na. A soma de bases (SB) foi assim calculada: K + Ca +

Mg + Na e o percentual de saturação por base (V) foi a soma de bases (SB) / CTC x 100.

As amostras indeformadas de solo foram coletadas em anéis volumétricos com capacidade de 100 cm³, para determinação da densidade e porosidade do solo, nas camadas de 0–10 cm e 10–20 cm, com três repetições por parcela, totalizando 24 amostras por tratamento. Os atributos foram determinados de acordo com métodos da Embrapa (CLAESSEN et al., 1997).

Agregados com diâmetro entre 4,00 e 7,93 mm foram obtidos por meio de peneiramento de material indeformado, conforme recomendações de Kemper e Chepil (1965). A estabilidade de agregados foi determinada pelo peneiramento em água, após pré-umedecimento lento dos agregados por capilaridade (três repetições). O diâmetro médio geométrico (DMG) e o diâmetro médio ponderado (DMP) foram calculados segundo Kemper e Chepil (1965).

3.5 Amostragem das plantas

A coleta das plantas daninhas foi feita no período de desenvolvimento vegetativo do milho, aos 90 dias após a semeadura (DAS). Quatro amostras aleatórias foram coletadas nas entrelinhas de cada parcela, com utilização de um retângulo de 0,25 m², totalizando 32 amostras por tratamento. As plantas daninhas foram cortadas rente ao solo, separadas e contadas e, em seguida, identificadas taxonomicamente por meio de exame do material botânico, consulta à literatura e envio de exsicatas para o Herbário Ático Seabra (SLS), da Universidade Federal do Maranhão (UFMA).

3.6 Estudos fitossociológicos e biomassa das plantas daninhas

Após a identificação, as espécies daninhas de cada amostra foram colocadas em estufa de ventilação forçada a 70 °C, até atingir massa constante, para a determinação da massa da matéria seca da parte aérea.

Para o estudo da dinâmica populacional das plantas daninhas nos vários tratamentos da aleia foram feitas comparações da composição florística e dos

índices fitossociológicos: densidade relativa (De.R), frequência relativa (Fr.R), dominância relativa (Do.R) e índice de valor de importância (IVI). Os cálculos das variáveis fitossociológicas foram realizados com a utilização do programa FITOPAC (SHEPHERD, 1995). Nos cálculos desses parâmetros foram utilizadas as seguintes fórmulas, adaptadas de Mueller-Dombois e Ellenberg, 1974.

$$\text{Densidade Absoluta} = \frac{\text{nº de indivíduos da espécie na amostragem}}{\text{área total amostrada, em hectare}}$$

$$\text{Densidade Relativa (De.R)} = \frac{\text{densidade absoluta da espécie} \times 100}{\text{densidade total}}$$

$$\text{Frequência Absoluta} = \frac{\text{nº de parcelas em que a espécie ocorre}}{\text{nº total de parcelas}} \times 100$$

$$\text{Frequência Relativa (Fr.R)} = \frac{\text{frequência absoluta da espécie}}{\text{frequência absoluta total}} \times 100$$

$$\text{Dominância Absoluta} = \frac{\text{área basal da espécie, em m}^2, \text{ na área amostrada}}{\text{área amostrada, em hectare}}$$

$$\text{Dominância Relativa (Do.R)} = \frac{\text{dominância absoluta da espécie}}{\text{dominância total}} \times 100$$

$$\text{Valor de Importância (IVI)} = \text{De.R} + \text{Do.R} + \text{Fr.R}$$

A diversidade da composição florística nos tratamentos foi obtida a partir do índice de Shannon-Wiener (H'), que é dado por: $H' = \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$, em que: s é o número de espécies; p_i é a proporção da amostra contendo 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 . O índice foi obtido com o emprego do programa FITOPAC (SHEPHERD, 1995).

3.7 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, com o apoio computacional do programa estatístico AgroEstat (BARBOSA; MALDONADO JR, 2014).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Atributos químicos do solo no sistema de cultivo em aleias

De acordo com os resultados obtidos não existiram diferenças significativas para a maioria das variáveis analisadas (Tabela 3). Somente o teor de magnésio variou estatisticamente entre os tratamentos. Porém, em comparação com os dados à época da implantação do sistema (Tabela 1), houve aumento da fertilidade do solo. De maneira geral, os atributos químicos estão adequados ao cultivo de culturas anuais, tal como o milho (RAIJ et al., 1997).

Todas as combinações de leguminosas contribuíram para aumentar a concentração de magnésio no solo, demonstrando a eficiência dessas espécies vegetais na ciclagem desse íon. Na camada de 0-10 cm houve diferenças significativas entre os tratamentos. O maior aumento foi no tratamento leucena + acácia, no qual a concentração do magnésio dobrou em relação à testemunha. Esse aumento estar relacionado à qualidade dos resíduos, uma vez que esse não foi o tratamento que recebeu resíduos em maior quantidade. Em pesquisa realizada por

Moura et al. (2009), após seis anos de estabelecimento de um sistema de cultivo em aleias, a combinação leucena + acácia produziu maior quantidade de resíduos e, também, acumulou mais magnésio, em relação aos outros tratamentos, porém, a concentração desse íon nas camadas superficiais do solo não aumentou. Os autores relacionaram o resultado ao fato do magnésio apresentar grande mobilidade em solos arenosos, tornando mais difícil a manutenção de seus níveis no perfil.

Em estudo realizado por Aguiar et al. (2010), a combinação de leucena com acácia foi a mais eficaz quando se considerou a rapidez com que os tratamentos começaram a gerar resultados positivos com relação a quantidade de biomassa, as taxas de reciclagem de nutrientes e a cobertura do solo. Na referida pesquisa todas as leguminosas apresentaram alto Ca e concentrações muito baixas de P e Mg. Leucena apresentou a maior concentração de macronutrientes, enquanto a acácia teve menor N, P, K e Mg, porém, produziu grande quantidade de biomassa.

O aumento na concentração do magnésio na camada de 0-10 cm não foi suficiente para causar diferenças significativas entre a soma de bases (SB) e a saturação por bases (V) nos tratamentos, em relação à testemunha; porém, os valores determinados para essas variáveis estão próximos dos recomendados para a cultura do milho (RAIJ et al., 1997).

Tabela 3. Atributos químicos do solo nos tratamentos com leguminosas em sistema de cultivo em aleias, com quatro anos, com semeadura direta de milho, no município de Chapadinha – MA.

Tratamentos	MO (g dm ⁻³)	pH (CaCl ₂)	P (resina) (mg dm ⁻³)	K	Ca	Mg	mmolc dm ⁻³						
							H + Al	Na	Al	SB	CTC	V%	
0 – 10 cm													
L+S	39	5,0	35	2,3	49	10 ab	49	4	0	65,0	114,2	59	
L+A	37	5,1	33	1,7	52	13 a	59	3	0	69,2	128,4	55	
G+S	39	5,0	57	2,1	50	11 ab	60	4	0	67,5	127,5	53	
G+A	39	4,9	54	2,5	48	11 ab	60	4	0	65,6	125,6	52	
T	35	4,9	47	1,6	54	6 b	53	3	0	64,7	117,8	55	
F	0,13 ^{NS}	0,77 ^{NS}	2,83*	3,13*	1,42 ^{NS}	3,00*	0,65 ^{NS}	2,21 ^{NS}	-	0,69 ^{NS}	1,43 ^{NS}	0,69 ^{NS}	
P	0,97	0,55	0,03	0,03	0,23	0,02	0,63	0,08	-	0,6	0,23	0,6	
CV (%)	9,87	3,55	63,44	45,41	17,61	61,35	28,30	47,74	-	14,23	13,70	17,80	
10 – 20 cm													
L+S	32	4,7	21	1,7	42	6	64	3	0 a	52,0	115,5	45	
L+A	32	4,8	26	1,2	44	5	59	2	2 a	53,0	112,1	48	
G+S	35	4,7	28	1,8	43	6	67	3	2 a	53,7	121,1	46	
G+A	34	4,7	27	1,7	38	6	66	3	0 a	48,1	113,7	43	
T	32	4,8	29	1,0	40	7	64	2	1 a	49,7	113,5	44	
F	3,12*	0,53 ^{NS}	0,25 ^{NS}	2,45 ^{NS}	1,42 ^{NS}	0,17 ^{NS}	0,27 ^{NS}	1,63 ^{NS}	0,63 ^{NS}	1,03 ^{NS}	0,45 ^{NS}	0,40 ^{NS}	
P	0,02	0,71	0,91	0,06	0,23	0,95	0,9	0,18	0,64	0,4	0,77	0,81	
CV (%)	9,63	5,17	64,17	64,47	23,13	67,23	23,91	64,16	256,26	16,72	12,16	19,66	
20 – 30 cm													
L+S	28	4,4	12	1,3	27	6	86	2	6 a	36,3	122,1	30	
L+A	27	4,4	17	0,9	26	7	86	2	6 a	35,1	120,6	30	
G+S	28	4,4	17	1,0	27	5	87	2	5 a	34,9	122,3	29	
G+A	27	4,4	17	1,3	27	3	82	3	7 a	34,1	116,0	30	
T	27	4,4	16	0,8	30	4	85	2	7 a	36,3	120,4	30	
F	0,01 ^{NS}	0,13 ^{NS}	0,13 ^{NS}	1,06 ^{NS}	0,47 ^{NS}	0,99 ^{NS}	0,12 ^{NS}	0,65 ^{NS}	0,46 ^{NS}	0,13 ^{NS}	0,23 ^{NS}	0,02 ^{NS}	
P	0,99	0,97	0,97	0,39	0,76	0,42	0,98	0,63	0,76	0,97	0,92	0,99	
CV (%)	8,14	4,67	69,43	56,24	25,51	81,62	22,47	62,88	75,24	24,78	14,16	28,80	
DMS	20,14	0,32	26,64	0,87	8,28	5,75	23,81	1,47	4,26	9,26	20,89	11,83	
CV (%)	16,36	6,72	80,96	60,72	32,21	76,75	30,25	61,00	170,42	30,48	13,55	31,60	

L+S (leucena + sombreiro); L+A (leucena + acácia); G+S (gliricídia + sombreiro); G+A (gliricídia + acácia); T (testemunha). Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

Foram determinados elevados teores de matéria orgânica no solo (MOS), porém, não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos com leguminosas. Em pesquisas realizadas por Moura et al. (2009) e Aguiar et al. (2009) também não foram encontradas variações significativas na matéria orgânica do solo, após 3 anos de aplicação de resíduos de leguminosas arbóreas. Os autores supõem ter ocorrido restrição da atividade de decompositores, provavelmente pela falta de microagregados nos solos arenosos.

Apesar das variações nas quantidades de resíduos produzidas pelas combinações de leguminosas, não houve diferenças na MOS. De acordo com Aguiar et al. (2009), a manutenção da cobertura do solo pela serrapilheira de biomassa vegetal no cultivo em aleias, além de proporcionar melhor cobertura do solo, fornece maior quantidade de carbono. Porém, os autores afirmaram que a variação na quantidade de carbono na serrapilheira está mais relacionada com a resistência dos ramos do que a quantidade de resíduos aplicados.

O elevado teor de MOS, evidenciado nesta pesquisa, é um resultado agronomicamente importante, uma vez que a matéria orgânica proporciona boa estrutura ao solo, melhora o fornecimento de nutrientes e a capacidade de troca iônica em solos tropicais (AGUIAR et al., 2013). Além disso, a maior parte dos solos tropicais são propensos a coesão devido ao baixo teor de Fe livre, uma situação que poderia ser atenuada com o aumento da matéria orgânica, mesmo nas frações mais lábeis (MOURA et al., 2009). Entretanto, a utilização de sistemas agroecológicos não garante o aumento das frações leves da matéria orgânica no solo, portanto; a sustentabilidade do solo depende da adição contínua de cal e fósforo (AGUIAR et al., 2013).

Todos os tratamentos apresentaram pH baixo (4,4 a 5,1), indicando a elevada acidez do solo. Variações significativas não ocorreram entre os tratamentos. A acidez potencial variou entre 49 e 67 mmol_c dm⁻³ nas camadas superficiais e, na profundidade de 20-30 cm variou entre 82 e 87 mmol_c dm⁻³. Elevada acidez em solos de sistema de cultivo em aleias foi registrada em outras pesquisas (QUEIROZ et al., 2007; AGUIAR et al., 2009; AGUIAR et al. 2013).

Em relação ao P todos os tratamentos apresentaram teores médios e altos segundo Raij et al. (1997). Porém, as diferenças estatísticas não foram detectadas

pelo teste aplicado para comparação das médias entre os tratamentos. De outro modo, Aguiar et al. (2009) encontraram baixas concentrações de fósforo em todos os tratamentos, com valores abaixo dos limiares mínimos exigidos para a sustentabilidade do agrossistema. Aguiar et al. (2013) compararam os teores de P em diferentes áreas: plantio direto em aleias de 10 anos, em pastagem de 30 anos, em plantio direto com cinco anos de rotação de milho e arroz, em área recém desmatada e em floresta secundária preservada de 20 anos. Os autores constataram que o plantio direto em aleias proporcionaram teores mais elevados de P.

O aumento na concentração de K na superfície do solo, em comparação com o baixo teor no período de implantação da aleia, para valores médios, indica que houve reciclagem desse íon, embora as diferenças entre os tratamentos não tenham sido detectadas pelo teste aplicado para comparação das médias. Segundo Raij et al. (1997), o potássio é, geralmente, o segundo elemento extraído em maior quantidade pelas plantas, porém, o potássio presente nos tecidos vegetais não é incorporado a fração orgânica, permanecendo como íon e somente quando o material vegetal é reciclado, o potássio presente pode voltar rapidamente ao solo em forma prontamente disponível. O efeito positivo da decomposição da biomassa das leguminosas no teor de K no solo é um resultado importante para a região onde foi desenvolvida a pesquisa, uma vez que apresenta solos de baixa fertilidade.

Com relação ao cálcio, não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos. O íon cálcio apresentou altos teores nas camadas analisadas, diminuindo com a profundidade. A eficiência das leguminosas em reciclar o cálcio já havia sido relatada por outros pesquisadores. Aguiar et al. (2010), referindo-se a acácia, constataram que a entrada de cálcio através da adição de ramos dessa espécie foi significativamente maior do que com a calagem. Moura et al. (2009) observaram que todas as combinações de resíduos de leguminosa afetaram a soma de bases, o que refletiu positivamente na saturação por bases. Diferenças nos teores de cálcio foram responsáveis por essas variações, uma vez que não houve mudança significativa nos teores de potássio e magnésio. Em termos agrônômicos a quantidade de cálcio reciclada pelas leguminosas nessa pesquisa pode ser considerada importante, dado o seu efeito sobre a saturação por bases.

Houve diminuição no teor de alumínio nas camadas superficiais do solo, em comparação com os valores à época da implantação do sistema. Os valores encontrados para a camada superficial não são considerados tóxicos para o milho. Porém, os valores encontrados para a camada de 0-30 cm são considerados elevados (5,88 a 7,13 mmol_c dm⁻³), embora próximos do limite inferior aceitável para a cultura do milho. Concentrações de Al³⁺ maiores que 5 mmol_c dm⁻³, associadas com saturação por alumínio (m) maior que 40%, representam condição desfavorável ao desenvolvimento radicular, principalmente de culturas menos tolerantes a acidez (RAIJ et al., 1997). A decomposição dos ramos das leguminosas empregadas nessa pesquisa pode ter liberado compostos orgânicos que complexaram o alumínio, tornando-o indisponível para a planta.

4.2. Atributos físicos do solo no sistema de cultivo em aleias

A maioria das características físicas do solo no sistema de cultivo em aleias, com quatro anos de cultivo, foi mantida (Tabela 4), em comparação com dados da implantação do sistema, ocorrendo diminuição apenas da macroporosidade que refletiu no valor da porosidade total. Não houve diferenças significativas entre as combinações de leguminosas para densidade e porosidade do solo. Resultado semelhante foi encontrado por Moura et al. (2012) em sistema de cultivo em aleias com oito anos.

Tabela 4. Densidade, porosidade e índices de agregação de Plintossolo em sistema de cultivo em aleias com diferentes combinações de leguminosas arbóreas

Tratamentos	Densidade (g cm ⁻³)	Porosidade			DMG (mm)	DMP (mm)
		Macro	Micro	Total		
0-10 cm						
L+S	1,31	0,23	0,26	0,49	5,00	5,45
L+A	1,34	0,23	0,26	0,49	4,96	5,43
G+S	1,36	0,23	0,23	0,46	5,10	5,50
G+A	1,34	0,25	0,24	0,49	5,03	5,51
TEST	1,31	0,23	0,30	0,53	4,92	5,48
F	0,67 ^{NS}	0,56 ^{NS}	0,59 ^{NS}	1,32 ^{NS}	0,14 ^{NS}	0,09 ^{NS}
CV%	6,41	12,95	22,98	11,34	7,75	3,84
10-20 cm						
L+S	1,34	0,24	0,22	0,46	4,38 a	5,04 b
L+A	1,32	0,23	0,24	0,47	5,11 a	5,51 a
G+S	1,36	0,23	0,24	0,47	4,78 a	5,36 ab
G+A	1,33	0,22	0,26	0,48	5,08 a	5,54 a
TEST	1,36	0,22	0,23	0,45	4,53 a	5,19 ab
F	0,50 ^{NS}	0,47 ^{NS}	0,18 ^{NS}	0,94 ^{NS}	2,95*	3,89**
CV%	4,14	13,84	16,42	10,32	13,57	7,41
DMS	0,11	0,05	0,13	7,44	0,76	0,44
CV%	6,09	14,25	36,63	12,19	11,11	5,97

Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

Para a densidade do solo, não houve diferenças significativas entre os tratamentos. A densidade variou entre 1,31 e 1,36 g cm⁻³. Os valores de densidade estão abaixo dos valores considerados críticos para solos argilosos. De acordo com Arshad, Lowery e Grossman (1996), para solos argilosos esse valor situa-se em torno de 1,40 g cm⁻³. Valores críticos de densidade do solo são relacionados às condições restritivas ao crescimento e ao desenvolvimento do sistema radicular, a infiltração e transporte de água, bem como as trocas gasosas entre o solo e a atmosfera (FONSECA et al., 2007).

Os valores encontrados para a densidade estão próximos aos de Aguiar et al. (2009) e Moura et al. (2012) em Neossolo háplico; onde os valores médios nas parcelas com cobertura de leguminosas foram 1,31 Mg cm⁻³ e 1,30 Mg cm⁻³, respectivamente, porém, houve redução em relação à testemunha (1,41 Mg cm⁻³).

A conservação da estrutura do solo em área de cultivo em aleias pode estar associada, também, à adoção do sistema plantio direto (SPD). O uso contínuo do

SPD causa redução na densidade do solo e a origem desse benefício pode estar relacionada à melhoria da agregação, ao maior teor de carbono orgânico e à maior continuidade e estabilidade de poros (STONE et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2004). A adição de matéria orgânica e o não revolvimento do solo em sistemas agroecológicos contribuem para diminuir a densidade na superfície do solo (LOSS et al., 2009).

Os valores da porosidade não diferiram estatisticamente entre os tratamentos. Em comparação com os dados da implantação do sistema, houve manutenção da microporosidade e diminuição da macroporosidade e da porosidade total. Os valores estão de acordo com Moura et al. (2012) onde a porosidade total em um sistema de cultivo em aleias, implantando em Neossolo háplico, variou entre 0,47 e 0,52 m³m⁻³, na camada superficial do solo. Enquanto que, Aguiar et al. (2009), realizando pesquisa em Argissolo Vermelho, observaram que a porosidade total foi substancialmente aumentada (0,55 m³m⁻³) como resultado da aplicação de resíduo na superfície do solo.

Com relação à macroporosidade, sua redução pode afetar a taxa de infiltração de água e a resistência mecânica a penetração das raízes (FONSECA et al., 2007). Na área em estudo, os valores da macroporosidade foram superiores ao valor crítico adotado por Silva et al. (2004), em torno de 0,10 m³m⁻³, abaixo do qual o crescimento de plantas é restringido. De acordo com os autores, esse é o valor mínimo de macroporosidade necessário ao crescimento de plantas de milho; abaixo desse valor as trocas líquidas e gasosas entre o ambiente externo e o solo ficam prejudicadas. Deste modo, no que se refere à macroporosidade, os solos avaliados estão adequados ao cultivo agrícola.

Quanto à microporosidade, houve manutenção em todos os tratamentos, fato agronomicamente importante, pois, a microporosidade está relacionada ao armazenamento de água no solo. Esse resultado indica não ter havido compactação do solo, uma vez que um aumento na microporosidade, associado ao fato da diminuição da macroporosidade ocorrido nos solos do sistema de cultivo em aleia, indicaria compactação (FONSECA et al., 2007).

De acordo com Moura et al. (2012), os benefícios da utilização de resíduos vegetais como cobertura do solo estão relacionados à diminuição da densidade do

solo e à maior retenção de água devido à redução das perdas por evaporação, conservando, assim, a umidade do solo. Desta forma, pode-se afirmar que a retenção de água no solo em sistemas de cultivo em aleias ocorre devido uma combinação da manutenção da microporosidade com a diminuição das perdas de água por evaporação.

Os valores de porosidade total foram semelhantes aos valores identificados por Loss et al. (2009) em sistema agroflorestal (entre 0,45 e 0,49 m^3m^{-3}) em Argissolo Vermelho-Amarelo, sem adubação complementar, no qual o fornecimento de nutrientes foi decorrente do aporte e da decomposição do material vegetal das espécies presentes no sistema. Esse fato confirma a capacidade do sistema de cultivo em aleias de minimizar os efeitos negativos do cultivo agrícola sobre as propriedades físicas do solo.

A avaliação da estabilidade de agregados, determinada pelos índices DMG e DMP, mostrou que as combinações de leguminosas apresentaram efeitos semelhantes na camada 0–10 cm. Na camada de 10–20 cm, os valores para o DMP variaram estatisticamente entre os tratamentos. As combinações leucena + acácia e gliricídia + acácia atingiram os maiores valores de DMP na camada de 10–20 cm, enquanto que leucena + sombreiro alcançou o menor valor.

O DMP variou em função das camadas amostradas do solo, com maiores valores na camada de 0–10 cm. Andrade et al. (2009) e Santos et al. (2012) também constataram que diferentes culturas de cobertura afetam, de maneira similar, o DMP na superfície do solo, resultado influenciado principalmente pela porcentagem de agregados com diâmetro maior que 2 mm. Os resultados confirmam o fato das plantas de cobertura favorecerem a agregação do solo, podendo mantê-la ou aumentá-la em relação ao solo sob vegetação nativa (ANDRADE et al., 2009).

Os valores de DMG e DMP foram superiores aos determinados na superfície do solo em áreas de Latossolo do bioma Cerrado com vegetação nativa, conforme Fonseca et al. (2007), onde encontraram valores de DMG e DMP, 2,12 e 3,28 mm, respectivamente. Costa Júnior et al. (2012) determinaram DMG entre 2,69 e 2,75 mm e DMP 4,02 a 4,06 mm. Santos et al. (2012), avaliando a estabilidade de agregados sob diferentes culturas de cobertura em Cerrado, obtiveram DMP entre

3,3 e 3,9 mm. Deste modo, verifica-se que o sistema de cultivo em aleias foi capaz de manter a agregação do solo.

Os valores de DMG e DMP obtidos indicam o elevado estado de agregação do solo devido, provavelmente, a adição de matéria orgânica pela decomposição dos ramos das leguminosas e o não revolvimento do solo. De acordo com Portela et al. (2010), o aporte de material vegetal ao solo promove expressiva melhoria na MOS e DMP. A matéria orgânica proporciona boa estrutura ao solo, melhora o fornecimento de nutriente e a capacidade de troca iônica (AGUIAR et al., 2013). Exerce, ainda, um importante papel na formação de agregados como agente cimentante (FONSECA et al., 2007). Correlações positivas entre DMP e a MOS foram verificadas por Santos et al. (2012) e Fonseca et al. (2007).

De acordo com Costa Júnior et al. (2012), o não revolvimento do solo e a manutenção dos resíduos vegetais na superfície proporcionam maior estado de agregação do solo sob sistema de plantio direto, em relação ao sistema de plantio convencional, no qual a ruptura dos macroagregados confere menores valores de DMG e DMP. Os autores consideraram o aumento nos teores de carbono o responsável pela maior agregação do solo. Sousa Neto et al. (2008) constataram que nos sistemas de semeadura direta com utilização de plantas de cobertura, em Latossolo Vermelho distrófico argiloso, o DMG e o DMP foram aproximadamente duas vezes maiores, quando comparados ao preparo convencional.

As combinações com acácia foram mais vantajosas em relação à agregação do solo, devido essa leguminosa fornecer resíduos com baixa relação C/N e baixa velocidade de decomposição, produzindo assim, grande quantidade de serrapilheira (BALIEIRO et al., 2004). O aumento do volume de solo na superfície favorece o crescimento das raízes (MOURA et al., 2012) e o aumento do volume radicular melhora a agregação do solo.

4.3 Diversidade e dinâmica populacional de plantas infestantes no sistema de cultivo em aleias

Em relação às plantas daninhas, foram identificadas 32 espécies pertencentes a 16 famílias botânicas (Tabela 5).

Tabela 5. Plantas daninhas identificadas nos diferentes tratamentos de sistema de cultivo em aleias, com semeadura direta de milho, no município de Chapadinha – MA.

Família	Nome científico	Tratamentos				
		L+S	L+A	G+S	G+A	T
Amaranthaceae	<i>Alternanthera brasiliana</i> (L.) Kuntze	x				x
	<i>Amaranthus deflexus</i> L.			x		
Asteraceae	<i>Ageratum conyzoides</i> L.	x	x	x	x	
	<i>Centratherum punctatum</i> Cass.				x	x
Bignoniaceae	<i>Adenocalymma</i> sp.		x	x		
Commelinaceae	<i>Murdannia nudiflora</i> (L.) Brenan	x	x	x	x	x
Convolvulaceae	<i>Ipomoea ramosissima</i> (Poir.) Choisy	x	x	x	x	x
Cyperaceae	<i>Cyperus brevifolius</i> (Rottb.) Hassk.			x	x	
	<i>Cyperus flavus</i> (Vahl) Nees		x	x	x	
	<i>Cyperus lanceolatus</i> Poir.	x	x	x	x	x
	<i>Fimbristylis</i> sp.			x		
Euphorbiaceae	<i>Chamaesyce hirta</i> (L.) Millsp.	x	x	x	x	x
	<i>Dalechampia scandens</i> L.					x
	<i>Sebastiania corniculata</i> (Vahl) Mull. Arg	x		x	x	x
Fabaceae	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	x	x	x	x	x
Mimosoideae	<i>Mimosa</i> sp.				x	x
Fabaceae-Caesalpinioideae	<i>Senna obtusifolia</i> (L.) H. S. Irwin & Barneby					x
Fabaceae-Cercideae	<i>Bauhinia</i> sp.	x				
Lamiaceae	<i>Leucas Martinicensis</i> (Jacq.) R. Br			x		
Malvaceae	<i>Corchorus olitorius</i> L.	x	x	x	x	x
	<i>Corchorus</i> sp2.				x	
	<i>Sida acuta</i> Burm. f.	x	x	x	x	x
	<i>Sida rhombifolia</i> L.		x			
Nyctaginaceae	<i>Boerhavia diffusa</i> L.	x			x	x
Poaceae	<i>Brachiaria decubens</i> Stapf.	x	x			x
	<i>Cenchrus echinatus</i> L.	x	x	x	x	x
	<i>Digitaria horizontalis</i> Willd.	x	x	x	x	x
	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	x				
	<i>Panicum laxum</i> Sw.	x	x	x	x	x
	<i>Paspalum notatum</i> Fluggé					x
Rubiaceae	<i>Spermacoce latifolia</i> Aubl.	x	x	x	x	x
Turneraceae	<i>Turnera subulata</i> Sm.		x			x

Dentre as famílias, três pertencem à classe das Monocotiledôneas (Poaceae, Cyperaceae e Commelinaceae) e 13 são Dicotiledôneas. As famílias mais representativas foram Poaceae, com seis espécies, seguida por Cyperaceae e Malvaceae, com quatro espécies cada. Quanto ao número médio de cada espécie daninha não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos.

A família Poaceae destacou-se em número de espécies devido, provavelmente, ao fato de possuir espécies infestantes consideradas eficientes, uma vez que apresentam pouca ou nenhuma consequência em condições ambientais adversas que afetam a maioria das espécies de plantas (DEUBER, 2003). A necessidade de pequenas quantidades de água para o crescimento, devido à eficiência no aproveitamento e a não saturação da fotossíntese com o aumento da intensidade luminosa, estão entre as vantagens dessas espécies. Vários autores citam Poaceae entre as famílias botânicas com o maior número de indivíduos (ARAÚJO et al., 2007; MARQUES et al., 2010; ALBUQUERQUE et al., 2012).

A família Cyperaceae inclui as plantas daninhas mais disseminadas e mais nocivas de todo o mundo. Espécies dessa família podem ser encontradas no Brasil em todos os tipos de solo, clima e cultura; apresentam grande capacidade competitiva e são de difícil erradicação (LORENZI, 2008). As Cyperaceae têm se destacado nas pesquisas sobre plantas daninhas, e sua infestação nas lavouras deve-se, principalmente, às práticas de manejo com arado que facilita a dispersão das sementes e dos tubérculos (MARQUES et al., 2011).

As Malvaceae apresentam grande número de espécies daninhas. Espécies do gênero *Sida* sp. são as mais representativas. Em pesquisa realizada por Marques et al. (2011) as espécies da família Malvaceae foram importantes e apresentaram desenvolvimento influenciado pela aração e rotação de cultura, evidenciado pela redução dessa família a partir do segundo ano agrícola. O gênero *Sida* tem seu desenvolvimento associado a ambientes degradados, como área manejadas com fogo, que provoca perdas de nutrientes, exposição do solo às intempéries climáticas, lixiviação e compactação do solo (MARQUES et al., 2011).

Na avaliação do índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') foram observadas variações conforme a combinação de leguminosas (Tabela 6). Os tratamentos L+S e G+A apresentaram os maiores índices de diversidade, enquanto

que o menor índice foi encontrado no tratamento testemunha. O tratamento G+S apresentou índice próximo do tratamento testemunha, o que indica que essa combinação não causou diferenças ambientais que favorecem o desenvolvimento de novas espécies.

Tabela 6. Índice de diversidade (H') entre os tratamentos com leguminosas em sistema de cultivo em aleias, com semeadura direta de milho, no município de Chapadinha – MA.

Tratamentos	Índice De Diversidade (H')
L+S	1.925
L+A	1.613
G+S	1.463
G+A	1.908
T	1.434

As diferenças na diversidade de espécies entre os tratamentos não estão relacionadas às diferenças na composição química dos solos, uma vez que as variações apresentadas não foram suficientes para provocar alterações na SB, CTC e V%. A diversidade pode ter ocorrido devido: a) diferenças ambientais, tais como, umidade e luminosidade; b) competição entre as espécies daninhas; c) competição entre as plantas daninhas e a cultura; d) efeito alelopático das leguminosas e da cultura; e) barreira física provocada pela cobertura morta.

Os valores obtidos para os índices de diversidade neste estudo estão de acordo com os determinados em outras pesquisas em sistemas agroecológicos (ARAÚJO et al., 2007; MARQUES et al., 2010). Como os tratamentos com combinações de leguminosas apresentaram índices de diversidade maiores que a testemunha, pressupõe-se não ter ocorrido supressão de espécies e sim favorecimento ao desenvolvimento de plantas invasoras.

Na determinação do Índice de valor de Importância (IVI), a espécie *Cyperus lanceolatus*, seguida por *Chamaesyce hirta*, apresentaram os maiores valores em todos os tratamentos (Tabela 7). A soma dos índices para essas espécies correspondem a mais de 50% do IVI total. Na combinação L+S, além de *C. lanceolatus* (87,72) e *C. hirta* (61,17), a espécie *Digitaria horizontalis* (48,03) também se destacou. A espécie *D. horizontalis* apareceu, também, nos outros tratamentos como espécie importante. Referindo-se ao agrossistema avaliado, as três espécies

citadas merecem atenção especial, quando da adoção de práticas para o controle de plantas invasoras.

No tratamento L+S, embora *C. lanceolatus* tenha se destacado, o mesmo apresentou o menor IVI para a espécie, quando comparado aos valores nos demais tratamentos. Dentre as combinações de leguminosas, *C. lanceolatus* apresentou o maior IVI em gliricídia + sombreiro. Os valores do IVI da espécie *C. lanceolatus* nos tratamentos com leguminosas (entre 87,72 e 145,56) foram menores em relação ao controle sem leguminosas (150,36). Esses resultados demonstraram que as leguminosas exerceram controle sobre o desenvolvimento dessa espécie.

As variáveis que mais contribuíram para o elevado IVI de *C. lanceolatus* foram a De.R e a Do.R. Várias espécies de *Cyperus* foram consideradas importantes em diversas pesquisas, destacando-se quanto aos parâmetros fitossociológicos, De.R, Fr.R, Do.R e IVI (MARQUES et al., 2010; MARQUES et al., 2011; ALBUQUERQUE et al., 2012).

De acordo com Marques et al. (2010), os altos IVIs das espécies de *Cyperus* na pré-Amazônia e Amazônia estão relacionados as condições ambientais, pois, a região apresenta temperatura elevada e umidade o ano todo. Os elevados IVIs estão relacionados, ainda, com a capacidade da planta formar touceira (LORENZI, 2008) e com o método de avaliação que considera cada perfilho como um indivíduo na contagem (MARQUES et al., 2010).

A elevada distribuição de *Cyperus* nas áreas de cultivo está relacionada aos modos de reprodução da espécie, por semente e divisão de tubérculos, favorecidos pelo revolvimento do solo (MARQUES et al., 2010). Além disso, são plantas adaptadas a elevadas temperaturas e alta intensidade luminosa (SILVA et al., 2007).

Tabela 7. Densidade relativa (De.R), frequência relativa (Fr.R), dominância relativa (Do.R) e índice de valor de importância (IVI) das principais plantas daninhas nos tratamentos com leguminosas em sistema de cultivo em aleias, com semeadura direta de milho, no município de Chapadinha – MA, aos 90 DAS.

Espécie	De. R	Fr. R	Do.R	IVI
Leucena + Sombreiro				
<i>Cyperus lanceolatus</i>	35,15	17,42	35,15	87,72
<i>Chamaesyce hirta</i>	21,87	17,42	21,87	61,17
<i>Digitaria horizontalis</i>	20,23	7,58	20,23	48,03
<i>Panicum laxum</i>	5,44	6,06	5,44	16,93
<i>Spermacoce latifolia</i>	3,16	9,85	3,16	16,17
<i>Corchorus olitorius</i>	2,02	7,58	2,02	11,62
<i>Leucaena leucocephala</i>	2,02	7,58	2,02	11,62
<i>Sebastiania corniculata</i>	1,26	7,58	1,26	10,10
Leucena + Acácia				
<i>Cyperus lanceolatus</i>	56,33	20,97	56,33	133,63
<i>Chamaesyce hirta</i>	15,89	22,58	15,89	54,36
<i>Murdannia nudiflora</i>	7,11	4,84	7,11	19,05
<i>Leucaena leucocephala</i>	2,97	11,29	2,97	17,23
<i>Digitaria horizontalis</i>	4,52	6,45	4,52	15,50
<i>Corchorus olitorius</i>	1,94	7,26	1,94	11,13
Gliricídia + Sombreiro				
<i>Cyperus lanceolatus</i>	62,78	20,00	62,78	145,56
<i>Chamaesyce hirta</i>	8,82	20,00	8,82	37,63
<i>Digitaria horizontalis</i>	8,82	8,80	8,82	26,43
<i>Spermacoce latifolia</i>	3,21	11,20	3,21	17,61
<i>Cyperus flavus</i>	6,50	3,20	6,50	16,20
Gliricídia + Acácia				
<i>Cyperus lanceolatus</i>	43,57	17,46	43,57	104,60
<i>Chamaesyce hirta</i>	19,57	19,84	19,57	58,98
<i>Digitaria horizontalis</i>	14,14	9,52	14,14	37,81
<i>Spermacoce latifolia</i>	3,29	9,52	3,29	16,10
Testemunha				
<i>Cyperus lanceolatus</i>	64,58	21,19	64,58	150,36
<i>Chamaesyce hirta</i>	8,13	15,89	8,13	32,16
<i>Digitaria horizontalis</i>	11,49	7,95	11,49	30,93
<i>Corchorus olitorius</i>	2,95	9,93	2,95	15,83

A *C. hirta* foi a segunda espécie mais importante em todos os tratamentos. O maior IVI para espécie foi no tratamento leucena + sombreiro e o menor valor na testemunha. Esses resultados evidenciaram que as combinações de leguminosas não controlaram efetivamente a infestação por essa espécie. Dentre as combinações, a gliricídia + sombreiro exerceu maior controle, provavelmente, devido à maior quantidade de biomassa lançada ao solo nesse tratamento.

A espécie *C. hirta* não tem sido citada como espécie importante nos trabalhos sobre a fitossociologia de plantas daninhas, nem mesmo na região onde o sistema em estudo foi implantado. O tipo de solo pode estar influenciando o desenvolvimento dessa invasora. É uma espécie daninha medianamente frequente, ocorrendo geralmente em lavouras perenes, jardins, hortas, pátios, fendas de calçadas e paralelepípedos e terrenos baldios. Sua frequência vem aumentando em lavouras (LORENZI, 2008).

Os valores de IVI da *D. horizontalis* nos tratamentos L+S e G+A foram maiores que o IVI da espécie no tratamento testemunha (30,93), indicando que essas combinações de leguminosas contribuíram para aumentar a infestação desta planta daninha. Porém, no tratamento L+A, a referida espécie apresentou um IVI menor (15,50) que no tratamento testemunha (30,93), o que pressupõe que essa combinação de leguminosas controlou sua infestação.

Os parâmetros que mais contribuíram para o elevado valor de importância de *D. horizontalis* foram De.R e Do.R. Em Marques et al. (2010) altos valores de IVI também foram encontrados para essa espécie e o parâmetro que mais contribuiu foi o De.R. Silva et al. (2005) citaram *Digitaria* sp. com maior importância relativa no plantio direto, devido principalmente ao aumento da De.R.

Segundo Lorenzi (2008), a *D. horizontalis* é uma planta daninha bastante frequente em lavouras anuais e perenes em geral. É a espécie de *Digitaria* mais disseminada no Brasil. Propaga-se por sementes e pelo enraizamento dos nós inferiores. Trata-se de uma espécie importante em lavouras de milho safrinha, apresentando aumento de infestação no plantio direto e no plantio convencional (DUARTE et al., 2007; MARQUES et al., 2010).

Em relação à fitomassa de plantas espontâneas, não houve diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 8). O tratamento testemunha apresentou

o maior valor (250,42 g m⁻²). A combinação das leguminosas L+A proporcionou a maior redução da matéria seca (31,77%), quando comparada com a área testemunha, seguida por L+S (28,09%) e G+A (26,87%). A redução na fitomassa indica que as combinações de leguminosas controlaram o desenvolvimento das plantas daninhas.

Tabela 8. Médias da massa seca da parte aérea das plantas daninhas nos tratamentos com leguminosas em sistema de cultivo em aleias, com semeadura direta de milho, no município de Chapadinha – MA, aos 90 DAS.

Tratamentos	Matéria seca (Mg ha ⁻¹)
L+S	1,80 b
L+A	1,70 b
G+S	2,00 ab
G+A	1,83 b
Test	2,50 a
CV%	23,17
F	3,87*
DMS	16,62

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

A maior quantidade de massa seca produzida pelas plantas daninhas na área testemunha pode ter ocorrido devido à maior exposição das plantas ao sol, contribuindo para a germinação das sementes e o crescimento das espécies. Segundo Meschede et al. (2007), a superfície do solo descoberta, além de receber maior quantidade de luz, também tem maior alternância de temperaturas, o que pode estimular a germinação de espécies. Assim sendo, a maior biomassa de plantas daninhas em G+S em relação aos demais tratamentos pode estar relacionado à maior exposição do solo. E o contrário pode ter acontecido em L+A, que causou a maior redução na matéria seca de plantas daninhas.

A cobertura morta pode ter contribuído para as diferenças significativas na biomassa seca de plantas daninhas entre os tratamentos. Diferenças na quantidade e na qualidade do material que compõem os ramos das leguminosas podem ter causado variações no percentual de cobertura no decorrer do tempo. A cobertura morta atua impedindo o crescimento de plantas daninhas que apresentam pequenas quantidades de reserva, as quais não são suficientes para que a plântula transponha a cobertura em busca da luz (DUARTE et al., 2007). Efeitos químicos ou alelopáticos

provocados pelos lixiviados da palhada formada pelas leguminosas sobre as plantas daninhas podem também causar diminuição na produtividade de matéria seca (QUEIROZ et al., 2010).

Dentre os efeitos da cobertura morta sobre o solo, Monquero et al. (2009) citam a redução na germinação de sementes fotoblásticas positivas e de sementes que necessitam de uma grande amplitude térmica para germinar. Costa e Durigan (2010) citam os efeitos dos produtos alelopáticos que algumas espécies podem apresentar, como a leucena, capaz de suprimir o crescimento de plantas daninhas. Com relação ao efeito biológico, a cobertura morta pode proporcionar a melhoria das condições do solo, favorecendo o desenvolvimento de microrganismos que auxiliam na quebra de dormência de algumas sementes de plantas daninhas ou que podem ainda deteriorá-las (CARVALHO, 2013).

5 CONCLUSÕES

Não houve diferenças significativas entre os tratamentos com leguminosas para a maioria dos atributos avaliados após quatro anos de cultivo de milho em semeadura direta. Porém, as combinações de leguminosas arbóreas mantiveram a maioria das características físicas e químicas do solo do sistema de cultivo em aleias com condições favoráveis ao cultivo agrícola;

As combinações de leguminosas controlaram o aumento no número de indivíduos e o desenvolvimento das plantas daninhas.

6 REFERÊNCIAS

AGUIAR, A. C. F. **Sustentabilidade do Sistema plantio direto em Argissolo no trópico úmido**. 2006. 55 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2006.

AGUIAR, A. C. F.; AMORIM, A. P.; COELHO, K. P.; MOURA, E. G. Environmental and agricultural Benefits of a management system designed for sandy loam soils of the humid tropics. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 1.473-1.480, 2009.

AGUIAR, A. C. F.; BICUDO, S. J.; COSTA SOBRINHO, J. R. S.; MARTINS, A. L. S.; COELHO, K. P.; MOURA, E. G. Nutrient recycling and physical indicators of an alley cropping system in a sandy loam soil in the pre-Amazon region of Brasil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 86, n. 2, p. 189-198, 2010.

AGUIAR, A. C. F.; CÂNDIDO, C. S.; CARVALHO, C. S.; MONROE, P. H. M.; MOURA, E. G. Organic matter fraction and pool of phosphorus as indicators of the impact of land use in the Amazonian periphery. **Ecological Indicators**, Amsterdam, v. 30, p. 158-164, 2013.

ALBUQUERQUE, J. A. A.; MELO, V. F.; SIQUEIRA, R. H. S.; MARTINS, S. A.; FINOTO, E. L.; SEDIYAMA, T.; SILVA, A. A. Ocorrência de plantas daninhas após o cultivo de milho na savana amazônica. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 775-782, 2012.

ALVES, M. M.; ALVES, E. U.; BRUNO, R. L. A.; SILVA, K. R. G.; MOURA, S. S. S.; BARROZO, L. M.; ARAÚJO, L. R. Potencial fisiológico de sementes de *Clitoria fairchildiana* R. A. Howard. – Fabaceae submetidas a diferentes regimes de luz e temperatura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 12, p. 2.199-2.205, 2012.

ANDRADE, R. S.; STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Culturas de cobertura e qualidade física de um latossolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 4, p. 412-418, 2009.

ARAÚJO JÚNIOR, B. B.; SILVA, P. S. L.; OLIVEIRA, O. F.; ESPINOLA SOBRINHO, J. Controle de plantas daninhas na cultura do milho com gliricídia em consorciação. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 767-774, 2012.

ARAÚJO, J. C.; MOURA, E. G.; AGUIAR, A. C. F.; MENDONÇA, V. C. M. Supressão de plantas daninhas por leguminosas anuais em sistema agroecológico na Pré-Amazônia. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 267-275, 2007.

ARSHAD, M. A.; LOWERY, B.; GROSSMAN. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. (Ed.). **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p. 1-43.

BALA, A.; MURPHY, P.; GILLER, K. E. Distribution and diversity of rhizobia nodulating agroforestry legumes in soil from three continents in the tropics. **Molecular Ecology**, Chichester, v. 12, n. 4, p. 917-930, 2003.

BALIEIRO, F. C.; DIAS, L. E.; FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C.; FARIA, S. M. Acúmulo de nutrientes na parte aérea, na serapilheira acumulada sobre o solo e decomposição de filódios de *Acacia mangium* Willd. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 59-65, 2004.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JR, W. AgroEstat - **Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agronômicos**. Versão 1.1.0.711, 2014.

BARBOSA, R. I. **Florestamento dos sistemas de vegetação aberta (savanas/cerrados) de Roraima por espécies exóticas**. 2002. Disponível em: <<http://agroeco.inpa.gov.br/reinaldo/RIBarbosaProdCientUsuVisitantes/2002AcaciaTemasDiscussaoCEMAT>>. Acesso em: 03 jun. 2014.

BARRETO, A. C.; FERNANDES, M. F.; CARVALHO FILHO, O. M. **Cultivo de alamedas de gliricídia (*Gliricidia sepium*) em solos dos tabuleiros costeiros**. Aracaju: EMBRAPA - Tabuleiros Costeiros, 2004. 4 p. (EMBRAPA - Tabuleiros Costeiros. Circular Técnica, 36).

BERTALOT, M. J. A.; GUERRINI, I. A.; MENDOZA, E.; PINTO, M. S. V. Desempenho da cultura do milho (*Zea mays* L.) em sucessão com aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.) sob manejos agroflorestal e tradicional. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 597-608. 2010.

BLUM, C. T.; BORGIO, M.; SAMPAIO, A. C. F. Espécies exóticas invasoras na arborização de vias públicas de Maringá-PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 3, n. 2, p. 78-97, 2008.

CALEGARI, A. **Sequestro de carbono, atributos físicos e químicos em diferentes sistemas de manejo em um Latossolo argiloso do Sul do Brasil**. 2006. 191 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2006.

CALEGARI, A.; HARGROVE, W. L.; RHEINHEIMER, D. S.; RALISCH, R.; TESSIER, D.; TOURDONNET, S.; GUIMARÃES, M. F. Impacto f long-term no-tillage and cropping system management on soil organic carbon in an Oxisol: A model for sustainability. **Agronomy Journal**, Madison, v. 100, n. 4, p. 1.013-1.019, 2008.

CARVALHO, L. B. **Plantas Daninhas**. 1. ed. Lages: Editado pelo autor, 2013. 82 p.

CLAESSEN, M. E. C.; BARRETO, O. W.; PAULA, J. P.; DUARTE, M. N. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, CNPS, 1997. 212 p.

CONCENÇO, G.; TOMAZI, M.; CORREIA, I. V. T.; SANTOS, S. A.; GALON, L. Phytosociological surveys: tools for weed science? **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 469-482, 2013.

COSTA JÚNIOR, C.; PICCOLO, M. C.; SIQUEIRA NETO, M.; CAMARGO, P. B.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Carbono em agregados do solo sob vegetação nativa, pastagem e sistemas agrícolas no bioma cerrado. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 4, p. 1.311-1.321, 2012.

COSTA, J. N. M. N.; DURIGAN, G. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Fabaceae): invasora ou ruderal. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 825-833, 2010.

COSTA, N. L.; BENDAHAN, A. B.; GIANLUPPI, V.; RIBEIRO, P. S. M.; BRAGA, R. M. **Leucena: características agrônômicas, produtividade e manejo em Roraima**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2008. 7 p. (Embrapa Roraima. Comunicado Técnico, 14).

DEUBER, R. **Ciência das plantas infestantes**. Jaboticabal: Funep, 2003. p. 49-51.

DUARTE, A. P.; SILVA, A. C.; DEUBER, R. Plantas infestantes em lavouras de milho safrinha sob diferentes manejos, no Médio Paranapanema. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 285-291, 2007.

DUARTE, R. F.; SAMPAIO, R. A.; BRANDÃO JÚNIOR, D. S.; FERNANDES, L. A.; SILVA, H. P. Crescimento inicial de Acácia em condicionador formado de fibra de coco e resíduo agregante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 11, p. 1.176-1.185, 2010.

FONSECA, G. C.; CARNEIRO, M. A. C.; COSTA, A. R.; OLIVEIRA, G. C.; BALBINO, L. C. Atributos físicos, químicos e biológicos de Latossolo Vermelho distrófico de cerrado sob duas rotações de cultura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 1, p. 22-30, 2007.

FRANCO, A. A.; SOUTO, S. M. ***Leucaena leucocephala* – uma leguminosa com múltiplas utilidades para os trópicos**. Seropédica: Embrapa-CNPAB, 1986. 7 p. (Embrapa-CNPAB. Comunicado técnico, 2).

GOVERNO DO ESTADO DO MARANHÃO. **Atlas do Maranhão**. São Luís: GEPLAN, 2002. 39 p.

HANISCH, A. L.; FONSECA, J. A.; VOGT, G. A. Adubação do milho em um sistema de produção de base agroecológica: desempenho da cultura e fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Cruz Alta, v. 7, n. 1, p. 176-186, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira: sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012, 275 p.

KEMPER, W. D.; CHEPIL, W. S. Size distribution of aggregates: In: BLAKE, C. A.; EVANS, D. D.; WHITE, J. L.; ENSMINGER, L. E.; CLARK, F. E. (Ed.). **Methods of soil analysis: physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p. 499-510.

KILL, L. H. P.; MENEZES, E. A. **Espécies vegetais exóticas com pontencialidades para o Semi-Árido brasileiro**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 340 p.

LEITE, A. A. L.; FERRAZ JÚNIOR, A. S. L.; MOURA, E. G.; AGUIAR, A. C. F. Comportamento de dois genótipos de milho cultivados em sistema de aleias preestabelecido com diferentes leguminosas arbóreas. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 4, p. 875-882, 2008.

LINS, C. E. L.; MAIA, L. C.; CAVALCANTE, U. M. T.; SAMPAIO, E. V. S. B. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares no crescimento de mudas de *Leucena leucocephala* (Lam.) de Wit. em solos de caatinga sob impacto de mineração de cobre. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 355-363, 2007.

LORENZI, H. **Árvores exóticas no Brasil**: madeireiras, ornamentais e aromáticas. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2009. 384 p.

LORENZI, H. **Plantas Daninhas no Brasil**: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. 4. ed. São Paulo: Instituto Plantarum, 2008. 640 p.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; SCHULTZ, N.; FERREIRA, E. P.; SILVA, E. M. R.; BEUTLER, S. J. Distribuição dos agregados e carbono orgânico influenciado por manejos agroecológicos. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringa, v. 31, n. 3, p. 523-528, 2009.

LUNZ, A. M.; VAZ-DE-MELLO, F. Z.; MONTEIRO, O. M. *Pelidnota filippinae* Soula, 2009 (Coleoptera: Melolonthidae: Rutelinae): um novo desfolhador de acácia-australiana, *Racosperma mangium* (Willd.) Pedley (Fabaceae), na Amazônia Oriental, Brasil. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 41, n. 3, p. 439–442, 2011.

MACLEAN, R. H.; LITSINGER, J. A.; MOODY, K.; WATSON, A. K.; LIBETARIO, E. M. Impact of *Gliricidia sepium* and *Cassia spectabilis* hedgerows on weeds and insect pests of upland rice. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 94, n. 3, p. 275-288, 2003.

MARIN, A. M. P. MENEZES, R. S. C. Ciclagem de nutrientes via precipitação pluvial total interna e escoamento pelo tronco em sistema agroflorestal com *Gliricidia sepium*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 2.573-2.579, 2008.

MARINHO, N. F.; CAPRONI, A. L.; FRANCOLL, A. A.; BERBARAL, R. L. L. Respostas de *Acacia mangium* Willd e *Sclerolobium paniculatum* Vogel a fungos micorrízicos arbusculares nativos provenientes de áreas degradadas pela mineralização de bauxita na Amazônica. **Acta Botânica Brasilica**, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 141-149, 2004.

MARQUES, L. J. P.; SILVA, M. R. M.; ARAÚJO, M. S.; LOPES, G. S.; CORRÊA, M. J. P.; FREITAS, A. C. R.; MUNIZ, F. H. Composição florística de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi no sistema de capoeira triturada. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. esp. p. 953-961, 2010.

MARQUES, L. J. P.; SILVA, M. R. M.; LOPES, G. S.; CORRÊA, M. J. P.; ARAÚJO, M. S.; COSTA, E. A.; MUNIZ, F. H. Dinâmica de populações e fitossociologia de plantas daninhas no cultivo do feijão-caupi e mandioca no sistema corte e queima com o uso de arado. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, n. esp. p. 981-989, 2011.

MARTINS, J. C. R.; MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SANTOS A. F. S.; NAGAI, M. A. Produtividade de biomassa em sistemas agroflorestais e tradicionais no Cariri Paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 6, p. 581-587, 2013.

MESCHEDE, D. K.; FERREIRA, A. B.; RIBEIRO JR., C. C. Avaliação de diferentes coberturas na supressão de plantas daninhas no cerrado. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 465-471, 2007.

MONQUERO, P. A.; AMARAL, L. R.; INÁCIO, E. M.; BRUNHARA, J. P.; BINHA, D. P.; SILVA, P. V.; SILVA, A. C. Efeito de adubos verdes na supressão de espécies de plantas daninhas. **Planta daninha**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 85-95, 2009.

MOURA, E. G.; AGUIAR, A. C. F.; FERRAZ JÚNIOR, A. S. L.; COSTA, M. G.; SOUSA, J. T. R.; SILVA JÚNIOR, E. M.; GEHRING, C. Incidência de ervas daninhas e atributos do solo em um agrossistema da Pré-Amazônia, sob efeito da cobertura morta de diferentes combinações de leguminosas em aleias. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 10, n. 1, p. 7-14, 2009.

MOURA, E. G.; ALBUQUERQUE, J. M.; AGUIAR, A. C. F. Growth and productivity of corn as affected by mulching and tillage in alley cropping systems. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, n. 2, p. 204-208, 2008.

MOURA, E. G.; OLIVEIRA, A. K. C.; COUTINHO, G.; PINHEIRO, K. M.; AGUIAR, A. C. F. Management of a cohesive tropical soil to enhance rootability and increase the efficiency of nitrogen and potassium use. **Soil Use and Management**, Chichester, v. 28, n. 3, p. 370-377, 2012.

MOURA, E. G.; SERPA, S. S.; SANTOS, J. G. D.; COSTA SOBRINHO, J. R. S.; AGUIAR, A. C. F. Nutrient use efficiency in alley cropping systems in the Amazonian periphery. **Plant and Soil**, Dordrecht v. 335, n. 1-2, p. 363-371, 2010.

MUELLER-DOMBOIS D, ELLENBERG H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley & Sons; 1974. 547 p.

OLIVEIRA, G. C.; DIAS JÚNIOR, M. S.; RESCK, D. V. S; CURI, N. Caracterização química e físico hídrica de um Latossolo Vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 327-336, 2004.

PORTELA, J. C.; COGO, N. P.; BAGATINI, T.; CHAGAS, J. P.; PORTZ, G. Restauração da estrutura do solo por sequências culturais implantadas em semeadura direta e a sua relação com a erosão hídrica em distintas condições físicas de superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 1.353-1.364, 2010.

PORTELA, R. C. Q.; SILVA, I. L.; PINÃ-RODRIGUES, F. C. M. Crescimento inicial de mudas de *Clitoria fairchildiana* Howard e *peltophorum dubium* (Spreng) Taub em diferentes condições de sombreamento. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 163-170, 2001.

PRATES, H. T.; PAES, J. M. V.; PIRES, N. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; MAGALHÃES, P. C. Efeito do extrato aquoso de leucena na germinação e no desenvolvimento do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 5, p. 909-914. 2000.

QUEIROZ, L. R.; COELHO, F. C.; BARROSO, D. G. Cultivo de milho no sistema de aleias com leguminosas perenes. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 5, p. 1.303-1.309, 2007.

QUEIROZ, L. R.; GALVÃO, J. C. C.; CRUZ, J. C.; OLIVEIRA, M. F.; TARDIN, F. D. Supressão de plantas daninhas e produção de milho-verde orgânico em sistema de plantio direto. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 263-270, 2010.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285 p.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1997. 285 p.

RANGEL, J. H. A.; MUNIZ, E. N.; SÁ, J. L.; SÁ, C. O. **Implantação e manejo de sistema integração Lavoura/Pecuária/Floresta com *Gliricidia sepium***. Aracajú: Embrapa, 2010, 7 p. (Embrapa. Circular Técnica, 60).

RIBEIRO, F. V.; GONÇALVES, L. D. P.; FURTADO, M. S.; FEITOSA, A. C. Degradação do solo no médio curso do rio Munim, município de Chapadinha-MA. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA/REGIONAL CONFERENCE ON GEOMORPHOLOGY, 6., 2006, Goiânia. **Anais...** Goiânia: UFG, 2006. p. 57-63.

RODRIGUES, A. P. D. C.; KOHL, M. C.; PEDRINHO, D. R.; ARIAS, E. R. A.; FAVERO, S. Tratamentos para superar a dormência de sementes de *Acacia mangium* Willd. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringa, v. 30, n. 2, p. 279-283, 2008.

SANTOS, G. G.; SILVEIRA, P. M.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A.; BECQUER, T. Atributos químicos e estabilidade de agregados sob diferentes culturas de cobertura em Latossolo do cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 11, p. 1.171-1.178, 2012.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M.; SCALON FILHO, H.; FRANCELINO, C. S. F. Desenvolvimento de mudas de aroeira (*Schinustere binthifolius*) e sombreiro (*Clitoria farchildiana*) sob condições de sombreamento. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 300, n. 1, p. 166-169, 2006.

SHEPHERD, G. J. **FITOPAC 1: manual do usuário**. Campinas: Departamento de Botânica, UNICAMP. 1995. 93 p.

SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R.; SANTOS, J. B. Biologia de plantas daninhas. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 367 p.

SILVA, A. A.; SILVA, C. S. W.; SOUZA, C. M.; SOUZA, B. A.; FAGUNDES, J. L.; FALLEIRO, R. M.; SEDYAMA, C. S. Aspectos fitossociológicos da comunidade de plantas daninhas na cultura do feijão sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 17-24, 2005.

SILVA, A. P.; IMHOFF, S.; KAY, B. Plant response to mechanical resistance and air-filled porosity of soils under conventional and no-tillage system. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, n. 4, p. 451-456, 2004.

SILVA, P. S. L.; PAIVA, H. N.; OLIVEIRA, V. R.; SIQUEIRA, P. L. O. F.; SOARES, E. B.; MONTEIRO, A. L.; TAVELLA, L. B. Biomass of tree species as a response to planting density and interspecific competition. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 2, 2014.

SIMÕES, S. M. O.; ZILLI, J. E.; COSTA, M. C. G.; TONINI, H.; BALIEIRO, F. C. Carbono orgânico e biomassa microbiana do solo em plantios de *Acacia mangium* no Cerrado de Roraima. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 40, n. 1, p. 23-30, 2010.

SOUZA NETO, E. L.; ANDRIOLI, I.; BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F. Atributos físicos do solo e produtividade de milho em resposta a culturas de pré-safra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 2, p. 255-260, 2008.

STONE, L. F.; GUIMARAES, C. M.; MOREIRA, J. A. A. Compactação do solo na cultura do feijoeiro. I: efeitos nas propriedades físico-hídricas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 207-212, 2002.

VAZ DE MELO, A. GALVÃO, J. C. C., FERREIRA, L. R., MIRANDA, G. V., TUFFI SANTOS, L. D., SANTOS, I. C.; SOUZA, L. V. Dinâmica populacional de plantas daninhas no cultivo de milho-verde no sistema de plantio direto orgânico e tradicional. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 521-527, 2007.

YOUNG, A. **Agroforestry for soil management**. London: Cabi International, 1997. 320 p.

APÊNDICES

APÊNDICE A. Descrição geral: Perfil de Pétrico Concrecionário êndico Tb**1. DESCRIÇÃO GERAL PERFIL**

DATA: 13/01/2013

CLASSIFICAÇÃO: PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário êndico Tb, A moderado, textura média-argilosa, fase floresta tropical subcaducifólia transição cerrado subcaducifólio, relevo plano.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: Trincheira situada no povoado Vila União, no lado direito da BR 222, sentido Chapadinha-Parnaíba. Município de Chapadinha (MA). Latitude: 03° 47' 71,6" S e longitude 43° 21' 70,8" W.

ELEVAÇÃO: 98 m.

SITUAÇÃO E DECLIVE: Terço superior de encosta plana com cerca de 2% de declividade.

LITOLOGIA: Arenitos da Formação Itapecuru do Cretáceo.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Itapecuru.

MATERIAL DE ORIGEM: Produto da alteração do material supracitado.

PEDREGOSIDADE: Muito pedregosa.

ROCHOSIDADE: Não rochosa.

RELEVO LOCAL: Plano.

RELEVO REGIONAL: Plano a ondulado.

EROSÃO: Laminar ligeira.

DRENAGEM: Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Cerrado subcaducifólio.

USO ATUAL: Cultivo de aléias.

CLIMA: Aw' segundo a classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR: Marlen Barros e Silva.

2. DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA DO PERFIL

Ap	0 – 19 cm, cinzento-escuro (10YR 4/1, úmida) e cinzento (10YR 5/1, seca); francoarenosa; grãos simples e fraca, pequena, granular; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.
A2	19 – 34 cm, cinzento-escuro (10YR 4/1, úmida) e cinzento (10YR 5/1, seca); franco-argiloarenosa; grãos simples e fraca, pequena e média, granular e blocos subangulares; macia, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.
AB	34 – 65 (63 – 69) cm, bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, úmida) e bruno-acinzentado (10YR 5/2, seca); franco-argiloarenosa; grãos simples e fraca, pequena e média, blocos angulares e subangulares; macia, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição ondulada e abrupta.
Bc1	63 – 103 cm, bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, úmida) e bruno-acinzentado (10YR 5/2, seca); franco-argiloarenosa muito cascalhenta; transição plana e clara.
Bc2	67 – 89+ cm, bruno (7,5YR 5/4, úmida) e bruno-claro (7,5YR 6/4, seca); argiloarenosa muito cascalhenta.
RAÍZES	Poucas e finas no Ap, A2 e AC, e ausentes nos demais horizontes.

3. ANÁLISES QUÍMICAS E FÍSICAS DO PERFIL

Horizonte		Frações da amostra total (g kg ⁻¹)			Composição granulométrica da Terra Fina (g kg ⁻¹)					Classe textural		
Símb.	Prof. (cm)	Calhaus	Cascalhos	Terra Fina	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				
Ap	0 – 19	-	-	1000	200	510	90	200	franco-argiloarenosa			
A1	19 – 34	-	-	1000	160	480	90	270	franco-argiloarenosa			
AB	34 – 65	-	-	1000	200	440	110	260	franco-argiloarenosa			
Bc1	63 – 103	-	-	-	180	440	80	300	franco-argiloarenosa muito cascalhenta			
Bc2	103 – 180+	-	-	-	180	380	80	360	argiloarenosa muito cascalhenta			
Horizonte		pH			Cátions Trocáveis (cmol _c kg ⁻¹)							
Símb.	Prof. (cm)	H ₂ O	CaCl ₂	KCl	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	Al ⁺⁺⁺	H ⁺		
Ap	0 – 19	5,4	4,8	5,1	0,12	2,1	0,5	-	0,1	4,1		
A1	19 – 34	5,2	4,3	4,3	0,10	1,1	0,5	-	0,1	8,8		
AB	34 – 65	5,3	4,3	4,4	0,04	0,6	0,4	-	0,1	5,8		
Bc1	63 – 103	6,4	4,7	4,7	0,04	0,6	0,4	-	0,4	3,5		
Bc2	103 – 180+	6,3	4,8	4,8	0,04	0,7	0,4	-	0,2	2,7		
Horizonte		P resina (mg dm ⁻³)	S (mg dm ⁻³)	M.O. (g kg ⁻¹)	C org (g kg ⁻¹)	Valor S		Tsolo (cmol _c kg ⁻¹)	Targ ⁽¹⁾	V (%)	Sat. Al ³ (%)	Sat. Na ⁺ (%)
Ap	0 – 19	5	6	24,1	14,0	2,6	6,8	-	-	39	04	-
A1	19 – 34	6	7	21,0	12,2	1,6	11,3	-	-	14	35	-
AB	34 – 65	4	8	15,7	9,1	1,0	7,7	-	-	13	50	-
Bc1	63 – 103	8	8	11,8	6,8	1,0	4,8	16,1	20	23		-
Bc2	103 – 180+	5	6	12,0	7,0	1,2	4,0	11,5	29	15		-

(1) Targ = (T/g kg⁻¹ de argila) x 1000.

4. Perfil de PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário êndico Tb, Fotografia.



**5. Cobertura vegetal na área do perfil de PLINTOSSOLO PÉTRICO
Concrecionário êndico Tb – Cerrado subcaducifólio**

