

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**CULTURA DO MILHO (*Zea mays* L.) EM SUCESSÃO COM AVEIA
PRETA (*Avena strigosa* Schreb.) EM ÁREAS SOB MANEJO
AGROFLORESTAL EM ALÉIAS COM *Leucaena diversifolia*.**

MARIA JOSÉ ALVES BERTALOT

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia – Área de Concentração
Agricultura.

BOTUCATU – SP

Agosto - 2003

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**CULTURA DO MILHO (*Zea mays* L.) EM SUCESSÃO COM AVEIA
PRETA (*Avena strigosa* Schreb.) EM ÁREAS SOB MANEJO
AGROFLORESTAL EM ALÉIAS COM *Leucaena diversifolia*.**

MARIA JOSÉ ALVES BERTALOT

Orientador: Prof. Dr. Iraê Amaral Guerrini

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia – Área de Concentração
Agricultura.

BOTUCATU – SP

Agosto – 2003

Ao meu pai **Alfeu** (em memória)

A minha mãe **Luiza**

A minhas filhas,

Ana Glória

Verônica Isabel

Teresa Chay

Ao meu marido **Eduardo**

Dedico

Pela falta de pequeno auto-domínio,
fragmenta-se a habilidade para o grande.

Todo dia que é mal usado
é um perigo para o próximo,
quando, pelo menos uma vez, não se abdicou
de algo pequeno: esta ginástica é imprescindível,
se se quiser conservar a alegria de ser seu próprio dono.

Nietzsche

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Iraê Amaral Guerrini, por trabalharmos juntos, pela amizade, confiança, orientação, ensinamentos e aprimoramentos técnico-científicos.

Ao Professor Dr. Sílvio Bicudo, do Departamento de Produção Vegetal/Agricultura, pela amizade e experiência profissional.

Ao Professor Dr. Dirceu Maximino Fernandes, do Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo, pela amizade e ajuda nas horas difíceis.

Ao Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo, pelo apoio e ajuda recebidos dos professores e funcionários.

Ao Departamento de Produção Vegetal/Agricultura, pela oportunidade da realização da Pós-graduação e ao apoio recebido dos professores e funcionários.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio e concessão de bolsa para minha manutenção.

À Associação Brasileira de Agricultura Biodinâmica, pela realização deste trabalho, e um agradecimento especial aos funcionários e estagiários que trabalharam comigo no campo.

Ao Sr. Pedro Schmidt (Associação Tobias), por acreditar nas pessoas e pelo apoio que recebi.

Aos amigos, **Todos**, porque sem eles estaríamos desprotegidos.

SUMÁRIO

	Página
1. RESUMO	1
2. SUMMARY	3
3. INTRODUÇÃO	5
4. REVISÃO DE LITERATURA	7
4.1 Sistemas Agroflorestais	8
4.2 Rotação de culturas e uso de adubação verde	13
4.3 Implicações da manutenção de resíduos culturais, adubação verde ou matéria orgânica sobre a superfície do solo	14
4.4 Cultura do milho	15
5. MATERIAL E MÉTODOS	17
5.1. Área experimental.....	17
5.2 Solo	19
5.3 Espécies vegetais	20
5.4 Tratamentos	21
5.5 Delineamento experimental	22
5.6 Manejo do sistema	23
5.6.1 Semeadura da aveia preta – 1º ano de cultivo	23
5.6.2 Semeadura do milho – 1º ano de cultivo	24
5.6.3 Semeadura da aveia preta – 2º ano de cultivo	25
5.6.4 Semeadura do milho – 2º ano de cultivo	25
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
6.1 Aveia preta – 1º ano de cultivo	28
6.1.1 Rendimento de matéria seca	28
6.1.2 Análise foliar e quantidade de nutrientes	33
6.2 Milho – 1º ano de cultivo	37
6.2.1 Produtividade de grãos de milho	37
6.2.2 Análise foliar do milho	43
6.2.3 Parâmetros avaliados na cultura do milho	44
6.2.4 Análise de solo após o 1º ano de cultivo	48
6.2.4.1 Análises químicas do solo	48
6.2.4.2 Análise da densidade de partículas do solo	53
6.2.4.3 Análises biológicas do solo	54
6.3 Aveia preta – 2º ano de cultivo	55
6.3.1 Rendimento de matéria seca	55
6.3.2 Análise foliar e quantidade de nutrientes	58
6.4 Milho – 2º ano de cultivo	61
6.4.1 Produtividade de grãos de milho	61
6.4.2 Análise foliar do milho	64

6.4.3 Parâmetros avaliados na cultura do milho	64
6.4.4 Análise de solo após o 2º ano de cultivo	68
6.4.4.1 Análises químicas do solo	68
6.4.4.2 Análises físicas do solo	73
6.4.4.3 Análises biológicas do solo	76
7. CONCLUSÕES	78
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1. Dados de temperatura e precipitação pluvial mensal, durante a condução do experimento, no período de maio de 2000 até abril de 2002	18
2. Resultado da análise química e física das amostras de solo, coletadas no local do experimento antes da sua instalação, na profundidade de 0-20 cm. Março de 2000	19
3. Esquema do delineamento experimental	23
4. Análise química de amostras de solo obtidas na profundidade de 0-20 cm, dos tratamentos (F) e (B+F), para fins de recomendação de adubação do milho. 1º ano de cultivo	26
5. Análise química de amostras de solo obtidas na profundidade de 0-20 cm, dos tratamentos (F) e (B+F), para fins de recomendação de adubação da aveia preta. 2º ano de cultivo	26
6. Análise química de amostras de solo obtidas na profundidade de 0-20 cm, dos tratamentos (F) e (B+F), para fins de recomendação de adubação do milho. 2º ano de cultivo	27
7. Rendimento médio estimado de matéria seca de aveia preta, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, no 1º ano de cultivo	29
8. Análise de variância conjunta dos sistemas	29
9. Concentração de nutrientes em folhas de aveia preta, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, no 1º ano de cultivo	34
10. Quantidade de nutrientes na matéria seca de aveia preta, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, no 1º ano de cultivo ..	36
11. Resultados médios de produtividade de grãos de milho e massa de 100 grãos, em função dos tratamentos, no 1º ano de cultivo	38
12. Análise de variância conjunta dos sistemas	38
13. Concentração de nutrientes em folhas de milho, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, no 1º ano de cultivo	43
14. Resultados médios da altura da planta, altura de inserção da espiga e diâmetro do colmo das plantas de milho, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, no 1º ano de cultivo	45
15. Resultados médios do diâmetro da espiga, diâmetro do sabugo, comprimento da espiga e número de fileiras de grãos da espiga de milho, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, no 1º ano de cultivo ...	47
16. Análise química do solo, na profundidade de 0-5 cm, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, após o 1º ano de cultivo	50
17. Análise química do solo, na profundidade de 5-10 cm, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, após o 1º ano de	

cultivo	51
18. Análise química do solo, na profundidade de 10–20 cm, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, após o 1º ano de cultivo	52
19. Densidade de partículas do solo, na profundidade de 0-20cm, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, após o 1º ano de cultivo.....	53
20. Biomassa microbiana e produção de CO ₂ , na profundidade de 0-5 cm, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, após o 1º ano de cultivo	54
21. Rendimento médio estimado de matéria seca de aveia preta, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, no 2º ano de cultivo ..	56
22. Análise de variância conjunta dos sistemas	56
23. Concentração de nutrientes em folhas de aveia preta, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, no 2º ano de cultivo	59
24. Quantidade de nutrientes na matéria seca de aveia preta, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, no 2º ano de cultivo ..	60
25. Resultados médios de produtividade de grãos de milho e massa de 100 grãos, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, no 2º ano de cultivo	62
26. Análise de variância conjunta dos sistemas	62
27. Concentração de nutrientes em folhas de milho, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, no 2º ano de cultivo	65
28. Resultados médios da altura da planta, altura de inserção da espiga e diâmetro do colmo das plantas de milho, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, no 2º ano de cultivo	66
29. Resultados médios do diâmetro da espiga, diâmetro do sabugo, comprimento da espiga e número de fileiras de grãos da espiga de milho, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, no 2º ano de cultivo ..	67
30. Análise química do solo na profundidade de 0–5 cm, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, após o 2º ano de cultivo	69
31. Análise química do solo, na profundidade de 5–10 cm, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, após o 2º ano de cultivo	70
32. Análise química do solo, na profundidade de 10–20 cm, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, após o 2º ano de cultivo	71
33. Valores de percentagem da distribuição de agregados, por classe de tamanho, na profundidade de 0-20 cm, em função dos diferentes tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, após o 2º ano de cultivo	73
34. Porosidade total, macro e micro porosidade do solo, na profundidade de 0-20 cm, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, após o 2º ano de cultivo	74
35. Densidade do solo e densidade de partículas, na profundidade de 0-20 cm, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, após o 2º	

ano de cultivo	75
36. Retenção de água do solo, na profundidade de 0-20 cm, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, após o 2º ano de cultivo	76
37. Biomassa microbiana e produção de CO ₂ , na profundidade de 0-5 cm, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, após o 2º ano de cultivo	77

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Modelo do sistema em aléias e do sistema sem aléias	22
2. Rendimento médio estimado de matéria seca de aveia preta no 1º ano de cultivo. As barras de erro representam o desvio-padrão da média	30
3. Cultura da aveia preta no sistema em aléias (foto superior) e no sistema sem aléias (foto inferior), dois meses após a semeadura	32
4. Resultados médios de produtividade de grãos de milho no 1º ano de cultivo. As barras de erro representam o desvio-padrão da média	39
5. Cultura do milho no sistema em aléias (foto superior) e no sistema sem aléias (foto inferior), 45 dias após a semeadura	41
6. Rendimento médio estimado de matéria seca de aveia preta no 2º ano de cultivo. As barras de erro representam o desvio-padrão da média	57
7. Resultados médios de produtividade de grãos de milho no 2º ano de cultivo. As barras de erro representam o desvio-padrão da média	63

1. RESUMO

O experimento foi conduzido na área agrícola da Associação Brasileira de Agricultura Biodinâmica, Bairro Demétria, no Município de Botucatu- SP. O objetivo do trabalho foi avaliar a produtividade da cultura do milho (*Zea mays* L.), variedade AL 30, em sucessão com aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.), em um sistema agroflorestal em aléias com *Leucaena diversifolia* (Schlecht.) Bentham e em um sistema sem aléias, seguindo um delineamento estatístico de blocos casualizados, com quatro tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos utilizados, em ambos os sistemas, foram os seguintes: Testemunha (T); Fertilizante (F); Biomassa da poda das aléias de *L. diversifolia* (B); Biomassa da poda de *L. diversifolia* + fertilizante (B+F).

No primeiro ano de cultivo da aveia preta houve maior produção de matéria seca no sistema em aléias, não havendo diferença significativa na produtividade entre os dois sistemas no segundo ano. Em relação à análise foliar, houve diferença significativa entre os tratamentos nos valores de concentração de N, P, K, Mg, B, Fe, Mn e Zn do sistema sem aléias, e somente de K, S, Cu, Fe e Zn do sistema em aléias, obtendo-se maiores quantidades de nutrientes nos tratamentos com biomassa de *L. diversifolia*. No segundo ano de cultivo, as diferenças entre os tratamentos ocorreram nos valores de

concentração de K, Mg, S, Fe, Mn e Zn do sistema em aléias, e nos valores de K, S, Fe e Mn do sistema sem aléias.

Com relação à cultura do milho, as produtividades foram significativamente superiores no sistema em aléias nas duas colheitas. Também ocorreram diferenças no efeito dos tratamentos sobre a altura da planta, altura de inserção da espiga, diâmetro do colmo, diâmetro da espiga, diâmetro do sabugo e comprimento da espiga, no primeiro ano de cultivo, em ambos os sistemas. No segundo ano de cultivo ocorreram diferenças no efeito dos tratamentos sobre a altura da planta, altura de inserção da espiga, diâmetro do colmo, diâmetro da espiga, diâmetro do sabugo, comprimento da espiga e número de fileiras de grãos. Em relação à análise foliar do milho, no primeiro ano de cultivo, houve diferenças entre tratamentos nos valores de concentração de N, K, Cu e Zn do sistema em aléias e de N, P, K, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn do sistema sem aléias. No segundo ano de cultivo do milho, os resultados da análise foliar apresentaram diferenças significativas entre tratamentos nas concentrações de N, P, S, B, Cu, Fe e Mn do sistema em aléias, e de N, P, K, S, Cu, Fe, Mn e Zn do sistema sem aléias.

Após a primeira sucessão de culturas (aveia/milho), observou-se variações na fertilidade do solo em relação aos tratamentos, nos índices de P, H+Al, K, Mg, SB, CTC, B, Fe, Mn e Zn do sistema em aléias, e do sistema sem aléias, em relação ao teor de matéria orgânica, P, K, Ca, Mg, SB, CTC, V%, B, Cu, Fe, Mn e Zn. Após a segunda sucessão de culturas, houve diferença significativa entre os tratamentos para a maioria dos parâmetros avaliados no solo, nas três profundidades e nos dois sistemas.

Análises após o primeiro ano mostraram poucas mudanças nas características físicas do solo, mas ocorreram diferenças para densidade de partículas entre os tratamentos do sistema em aléias, mas não do sistema sem aléias. No segundo ano de cultivo, a estabilidade de agregados apresentou diferenças significativas entre os tratamentos tanto no sistema em aléias quanto no sistema sem aléias.

Ocorreram variações na produção de CO₂ nas análises biológicas do solo, nos dois sistemas apenas após o primeiro ano de cultivo.

**CORN (*Zea Mays* L) IN SUCESSION WITH BLACK OAT (*Avena Strigosa* Schreb.)
UNDER ALLEY CROPPING MANAGEMENT WITH *Leucaena diversifolia*.
Botucatu, 2003. 88 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) Faculdade de
Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.**

Author: MARIA JOSÉ ALVES BERTALOT

Adviser: IRAÊ AMARAL GUERRINI

2. SUMMARY.

The current experimental work was carried out in the agricultural area of the Brazilian Association of Biodynamic Agriculture, Demetria County, Botucatu–São Paulo, Brazil. The aim of this work was to evaluate the productivity of corn (*Zea mays* L.) in sequence with black oat (*Avena strigosa* Schreb.) in an alley cropping system (composed by *Leucaena diversifolia* Schlecht. Bentham) and in a non alley cropping system using a randomized block statistical design with four treatments and five replications, with data collection over two years. Treatments used in both systems were: 1) Control; 2) Chemical fertilizer; 3) Biomass of *Leucaena diversifolia* pruning; 4) Biomass of *Leucaena diversifolia* pruning + fertilizer.

In the first year, there was difference in black oat production between systems; this fact did not occur in the second year. With regard to leaf analyses there was significance in K, S, Cu, Fe, and Zn concentration in the alley cropping system and in N, P, K, Mg, Fe, Mn and Zn concentration in the non alley cropping system. There was higher nutrient content in the treatments with biomass of *Leucaena diversifolia*. In the second year there was significance in K, Mg, S, Fe, Mn and Zn content in the alley cropping system and in K, S, Fe and Mn content in the non alley cropping system.

With respect to corn there was significance among treatments in both systems in the first harvest for grain production, height, diameter of stem, diameter

and length of ear of corn, with higher production in the alley cropping system. In the second year the performance of the treatments was similar. In relation to corn leaf analyses, there was significance among treatments for N, K, Cu, and Zn in the alley cropping system and for N, P, K, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn and Zn in the no alley cropping system the first year. In the second year there were differences among treatments for N, P, S, B, Cu, Fe and Mn in the alley cropping system and for N, P, K, S, Cu, Fe, Mn and Zn in the non alley cropping system.

In relation to soil chemical analyses there were variations among treatments in the P, H+Al, K, Mg, SB, CTC, B, Fe, Mn and Zn values in the alley cropping system. In the non alley cropping system there were differences in organic matter, P, K, Ca, Mg, SB, CTC, V%, B, Cu, Fe, Mn and Zn values. After the second crop sequence there were differences among treatments for most of the soil parameters evaluated, in both systems at three sample collect deeps.

In terms of physical soil analyses, after the first crop sequence (black oat/corn) there were few changes in soil characteristics, occurring differences for soil particle density among treatments of the alley cropping system, but of the non alley cropping system. After the second crop sequence, soil aggregated stability from 0,25 to 0,10 mm did not show differences among treatments of alley cropping systems. In the non alley cropping system there were differences for all aggregated sizes. In the alley cropping system there were no differences in relation to soil porosity. In relation to soil density there was no difference among treatments in both systems.

There was not difference among microbiological biomass analyses, but there was difference in relation to CO₂ production among treatments in both systems just in the first year.

Keywords: Alley cropping systems, *Leucaena diversifolia*, crop rotation, crop sequence, green manure, corn, black oat, soil fertility.

3. INTRODUÇÃO.

O sistema de cultivo em aléias, conhecido internacionalmente como “alley cropping”, é um tipo de sistema agroflorestal simultâneo. Consiste na associação de árvores e/ou arbustos, geralmente fixadores de nitrogênio, intercalados em faixas com culturas anuais. As árvores ou arbustos são podados periodicamente para utilização da biomassa podada como adubação verde e/ou lenha, com o objetivo principal de melhorar a fertilidade do solo, e/ou como forragem de alta qualidade. Este sistema foi inspirado nas práticas dirigidas à recuperação de áreas em pousio melhorado mediante o uso de adubos verdes.

O uso do cultivo em aléias baseia-se no princípio de que é possível obter um uso produtivo e sustentável da terra, com diversificação de fontes de renda para o pequeno produtor, quando os métodos de conservação e reabilitação são introduzidos antes que ocorra degradação séria dos recursos.

Pode ser considerado como um sistema de agricultura migratória melhorado, com as seguintes características: as práticas de cultivo e pousio realizam-se simultaneamente; consegue-se um maior período de cultivo e um uso mais intensivo da terra; obtém-se uma regeneração mais efetiva da fertilidade do solo com espécies mais eficientes; os requerimentos de insumos externos são menores. Este sistema pode

constituir-se como uma opção para aumentar a fertilidade do solo com a redução ou a eliminação do uso de insumos externos.

Por outro lado, é necessário considerar que o espaço ocupado pelas árvores diminui o rendimento das culturas em termos de produtividade. Também pode haver competitividade por água e nutrientes entre a cultura e as árvores. É necessário alto investimento em mão-de-obra nas etapas iniciais de estabelecimento, de modo que a sua adoção pode ser complicada em situações onde a terra é abundante e a mão-de-obra escassa. Possivelmente, um de seus maiores potenciais é sua utilização em áreas com declividade, onde as fileiras de árvores podem contribuir para diminuir a erosão, formando terraços naturais. A forma de propagação das espécies arbóreas, o espaçamento das fileiras, a altura e a época de poda e as influências sobre o solo e as culturas anuais são vários aspectos que necessitam ser melhor investigados nesses sistemas.

O objetivo do trabalho foi avaliar a produtividade da cultura do milho (*Zea mays* L.), variedade AL 30, em sucessão com aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) em um sistema agroflorestal em aléias e em um sistema agrícola sem aléias. Com o advento dos sistemas orgânicos, onde cada vez mais se deixa de utilizar adubos minerais solúveis, torna-se necessário se aprofundar no desenvolvimento de alternativas para também substituir ou diminuir o uso de composto na propriedade, já que sua obtenção é também onerosa.

Além disso, na Agricultura Biodinâmica trabalha-se com sistemas agrícolas integrados, mediante o desenvolvimento de um organismo agrícola, onde o solo, a planta, o animal e o ser humano se integram harmoniosa e sustentavelmente na paisagem local e no meio ambiente, permitindo a melhoria de qualidade de vida do produtor e sua permanência no campo.

4. REVISÃO DE LITERATURA.

Nas últimas décadas do século XX e início deste século, cresceu muito a preocupação em relação à degradação dos recursos naturais não renováveis, entre eles o solo, e em relação à capacidade de satisfazer as necessidades presentes e das futuras gerações, nos países em desenvolvimento localizados em regiões tropicais. A degradação do solo é um problema sério nessas regiões, devido à intensa exploração dos recursos naturais e da adoção de práticas agrícolas inapropriadas. O desafio atual é incrementar a produtividade e a sustentabilidade na agricultura, de forma racional e aceitável, de maneira que permita satisfazer as necessidades do homem e, ao mesmo tempo, permita manter o recurso solo e minimizar a degradação ambiental (Kang, 1997). A agricultura conservacionista procura a conservação do solo e de outros recursos naturais e deve estar ajustada à aptidão agrícola e capacidade de uso da terra, através de um planejamento de seu uso (Levien, 1999). O planejamento de uso da terra tem como objetivo principal ajustar uma gleba de solo à sua capacidade de uso, protegê-la e mantê-la produtiva permanentemente (Ramalho Filho et al., 1978).

A escolha de métodos de preparo do solo, que promovam a mínima mobilização e de sistemas de rotação de culturas, que consigam manter uma cobertura sobre a superfície o ano inteiro, ou pelo menos, nas épocas de ocorrência das chuvas mais erosivas, aliado à obtenção de rendimentos econômicos pelos produtores, pode reduzir em

grande parte, a taxa atual de erosão e degradação das terras agrícolas, especialmente as utilizadas para produção de grãos (Levien, 1999).

Inúmeras pesquisas têm mostrado que considerações como manutenção de cobertura adequada e presença de matéria orgânica na superfície do solo, mínima perturbação do solo, uso racional de fertilizantes e corretivos do solo, uso de policulturas, pousio/adubação verde e rotação de culturas, são necessárias para proteger e manter a produtividade dos solos tropicais (Kang, 1997).

4.1 Sistemas Agroflorestais.

Nos anos 70 e 80 do século XX, surgiram tecnologias agrícolas com baixa demanda de energia, insumos e ou recursos, além de serem produtivos e sustentáveis (Kampen e Budford, 1980). Entre estas, destacaram-se os sistemas agroflorestais, combinando árvores (principalmente leguminosas) e culturas alimentícias e/ou forrageiras (Steppler e Nair, 1987). Bene et al. (1977) definiram estes sistemas como um manejo sustentável da terra que permite incrementar a produção total, combinando o uso de culturas anuais, árvores florestais e frutíferas e/ou animais simultânea ou sequencialmente, e que sejam compatíveis com o padrão cultural da população da região. Nair (1984) afirma que a agrossilvicultura é o uso da terra que envolve manutenção deliberada de árvores, introdução ou mistura de árvores/arbustos nos campos de produção agrícola ou pecuária e que permite obter benefícios a partir das interações ecológicas e econômicas que acontecem nesse processo.

Em relação a estas alternativas de manejo, Young (1989) formulou algumas hipóteses sobre o efeito dos sistemas agroflorestais: 1) possibilidade de controle da erosão, com redução das perdas de matéria orgânica e nutrientes; 2) manutenção ou aumento da matéria orgânica do solo; 3) melhoria das propriedades físicas do solo pelo incremento da matéria orgânica e ação das raízes; 4) as árvores e arbustos fixadores de nitrogênio podem aumentar os ingressos deste elemento no sistema, aumentando a produtividade; 5) o componente arbóreo dos sistemas agroflorestais pode aumentar a captação de nutrientes da atmosfera e dos horizontes subsuperficiais; 6) os sistemas agroflorestais podem resultar numa ciclagem de nutrientes mais eficiente; 7) a ciclagem de bases nos resíduos das árvores pode reduzir a acidez do solo; 8) os sistemas agroflorestais podem aumentar a disponibilidade de água para as culturas.

MacDicken e Vergara (1990) relatam que os sistemas agroflorestais tem algumas vantagens sobre os sistemas convencionais, as quais não se aplicam da mesma forma a todos os lugares e combinações de florestas/culturas e criação: 1) otimização na utilização do espaço; 2) redução dos extremos microclimáticos; 3) redução no risco de perda completa da cultura; 4) suporte físico para plantas herbáceas trepadeiras; 5) uso positivo da sombra. Algumas desvantagens seriam: 1) incremento da competitividade, já que as árvores competem com as culturas anuais por nutrientes, espaço para desenvolver-se, captação de energia solar e umidade do solo e podem reduzir significativamente a produção das culturas alimentícias; 2) danos mecânicos causados pelo cultivo e colheita; 4) alelopatia; 5) as árvores podem proporcionar um refúgio para todo tipo de pragas quando próximas de uma cultura. Wilson (1990) propõe mais uma hipótese a respeito do efeito natural das árvores sobre a fertilidade do solo, afirmando que a influência da sombra das árvores altera as condições do solo promovendo maior atividade microbiana e aumento da taxa de mineralização do nitrogênio.

Kang et al. (1990), relatam que os agricultores de Nalaad nas Filipinas já usavam sistemas de fileiras de árvores em curvas de contorno, em áreas com declividade, desde 1923. A espécie mais utilizada era *Leucaena leucocephala*. Kang et al. (1981) relatam que estudos realizados no International Institution of Tropical Agriculture (IITA), em Ibadan, Nigéria, durante os anos 70 do século XX, com o objetivo de avaliar o potencial de espécies lenhosas cultivadas conjuntamente com as culturas para manejar áreas frágeis e susceptíveis a erosão, e para melhorar o sistema tradicional de pousio, conduziram ao desenvolvimento do sistema de cultivo em aléias. O sistema em aléias retém as características básicas do sistema de pousio, derruba e queima, e pode ser considerado como um melhoramento deste (Kang et al., 1989). A principal vantagem do cultivo em aléias consiste em que as fases de cultivo e pousio ocorrem continuamente na mesma área, permitindo ao agricultor trabalhar a terra durante um período contínuo sem recorrer ao pousio.

Kang (1997) relata a importância da adoção do sistema em aléias, principalmente nas regiões com elevada incidência de chuva e com baixa adição de recursos externos. Segundo esse autor, este sistema integra a presença de árvores e arbustos, em diferentes disposições espaciais nas áreas agrícolas, dentro de um sistema produtivo. A presença das espécies arbóreas no sistema em aléias, contribui para a reciclagem de nutrientes, redução das perdas de nutrientes por lixiviação, estimulação de

uma maior atividade microbiana, controle da erosão e melhoria da fertilidade do solo e produção sustentável de culturas. Ainda segundo este autor, o sistema em aléias ou pousio modificado está baseado nos seguintes princípios: as árvores e arbustos manejados desempenham as mesmas funções do que no pousio quanto à reciclagem de nutrientes e regeneração da fertilidade do solo; a poda das aléias fornece mulch (cobertura vegetal) e adubo verde; o sombreamento parcial durante a entressafra ou pousio contribui para o controle de ervas daninhas; a inclusão de espécies fixadoras de nitrogênio pode beneficiar o sistema; a presença de espécies arbustivas e arbóreas pode contribuir para a conservação de água e solo; as aléias podem contribuir como fonte de alimentos e madeira para usos diversos na propriedade.

Segundo Kang et al. (1990), o sucesso do cultivo em aléias depende da escolha da espécie de planta adequada, sucesso no estabelecimento das aléias e manejo apropriado das aléias. Kang et al. (1984) mencionaram algumas características básicas para uma espécie ser utilizada em um sistema de cultivo em aléias: facilidade de estabelecimento; sistema radicular profundo; rápido crescimento; tolerância a podas; habilidade para rebrotar vigorosamente e elevada produção de folhagem. A habilidade de fixar nitrogênio junto com um elevado teor de nitrogênio nas folhas e uma rápida decomposição da folhagem são características desejáveis para a manutenção da fertilidade do solo (Kang et al., 1990; Kang et al., 1981; Kang e Fayemilihin, 1995 e Chagas et al., 1981). As interações ecológicas, atmosféricas e edáficas, entre as culturas e as espécies arbóreas e/ou arbustivas interferem na dinâmica dos nutrientes no sistema, podendo ser manejadas de forma a intensificar o aproveitamento pelas culturas (Ong et al., 1991).

A prática da adubação verde, proporcionada pelo cultivo em aléias, tende a minimizar o uso de insumos provenientes de fora da propriedade. Além disso, a associação de diferentes espécies em uma mesma área, proporcionaria também maior diversidade no ambiente e uma maior cobertura do solo (Nair, 1984). A presença de raízes profundas das árvores, nos sistemas agroflorestais minimiza a perda de nutrientes por lixiviação, em comparação ao monocultivo. A associação de espécies, através da promoção da atividade das minhocas, pode melhorar o enraizamento das plantas anuais. Além disso, a liberação dos exudatos radiculares e dos compostos orgânicos, durante a decomposição dos tecidos mortos, auxilia na redução da toxidez de alumínio em sub-superfície (Schroth et al., 1995).

O sistema de cultivo em aléias, sendo um sistema intermediário e suficientemente flexível, pode ser usado tanto por pequenos agricultores com pouca tecnologia, como nas propriedades mecanizadas (Kang et al., 1989). Este sistema tem o potencial de servir de elo entre as práticas tradicionais extensivas e a agricultura intensiva, permitindo obter maior número de colheitas e intensificar o uso da terra, acelerar a regeneração dos solos e recuperar sua fertilidade mediante a inclusão de árvores de uso múltiplo e reduzir o requerimento de insumos externos (Kaya e Nair, 2001). Copijn (1988) e Ssekabembe (1985) reforçam este fato dizendo que o manejo de adubação verde pelo cultivo em aléias é importante, principalmente nos trópicos, onde a maioria dos nutrientes das plantas são provenientes da mineralização da matéria orgânica, componente pobre nos solos tropicais. Embora muitas vezes descrito como um sistema para pequena produção, o cultivo em aléias não é totalmente restrito para tais situações podendo ser igualmente aplicado em condições de manejo com nível tecnológico mais elevado, com adubação mineral complementar e irrigação.

Muitas espécies são potencialmente adequadas para estes sistemas, porém poucas tem sido objeto de pesquisa, citando entre elas, *Leucaena* sp., *Albizia* sp., *Gliricidia sepium* e *Calliandra calothyrsus* (Nair, 1984).

Outras espécies que tem recebido alguma atenção são: *Sesbania* sp., *Alchornea cordifolia*, *Cassia* sp., *Erythrina* sp., *Inga* sp. Foi observado que tanto *Gliricidia sepium* como *Leucaena leucocephala* comportam-se mal em solos ácidos com elevados níveis de alumínio (Glover e Beer, 1986; Brewbaker, 1987).

A *Leucaena* sp. é uma planta nativa da América Central e sudeste do México (Foroughbakch e Hauad, 1990). Esta planta, associada ao *Rhizobium*, pode fixar de 75 a 584 kg de nitrogênio/ha/ano, além de satisfazer seus próprios requerimentos de nitrogênio e melhorar a fertilidade do solo (Lal, 1988; Mitidieri, 1982). A *Leucaena leucocephala* (Lam. De Wit) é tradicionalmente reconhecida como uma das mais importantes espécies do grupo de leguminosas arbóreas e possui as seguintes características favoráveis: rápido crescimento, sistema radicular profundo, uso múltiplo, resistência à seca e facilidade de consórcio com culturas agrícolas (Resende e Medrado, 1994; Alcantara e Bufarah, 1992). Entretanto, Jha et al. (1991), em Dehradun, Índia, e Vale et al. (1993), em Lavras- MG, observaram um reduzido crescimento das raízes de *Leucaena leucocephala* em solos ácidos, devido principalmente ao excesso de alumínio e/ou deficiência de cálcio.

Devido a este inconveniente, têm sido pesquisadas algumas espécies de *Leucaena* tolerantes e altamente tolerantes a acidez, respectivamente, como a *L. diversifolia* e *L. shannoni* (Hutton, 1984). A *Leucaena diversifolia* (Schlecht.) Bentham é uma leguminosa perene, arbustiva ou arbórea, que pode alcançar até 3 m de altura no primeiro ano após o estabelecimento. É uma espécie tropical de crescimento rápido, capaz de produzir uma grande quantidade de biomassa, com potencial para regiões subtropicais, conforme Bertalot e Mendoza (1998).

A adição de nutrientes pela fitomassa varia dependendo das espécies utilizadas e da proporção entre folhas e caules. Para uma mesma espécie, a quantidade de nutrientes adicionados depende da fertilidade do solo, clima, idade da planta, densidade populacional e frequência das podas (Palm, 1995). No caso de *Leucaena* sp., a adição de nutrientes pela fitomassa a cada poda pode variar de 20 a 100 kg ha⁻¹ de N, 2 a 5 kg ha⁻¹ de P, 10 a 90 kg ha⁻¹ de K, 1 a 10 kg ha⁻¹ de Mg e 2 a 25 kg ha⁻¹ de Ca (Fernandes et al., 1993).

Em relação ao conteúdo de nutrientes nas folhas de *Leucaena diversifolia*, Balasubramanian e Sekayange (1991), na região de Kavasa, Ruanda, reportam a seguinte quantidade: 21,9 g kg⁻¹ de N; 0,79 g kg⁻¹ de P; 8,90 g kg⁻¹ de K; 18,7 g kg⁻¹ de Ca e 3,00 g kg⁻¹ de Mg. Bertalot (1997) na região de Botucatu-SP, em árvores com a idade de 2 anos, reporta os seguintes valores: 23,6 g kg⁻¹ de N; 1,3 g kg⁻¹ de P; 6,4 g kg⁻¹ de K; 10,9 g kg⁻¹ de Ca e 4,1 g kg⁻¹ de Mg. Além do aporte de minerais, os sistemas agroflorestais podem fornecer ao solo 3 a 15 t ha⁻¹ ano⁻¹ de carbono, com um adicional de 1,3 a 6,5 t ha⁻¹ ano⁻¹ de carbono através das raízes (Sanches, 1995).

Brook (1992), informa que os benefícios obtidos de um sistema agroflorestal em aléia podem ser: a produção de mulch, liberação de nutrientes pela serrapilheira, morte de raízes, e a fixação biológica nos nódulos. Em um experimento com plantio de batata doce consorciado com aléias de diferentes espécies de leguminosas, o autor obteve na biomassa de *Leucaena diversifolia* 3,32% de N; 0,19% de P e 1,83% de K e uma disponibilidade de nutrientes de 78 kg ha⁻¹ de N, 4,4 kg ha⁻¹ de P e 42,7 kg ha⁻¹ de K.

Rathert e Werasopon (1992), trabalhando em Bangkok, em um solo com uma média de pH de 6,0, avaliaram o potencial de fornecimento de nutrientes de quatro espécies de leguminosas, comparadas com fertilizante na cultura de arroz. Os tratamentos utilizados foram: Testemunha (sem adubação verde nem fertilizante), Adubação mineral,

NPK (25-12,5-12,5 kg ha⁻¹, respectivamente), Biomassa de *Leucaena leucocephala*, Biomassa de *Gliricidia sepium*, Biomassa de *Cassia siamea*; Biomassa de *Cajanus cajan* e a produtividade de arroz foi de 0,35 t ha⁻¹; 0,78 t ha⁻¹; 0,52 t ha⁻¹; 0,95 t ha⁻¹; 0,49 t ha⁻¹; e 0,22 t ha⁻¹, respectivamente. Segundo os autores, em contraste com fertilizantes, a adubação verde atuou como uma fonte de lenta liberação de nutrientes. A biomassa de *Gliricidia sepium* foi mais efetiva que o fertilizante na produtividade de arroz. Outra conclusão foi que pequenas doses de fertilizantes associadas com adubação verde e biomassa de leguminosas fixadoras de nitrogênio, contribuíram para incrementar a produtividade de forma efetiva.

4.2 Rotação de culturas e uso de adubação verde.

A rotação de culturas é a sucessão ordenada no cultivo de diferentes espécies vegetais, num determinado período, na mesma área, objetivando uma mudança de espécies, escolha de culturas de acordo com a sua influência sobre o solo e o desenvolvimento de efeitos residuais benéficos para a cultura em sucessão (Wendt, 1998).

A adubação verde é uma opção de melhoria do solo, permitindo a obtenção de resultados similares àqueles obtidos com adubação química na cultura do milho. Uma função importante das coberturas verdes reside na reciclagem de nutrientes principalmente do nitrogênio, e/ou fixação simbiótica de N₂, no caso da utilização de leguminosas, contribuindo para a redução do nitrogênio aplicado ao solo; as leguminosas podem suprir de 80 a 100 kg ha⁻¹ de N para a cultura do milho (Ferreira, 1996); a adubação verde de inverno, pode servir como fonte de carbono e nitrogênio ao solo (Rosso, 1996).

Conforme Ferreira (1996), ocorre um aumento no rendimento de grãos de milho, variando de 21 a 60%, com a incorporação de leguminosas e um aumento nos teores de cálcio, magnésio, matéria orgânica e na capacidade de troca catiônica em um Latossolo Amarelo de textura franco arenosa e de baixa fertilidade. Ainda Ferreira (1996), constatou que a adubação verde com feijão de porco aumentou significativamente a produção de grãos de milho (21,6%) em relação à testemunha, enquanto a adubação com uréia elevou a produção em apenas 15%. Usando tremoço branco como adubação verde, Muzilli et al.(1983), conseguiram índices médios de aumento da produção do milho da ordem de 26% em relação aos obtidos em condições de solo degradado.

Derpsch et al. (1985), observaram produções de matéria seca de 5.590 t ha⁻¹ de aveia preta. Conforme Levien (1999), a aveia preta destaca-se como uma das mais importantes culturas empregadas para uso como adubo verde no inverno. Pode ser também aproveitada para produção de grãos, silagem, feno e pastoreio direto e quando utilizada como adubo verde, pode ser manejada através de métodos mecânicos (rolo-faca, trituradores de palhas, segadoras ou roçadeiras) ou químicos (herbicidas, dessecantes). Este manejo geralmente é efetuado próximo ao estágio denominado de grão leitoso, para não permitir a produção de sementes.

4.3 Implicações da manutenção de resíduos culturais, adubação verde ou matéria orgânica sobre a superfície do solo.

A adubação verde consiste na prática de se incorporar ao solo, massa vegetal não decomposta, de plantas cultivadas no local ou importadas, com a finalidade de preservar e/ou restaurar a produtividade dos solos agricultáveis, porque a matéria orgânica favorece maior teor de húmus no solo, proporcionando alta produtividade para as culturas (Ferreira, 1996).

Os resíduos vegetais aumentam a disponibilidade de nitrogênio pela decomposição da matéria orgânica (Tanaka, 1981; Heinzmann, 1985). A matéria orgânica, resultante dos resíduos culturais, possui alta capacidade de adsorver cátions (Wendt, 1998); favorece também o desenvolvimento de microorganismos, propiciando um meio físico-químico mais adequado para suprir energia e nutrientes às culturas em sucessão (Tanaka, 1981). Os resíduos vegetais, incorporados ou deixados como cobertura, mantêm relativamente constante o teor de matéria orgânica do solo (Wendt, 1998; Santos et al., 1986).

A adubação verde associada à adubação mineral, tem resultado em maior disponibilidade de nitrogênio, fósforo e potássio para as culturas (Silva et al., 1985) e ao longo dos anos, poderá aumentar os teores de matéria orgânica, proporcionando significativas melhorias nas características químicas, físicas e biológicas do solo, favorecendo o desenvolvimento radicular das culturas posteriores (Wendt, 1998).

O benefício da adubação verde e o efeito da cobertura no controle da erosão e na recuperação das características do solo, está diretamente relacionado com a espécie de planta, principalmente no que se refere à percentagem e a velocidade de

cobertura do solo. De um modo geral, os adubos verdes apresentam maior efeito residual no solo, que os de origem mineral, devido à lenta mineralização dos compostos orgânicos, tornando os nutrientes disponíveis num maior espaço de tempo. Deste modo, estes nutrientes ficam sujeitos às reações químicas do solo, ao contrário do que acontece com os adubos minerais (Ferreira, 1996). O incremento em matéria orgânica promove melhor agregação do solo e formação de agregados mais estáveis (Mullins, 1995).

4.4 Cultura do milho.

O milho é uma das culturas mais antigas e difundidas no mundo. Apesar dos avanços tecnológicos disponíveis, a produtividade média brasileira ainda é muito baixa, em torno de 3.000 kg ha⁻¹ (Agrianual 99, 2000); mas dependendo da região e do manejo da cultura, é possível atingir o patamar de 10.000 kg ha⁻¹ (Levien, 1999). Da mesma maneira, Ferreira (1996), reitera que a produtividade brasileira é muito baixa, em torno de 2.435 kg ha⁻¹. Schaum (1990), mostra que entre produtores de milho, 72% tem áreas de 1 a 50 ha e semeiam milho em áreas inferiores a 10 ha, sendo responsáveis por 56% da produção brasileira de milho, com uma baixa produtividade, em torno de 2.300 kg ha⁻¹.

Segundo Raij e Cantarella (1997), para uma produtividade esperada de 8 a 10 t ha⁻¹ de milho e de acordo com a análise de solo, após aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 70% e o magnésio a um teor mínimo de 5 mmolc dm⁻³, é necessário aplicar no plantio 30 kg ha⁻¹ de N no plantio + 60–90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ + 50 kg ha⁻¹ de K₂O + 40 kg ha⁻¹ de S + 4 kg ha⁻¹ de Zn, quando os teores estiverem entre 0,6 e 1,2 mg dm⁻³. A adubação mineral em cobertura deve ser realizada com 120, 90 ou 50 kg ha⁻¹ de N (alta, média e baixa resposta a nitrogênio, respectivamente) + 20, 60 ou 90 kg ha⁻¹ de K₂O, dependendo da quantidade de K⁺ trocável no solo (1,6-3,0; 0,8-1,5; 0-0,7 mmolc dm⁻³, respectivamente); num máximo de 150 kg ha⁻¹ de N (plantio + cobertura).

A adubação padrão para a cultura do milho nos Estados Unidos, num solo já corrigido, com pH de 6,0-6,2, com o objetivo de produzir 9 t ha⁻¹ de grãos, é de 200 kg de N, 50 kg de P₂O₅ e 50-60 kg de K₂O por ha, no caso de cultura do milho após milho. Como nos Estados Unidos raramente se aduba a cultura de soja, no milho plantado após e antes da soja a adubação recomendada será ao redor de 160 kg ha⁻¹ de N (desconta-se 30-40 kg de N por ha deixado pela soja), 100 kg de P₂O₅ e 150 kg de K₂O por ha

(Mengel, 1996). Da Ros et al. (1992), trabalhando com a cultura do milho, em rotação com diferentes leguminosas e aveia preta, e diferentes doses de adubação nitrogenada, observaram que a quantidade de nitrogênio acumulada na parte aérea das espécies de adubação verde testadas, foi maior no tremoço (131 kg ha^{-1}), seguido pelo chícharo, ervilha forrageira, ervilhaca comum e aveia preta, com 118, 117, 84 e 46 kg ha^{-1} , respectivamente. Com a maior aplicação de nitrogênio, a produtividade do milho foi de 5.640 kg ha^{-1} . Embora o rendimento de grãos na dose máxima de N tenha sido semelhante em todos os tratamentos, os maiores incrementos com aplicação de nitrogênio foram verificados nas parcelas com aveia preta como adubação verde de inverno (2.688 kg ha^{-1}).

Além de sua importância econômica, a cultura do milho utilizada em rotação com soja, sorgo, aveia e trigo, foi fundamental para o aumento da área semeada com plantio direto no Brasil, devido a sua grande capacidade de produção de resíduos e resistência a pragas e doenças (Levien, 1999).

5. MATERIAL E MÉTODOS.

5.1 Área experimental.

O experimento foi conduzido na Associação Brasileira de Agricultura Biodinâmica, Bairro Demétria, no Município de Botucatu, SP entre maio de 2000 e maio de 2002. A Associação Biodinâmica está localizada em uma área de Cerrado, tendo um tipo de solo e vegetação característicos deste ecossistema, e está delimitada pelas coordenadas geográficas 22° 57' Latitude Sul e 48° 25' Longitude Oeste, com altitude de 900 m. O clima local é do tipo “cfa”, subtropical chuvoso, segundo a classificação de Köppen. A temperatura média anual é de 20,5°C e a precipitação média anual é de 1.549 mm, ocorrendo em maior quantidade de novembro a março, conforme dados registrados durante 20 anos na Estação Meteorológica da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Fazenda Lageado, UNESP, Campus de Botucatu, SP.

A área experimental consistiu de duas áreas vizinhas, uma com um sistema agroflorestal em aléias de *Leucaena diversifolia* e a outra sem aléias. O sistema em aléias foi instalado em janeiro de 1995 e as árvores permaneceram sem ser podadas durante 5 anos, sendo que no final de 1999 foi realizada uma poda das aléias e semeou-se adubação verde de coquetel (uma mistura de sementes de várias espécies, como girassol, mucuna

preta, crotalaria, entre outras) na faixa entre as aléias. Em abril de 2000 foi cortada a adubação verde e toda a biomassa produzida foi retirada da área (ou seja, as plantas usadas como adubo verde apenas retiraram nutrientes, já que não foram incorporadas ao solo em virtude da instalação do ensaio). A área onde foi instalado o sistema sem aléias apresentava uma cobertura de *Brachiaria decumbens* desde 1996.

Os dados de temperatura média mensal e de precipitação pluvial mensal, durante o período de condução do experimento, encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Dados de temperatura e precipitação pluvial mensal, durante a condução do experimento, no período de maio de 2000 até abril de 2002.

Ano	Temp média °C	Precipitação pluvial mm
2000		
Maio	18,13	10,3
Jun	18,64	12,8
Jul	15,28	55,0
Ago	17,62	73,7
Set	18,36	127,9
Out	23,24	20,3
Nov	21,42	191,9
Dez	22,28	186,8
2001		
Jan	23,57	322,2
Fev	23,86	278,2
Mar	23,29	156,6
Abril	22,64	24,9
Maio	17,56	91,0
Jun	16,69	56,9
Jul	17,35	46,1
Ago	18,04	53,8
Set	18,50	87,5
Out	19,99	142,7
Nov	21,76	117,7
Dez	20,73	221,3
2002		
Jan	21,36	271,3
Fev	20,66	209,5
Mar	23,94	150,0
Abril	22,80	02,8

5.2 Solo.

O solo da área onde está localizada a Associação Biodinâmica foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo, distrófico, de textura média, fase arenosa, derivado de arenito do grupo Bauru, com pH de 3,8 a 4,0.

Antes de instalar o experimento foram coletadas amostras de solo representativas da área em questão, na profundidade de 0-20 cm, para a realização de análises físicas pelo método do densímetro (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1997) e químicas pela metodologia descrita por Raij et al. (2001), cujos resultados se encontram na Tabela 2. As análises de solos foram realizadas no Laboratório do Departamento de Recursos Naturais/Ciência do solo, FCA/UNESP, Botucatu, SP.

Tabela 2. Resultado da análise química e física das amostras de solo, coletadas no local do experimento antes da sua instalação, na profundidade de 0-20 cm. Março de 2000.

Análise química																
	pH	M.O.	P	Al ³⁺	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Sist.	CaCl ₂	g dm ⁻³	resina mg dm ⁻³	mmolc dm ⁻³							mg dm ⁻³					
Em aléias	5,2	17	17	0,6	20	0,4	19	9,4	29,2	49,2	59,4	0,14	0,8	29	0,9	0,44
Sem aléias	5,2	16	14	0,6	19	0,3	17	9,0	26,6	45,6	57,6	0,11	1,1	32	0,5	0,26
Análise física																
Ambos sistemas de produção			Argila	Areia			Silte			Textura do solo						
			g kg ⁻¹													
			180	790			30			Média						

Após a primeira colheita do milho, foram retiradas amostras de solo nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm, para realizar análises químicas e observar as diferenças entre os tratamentos de cada sistema. Foram retiradas 6 amostras simples nas entrelinhas da cultura para formar uma amostra composta, para cada profundidade e cada parcela.

As análises químicas de solo foram realizadas com metodologia de acordo com Raij et al. (2001). Foram coletadas também amostras de 0-20 cm para a realização de análises de densidade de partículas pelo método do balão volumétrico e amostras de 0-5 cm para a realização de análises biológicas do solo: respiração, conforme método de Anderson (1982), e biomassa microbiana, conforme Vance et al. (1987).

Após o segundo ciclo de sucessão de culturas, além das análises químicas e biológicas, foram realizadas análises físicas do solo, como densidade das partículas pelo método do balão volumétrico, porosidade total, macro e micro porosidades e estabilidade de agregados, de acordo com a metodologia preconizada pela EMBRAPA (1997). As análises químicas e físicas foram realizadas no laboratório do Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo, Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Botucatu, SP, e as análises biológicas foram realizadas no laboratório do Departamento de Solos, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba, SP.

5.3 Espécies vegetais.

As mudas das árvores utilizadas no sistema agroflorestal em aléias pertencem à espécie *Leucaena diversifolia* (Schlecht.) Benth K156, proveniente do banco de sementes do NFTA (Nitrogen Fixing Tree Association), Hawaii, e foram plantadas a um espaçamento de 0,50m na linha e 6m entre aléias, em janeiro de 1995. Esta espécie já vinha sendo plantada com sucesso na área da Associação Biodinâmica, devido a sua adaptabilidade aos solos de Cerrado (Bertalot et al., 2002). Quando da época da poda, o material da *L. diversifolia* foi separado, pesado e seco para análise química nutricional de acordo com metodologia desenvolvida por Malavolta et al. (1997). O peso de matéria seca obtido por árvore foi de 3,75 kg, equivalente à 50% de ramos e 50% de folhas. Conforme a análise de planta, o material da poda de *L. diversifolia* (folhas e galhos) continha: 31 g kg⁻¹ de N, 1,4 g kg⁻¹ de P, 15 g kg⁻¹ de K, 6 g kg⁻¹ de Ca, 2,4 g kg⁻¹ de Mg, 1,6 g kg⁻¹ de S, 21 mg kg⁻¹ de B, 31 mg kg⁻¹ de Cu, 143 mg kg⁻¹ de Fe, 36 mg kg⁻¹ de Mn e 10 mg kg⁻¹ de Zn.

As culturas anuais que foram utilizadas na condução do experimento foram: aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.), utilizada como cultura de inverno em sucessão com milho (*Zea mays* L.), variedade CATI-AL 30, utilizado como cultura de verão.

Para determinar o rendimento da biomassa de aveia preta em cada parcela, em ambos os sistemas, foram selecionadas três linhas de aveia, sendo que ao longo de cada uma delas foi medido 1m de comprimento. Este material foi cortado e determinou-se o peso seco, extrapolando-se estes resultados para a área útil de cada parcela e para toneladas por hectare.

No caso da cultura do milho foram selecionadas as três linhas centrais de cada parcela e foi medido 1m de comprimento ao longo de cada linha, onde foi realizada a avaliação de todas as plantas em relação a germinação, sobrevivência, altura da planta, altura de inserção da espiga e diâmetro do colmo. Foram colhidas 10 espigas nos três metros de linha e avaliou-se o peso da espiga, comprimento da espiga, diâmetro da espiga sem palha, diâmetro do sabugo, número de fileiras, massa de 100 grãos, massa dos grãos de dez espigas, sendo obtida a massa de grãos colhidos na área útil de cada parcela e os valores extrapolados para toneladas por hectare, com correção da umidade para 13%.

Além disso, foram retiradas amostras de folhas para análise nutricional tanto da aveia preta quanto do milho, conforme metodologia desenvolvida por Malavolta et al. (1997). As análises de plantas foram realizadas no laboratório do Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo, Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Botucatu, SP.

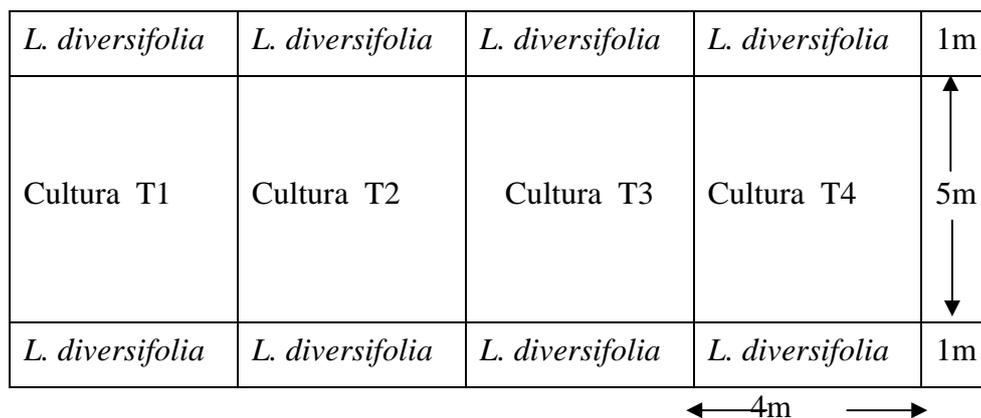
5.4 Tratamentos.

Foram instalados dois experimentos, um deles em uma área com sistema agroflorestal em aléias, e outro em uma área sem aléias. Os tratamentos utilizados, tanto para o sistema em aléias como para o sistema sem aléias, foram os seguintes:

- T1. Testemunha (T), sem aplicação de biomassa da poda de *Leucaena diversifolia* nem fertilizante;
- T2. Com aplicação de fertilizante (F);
- T3. Com aplicação de biomassa da poda da *Leucaena diversifolia* (B);
- T4. Com aplicação de biomassa da poda da *Leucaena diversifolia*+fertilizante (B+F).

Em todos os tratamentos foram mantidos os resíduos vegetais das culturas, a partir da colheita da aveia preta – 1º ano de cultivo.

sistema em aléias



Sistema sem aléias

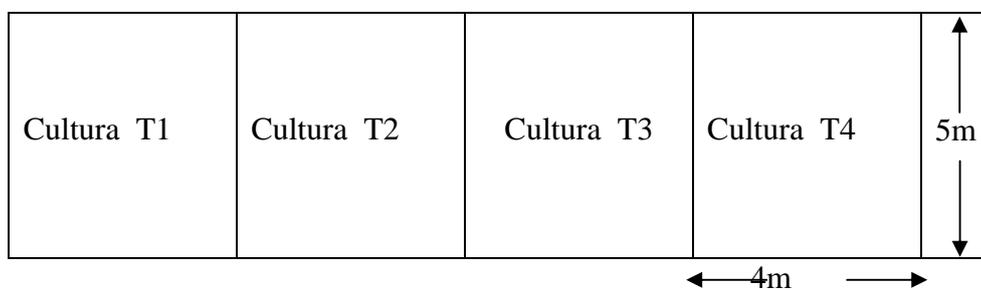


Figura 1. Modelo do sistema em aléias e do sistema sem aléias.

5.5 Delineamento experimental.

O delineamento experimental consistiu em blocos ao acaso, com quatro tratamentos e cinco repetições, num total de 20 parcelas em cada sistema estudado. Cada parcela experimental ocupou uma área de 20m² (5m de largura x 4m de comprimento), com 1 metro de bordadura entre as parcelas. A análise de variância foi realizada pelo Programa Estat e o teste de Tukey foi utilizado para a comparação das médias, sendo realizada uma análise conjunta para os parâmetros de produtividade de matéria seca da aveia preta e de grãos de milho, conforme Banzatto e Kronka (1989).

Tabela 3. Esquema do delineamento experimental.

Sistema em aléias		Sistema sem aléias		Análise Conjunta	
Causa da Variação	GL	Causa da Variação	GL	Causa da Variação	GL
Tratamentos	3	Tratamentos	3	Tratamento (T)	3
Blocos	4	Blocos	4	Sistema (S)	1
Resíduo	12	Resíduo	12	T X S	3
Total	19	Total	19	Blocos	8
				Resíduo	24
				Total	39

5.6 Manejo do sistema.

A *Leucaena diversifolia* foi podada antes de cada semeadura das culturas, aveia e milho. O material podado foi utilizado como adubação verde e colocado nas parcelas dos tratamentos Biomassa (B) e Biomassa + fertilizante (B+F) em ambos os sistemas. A aveia preta foi semeada no inverno e o milho no verão durante dois anos consecutivos. Antes de cada semeadura foi passada uma grade leve na área experimental.

5.6.1 Semeadura da aveia preta - 1º ano de cultivo.

A área onde seria instalado o sistema em aléias foi arada e gradeada em abril de 2000. Em maio de 2000, as duas áreas foram gradeadas e a aveia preta foi semeada em um espaçamento de 20 cm entre linhas, com 40 a 60 sementes viáveis por metro. Conforme a análise inicial de solo (Tabela 2), não foi necessário aplicar calcário já que a saturação por bases estava acima de 50%.

A adubação mineral de plantio, conforme a análise de solos para uma produtividade esperada de grãos de 2-3 toneladas ha⁻¹, seguiu a recomendação de Camargo et al. (1997) e foi a seguinte: 300 kg ha⁻¹ de 04-20-20 + 0,1% B mais 18 kg ha⁻¹ de N na forma de 40 kg ha⁻¹ de 46-0-0 nos tratamentos (F) e (B+F). A adubação mineral de cobertura consistiu em 40 kg ha⁻¹ de N, na forma de 200 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio.

Para as parcelas com aplicação de biomassa de *Leucaena diversifolia*, adotou-se a recomendação de Copijn (1988) de 7,5 t ha⁻¹ ou 15 kg/parcela de matéria seca da poda das aléias. A quantidade de nutrientes contidos neste material, conforme análise química nutricional, foi a seguinte: N=0,46 kg/parcela ou 232,50 kg ha⁻¹; P=0,021kg/parcela ou 10,5 kg ha⁻¹; K=0,225 kg/parcela ou 112,50 kg ha⁻¹; Ca=0,09 kg/parcela ou 45 kg ha⁻¹; Mg=0,036 kg/parcela ou 18 kg ha⁻¹; S=0,024 kg/parcela ou 12 kg ha⁻¹; B=0,000315 kg/parcela ou 0,1575 kg ha⁻¹; Cu=0,00046 kg/parcela ou 0,23 kg ha⁻¹; Fe=0,0021 kg/parcela ou 1,07 kg ha⁻¹; Mn=0,00054 kg/parcela ou 0,27 kg ha⁻¹; Zn=0,00015 kg/parcela ou 0,075 kg ha⁻¹.

A aveia preta foi cortada na fase de grão leitoso, aos 120 dias, conforme sugerido por Derpsch e Calegari (1992). O material podado foi deixado como cobertura do solo, em todas as parcelas nos dois sistemas.

5.6.2 Semeadura do milho - 1º ano de cultivo.

O milho, var. AL 30 foi semeado em 20 de novembro de 2000 e o espaçamento de plantio foi de 0,90m entre linhas, cinco plantas por metro. A densidade de plantio foi de 55.000 plantas por hectare. Para fins de recomendação de adubação dos tratamentos (F) e (B+F), foram retiradas amostras de solo das diferentes repetições dos respectivos tratamentos dos dois sistemas. Os resultados da análise de solo estão apresentados na Tabela 4. Conforme essa análise e a recomendação de adubação descrita por Raij e Cantarella (1997), foi aplicado calcário para elevar a saturação por bases a 70% (0,43 t ha⁻¹ de calcário dolomítico). Para a adubação mineral de plantio, para uma produtividade esperada de 4-6 t ha⁻¹ de grãos, foram aplicados 300 kg ha⁻¹ da fórmula comercial 04-20-20+0,1% B mais 8 kg de N, na forma de 17,39 kg ha⁻¹ de 46-0-0. Na adubação mineral de cobertura foram aplicados 40 kg ha⁻¹ de N, na forma de 200 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio. Para a adubação verde, foram adicionadas 7,5 t ha⁻¹ de matéria seca da poda da *Leucaena diversifolia*, ou 15 kg/parcela de matéria seca, nos tratamentos (B) e (B+F) de ambos os sistemas. As espigas de milho foram colhidas em março de 2001 e os restos da cultura foram deixados como cobertura do solo, em todas as parcelas nos dois sistemas.

5.6.3 Semeadura da aveia preta - 2º ano de cultivo.

Após a colheita do milho, a segunda semeadura de aveia preta foi realizada em 30 de maio de 2001, com o mesmo espaçamento utilizado na primeira semeadura. Não foi necessário aplicar calcário, já que a saturação por bases estava acima de 50% nos tratamentos (F) e (B+F), de ambos os sistemas (Tabela 5).

Para a adubação mineral de plantio, foram aplicados 300 kg ha⁻¹ de 04-20-20+0,1% B mais 18 kg ha⁻¹ de N, na forma de 40 kg ha⁻¹ de 46-0-0 nos tratamentos (F) e (B+F). Para a adubação mineral de cobertura, foram aplicados 40 kg ha⁻¹ de N, na forma de 200 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio, nos tratamentos (F) e (B+F). Para a adubação verde, a quantidade de material de poda de *Leucaena diversifolia* (matéria seca) adicionada foi a mesma do primeiro ano. A aveia foi manejada da mesma forma que no primeiro ano, deixando-se os restos da cultura como cobertura do solo, em todas as parcelas nos dois sistemas.

5.6.4 Semeadura do milho – 2º ano de cultivo.

O milho foi semeado em 29 de novembro de 2001 e o espaçamento de semeadura foi o mesmo do primeiro ano. De acordo com análise de solo para recomendação de adubação (Tabela 6), a saturação por bases estava em torno de 50% nos tratamentos (F) e (B+F) para ambos os sistemas e foi aplicado calcário para elevar a saturação por bases a 70 % (1 t ha⁻¹ de calcário dolomítico).

Para a adubação mineral de plantio, conforme os resultados da análise de solo, para uma produtividade esperada de 4 a 6 toneladas por hectare de milho, foram aplicados 250 kg ha⁻¹ da fórmula comercial 8-28-16+0,4% Zn. Na adubação mineral de cobertura, foram aplicados 40 kg ha⁻¹ de N, na forma de 200 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio. Para a adubação verde, a quantidade de material de poda de *Leucaena diversifolia* (matéria seca) adicionada foi a mesma do 1º plantio. As espigas de milho foram colhidas em março de 2002 e os restos da cultura foram deixados como cobertura do solo, em todas as parcelas em ambos os sistemas.

Tabela 4. Análise química de amostras de solo obtidas na profundidade de 0-20 cm, dos tratamentos (F) e (B+F), para fins de recomendação de adubação do milho. 1º ano de cultivo.

Sistema	pH	M.O.	P resina	Al ³⁺	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V %	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----	mmolc/dm ³	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	mg dm ⁻³	-----	-----	-----
em aléias																
F	5,1	16	24	1	20	0,9	23	10	34	53	64	0,10	1,0	38	1,8	0,5
B+F	5,4	15	30	0	17	0,9	26	11	38	55	69	0,06	0,8	30	1,9	0,5
Sem aléias																
F	5,1	15	23	1	20	0,8	24	10	35	55	64	0,10	1,1	39	1,8	0,5
B+F	5,3	15	30	0	18	0,9	26	10	37	55	67	0,06	0,9	30	1,8	0,5

Tabela 5. Análise química de amostras de solo obtidas na profundidade de 0-20 cm, dos tratamentos (F) e (B+F), para fins de recomendação de adubação da aveia preta. 2º ano de cultivo.

Sistema	pH	M.O.	P resina	Al ³⁺	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----	mmolc dm ⁻³	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	mg dm ⁻³	-----	-----	-----
em aléias																
F	5,3	12	10	0	22	0,3	21	8	29	52	56	0,12	0,8	23	0,6	0,5
B+F	5,4	17	11	1	21	0,7	24	10	35	56	62	0,16	0,8	22	2,4	0,5
Sem aléias																
F	5,4	16	17	1	19	0,4	21	7	28	47	59	0,12	0,9	24	1,3	0,7
B+F	5,6	20	19	1	19	0,6	21	9	30	50	61	0,16	0,9	25	1,6	0,5

Tabela 6. Análise química de amostras de solo obtidas na profundidade de 0-20 cm, nos tratamentos (F) e (B+F), para fins de recomendação de adubação do milho. 2º ano de cultivo.

Sistema em aléias	pH	M.O.	P	Al ³⁺	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	CaCl ₂	g dm ⁻³	resina mg dm ⁻³	----- mmolc dm ⁻³ -----						----- mg dm ⁻³ -----						
F	5,1	20	8	1	18	0,8	15	8	24	42	57	0,18	0,8	28	3,7	0,9
B+F	5,0	22	7	1	19	0,7	12	6	19	38	49	0,16	0,8		4,2	
														30		1,1
Sem aléias																
F	5,3	23	8	1	18	0,8	12	6	19	37	50	0,16	1,2	40	2,4	1,3
B+F	5,1	22	10	1	19	0,7	16	8	25	44	56	0,18	1,2	38	2,7	1,2

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.

6.1 Aveia preta – 1º ano de cultivo.

6.1.1 Rendimento de matéria seca.

Os resultados do rendimento médio estimado de matéria seca de aveia preta, nos Sistemas em aléias e sem aléias, estão apresentados nas Tabelas 7 e 8 e Figura 2. No sistema em aléias, não houve diferença de rendimento entre os tratamentos (B+F) e (F). Contudo, a diferença entre os tratamentos (B+F) e (F) foi de 760 kg ha⁻¹ de matéria seca, proporcionada apenas pela adição de biomassa da *Leucaena diversifolia* ao solo. No sistema sem aléias, os tratamentos (B+F) e (F) foram semelhantes, havendo diferença entre eles e os outros tratamentos, diferentemente do observado no sistema em aléias.

Tabela 7. Rendimento médio estimado de matéria seca de aveia preta, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, no 1º ano de cultivo.

Tratamento	Sistema em aléias (t ha ⁻¹)	Sistema sem aléias (t ha ⁻¹)
T	6,00bA	1,70cB
F	7,37abA	6,74aA
B	6,19bA	4,08bB
B+F	8,13aA	6,74aB
F	**	**
DMS	1,68	1,66
CV%	12,95	18,33

** significativo a 1% pelo teste F. Letras maiúsculas, na linha: comparação entre sistemas (D.M.S. = 1,16) para cada tratamento; letras minúsculas, na coluna: comparação entre tratamentos para cada sistema.

Não houve diferença significativa entre os tratamentos (F) e (B) do sistema em aléias, evidenciando a capacidade da árvore no sistema agrícola de reciclar nutrientes e colocá-los a disposição das culturas, conforme também observado por Kang (1997).

Tabela 8. Análise de variância conjunta dos sistemas.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
Tratamento (T)	3	3,39	1,13	4,52 *
Sistema (S)	1	1,77	1,77	7,08 *
T x S	3	0,75	0,25	0,31 NS
Resíduo médio	24	19,01	0,79	
Blocos médios	8			
Total	39			

* = significativo a 5%; NS=não significativo.

Observa-se ainda pela Tabela 7 e pela Análise de variância conjunta dos sistemas (Tabela 8), que houve diferença no rendimento de matéria seca nos tratamentos do sistema em aléias em relação ao sistema sem aléias, com exceção do tratamento Fertilizante.

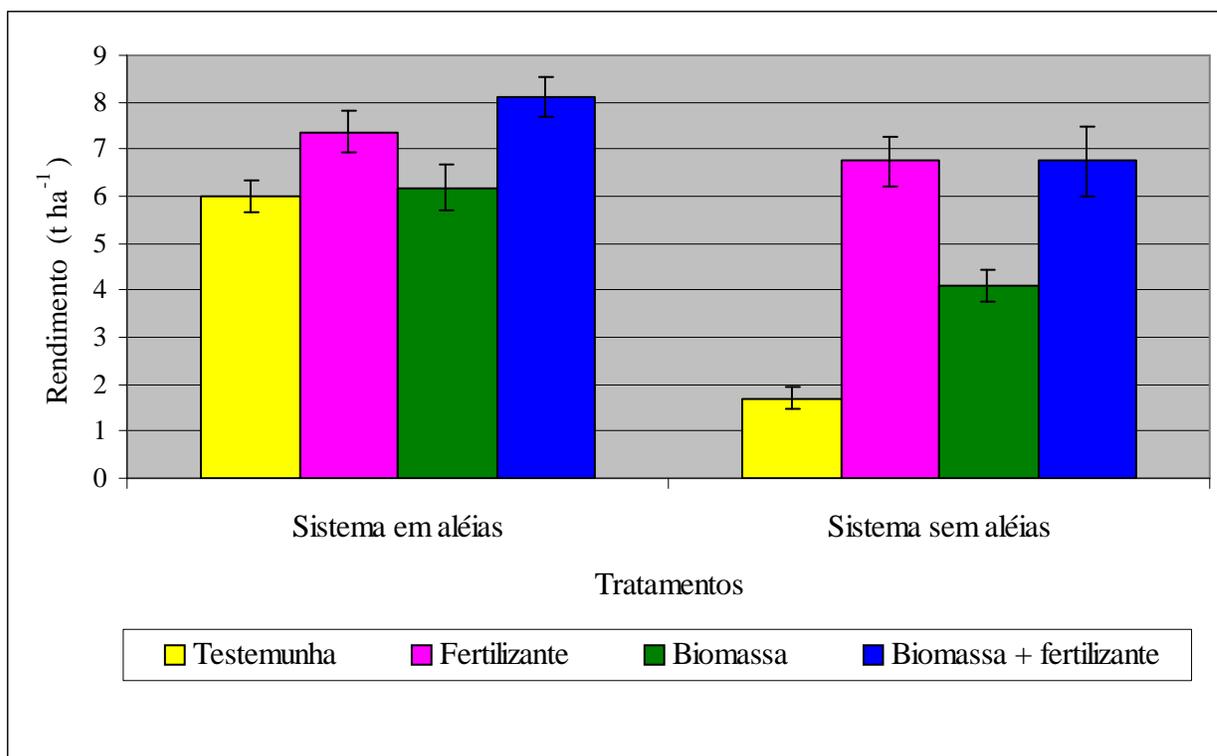


Figura 2. Rendimento médio estimado de matéria seca de aveia preta no 1º ano de cultivo. As barras de erro representam o desvio-padrão da média.

Derpsch et al. (1985), trabalhando em um Latossolo Roxo em Londrina, PR, e sem aplicação de fertilizante, obtiveram uma produtividade de 5.590 kg ha⁻¹ de matéria seca da parte aérea de aveia preta, dado semelhante ao encontrado no tratamento Testemunha (T) do sistema em aléias deste experimento, mas muito superior ao tratamento (T) do sistema sem aléias. Levien (1999), trabalhando em uma Terra Roxa Estruturada, em Botucatu, SP, obteve uma média de produtividade de 4.282 kg ha⁻¹. Resultados semelhantes foram obtidos por Gonçalves e Ceretta (1999) trabalhando com aveia preta em um Podzólico Vermelho-Amarelo, textura arenosa, em Santa Maria, RS, também em um plantio sem fertilizante, confirmando os resultados obtidos neste experimento.

Medeiros et al., citados por Wendt (1998), trabalhando em um Latossolo Roxo distrófico, em Ijuí, RS, obtiveram 5.494 kg ha⁻¹ de massa seca de aveia preta.

Wendt (1998), em Porto Alegre, RS, trabalhando em um solo Podzólico Vermelho-Escuro distrófico, sem adubação, mas aplicando uma tonelada por hectare de calcário dolomítico, obteve uma produtividade de 5.760 kg ha⁻¹ de matéria seca de aveia preta.

Pode-se perceber, através destes resultados, que os valores obtidos nos tratamentos do sistema em aléias foram superiores aos citados anteriormente, evidenciando a atuação do elemento arbóreo do sistema em aléias, já no primeiro ano de plantio da cultura.

No sistema em aléias, os tratamentos (B+F), (F) e (B) proporcionaram aumentos no rendimento de matéria seca de aveia preta de 35,50%, 22,83% e 3,16%, respectivamente, em relação ao tratamento (T).

Quando a aveia preta é plantada com aplicações de fertilizante no solo ou em solos sob manejo convencional, a sua produção de matéria seca atinge valores muito maiores que os citados anteriormente. Bertol et al. (1998), trabalhando em Porto Alegre, RS, obtiveram uma produtividade de 8.100 a 8.600 kg ha⁻¹ de matéria seca de aveia preta cultivada em plantio direto. Godoy & Batista (1992), trabalhando em São Carlos, SP, em um Latossolo Vermelho-Escuro, com 44 g kg⁻¹ de matéria orgânica e com aplicação de fertilizante, obtiveram uma produtividade de 8.000 kg ha⁻¹ de matéria seca de aveia preta, dados semelhantes aos encontrados nos tratamentos (B+F) e (F) do sistema em aléias, mas não do sistema sem aléias.

Borkert et al. (2003), trabalhando em diferentes regiões no Paraná, obtiveram produtividades médias de 8,75 t ha⁻¹ de matéria seca de aveia preta, em solos sob manejo convencional e com rotação de trigo/soja.

Pode-se observar que a aplicação de fertilizante e o plantio de aveia preta em áreas com fertilidade remanescente de rotação de culturas convencionais, além do tipo de solo, proporcionaram rendimentos de matéria seca diferentes dos obtidos no presente experimento, mesmo no sistema em aléias, resultados estes devido à baixa fertilidade inicial do solo.

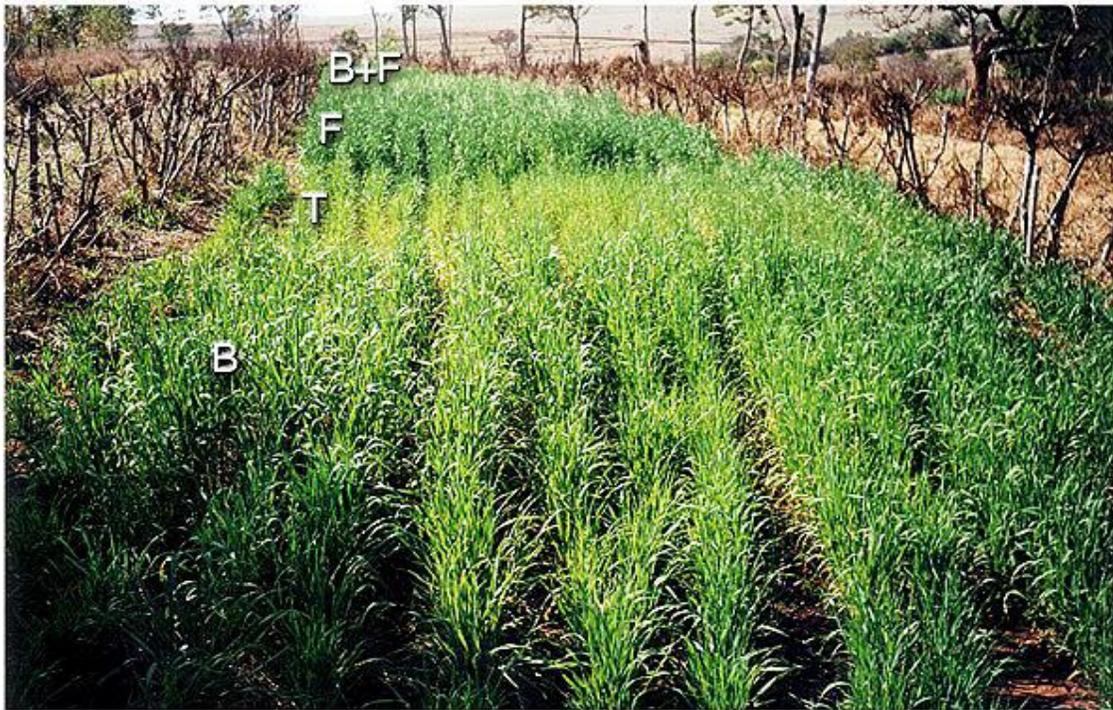


Figura 3. Cultura da aveia preta no sistema em aléias (foto superior) e no sistema sem aléias (foto inferior), dois meses após a semeadura.

6.1.2 Análise foliar e quantidade de nutrientes.

Os resultados das análises foliares de aveia preta estão apresentados na Tabela 9. Conforme Camargo et al. (1997), os teores adequados de nutrientes (g kg^{-1}) nas folhas, para a aveia preta, são os seguintes: 20-30 g kg^{-1} de N; 2,0-5,0 g kg^{-1} de P; 15-30 g kg^{-1} de K; 2,5-5,0 g kg^{-1} de Ca; 1,5-5,0 g kg^{-1} de Mg; 1,5-4,8 g kg^{-1} de S; 5-20 mg kg^{-1} de B; 5-25 mg kg^{-1} de Cu; 40-150 mg kg^{-1} de Fe; 25-100 mg kg^{-1} de Mn; 0,2-0,3 mg kg^{-1} de Mn e 15-70 mg kg^{-1} de Zn.

Comparando-se os valores obtidos no sistema em aléias, observou-se que somente P, Mg e S se aproximaram dos teores adequados. No sistema sem aléias, apenas o K se aproximou desses teores, nos tratamentos (F), (B) e (B+F). Em relação aos micronutrientes, todos eles apresentaram teores adequados, em ambos sistemas. Pode-se perceber através desses resultados, que o tipo de sistema no caso dos elementos P, Mg e S influenciou a cultura, no sentido de não haver deficiências destes elementos nas folhas.

No sistema sem aléias ocorreram diferenças significativas de N, P, B, Mn e Zn dos tratamentos (F), (B) e (B+F) apenas em relação à testemunha, sendo que o índice de Fe no tratamento B foi superior estatisticamente em relação aos demais, ocorrendo o contrário no sistema em aléias.

Pode-se notar ainda que obteve-se maiores valores de concentração de S e Fe nos tratamentos (B+F) e (F) no sistema em aléias e de K no sistema sem aléias.

De acordo com Derpsch e Calegari (1992), a matéria seca de aveia preta apresentou 1,65% de N; 0,10% de P e 1,60% de K. Oliveira, citado por Wendt (1998), trabalhando em um Latossolo Roxo eutrófico e sem adubação, em Cambará, PR, observou uma concentração média de nitrogênio de 16,5 g kg^{-1} na matéria seca de aveia preta, dado semelhante ao encontrado nos tratamentos com fertilizante do sistema em aléias, mas não do sistema sem aléias. Isto se explicaria pelo efeito do sistema em aléias, visto que as quantidades de fertilizante e de biomassa aplicadas nos dois sistemas foram as mesmas.

Tabela 9. Concentração de nutrientes em folhas de aveia preta, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, no 1º ano de cultivo.

Sistema em aléias											
Concentração de nutrientes											
Tratamento	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
T	15,0	1,82	10,4b	2,20	1,68	1,04b	10,8	8,20b	78,00c	64,40	17,00b
F	17,8	2,00	12,8a	2,20	1,84	1,72a	12,0	11,2a	114,40a	73,00	20,20ab
B	15,0	2,04	13,2a	2,20	1,78	1,22b	10,6	10,2ab	86,20c	74,20	20,40ab
B+F	16,0	2,08	14,0a	2,80	1,98	1,68a	11,4	10,6a	100,20b	74,60	24,40a
F	NS	NS	**	NS	NS	**	NS	*	**	NS	**
DMS	4,13	0,69	2,06	0,84	0,31	0,38	2,85	2,34	10,39	18,24	5,06
CV %	13,80	18,60	8,72	19,03	9,10	14,25	15,04	12,89	5,84	13,58	13,15

Sistema sem aléias.											
Concentração de nutrientes											
Tratamento	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
T	10,8b	1,5b	11,6c	1,8	1,28c	1,22	13,4b	7,6	79,8c	55,8b	23,8b
F	12,4a	1,9a	17,6ab	1,8	1,34bc	1,28	18,0a	8,4	83,6c	66,2 ^a	29,4a
B	12,4a	1,8a	16,8b	2,2	1,48ab	1,32	18,6a	9,0	103,8a	68,0a	26,2ab
B+F	12,6a	1,9a	19,4a	2,0	1,54a	1,38	19,4a	8,6	94,0b	67,2 ^a	28,8a
F	*	**	**	NS	**	NS	**	NS	**	**	**
DMS	1,60	0,23	2,43	0,59	0,15	0,17	2,98	1,61	5,15	9,49	4,35
CV %	7,07	6,9	7,9	16,2	5,68	7,26	9,16	10,19	3,03	7,86	8,56

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). NS: não significativo (P>0,05);

** e * = significativo a 1 e 5%, respectivamente.

Através dos valores de concentração dos nutrientes, na matéria seca de aveia preta e da biomassa obtidas, pode-se obter as quantidades de nutrientes (Wendt, 1998) e estes resultados estão apresentados na Tabela 10. Observa-se que houve diferença significativa na quantidade de todos os nutrientes nos tratamentos de ambos os sistemas, e que em geral os nutrientes foram absorvidos em maior quantidade nos tratamentos (B+F) e (F) nos dois sistemas, devido à maior liberação de nutrientes pelos fertilizantes.

No sistema em aléias, o tratamento (B+F) foi significativamente superior aos demais para K, Ca, Mg, S, Mn e Zn e, juntamente com o tratamento (F), superior para N, P, B e Cu. No sistema sem aléias, o tratamento (B+F) foi superior aos demais para todos os nutrientes com exceção do Mg.

Além disso, confirmando as diferenças nos dois sistemas, em relação a produção de biomassa, os valores da quantidade de nutrientes apresentaram uma tendência de serem maiores no sistema em aléias em relação ao sistema sem aléias, apesar da concentração de alguns nutrientes ser maior no sistema sem aléias, como os elementos K, S, B e Zn, fato esse devido ao efeito de diluição.

Borkert et al. (2003) obtiveram, em trabalho realizado no Paraná, que uma produtividade de 7,5 a 10 t ha⁻¹ de matéria seca de aveia preta forneceu em média 123 kg ha⁻¹ de N, 12 kg ha⁻¹ de P, 199 kg ha⁻¹ de K, 67 kg ha⁻¹ de Ca, 19 kg ha⁻¹ de Mg, 204 kg ha⁻¹ de Zn, 2,59 kg ha⁻¹ de Mn e 85 g ha⁻¹ de Cu, dados semelhantes aos obtidos nos tratamentos com fertilizante do sistema em aléias. Os autores relataram ainda que a aveia preta recicla grande quantidade de K, Ca, Mg e micronutrientes, porém baixas quantidades de P.

Calegari, 1993, citado por Wendt (1998) informou que 5.600 kg ha⁻¹ de material orgânico de aveia preta forneceram ao solo 92,4 kg de N; 5,6 kg de P₂O₅ e 89,6 kg de K₂O por hectare. Wendt (1998) obteve uma produtividade de 5.760 kg ha⁻¹ de adubação verde de aveia preta que pode reciclar até 95 kg ha⁻¹ de nitrogênio, 6 kg ha⁻¹ de fósforo e 92 kg ha⁻¹ de potássio. Em relação ao nitrogênio pode-se perceber que as quantidades obtidas por Wendt (1998), produzindo aveia preta sem fertilizante, foram também obtidas nos tratamentos sem fertilizante (T) e (B) do sistema em aléias, mas não do sistema sem aléias. Contudo, nos tratamentos com fertilizante do sistema em aléias, a quantidade de nitrogênio obtida foi semelhante à produção obtida por Borkert et al. (2003).

Tabela 10. Quantidade de nutrientes na matéria seca de aveia preta, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, no 1º ano de cultivo.

Sistema em aléias											
Tratamento	Quantidade de nutrientes (kg ha ⁻¹)										
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
T	89,62b	10,56c	61,72d	13,34b	10,26d	6,29d	0,66b	0,05b	0,48d	0,38d	0,10d
F	130,17a	14,34ab	94,06b	16,19b	13,36b	12,41b	0,88a	0,08a	0,84a	0,54b	0,15b
B	93,09b	12,41bc	81,78c	13,53b	11,36c	7,35c	0,66b	0,06b	0,53c	0,46c	0,13c
B+F	131,18a	16,36a	114,52a	22,09a	16,53a	13,29a	0,91a	0,08a	0,81b	0,61a	0,20a
F	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
DMS	5,42	2,07	4,57	3,31	0,772	0,40	0,04	0,01	0,01	0,005	0,011
CV %	2,60	8,23	23,76	10,81	2,99	2,18	2,59	12,16	1,05	0,55	4,01
Sistema sem aléias											
Tratamento	Quantidade de nutrientes (kg ha ⁻¹)										
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
T	18,91c	2,29c	19,69d	3,40d	2,77c	2,69d	0,02c	0,016c	0,13d	0,09c	0,04c
F	83,55a	12,44a	118,86b	12,37b	9,32a	8,46b	0,12a	0,050a	0,56b	0,44a	0,19a
B	50,42b	7,31b	68,41c	8,47c	6,42b	5,62c	0,07b	0,038b	0,43c	0,28b	0,11b
B+F	84,27a	12,50a	132,09a	13,50a	6,42b	9,42a	0,13a	0,062a	0,64a	0,45a	0,20a
F	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
DMS	1,39	0,71	1,68	0,52	0,88	0,72	0,018	0,01	0,016	0,02	0,014
CV %	1,25	4,40	1,05	2,95	6,48	5,88	11,60	12,71	1,96	3,20	5,69

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). NS: não significativo (P>0,05); ** e * = significativo a 1 e 5%, respectivamente.

Muzilli et al. (1983) relataram que a aveia preta é altamente eficiente na reciclagem de nutrientes devido a sua grande capacidade de produção de matéria seca. Por essa razão, a adubação verde de inverno, com aveia preta, pode servir como fonte de matéria orgânica e fonte de nutrientes ao solo, tornando os nutrientes de formas pouco assimiláveis para formas mais assimiláveis às culturas em sucessão.

6.2 Milho - 1º ano de cultivo.

6.2.1 Produtividade de grãos de milho.

Os resultados da produtividade média estimada de milho e massa de 100 grãos no sistema em aléias e no sistema sem aléias, estão mostrados nas Tabelas 11 e 12 e na Figura 4.

No sistema em aléias, somente houve diferença significativa entre os tratamentos (B+F), (F) e (B) em relação ao tratamento (T), mostrando que talvez esteja ocorrendo uma interação entre a biomassa da *L. diversifolia* e a presença das árvores neste sistema no sentido de favorecer produtividades semelhantes às obtidas com a aplicação de fertilizantes.

No sistema sem aléias, houve diferença significativa entre os tratamentos (B+F) e (B), e (B+F) e (F) em relação ao tratamento (T), não havendo diferença significativa entre os tratamentos (F) e (B), nem entre (B) e (T), provavelmente devido aos nutrientes liberados pelos restos da cultura de aveia preta.

No sistema em aléias, os tratamentos (F), (B+F) e (B) proporcionaram aumentos significativos na produtividade de grãos de milho, sendo 44%, 42,29% e 39,34%, respectivamente superiores em relação ao tratamento (T).

A massa de 100 grãos foi significativamente superior nos tratamentos (F) e (B+F) em relação aos demais em ambos os sistemas, sendo que no sistema em aléias os tratamentos (B+F) e (B) foram semelhantes. Jamami (2001) trabalhando com um híbrido comercial de milho (AG1043) e adubação química, em São Carlos, obteve uma produtividade de grãos de 4.521 kg ha⁻¹ com uma massa de 32 g em 100 grãos. Andreotti (1998), em casa de

vegetação, obteve uma massa de 30,35 g em 100 grãos, dados semelhantes aos obtidos nos tratamentos do sistema sem aléias deste experimento.

Tabela 11. Resultados médios de produtividade de grãos de milho e massa de 100 grãos, em função dos tratamentos, no 1º ano de cultivo.

Tratamento	Produtividade de grãos (t ha ⁻¹)		Massa de 100 grãos (g)	
	Sistema em aléias	Sistema sem aléias	Sistema em aléias	Sistema sem aléias
T	6,10bA	4,38cB	31,80c	28,20b
F	8,79aA	6,68abB	36,20 ^a	32,00a
B	8,50aA	5,49bcB	34,80b	29,40b
B+F	8,68aA	7,62aA	35,40ab	33,00a
F	**	**	**	**
DMS	1,72	1,72	1,13	2,15
CV	11,45	15,20	1,75	3,73

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey. ** significativo a 1% pelo teste F. Letras maiúsculas, na linha: comparação entre sistemas (D.M.S. = 1,20) para cada tratamento; letras minúsculas, na coluna: comparação entre tratamentos para cada sistema.

Tabela 12. Análise de variância conjunta dos sistemas.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
Tratamento (T)	3	1,98	0,66	11,00 **
Sistema (S)	1	1,56	1,56	26,00 **
T x S	3	0,20	0,06	0,07 NS
Resíduo médio	24	20,24	0,84	
Blocos médios	8			
Total	39			

Obs. * * = significativo a 1%; * = significativo a 5%; NS = não significativo.

De acordo com a análise conjunta (Tabelas 11 e 12), houve diferença significativa no comportamento dos tratamentos em ambos os sistemas, relações estas semelhantes às obtidas no rendimento de aveia preta nos dois sistemas, em aléias e sem aléias,

no 1º ano de cultivo. Pode-se observar ainda que a produtividade de milho no sistema em aléias também foi maior que no sistema sem aléias.

Segundo Duarte e Paternani (2000), o milho variedade CATI AL-30, avaliado em Pratânia, SP, produzido convencionalmente, teve uma produtividade de grãos de $7,73 \text{ t ha}^{-1}$, que se assemelha com a produtividade do tratamento (B + F) do sistema sem aléias ($7,62 \text{ t ha}^{-1}$).

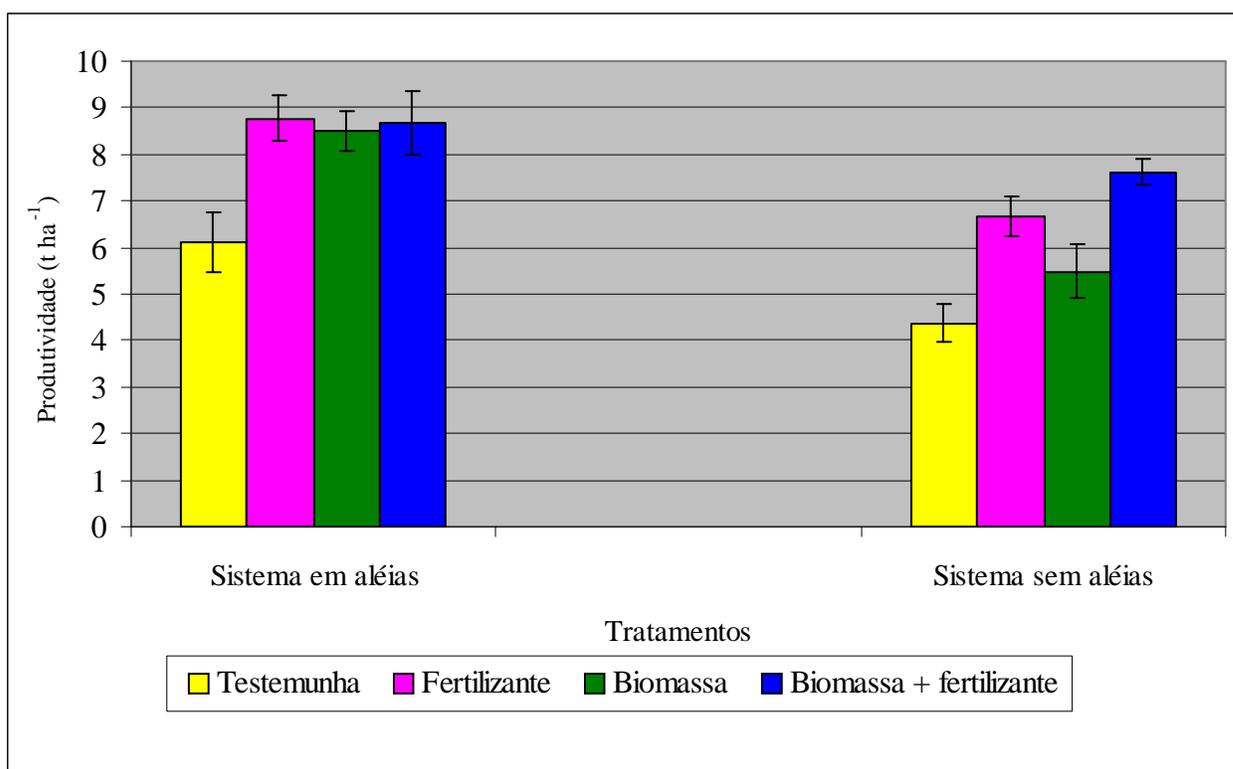


Figura 4. Resultados médios de produtividade de grãos de milho no 1º ano de cultivo. As barras de erro representam o desvio-padrão da média.

Por sua vez, Amaral (1999) trabalhando em um Latossolo Vermelho-Amarelo, fase arenosa, em São Manuel - SP, obteve produtividade média de $5,6 \text{ t ha}^{-1}$ de milho variedade AL 34, equivalendo às produtividades dos tratamentos (B) e (T), ($5,4$ e $4,38 \text{ t ha}^{-1}$, respectivamente), do sistema sem aléias. Levien (1999), trabalhando em uma Terra Roxa Estruturada em Botucatu, SP, obteve uma produtividade média de grãos de milho híbrido Cargill C435 de $6,98 \text{ t ha}^{-1}$, dados estes inferiores aos resultados dos tratamentos (F), (B) e

(B+F), (8,79; 8,50 e 8,68 t ha⁻¹, respectivamente), do sistema em aléias, demonstrando que a produtividade do tratamento biomassa superou a produtividade obtida com milho híbrido C435.

Ferreira (1996) trabalhando em um Latossolo Roxo distrófico em Lavras, MG, aplicando 300 kg ha⁻¹ de 4-30-16+Zn e usando três cultivares de milho híbrido, C-808 (Cargill), AG-5012 (Agrocere) e BR-3123 (Embrapa), obteve uma média de produtividade de grãos de milho de 9,71 t ha⁻¹, quando incorporou fitomassa de leguminosas por ocasião do florescimento, produtividade superior às obtidas neste experimento no primeiro plantio de milho. Conforme Wendt (1998), os maiores rendimentos de grãos de girassol foram obtidos nos tratamentos que receberam os resíduos vegetais da aveia preta associados a adubação mineral. Os tratamentos que receberam os resíduos da aveia preta apresentaram médias superiores aos tratamentos sem a adubação verde.

Kang e Fayemilihin (1995), no Sudeste da Nigéria, trabalharam em um sistema em aléias de *Leucaena leucocephala* e a biomassa fornecida ao solo foi de 3,25 t ha⁻¹ de matéria seca, representando 136 kg ha⁻¹ de N; 8,82 kg ha⁻¹ de P e 78,6 kg ha⁻¹ de K. Obtiveram uma produtividade de grãos de milho de 478 kg ha⁻¹ removendo a biomassa da *Leucaena leucocephala*; 2.156 kg ha⁻¹, adicionando a biomassa da *L. leucocephala*; 2.832 kg ha⁻¹, com biomassa + 40 kg ha⁻¹ de N; 3.272 kg ha⁻¹, com biomassa + 80 kg ha⁻¹ de N. Böhringer et al. (1999), no Malawi, África, plantaram milho e adicionaram biomassa de diferentes leguminosas para avaliar o desempenho e a contribuição da adubação verde, obtendo a produtividade de 1,71 t ha⁻¹ de grãos de milho na Testemunha; 3,20 t ha⁻¹ no tratamento com Biomassa de *Tephrosia vogelii*; 4,51 t ha⁻¹ no tratamento com Biomassa de *Gliricidia sepium* e 4,55 t ha⁻¹ no tratamento com Biomassa de *Sesbania sesban*. Estes resultados, tanto de Kang e Fayemilihin (1995) quanto de Böhringer et al. (1999), demonstram que o trabalho com sistemas de cultivo em aléias pode incrementar a produtividade das culturas intercalares, confirmando dados do presente trabalho. Cabe ressaltar que as baixas produtividades obtidas por estes autores podem ser devidas ao fato de terem incorporado uma quantidade menor de biomassa (3,25 t ha⁻¹ de matéria seca) e não realizarem rotação de culturas com adubação verde.



Figura 5. Cultura do milho no sistema em aléias (foto superior) e no sistema sem aléias (foto inferior), 45 dias após a semeadura.

Akyeampong e Hitimana (1996), no Burundi, África, avaliaram o efeito de quatro níveis de fertilização nitrogenada (0, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹ de N) no desempenho de um sistema de aléias de *Leucaena diversifolia* com cultura intercalar de milho. Obtiveram incrementos de 26% na produtividade de milho no sistema em aléias e observaram também que a adição da biomassa da *L. diversifolia* aumentou a resposta da cultura ao adubo nitrogenado. Esses resultados confirmam os resultados de produtividade no sistema em aléias adotado neste trabalho, onde pode-se observar que não houve diferença significativa entre os tratamentos só com biomassa e os tratamentos com fertilizante.

Chagas et al. (1981), trabalhando no cerrado em um Latossolo Vermelho-Escuro, plantaram *Leucaena leucocephala* em fileiras distantes 3 a 5 m, entre si, entre as quais era cultivado feijão. A biomassa produzida pela *L. leucocephala* foi de 7 a 10 t ha⁻¹ de matéria seca e o feijão, com a adição da adubação verde obtida da *L. leucocephala* incorporada na faixa de cultivo, teve rendimento de 2.220 kg ha⁻¹, equivalente ao outro tratamento que havia recebido adubação mineral, dados que confirmam os resultados obtidos no sistema em aléias, onde a produtividade de milho no tratamento (B) não teve diferença significativa em relação aos tratamentos (F) e (B + F).

6.2.2 Análise foliar do milho.

Os resultados da análise foliar do milho e concentração de nutrientes no sistema em aléias e no sistema sem aléias, estão apresentados na Tabela 13. Conforme Raij e Cantarella (1997), os teores adequados de nutrientes nas folhas de milho são os seguintes: 27-35 g kg⁻¹ de N; 2,0-4,0 g kg⁻¹ de P; 17-35 g kg⁻¹ de K; 2,5-8,0 g kg⁻¹ de Ca; 1,5-5,0 g kg⁻¹ de Mg; 1,5-4,8 g kg⁻¹ de S; 10-25 mg kg⁻¹ de B; 6-20 mg kg⁻¹ de Cu; 30-250 mg kg⁻¹ de Fe; 20-200 mg kg⁻¹ de Mn; 0,1-0,2 mg kg⁻¹ de Mo e 15-100 mg kg⁻¹ de Zn.

Tabela 13. Concentração de nutrientes em folhas de milho, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, no 1º ano de cultivo.

Sistema em aléias											
Concentração de nutrientes											
Tratamento	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
T	24,80b	2,72	13,40b	3,40	4,06	1,76	13,20	5,40b	116,00	27,80	3,00b
F	26,60ab	2,82	15,00a	4,20	4,76	1,84	14,20	8,80ab	131,40	36,20	4,80b
B	26,20ab	2,88	14,80a	3,80	4,64	1,88	14,20	9,80a	125,80	31,20	3,00b
B+F	27,80a	3,04	16,00a	4,00	4,14	2,16	14,40	9,80a	129,20	37,60	8,80a
F	**	NS	**	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	**
DMS	2,01	0,48	1,30	1,01	1,35	0,55	3,72	4,23	19,51	10,50	2,32
CV %	4,07	8,92	4,70	14,03	16,39	15,35	14,15	26,66	8,27	16,84	25,20

Sistema sem aléias											
Concentração de nutrientes											
Tratamento	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
T	16,80c	1,56c	12,80b	2,60	2,80b	1,02c	11,00b	6,00c	65,40d	12,40c	18,60c
F	21,00b	1,90b	14,00ab	3,20	3,38a	1,26b	13,40a	9,80ab	74,20b	18,40b	22,00b
B	18,60c	1,68bc	14,00ab	2,80	2,90b	1,14bc	12,80ab	8,40b	70,20c	17,00b	21,80b
B+F	26,20a	2,30a	15,00a	3,40	3,50a	1,60a	13,80a	11,20a	80,00a	21,20a	25,60a
F	**	**	*	NS	**	**	**	**	**	**	**
DMS	2,34	0,32	2,14	0,86	0,27	0,18	1,82	1,58	3,87	2,28	2,21
CV %	6,27	9,21	8,17	15,21	4,55	7,80	7,61	9,51	2,85	7,04	5,36

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). NS: não significativo (P>0,05); ** e * = significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo Teste F.

Comparando-se os resultados obtidos com os teores considerados adequados, observa-se que os teores de N somente foram adequados no tratamento (B+F) do sistema em aléias, mas os valores de N dos tratamentos (F) e (B) tenderam a aproximar-se dos valores ideais. No sistema sem aléias, nenhum tratamento apresentou teores adequados de N, mas o tratamento (B+F) tendeu a aproximar-se dos teores adequados. Devido às características químicas iniciais do solo, apenas a aplicação conjunta de biomassa da *L. diversifolia* e fertilizante, com a presença das aléias, permitiu alcançar o teor ideal de N nas folhas do milho do sistema em aléias.

Observa-se que no sistema em aléias, houve diferença significativa entre os tratamentos na concentração de N, K, Cu, Zn e nas concentrações de N, P, K, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, no sistema sem aléias.

Comparando-se os resultados das análises foliares do sistema em aléias e do sistema sem aléias, observa-se que os valores numéricos da concentração de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, foram maiores nos tratamentos do sistema em aléias. Esta diferença pode ser devida à influência do sistema em aléias, mas este fato deveria ser melhor estudado.

Bertalot e Mendoza (2003)¹, a partir de resultados de análises foliares de amostras de *Brachiaria decumbens*, obtidas em um sistema silvopastoril com *Acacia melanoxylon*, com árvores nativas e sem árvores, constataram que as concentrações de nutrientes na *B. decumbens* no sistema com *A. melanoxylon* foram maiores do que nos outros tratamentos.

6.2.3 Parâmetros avaliados na cultura do milho.

Nas Tabelas 14 e 15 são apresentados os valores de altura da planta, altura de inserção da espiga e diâmetro do colmo, diâmetro da espiga, diâmetro do sabugo, comprimento da espiga e número de fileiras de grãos da espiga das plantas de milho.

Em relação à altura da planta (Tabela 14), no sistema em aléias, não houve diferença significativa entre os tratamentos (B+F), (B) e (F), provavelmente devido ao

¹ BERTALOT M.J.A; MENDOZA, E. (Associação Brasileira de Agricultura Biodinâmica –Botucatu). Comunicação pessoal. 2003.

efeito das aléias e à adição de biomassa da poda da *L. diversifolia*, o que permitiu que o tratamento (B) atingisse valores de altura estatisticamente semelhantes aos obtidos nos tratamentos com fertilizante.

Tabela 14. Resultados médios da altura da planta, altura de inserção da espiga e diâmetro do colmo das plantas de milho, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, no 1º ano de cultivo.

Tratamento	Altura da planta (m)		Altura de inserção da espiga (m)		Diâmetro do colmo (cm)	
	Sistema em aléias	Sistema Sem aléias	Sistema em aléias	Sistema sem aléias	Sistema em aléias	Sistema sem aléias
T	1,83b	1,53c	1,08b	0,88c	1,50b	1,45c
F	2,24 ^a	2,02a	1,39a	1,16b	2,09a	2,09a
B	1,97ab	1,77b	1,24ab	1,01c	1,93a	1,80b
B+F	2,27 ^a	2,24a	1,39a	1,33a	2,25a	2,23a
F	**	**	**	**	**	**
DMS	0,32	0,22	0,19	0,15	0,34	0,24
CV	8,12	6,32	8,74	7,85	9,43	6,89

No sistema sem aléias, houve diferença significativa dos tratamentos (B+F) e (F) em relação aos tratamentos (B) e (T). Apesar de ter a mesma adição de biomassa da poda da *L. diversifolia*, o tratamento (B) não alcançou valores semelhantes aos dos tratamentos com fertilizante. Comparando-se com o sistema em aléias, este resultado mostra a influência das aléias no crescimento da planta do milho.

Jamami (2001) obteve uma altura de planta de 1,95m. Conforme Duarte e Paternani (2000), a altura das plantas de milho AL-30 em um ensaio realizado em Pratânia, SP, foi de 2,00m. No presente trabalho, tanto no sistema em aléias, como no sistema sem aléias, os tratamentos (F) e (B+F) superaram essa altura e o tratamento (B) alcançou um valor próximo. Por sua vez, Ferreira (1996), em Lavras, MG, usando fertilizante e adubação verde, reportou uma altura de plantas de milho híbrido de 2,47m, dado superior ao encontrado neste experimento.

Em relação à altura da inserção da espiga de milho (Tabela 14), no sistema em aléias, não houve diferença significativa entre os tratamentos (B+F), (F) e (B).

Contudo, em relação ao sistema sem aléias, houve diferença significativa entre todos os tratamentos, mostrando novamente a capacidade produtiva de um sistema em aléias e da sucessão de culturas.

Para o ensaio de milho var. AL 30, realizado em Pratânia, SP, Duarte e Paternani (2000) reportaram uma altura de inserção da espiga de 1,35m. No presente experimento, a altura de inserção da espiga dos tratamentos (F) e (B+F) do sistema em aléias e do tratamento (B+F) do sistema sem aléias, foram similares à altura de inserção relatada pelos pesquisadores citados. Amaral (1999), trabalhando em São Manuel, SP, reportou uma altura de inserção da espiga de 1,26m para o milho AL-34, valor semelhante ao encontrado no tratamento (B) do sistema em aléias. Ferreira (1996), em Lavras, MG, trabalhando com milho híbrido e outras condições de solo, reportou uma altura de inserção da espiga de 1,44m.

Considerando-se o diâmetro do colmo (Tabela 14), não houve diferença entre os tratamentos (B+F), (F) e (B) no sistema em aléias, fato que não ocorreu no sistema sem aléias, mostrando que o sistema em aléias está contribuindo para este parâmetro de desenvolvimento da planta do milho.

Jamami (2001) reportou um valor de 2,01 cm e Andreotti (1998) uma média de 1,81 cm para o diâmetro do colmo. Os valores de diâmetro do colmo obtidos no sistema em aléias estão de acordo com os valores encontrados na literatura.

Os valores do diâmetro da espiga (Tabela 15), não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos (B+F), (B) e (F), mostrando influência semelhante do fertilizante ou da biomassa no parâmetro considerado em ambos sistemas. No sistema em aléias, houve uma tendência de apresentar maior diâmetro de espiga em relação ao sistema sem aléias. Os valores obtidos no sistema em aléias foram semelhantes aos reportados na literatura. Jamami (2001) reportou um diâmetro médio de espiga de 4,8 cm e Andreotti (1998) obteve um diâmetro médio de espiga de 4,78 cm.

Em relação ao diâmetro do sabugo (Tabela 15), não houve diferença significativa entre os tratamentos (B+F), (F) e (B) no sistema em aléias e no sistema sem aléias, repetindo o mesmo comportamento obtido em relação ao diâmetro da espiga. Contudo, no sistema em aléias, houve uma tendência de apresentar valores mais elevados do que no sistema sem aléias e os resultados obtidos em ambos os sistemas estão de acordo com os

valores reportados na literatura. Jamami (2001) obteve um diâmetro de sabugo de 2,53 cm e Andreotti (1998) reportou um valor de 2,4 cm para o diâmetro do sabugo.

Tabela 15. Resultados médios do diâmetro da espiga, diâmetro do sabugo, comprimento da espiga e número de fileiras de grãos da espiga de milho, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, no 1º ano de cultivo.

Trat.	Diâmetro da espiga (cm)		Diâmetro do sabugo (cm)		Comprimento da espiga (cm)		Número de fileiras	
	Sistema em aléias	Sistema sem aléias	Sistema em aléias	Sistema sem aléias	Sistema em aléias	Sistema sem aléias	Sistema em aléias	Sistema sem aléias
T	4,60b	4,17b	2,69b	2,59b	14,39b	11,39b	13,32	13,40
F	5,05a	4,71a	3,0 1a	2,79ab	17,19a	14,69a	14,14	14,12
B	4,93a	4,45ab	2,92a	2,68ab	17,00a	13,53ab	14,26	13,56
B+F	5,00a	4,79a	2,92a	2,82a	17,05a	16,05a	14,32	14,24
F	**	**	**	*	**	**	NS	NS
DMS	0,30	0,42	0,206	0,22	1,68	2,91	1,40	1,14
CV	3,31	4,90	3,79	4,26	5,46	11,16	5,33	4,39

NS: não significativo ($P>0,05$); ** e * = significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo Teste F.

Os valores de comprimento da espiga (Tabela 15), concordando com o acontecido em relação ao diâmetro do sabugo e diâmetro da espiga, não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos (B+F), (B) e (F), mostrando influência semelhante do fertilizante ou da biomassa no parâmetro considerado em ambos sistemas. No sistema em aléias houve uma tendência de apresentar maior diâmetro de espiga em relação ao sistema sem aléias. Os valores obtidos no sistema em aléias são semelhantes aos reportados na literatura. Jamami (2001) informou um valor de comprimento de espiga de 14,6 cm e Andreotti, 13,62 cm. Em relação ao número de fileiras (Tabela 15), não houve diferença significativa entre os tratamentos de ambos sistemas, havendo uma tendência dos tratamentos com biomassa e fertilizante a apresentarem maiores valores. Andreotti (1998) reportou valores médios de 14,14 para o número de fileiras, valores semelhantes aos obtidos no sistema em aléias.

6.2.4 Análise de solo após o 1º ano de cultivo.

6.2.4.1 Análises químicas do solo.

Os resultados das análises químicas do solo estão apresentados nas Tabelas 16 a 18. Observa-se que no sistema em aléias houve um aumento da CTC, em relação à análise química inicial do solo (Tabela 1), sendo que não houve diferença estatística entre o tratamento (B) e o tratamento (B+F), nas três profundidades, havendo diferença estatística significativa em relação ao tratamento (T), e uma tendência de maior valor no tratamento com biomassa de *L. diversifolia*.

Considerando-se os teores de nutrientes na planta de milho (Tabela 13), em relação aos teores do solo, ainda no sistema em aléias, houve diferença significativa no teor dos nutrientes N e K dos vários tratamentos em relação ao tratamento (T), havendo aumento significativo do K no solo somente no tratamento (B+F), na profundidade de 0-5 cm. O elemento P no solo aumentou consideravelmente em relação ao tratamento (T), não diferindo entre os outros tratamentos, mostrando uma clara influência da biomassa da *L. diversifolia* em disponibilizar fósforo no solo. Em relação ao Mg observou-se que a maior disponibilidade foi encontrada no tratamento (B), mostrando uma relação com o maior valor de M.O., mesmo não sendo significativo. Em relação aos teores de micronutrientes na planta, ocorreram diferenças significativas nos teores de Cu e Zn dos diferentes tratamentos em relação ao tratamento (T), sendo que o elemento Zn foi encontrado em maior quantidade na planta no tratamento (B+F). Sugere-se que a biomassa da *L. diversifolia*, juntamente com o fertilizante, proporcionou um maior teor de nutrientes na planta, uma vez que no solo houve diferença significativa entre os dois tratamentos com biomassa.

Tanto no sistema em aléias quanto no sistema sem aléias, não houve diferença significativa no índice de pH em todas as profundidades, considerando os diferentes tratamentos. No sistema sem aléias, em relação à matéria orgânica, CTC e soma de bases, houve diferença significativa, sendo que os tratamentos (B) e (B+F) diferiram dos tratamentos (F) e (T), nas três profundidades consideradas.

Leal et al. (1993) relataram que a incorporação de resíduos de *Leucaena leucocephala* aumentou a saturação por bases no solo, tendendo a reduzir a saturação por

alumínio, nas camadas mais profundas. Confirmando os resultados obtidos por esses autores, no sistema sem aléias, houve um aumento significativo na saturação por bases nas profundidades de 5-10 e 10-20 cm, ocasionando uma diminuição do H+Al em valores numéricos, mas não significativos estatisticamente. Os mesmos autores relataram ainda que a aplicação de resíduos muitas vezes não é eficiente em reduzir o Al trocável, pelo menos a curto prazo. Entretanto esses autores observaram, que tendências de aumento de saturação por bases, indicam que aplicações continuadas de resíduos de *Leucaena* sp. podem trazer maior fertilidade ao solo.

Ainda em relação ao sistema sem aléias, quanto ao elemento P, observou-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos (B+F), (B) e (F) nas profundidades de 0-5 e 10-20 cm. Quanto aos micronutrientes, observou-se que na profundidade de 0-5 cm, os elementos Cu e Zn não diferiram entre os tratamentos, enquanto que B, Fe e Mn tiveram diferenças significativas nos diferentes tratamentos e que o B e o Fe tiveram os maiores valores nos tratamentos com biomassa, enquanto que o Mn teve o maior valor no tratamento (B+F).

Em relação à transformação no solo efetuada por diferentes espécies de árvores, Mishra e Bhola (1996), trabalhando em Bangkok, observaram que em um solo alcalino o efeito da serrapilheira de espécies diferentes de leguminosas contribuiu para diminuir o pH e aumentar a percentagem de carbono nas áreas próximas a elas. Segundo esses autores a diminuição do pH em superfície pode ser devido aos ácidos orgânicos que são liberados durante a decomposição da serrapilheira, o que resulta em maior acidez.

No presente trabalho, pelo fato de inicialmente o solo não ser alcalino, observou-se que a matéria orgânica contribuiu para haver uma tendência de elevação do pH, apesar de não ser significativa, com maiores valores encontrados no sistema em aléias.

Pasiecznik et al. (1993), trabalhando em Cabo Verde, num solo com pH 7,1 com várias espécies de leguminosas, obtiveram após quatro anos de plantio um aumento do pH sob as árvores. Segundo esses autores, dependendo das condições iniciais de um solo, não se pode esperar que as árvores fixadoras de N forneçam todos os nutrientes necessários para as culturas e trabalhem o solo da mesma maneira.

Tabela 16. Análise química do solo, na profundidade de 0–5 cm, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, após o 1º ano de cultivo.

Sistema em aléias															
	pH	M.O.	P	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V %	B	Cu	Fe	Mn	Zn
			resina												
Trat.	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmolc dm ⁻³ -----						----- mg dm ⁻³ -----					
T	5,36	23,40	17,40b	16,20	0,74b	28,40	8,00c	37,10b	53,30c	69,70	0,11b	0,80	38,00c	4,24b	0,94bc
F	5,40	24,60	20,60a	19,20	0,86ab	28,00	8,80c	37,60b	56,80bc	66,80	0,13a	0,90	38,60c	4,34b	1,10ab
B	5,46	26,80	20,60a	20,20	0,84ab	33,80	11,80a	46,40a	66,64a	69,60	0,13a	0,90	42,40b	4,94a	0,88c
B+F	5,50	25,40	21,60a	19,20	0,94a	30,20	10,80b	41,90ab	61,10a	69,07	0,13a	0,90	45,80a	5,02a	1,16a
F	NS	NS	**	NS	**	NS	**	*	**	NS	**	NS	**	**	**
DMS	0,19	3,62	2,97	5,07	0,12	8,81	0,95	8,49	7,50	7,06	0,01	0,15	1,53	0,19	0,19
CV%	1,86	7,70	7,90	14,44	7,72	15,60	5,16	11,09	6,72	5,47	6,22	9,04	1,98	2,17	10,20
Sistema sem aléias															
	pH	M.O.	P resina	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V %	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Trat.	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmolc dm ⁻³ -----						----- mg dm ⁻³ -----					
T	5,38	26,0b	12,60b	18,20	0,62c	23,60b	7,60b	31,80b	50,00b	63,70	0,14c	1,08	37,6c	1,82c	0,96
F	5,52	28,6ab	15,20a	20,80	0,82ab	25,60a	8,80ab	35,20a	56,00a	63,10	0,17a	1,08	45,6a	1,82c	0,94
B	5,58	29,8a	14,80ab	18,60	0,76b	25,40a	9,40a	35,50a	54,10a	65,40	0,16ab	1,12	42,6ab	2,26b	0,88
B+F	5,56	29,0ab	16,80a	19,00	0,88a	25,60a	9,40a	35,90a	54,90a	65,40	0,15bc	1,08	41,4b	2,48a	0,88
F	NS	*	**	NS	**	**	**	**	**	NS	**	NS	**	**	NS
DMS	0,56	3,62	2,53	4,45	0,07	0,87	1,23	1,65	3,59	5,78	0,01	0,17	3,62	0,21	0,15
CV%	5,46	6,81	9,08	12,38	5,17	1,86	7,48	2,55	3,55	4,77	4,75	8,33	4,61	5,41	9,03

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). NS: não significativo (P>0,05); ** e * = significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo Teste F.

Tabela 17. Análise química do solo, na profundidade de 5-10 cm, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, após o 1º ano de cultivo.

Sistema em aléias															
	pH	M.O.	Presina	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V %	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Trat.	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	----- mmolc dm ⁻³ -----				----- mg dm ⁻³ -----							
T	5,20	19,20	11,20b	21,60	0,52	23,60	6,00b	30,12	51,72b	58,26	0,09b	0,90	43,00b	3,24b	0,60b
F	5,26	19,20	11,40b	22,40	0,58	24,20	7,40ab	32,18	54,58a	58,90	0,09b	0,90	43,60b	3,50ab	0,68b
B	5,36	20,00	12,80ab	21,40	0,60	23,00	9,20a	32,80	54,20ab	60,51	0,11a	0,80	42,20b	3,10b	0,64b
B+F	5,20	20,80	15,20a	21,80	0,60	24,40	9,00a	33,98	55,80a	60,92	0,11a	1,06	47,80a	4,38a	0,82a
F	NS	NS	*	NS	NS	NS	*	NS	**	NS	**	NS	**	**	**
DMS	0,81	2,18	3,69	3,05	0,13	3,04	2,34	3,95	2,48	4,93	0,009	0,27	2,76	0,97	0,11
CV%	8,28	5,87	15,53	7,46	12,40	6,81	15,80	6,52	2,44	4,40	4,98	16,06	3,33	14,51	8,94
Sistema sem aléias.															
	pH	M.O.	Presina	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V %	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Trat.	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	----- molc dm ⁻³ -----				----- mg dm ⁻³ -----							
T	5,48	23,60b	14,60c	17,60	0,40c	22,60b	17,60	30,80b	48,40b	63,65b	0,11b	1,02c	37,20	1,66c	0,58b
F	5,62	23,60b	18,80a	18,40	0,72a	26,60a	18,40	36,72a	55,12a	66,51ab	0,12ab	1,38b	39,00	1,70bc	0,68ab
B	5,52	26,20a	15,60bc	17,20	0,56b	26,20a	17,20	36,76a	53,96a	68,12a	0,13a	1,12c	39,60	1,84b	0,60b
B+F	5,46	25,20ab	17,40ab	17,60	0,74a	26,80a	17,60	38,74a	56,34a	68,52a	0,12ab	1,64a	39,60	2,16a	0,78a
F	NS	**	**	NS	**	**	NS	**	**	*	*	**	NS	**	*
DMS	0,19	1,69	2,10	2,21	0,12	3,10	2,21	4,24	4,95	3,88	0,02	0,25	3,20	0,17	0,17
CV%	1,88	3,65	6,76	6,66	11,19	6,47	6,66	6,32	4,93	3,10	9,01	10,33	4,39	5,04	13,90

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). NS: não significativo (P>0,05); ** e * = significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo Teste F.

Tabela 18. Análise química do solo, na profundidade de 10–20 cm, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, após o 1º ano de cultivo.

Sistema em aléias															
	pH	M.O.	Presina	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V %	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Trat.	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmolc dm ⁻³				mg dm ⁻³							
T	5,20	22,20	14,40b	19,20b	0,46	22,80	7,60	30,86	50,06b	61,44	0,11	1,06	39,60a	4,04	0,72b
F	5,22	21,80	15,60b	22,20a	0,52	25,40	8,40	34,32	56,52ab	60,21	0,12	0,90	33,40b	4,38	0,86ab
B	5,28	21,80	15,20b	20,20b	0,50	25,80	8,00	34,32	54,52ab	62,32	0,11	0,90	35,60b	4,04	0,80ab
B+F	5,34	23,60	19,20a	23,20a	0,52	26,80	8,80	36,12	59,32a	60,81	0,10	0,96	40,20a	4,52	0,98a
F	NS	NS	**	*	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	**	NS	**
DMS	0,18	3,68	3,46	1,43	0,14	5,82	2,65	7,71	7,17	6,49	0,02	0,22	3,68	0,76	0,19
CV%	1,86	8,79	11,44	3,60	15,02	12,31	17,25	12,12	6,93	5,65	12,96	12,35	5,27	9,50	11,90
Sistema sem aléias															
	pH	M.O.	Presina	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V %	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Trat.	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmolc dm ⁻³				mg dm ⁻³							
T	5,32	20,40ab	8,60b	18,00	0,34c	20,40b	6,00b	26,74b	44,74b	59,66b	0,09b	1,36a	31,40b	1,08c	0,36b
F	5,30	19,60b	13,40a	19,00	0,60b	21,60ab	6,80b	29,00b	47,96ab	60,27b	0,09b	1,10ab	35,00b	1,04c	0,48ab
B	5,40	22,60ab	14,60a	15,40	0,70ab	26,00a	9,60a	36,30a	51,70a	69,99a	0,13a	1,08b	37,40b	1,64b	0,54a
B+F	5,56	24,20a	15,80a	17,40	0,76a	26,20a	9,60a	36,56a	53,96a	67,33ab	0,13a	1,16ab	46,40a	2,14a	0,60a
F	NS	*	**	NS	**	*	**	**	**	**	**	*	**	**	**
DMS	0,51	4,59	2,97	3,88	0,14	5,47	1,17	6,32	6,32	7,86	0,03	0,28	7,78	0,24	0,14
CV%	5,04	11,26	12,09	11,84	12,64	12,38	7,82	10,46	6,79	6,51	14,66	12,69	11,03	8,73	14,87

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). NS: não significativo ($P > 0,05$); ** e * = significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo Teste F.

6.2.4.2 Análise da densidade de partículas do solo.

Observou-se que no sistema em aléias, houve diferença significativa entre os tratamentos com relação à densidade de partículas do solo (Tabela 19). O sistema sem aléias, não apresentou tal diferença, sendo que os menores valores foram observados nos tratamentos que receberam aplicação de biomassa de *L. diversifolia*, nos dois sistemas. Estes resultados podem estar relacionados com os teores de matéria orgânica encontrados no solo dos tratamentos com biomassa (Tabela 16), em ambos sistemas.

Tomé Jr. (1997) relatou que o valor de densidade de partículas do solo está geralmente em torno de $2,6 \text{ kg dm}^{-3}$, podendo ser um pouco mais elevado para solos ricos em minerais de ferro e nas areias. Para solos ricos em matéria orgânica, esse valor costuma ser menor (Raij, 1983 e Jorge, 1986), o que confirmaria os valores encontrados neste experimento.

Tabela 19. Densidade de partículas do solo, na profundidade de 0-20 cm, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, após o 1º ano de cultivo.

Tratamento	Sistema em aléias (kg dm^{-3})	Sistema sem aléias (kg dm^{-3})
T	2,68a	2,68
F	2,69a	2,66
B	2,53b	2,58
B+F	2,56b	2,58
F	* *	NS
DMS	0,05	0,14
CV %	1,10	2,86

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).
NS: não significativo ($P > 0,05$); ** e * = significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo Teste F.

6.2.4.3 Análises biológicas do solo.

Considerando-se os resultados de biomassa microbiana (Tabela 20), não houve diferença significativa entre os tratamentos, em ambos sistemas. Contudo, os tratamentos (B+F) e (B) tenderam a apresentar valores mais elevados.

Em relação à produção diária de CO₂ (Tabela 20), houve diferença significativa dos tratamentos (B+F) e (B) em relação aos tratamentos (F) e (T), de ambos sistemas, mostrando maiores valores nos tratamentos com biomassa de *L. diversifolia*. Tanto no parâmetro biomassa microbiana quanto no parâmetro produção de CO₂, percebeu-se que os maiores valores foram obtidos no sistema sem aléias.

Tabela 20. Biomassa microbiana e produção de CO₂, na profundidade de 0-5 cm, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, após o 1º ano de cultivo.

Tratamento	Biomassa microbiana mg C g ⁻¹ de solo		Produção diária de CO ₂ (8 dias) mg g ⁻¹ de solo seco	
	Sistema em aléias	Sistema sem aléias	Sistema em aléias	Sistema sem aléias
T	0,12	0,14	0,91b	1,50b
F	0,11	0,16	0,99b	1,51b
B	0,14	0,17	1,29a	2,60a
B+F	0,12	0,17	1,42a	2,31a
F	NS	NS	**	**
DMS	0,28	0,04	0,30	0,55
CV%	11,68	14,60	14,09	14,92

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). NS: não significativo (P>0,05); ** e * = significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo Teste F.

Estes resultados se deveram, provavelmente, à época em que as amostras foram retiradas, ou seja, no final da rotação de culturas aveia/milho. Para se ter uma idéia mais clara do processo microbiológico, seria necessário realizar amostragens

para análises microbiológicas nas diferentes fases de crescimento da cultura, e poder realmente avaliar o efeito dos sistemas de produção, em aléias e sem aléias, na quantidade de biomassa microbiana, na produção de CO₂ e no aproveitamento de CO₂ pelas culturas.

De-Polli e Guerra (1996) relataram que a biomassa microbiana demonstra um comportamento irregular em relação à variabilidade climática estacional, devido à complexidade das interações entre umidade, temperatura, crescimento vegetal e entrada de matéria no solo, bem como a taxa de mudança destes fatores. Ainda segundo os autores, o cultivo mínimo e o plantio direto, promoveram elevação da biomassa microbiana do solo, quando comparados com o cultivo convencional. A manutenção de restos culturais em cobertura sobre o solo, quando comparada com a eliminação destes, também promoveu uma elevação na biomassa microbiana do solo. A adubação orgânica com esterco, a incorporação de resíduos vegetais de leguminosas usadas para adubação verde e de palha de gramíneas, aumentaram a biomassa microbiana do solo. Contudo, efeitos diferenciados sobre a biomassa microbiana do solo, têm sido observados em função do tipo de resíduo orgânico incorporado.

6.3 Aveia preta – 2º ano de cultivo.

6.3.1 Rendimento de matéria seca.

O rendimento médio estimado de matéria seca de aveia preta é apresentado nas Tabelas 21 e 22 e na Figura 6. No sistema em aléias, da mesma forma que no 1º ano de cultivo, não houve diferença significativa entre os tratamentos (B+F) e (F), mas a diferença de rendimento diminuiu para 440 kg ha⁻¹ de matéria seca. Da mesma forma, a diferença entre os tratamentos (F) e (B) diminuiu de 1.180 para 800 kg ha⁻¹ de matéria seca. No sistema sem aléias, os tratamentos tiveram o mesmo comportamento do sistema em aléias, com menor produtividade no tratamento (B), fato provavelmente influenciado pela ausência das aléias de *L. diversifolia*.

Pode-se observar que houve diferença significativa entre os dois sistemas, apenas em relação ao tratamento (B), onde a presença das árvores poderia ter

contribuído para a maior produtividade no sistema em aléias. Com a cobertura do solo e o aporte de nutrientes através dos restos das culturas, foram obtidas produtividades de aveia preta semelhantes nos dois sistemas, para os tratamentos (T), (F) e (B+F).

Tabela 21. Rendimento médio estimado de matéria seca de aveia preta, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, no 2º ano de cultivo.

Tratamento	Sistema em aléias (t ha ⁻¹)	Sistema sem aléias (t ha ⁻¹)
T	5,95cA	5,60cA
F	9,78aA	9,51aA
B	8,98bA	6,84bB
B+F	10,22aA	10,13aA
F	**	**
DMS	0,75	0,95
CV%	4,76	6,34

** significativo a 1% pelo teste F. Letras maiúsculas, na linha: comparação entre sistemas (D.M.S. = 0,60) para cada tratamento; letras minúsculas, na coluna: comparação entre tratamentos para cada sistema.

Tabela 22. Análise de variância conjunta dos sistemas.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
Tratamento (T)	3	4,73	1,58	16,99**
Sistema (S)	1	0,20	0,20	2,15NS
T x S	3	0,28	0,09	0,43NS
Resíduo médio	24	5,16	0,21	
Blocos médios	8			
Total	39			

NS: não significativo; ** e * = significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo Teste F.

Em relação ao 1º ano de cultivo, o rendimento de matéria seca de aveia preta no sistema em aléias aumentou em todos os tratamentos, com exceção do

tratamento (T) que se manteve semelhante. No caso do sistema sem aléias, o rendimento também aumentou em todos os tratamentos, sendo significativo o aumento do tratamento (T) com relação ao ano anterior (de 1,70 t ha⁻¹ em 2000 para 5,60 t ha⁻¹ em 2001). Isto se deveu provavelmente ao manejo das culturas, à cobertura com a palha de aveia preta, à palhada de milho deixada no solo após a colheita e à liberação de nutrientes desse material. Outros autores confirmaram esses resultados. Levien (1999), trabalhando em Botucatu, SP, obteve em média 9.540 kg ha⁻¹ de massa de resíduos sobre o solo (restos da cultura do milho e restos da cultura anterior de aveia preta-safra 96/97), e na safra 97/98 a massa seca de palha produzida pela cultura de milho foi, em média, 12.390 kg ha⁻¹.

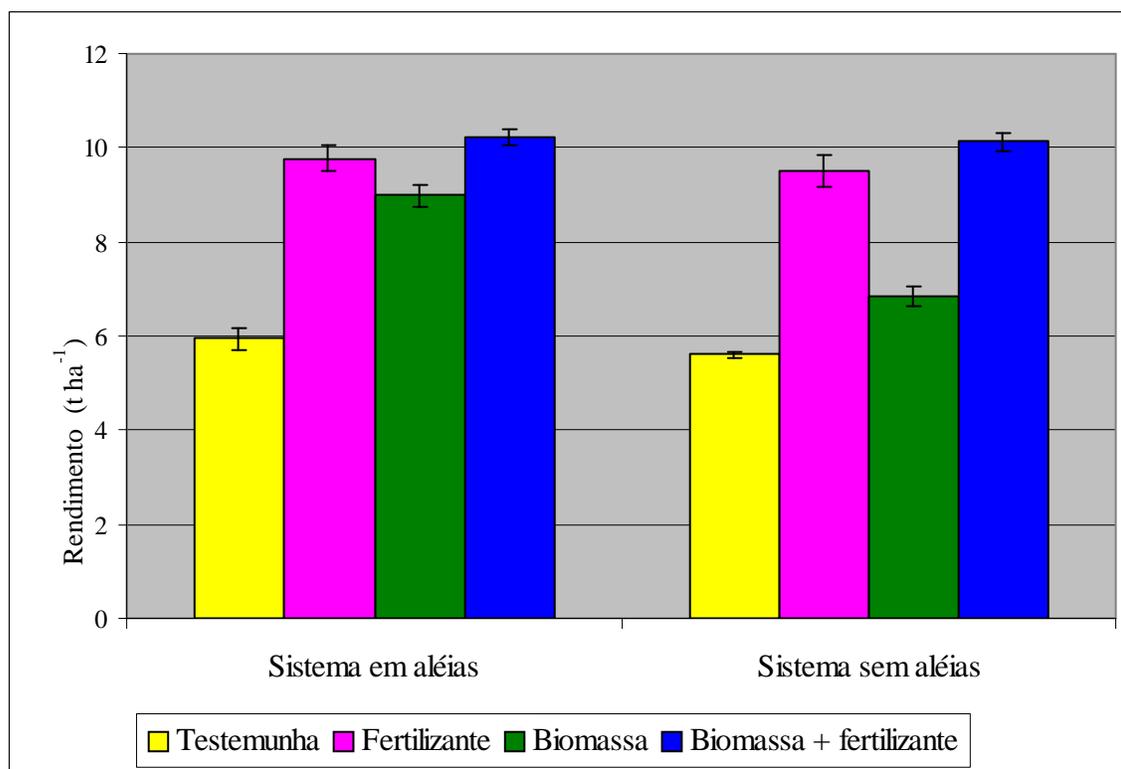


Figura 6. Rendimento médio estimado de matéria seca de aveia preta no 2º ano de cultivo.

As barras de erro representam o desvio-padrão da média.

6.3.2 Análise foliar e quantidade de nutrientes.

Os resultados da análise foliar dos diferentes tratamentos de aveia preta, para ambos os sistemas, estão mostrados na Tabela 23.

Comparando-se estes resultados com os teores adequados, observou-se que todos os tratamentos do sistema em aléias estão dentro da faixa de teores adequados de P; em relação ao Ca, somente o tratamento (B+F) do sistema em aléias foi adequado; o Mg foi adequado nos tratamentos (B+F), (F) e (B) do sistema em aléias, provavelmente devido à influência das aléias de *L. diversifolia*. Os elementos Fe, Mn e Zn tiveram teores adequados em ambos sistemas.

Observou-se que no sistema em aléias, houve diferença significativa para N, K, Mg, S, Fe, Mn, Zn, com os maiores valores nos tratamentos (B+F), (F) e (B). As concentrações de N, K, e Mg foram maiores nos tratamentos onde a biomassa era presente, não ocorrendo o mesmo com a concentração de S. Em relação aos micronutrientes as concentrações de Mn e Zn seguiram o mesmo comportamento, não acontecendo com o Fe. No sistema sem aléias, houve diferença significativa para K, S, Fe, Mn. Tanto para macro como para micro nutrientes, os tratamentos (B+F), (B) e (F) tenderam a apresentar maiores valores.

Pode-se observar ainda, que no sistema em aléias, no 2º ano de cultivo em relação ao 1º ano, o teor de P aumentou em todos os tratamentos, sem diferença significativa e diminuiu o do elemento B, também sem diferença significativa entre os tratamentos. Para o sistema sem aléias, ocorreu diminuição do teor do elemento K, com diferença entre os tratamentos, e nos elementos Ca, B, Cu e Zn, sem diferença significativa entre os tratamentos.

Embora não tenha ocorrido diferença significativa em relação aos tratamentos, na concentração de nutrientes na matéria seca de aveia preta (Tabela 23), observou-se que devido aos diferentes rendimentos de matéria seca, houve diferenças nas quantidades dos nutrientes nas plantas (Tabela 24), em ambos os sistemas.

Tabela 23. Concentração de nutrientes em folhas de aveia preta, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, no 2º ano de cultivo.

Sistema em aléias											
Concentração de nutrientes											
Tratamento	g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹					
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
T	14,40b	2,08	9,20c	2,20	1,38c	1,18b	5,00	3,40	72,60c	65,40c	19,60b
F	16,00ab	2,12	12,20b	2,40	1,55b	1,28ab	5,20	3,60	78,00ab	69,80bc	21,40b
B	16,00ab	2,18	13,40ab	2,40	1,67ab	1,26b	5,00	4,00	74,40bc	74,40ab	21,60b
B+F	16,20a	2,22	14,20a	3,00	1,89a	1,42a	5,40	4,20	80,20a	76,60a	25,00a
F	*	NS	**	NS	**	**	NS	NS	**	**	**
DMS	1,69	0,22	1,54	0,89	0,14	0,15	1,81	1,15	5,07	4,91	2,50
CV %	5,74	5,40	6,71	18,97	4,63	6,07	18,76	16,12	3,54	3,66	6,08
Sistema sem aléias											
Concentração de nutrientes											
Tratamento	g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹					
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
T	13,8	1,90	9,40c	2,20	1,32	1,02b	4,20	2,80	66,40b	52,40c	21,40
F	14,0	1,92	11,60b	2,60	1,34	1,30a	4,40	3,60	75,60a	66,60b	21,40
B	13,8	1,92	12,60ab	2,60	1,42	1,18a	4,40	3,80	71,20ab	67,20ab	22,00
B+F	15,2	1,98	13,80a	2,60	1,44	1,22a	4,80	4,00	75,00a	72,40a	22,40
F	NS	NS	**	NS	NS	**	NS	NS	**	**	NS
DMS	1,59	0,201	1,49	1,07	0,14	0,13	1,12	1,39	7,16	5,27	2,70
CV %	6,00	5,54	6,72	22,80	5,65	5,84	13,45	20,89	5,29	4,34	6,61

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). NS: não significativo (P>0,05); ** e * = significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo Teste F.

Tabela 24. Quantidade de nutrientes na matéria seca de aveia preta, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, no 2º ano de cultivo.

Sistema em aléias											
Tratamento	Quantidade de nutrientes (kg ha ⁻¹)										
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
T	85,69d	12,42b	54,60c	12,42d	8,44c	7,48d	0,032b	0,022c	0,43d	0,39c	0,12d
F	156,47b	20,51a	119,52b	23,48b	15,44b	12,58b	0,048a	0,032b	0,76b	0,68b	0,21b
B	143,72c	19,49a	120,44b	21,53c	15,02b	11,44c	0,042a	0,032b	0,67c	0,67b	0,19c
B+F	165,49a	22,47a	144,52a	30,62a	19,61a	14,61a	0,048a	0,041a	0,82a	0,78a	0,25a
F	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
DMS	4,85	3,57	3,89	2,63	0,45	0,50	0,01	0,008	0,014	0,014	0,012
CV %	5,19	5,60	9,20	6,30	1,63	2,30	12,15	14,26	1,15	1,18	3,39
Sistema sem aléias											
Tratamento	Quantidade de nutrientes (kg ha ⁻¹)										
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
T	77,43d	10,61c	52,57d	12,49c	7,49d	5,56c	0,022c	0,014c	0,37c	0,29d	0,12c
F	133,45b	18,48a	110,81b	24,59a	12,66b	12,42a	0,038b	0,034ab	0,73a	0,63b	0,20a
B	94,47c	13,42b	86,37c	17,58b	9,67c	8,49b	0,034b	0,032b	0,51b	0,46c	0,15b
B+F	153,68a	20,46a	140,03a	26,54a	14,56a	12,40a	0,048a	0,042a	0,76a	0,73a	0,21a
F	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
DMS	3,69	2,61	8,90	2,78	0,59	2,11	0,01	0,09	0,04	0,013	0,016
CV %	1,70	8,8	4,90	7,30	2,86	11,52	14,99	15,84	3,67	1,30	5,02

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). NS: não significativo (P>0,05); ** e * = significativo a 1 e 5%, respectivamente.

Outro ponto a se considerar, é que as maiores quantidades de nutrientes, em geral, foram obtidas nos tratamentos (B+F) e (F), seguidos pelo tratamento (B), em ambos os sistemas, confirmando a tendência em relação ao rendimento de matéria seca. Além disso, os maiores valores são aqueles obtidos no sistema em aléias. Em relação a estes resultados, Borkert et al. (2003) relatou que a aveia preta, embora não seja leguminosa, acumula e recicla quantidades razoáveis de N, elevadas quantidades de K, Ca e Mg e entre os micronutrientes Mn, Cu e Zn.

6.4 Milho – 2º ano de cultivo.

6.4.1 Produtividade de grãos de milho.

Em relação ao ano anterior, a produtividade de milho (Tabelas 25 e 26), apresentou uma tendência de aumento em todos os tratamentos, nos dois sistemas de produção. Este resultado pode ser devido, ao efeito acumulativo e mineralização da palhada de milho e aveia preta, ao longo do experimento. Como a produtividade foi maior no sistema em aléias, poderia estar ocorrendo também efeito da fixação biológica de nitrogênio, retenção de água e diminuição dos extremos microclimáticos pelas aléias de *L. diversifolia*.

Não houve diferença significativa entre os tratamentos B+F, B e F, nos dois sistemas, mas sim em relação ao tratamento (T), sendo que a ordem decrescente de produtividade foi B+F>B>F>T.

A massa de 100 grãos (Tabela 25), seguiu a mesma ordem decrescente observada na produtividade de milho no sistema em aléias. No sistema sem aléias, a ordem foi: (B) > (B+F) > (F) > (T). Estes valores foram maiores no ano 2002, em relação ao ano 2001, em média 5% a mais nos tratamentos com biomassa do sistema em aléias e 13% no sistema sem aléias, e estão dentro dos valores reportados na literatura e mencionados anteriormente.

Pode-se perceber pelos resultados da análise conjunta (Tabela 25 e 26), e comparando-se com os resultados de produtividade de milho do 1º ano (Tabela 11), que entre os tratamentos sempre ocorreu diferença significativa e que o comportamento desses tratamentos em ambos os sistemas seguiu o mesmo padrão. Comparando-se os dois sistemas, novamente o sistema em aléias produziu significativamente mais grãos de milho ($t\ ha^{-1}$) que o sistema sem aléias.

Tabela 25. Resultados médios de produtividade de grãos de milho e massa de 100 grãos, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e nos sistema sem aléias, no 2º ano de cultivo.

Tratamento	Produtividade de grãos ($t\ ha^{-1}$)		Massa de 100 grãos (g)	
	Sistema em aléias	Sistema sem aléias	Sistema em aléias	Sistema sem aléias
T	6,34bA	5,76bB	32,20b	31,44c
F	9,43aA	8,76aB	36,20a	34,52b
B	9,51aA	8,96aB	36,60a	36,19a
B+F	10,25aA	8,94aB	37,60a	35,39ab
F	**	**	**	**
DMS	0,957	0,56	1,45	1,08
CV	5,74	3,71	2,17	1,69

** significativo a 1% pelo teste F. Letras maiúsculas, na linha: comparação entre sistemas (D.M.S. = 0,54) para cada tratamento; letras minúsculas, na coluna: comparação entre tratamentos para cada sistema.

Tabela 26. Análise de variância conjunta dos sistemas.

Causa da variação	GL	SQ	QM	F
Tratamento (T)	3	3,24	1,08	83,07**
Sistema (S)	1	0,24	0,24	18,46*
T x S	3	0,039	0,01	0,07NS
Resíduo médio	24	4,20	0,17	
Blocos médios	8			
Total	39			

NS: não significativo; ** e * = significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo Teste F.

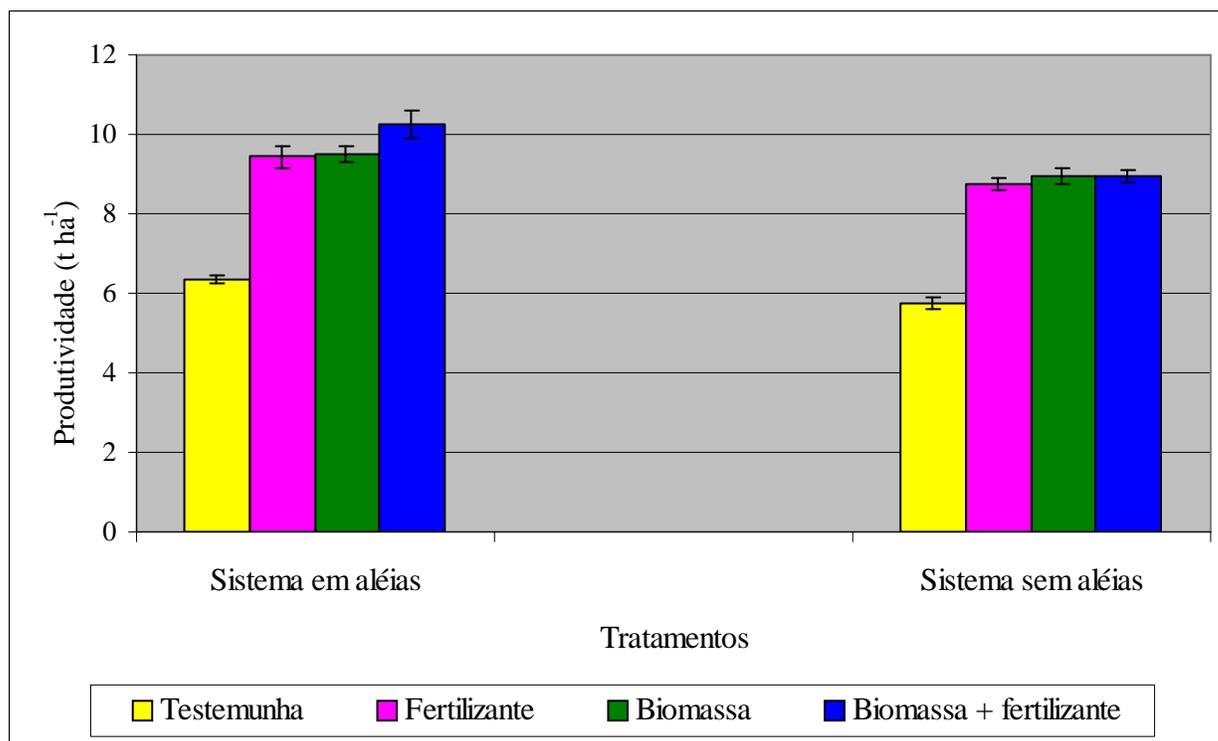


Figura 7. Resultados médios de produtividade de grãos de milho no 2º ano de cultivo.

As barras de erro representam o desvio-padrão da média.

Rathert e Werasopon (1992), trabalhando em Bangkok, em um solo com uma média de pH de 6,0, avaliaram o potencial de fornecimento de nutrientes de quatro espécies de leguminosas comparadas com fertilizante químico na cultura de arroz. Segundo os autores, em contraste com fertilizantes minerais, a adubação verde atuou como uma fonte de lenta liberação de nutrientes. A biomassa de *Gliricidia sepium* foi mais efetiva que o fertilizante na produtividade de arroz. Outra conclusão foi que pequenas doses de fertilizantes minerais associadas com adubação verde e biomassa de leguminosas fixadoras de nitrogênio, contribuíram para incrementar a produtividade de forma efetiva. Os dados acima confirmam os resultados obtidos neste experimento, porque não se encontrou diferença significativa entre os tratamentos de biomassa e os tratamentos com fertilizante, e além disso, os valores obtidos no tratamento (B+F) do sistema em aléias, apesar de não haver diferença significativa, tiveram a tendência de serem maiores que os obtidos nos outros tratamentos.

6.4.2 Análise foliar do milho.

Os resultados da análise foliar do milho estão mostrados na Tabela 27. No 2º cultivo, os resultados apresentaram diferença significativa entre tratamentos nas concentrações de N, P, S, B, Cu, Fe e Mn no sistema em aléias, e nas concentrações de N, P, K, S, Cu, Fe, Mn e Zn no sistema sem aléias.

Comparando-se os sistemas em aléias e sem aléias, observou-se que a concentração de N foi maior nos tratamentos do sistema em aléias, provavelmente pela fixação de nitrogênio efetuada pelas aléias de *L. diversifolia*; a concentração de P foi maior nos tratamentos (B+F) e (F) do sistema em aléias; a concentração de K foi maior no tratamento (B + F) de ambos sistemas; a concentração de Ca foi maior no tratamento (B) do sistema em aléias; as concentrações de Mg, B e Fe foram maiores em todos os tratamentos do sistema em aléias; e a concentração de Mn foi maior nos tratamentos (B+F), (B) e (F) do sistema em aléias.

Comparando-se com os teores de nutrientes na folha do milho na primeira semeadura, observou-se que N, P, S, B Cu, Fe e Mn tiveram concentrações menores no sistema em aléias e K, Cu e Fe no sistema sem aléias.

6.4.3 Parâmetros avaliados na cultura do milho.

Em relação à altura da planta (Tabela 28), não houve diferença significativa entre os tratamentos (B+F), (F) e (B) no sistema em aléias. No sistema sem aléias, houve diferença significativa entre todos os tratamentos, mostrando que o sistema em aléias pode ter contribuído para que o tratamento (B) tivesse o mesmo desempenho dos outros tratamentos.

Tabela 27. Concentração de nutrientes em folhas de milho, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, no 2º ano de cultivo.

sistema em aléias											
Concentração de nutrientes											
Tratamento	g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹					
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
T	17,40c	2,42b	12,80	2,60	3,20	1,16b	11,00c	3,60b	54,40	17,80b	24,40
F	21,00b	2,60ab	14,00	3,60	3,28	1,70a	12,00bc	5,60ab	61,00	31,20ab	29,00
B	21,40ab	2,70ab	14,00	3,20	3,36	1,54a	13,80a	5,80ab	61,20	30,40ab	24,80
B+F	24,20a	2,78a	14,60	3,20	3,20	1,68a	13,40ab	6,00a	61,60	36,20a	26,00
F	* *	*	NS	NS	NS	* *	* *	*	NS	*	NS
DMS	3,05	0,33	2,21	1,17	1,24	0,23	1,56	2,25	13,07	14,33	7,89
CV %	7,74	6,65	8,52	19,87	18,81	8,17	6,63	22,80	11,21	26,41	16,13
Sistema sem aléias											
Concentração de nutrientes											
Tratamento	g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹					
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
T	16,40c	1,76b	11,20b	2,60	2,80	1,70a	10,00	4,20b	49,00	10,80b	20,80b
F	19,40bc	2,02b	12,40ab	2,80	2,92	1,90a	10,40	4,40b	50,40	17,00ab	23,60ab
B	22,20ab	2,08b	13,80ab	2,60	2,82	1,48b	11,00	4,80b	57,20	18,20a	27,60ab
B+F	24,00a	2,60a	14,60a	2,60	3,08	1,90a	11,60	7,40a	60,80	23,60a	30,80a
F	* *	* *	*	NS	NS	* *	NS	* *	NS	* *	*
DMS	4,12	0,35	2,74	1,03	0,48	0,30	2,09	2,19	12,07	6,78	9,01
CV %	10,70	8,79	11,21	20,67	8,90	5,55	10,37	22,41	11,82	20,75	18,67

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$). NS: não significativo ($P>0,05$);

** e * = significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo Teste F.

Os resultados de altura de inserção da espiga de milho (Tabela 28), apresentaram diferença significativa entre os tratamentos, em ambos os sistemas, sendo que o maior valor foi obtido no tratamento (B+F) do sistema em aléias, devido provavelmente ao efeito conjunto do fertilizante, biomassa da poda da *L diversifolia*, sucessão de culturas e as aléias do sistema. Ferreira (1996) observou uma altura de inserção de espiga de 1,44m quando incorporou leguminosas ao solo e aplicou fertilizante, dado semelhante ao encontrado no tratamento (B + F) do sistema em aléias.

Tabela 28. Resultados médios da altura, altura de inserção da espiga e diâmetro do colmo das plantas de milho, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, no 2º ano de cultivo.

Tratamento	Altura da planta (m)		Altura de inserção da espiga (m)		Diâmetro do colmo (cm)	
	Sistema em aléias	Sistema sem aléias	Sistema em aléias	Sistema sem aléias	Sistema em aléias	Sistema sem aléias
T	2,04b	1,60c	1,11c	0,90c	1,95c	1,53b
F	2,23a	1,95b	1,34b	1,22b	2,18bc	2,16a
B	2,21a	2,00b	1,30b	1,20b	2,31ab	2,21a
B+F	2,29a	2,20a	1,48a	1,35a	2,51a	2,26a
F	**	**	**	**	**	**
DMS	0,09	0,18	0,11	0,10	0,29	0,19
CV %	2,27	5,06	5,11	5,24	7,02	5,13

NS: não significativo ($P>0,05$); ** e * = significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo Teste F.

Em relação ao diâmetro do colmo (Tabela 28), não houve diferença significativa entre os tratamentos (B+F) e (B) no sistema em aléias, sendo que estes dois tratamentos alcançaram os maiores valores, mostrando o efeito da deposição de biomassa no sistema. No sistema sem aléias, não houve diferença entre os tratamentos (B+F), (B) e (F). Comparando-se os dois sistemas, os maiores valores foram encontrados no sistema em aléias.

Considerando-se o diâmetro da espiga, diâmetro do sabugo, comprimento da espiga e número de fileiras da espiga (Tabela 29), não foi observada diferença significativa entre os tratamentos (B+F), (B) e (F) no sistema em aléias e no sistema sem aléias, havendo uma tendência de ocorrerem maiores valores no sistema em aléias.

Tabela 29. Resultados médios do diâmetro da espiga, diâmetro do sabugo, comprimento da espiga e número de fileiras de grãos da espiga de milho, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, no 2º ano de cultivo.

Trat.	Diâmetro da espiga (cm)		Diâmetro do sabugo (cm)		Comprimento da espiga (cm)		Número de fileiras	
	Sistema em aléias	Sistema sem aléias	Sistema em aléias	Sistema sem aléias	Sistema em aléias	Sistema sem aléias	Sistema em aléias	Sistema sem aléias
T	4,56b	4,40b	2,57b	2,53b	14,10b	13,67b	13,96b	13,40b
F	4,85a	4,84a	2,81a	2,86a	17,79a	17,51a	14,58a	14,49a
B	4,91a	4,89a	2,77a	2,87a	17,65a	17,18a	14,68a	14,41ab
B+F	4,95a	4,91a	2,83a	2,91a	18,16a	17,59a	14,98a	14,36ab
F	**	**	**	**	**	**	**	*
DMS	0,205	0,273	0,140	0,206	1,53	1,880	0,57	1,03
CV	2,26	3,06	2,71	3,93	4,82	6,06	2,08	3,86
	%							

NS: não significativo ($P>0,05$); ** e * = significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo Teste F.

O diâmetro da espiga foi maior e o do sabugo menor, no sistema em aléias em relação ao sistema sem aléias, o que pode ter influenciado na maior produtividade de milho no sistema em aléias.

Dados encontrados na literatura, em relação a estes parâmetros, já foram apresentados no primeiro ano de produtividade de milho e foram semelhantes aos obtidos neste trabalho.

6.4.4 Análise do solo após o 2º ano de cultivo.

6.4.4.1 Análises químicas do solo.

Os resultados das análises químicas do solo estão mostrados nas Tabelas 30 a 32. No segundo ano, no sistema em aléias, ocorreu um aumento do índice de pH, sendo que o tratamento (B) não diferiu estatisticamente do tratamento (B+F). Em relação à M.O., houve diferença estatística significativa entre os tratamentos com biomassa de *L. diversifolia* e os tratamentos (F) e (T). Além disso, cabe salientar que ocorreram teores maiores de M.O. nos resultados das análises do 2º ano em relação ao 1º ano.

Ainda em relação ao sistema em aléias, os teores dos nutrientes K, Ca, Mg, e P dos tratamentos (B+F), (B) e (F), diferiram em relação ao tratamento (T), proporcionando um aumento significativo no solo. Conseqüentemente, a soma de bases diferiu também em relação ao tratamento (T). Este mesmo comportamento foi observado para os micronutrientes, exceto para o Boro, sendo que esta situação se mantém nas três profundidades. Na profundidade de 10 a 20 cm somente o ferro e o zinco não diferiram significativamente.

No caso do sistema sem aléias, no segundo ano, ocorreu um aumento no índice de pH, havendo diferença significativa entre os tratamentos. Considerando-se a profundidade de 0-5 cm, houve diferença nos índices de pH, teores de M.O. e P, CTC e SB entre os diferentes tratamentos, enquanto que em relação aos teores de micronutrientes, o B e o Cu não diferiram. Por outro lado, ocorreram diferenças significativas nos teores de Fe, Zn e Mn. Na profundidade de 5-10 cm, somente não ocorreram diferenças significativas nos teores de M.O. e B. Na profundidade de 10-20 cm, observou-se um comportamento do solo semelhante à profundidade de 0-5, exceto para o elemento Mg.

Tabela 30. Análise química do solo, na profundidade de 0–5 cm, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, após o 2º ano de cultivo.

Sistema em aléias															
	pH	M.O.	P resina	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V %	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Trat.	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmolc dm ⁻³ -----					----- mg dm ⁻³ -----						
T	5,32b	18,40b	13,00b	11,80b	0,50b	22,60b	11,00b	34,10b	46,20c	74,27	0,086	1,18b	27,00b	2,26c	0,68b
F	5,50ab	19,40b	14,80ab	13,80a	0,62ab	24,20ab	12,60ab	37,40a	51,22b	73,05	0,100	1,32a	27,80b	2,52b	0,78ab
B	5,50ab	21,40a	15,00a	14,00a	0,60ab	25,60a	12,80a	39,00a	52,22b	73,59	0,100	1,20ab	34,80a	3,10a	0,74ab
B+ F	5,52a	21,40a	15,20a	14,60a	0,70a	25,20a	12,80a	38,66a	57,48a	72,60	0,100	1,38a	34,00a	2,98a	0,90a
F	*	**	*	**	**	**	**	**	**	NS	NS	**	**	**	*
DMS	0,19	1,87	1,99	1,54	0,13	1,69	1,80	1,89	3,75	2,03	0,02	0,12	2,50	0,25	0,17
CV%	1,85	4,96	7,34	6,06	11,78	3,68	8,16	2,71	3,86	1,47	9,76	5,17	4,31	4,87	11,95
Sistema sem aléias															
	pH	M.O.	P resina	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V %	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Trat.	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmolc dm ⁻³ -----					----- mg dm ⁻³ -----						
T	5,22b	16,40b	11,60b	12,00	0,46b	20,80c	10,40b	32,06c	44,06c	72,58	0,08	0,72	21,60b	2,06b	0,42b
F	5,42ab	18,20b	12,40ab	12,20	0,54ab	22,20bc	11,60ab	33,94bc	46,14bc	73,52	0,09	0,74	23,60b	2,32b	0,86a
B	5,46a	20,60a	13,80a	13,80	0,50ab	23,00ab	12,20a	35,50ab	49,30ab	72,08	0,09	0,72	23,60b	2,40b	0,42b
B+F	5,48a	20,40a	14,20a	14,00	0,60a	24,20a	11,40ab	36,98a	50,80a	72,47	0,09	0,76	32,00a	3,60a	0,80a
F	*	**	**	NS	*	**	*	**	**	NS	NS	NS	**	**	**
DMS	0,21	2,14	1,92	2,14	0,12	1,60	1,44	2,20	3,23	3,24	0,02	0,16	5,79	0,46	0,19
CV%	2,07	6,03	7,85	8,77	12,17	3,78	6,75	3,38	3,62	2,38	11,85	11,58	12,23	9,52	16,20

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

NS: não significativo (P>0,05); ** e * = significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo Teste F.

Tabela 31. Análise química do solo, na profundidade de 5 – 10 cm, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, após o 2º ano de cultivo.

Sistema em aléias															
	pH	M.O.	Presina	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V %	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Trat.	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmolc dm ⁻³ -----						----- mg dm ⁻³ -----					
T	5,22b	17,00b	12,60b	14,20b	0,40b	20,80b	10,40b	31,60b	46,20c	68,39b	0,05c	1,08b	29,40b	2,44c	0,50b
F	5,48a	18,40ab	14,40a	14,60b	0,60a	23,60a	12,40a	36,60a	51,20b	71,52a	0,05c	1,26a	32,80b	2,50c	0,62b
B	5,52a	19,60a	14,40a	14,40b	0,64a	24,60a	12,60a	37,84a	52,24b	72,39a	0,08a	1,32a	31,80b	2,74b	0,56b
B+F	5,40a	20,00a	14,80a	19,60a	0,68a	24,20a	13,00a	37,88a	57,48a	65,92c	0,07b	1,32a	40,00a	3,60a	0,78a
F	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
DMS	0,14	1,87	0,97	1,97	0,12	2,08	1,56	2,47	3,75	1,94	0,01	0,15	3,98	0,20	0,14
CV%	1,38	5,31	3,68	6,68	11,46	4,77	6,87	3,65	3,86	1,49	12,90	5,52	6,32	3,79	11,97

Sistema sem aléias															
	pH	M.O.	Presina	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V %	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Trat.	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmolc dm ⁻³ -----						----- mg dm ⁻³ -----					
T	5,20b	18,40	10,40b	24,40ab	0,22c	20,00b	9,60b	29,82b	54,22c	54,99b	0,13	0,72ab	21,40c	1,96b	0,30b
F	5,42a	19,60	13,00a	24,80ab	0,48b	22,80a	10,40ab	33,68a	58,48b	57,59ab	0,14	0,78a	23,40bc	2,10b	0,46a
B	5,42a	18,40	13,40a	23,80b	0,62ab	23,40a	11,00ab	35,02a	58,82b	59,50a	0,13	0,60b	24,20b	1,80b	0,36a
B+F	5,44a	20,00	13,60a	26,20a	0,70a	23,20a	12,20a	36,10a	62,30a	57,94ab	0,15	0,76a	29,60a	2,68a	0,44a
F	**	NS	**	**	**	**	**	**	**	**	NS	**	**	**	*
DMS	0,12	2,08	2,05	2,09	0,15	1,71	1,95	2,83	3,09	3,15	0,02	0,13	2,52	0,38	0,11
CV%	1,21	5,81	8,66	4,49	16,37	4,08	9,64	4,48	2,82	2,91	8,96	9,89	5,44	9,63	14,43

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). NS: não significativo (P>0,05); ** e * = significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo Teste F.

Tabela 32. Análise química do solo, na profundidade de 10–20 cm, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, após o 2º ano de cultivo.

Sistema em aléias															
	pH	M.O.	Presina	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V %	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Trat.	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	----- mmolc dm ⁻³ -----						----- mg dm ⁻³ -----					
T	5,18b	13,60c	8,80b	14,20	0,30b	16,00b	8,80b	25,10b	39,30b	63,86b	0,04	0,74b	34,80	2,68b	0,50
F	5,36ab	14,40c	10,00ab	14,40	0,58a	18,80a	10,00ab	29,38a	43,78a	67,09a	0,05	0,90a	36,40	2,80b	0,50
B	5,44a	18,00a	10,80a	15,20	0,68a	19,20a	10,40a	30,28a	45,48a	66,56a	0,05	0,90a	40,60	3,60a	0,50
B+F	5,42a	16,20b	11,60a	14,40	0,72a	18,80a	10,80a	30,28a	44,68a	67,20a	0,05	0,90a	39,00	3,76a	0,56
F	*	**	**	NS	**	**	**	**	**	**	NS	**	NS	**	NS
DMS	0,24	1,27	1,99	1,12	0,14	2,15	1,36	2,86	3,63	1,94	0,01	0,13	6,09	0,29	0,12
CV%	2,44	4,35	10,34	4,11	13,59	6,28	7,25	5,30	4,46	1,56	15,78	8,15	8,61	4,82	12,4 1

Sistema sem aléias															
	pH	M.O.	Presina	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V %	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Trat.	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	----- mmolc dm ⁻³ -----						----- mg dm ⁻³ -----					
T	5,04b	12,20c	6,20b	24,20	0,16d	13,60b	6,80	20,56c	44,76b	45,93c	0,12	0,76	19,40c	1,32b	0,26
F	5,28a	13,40bc	7,80ab	23,40	0,32c	15,00b	7,40	22,72b	46,12b	49,22ab	0,13	0,68	22,60b	1,38ab	0,30
B	5,28a	15,20ab	8,00a	24,00	0,50b	17,60a	7,40	25,50a	49,50a	51,54a	0,13	0,66	21,00bc	1,38ab	0,26
B+F	5,32a	15,60a	9,20a	25,20	0,70a	14,80b	8,00	23,50b	48,70a	48,23bc	0,13	0,62	24,80a	1,56a	0,32
F	**	**	**	NS	**	**	NS	**	**	**	NS	NS	**	*	NS
DMS	0,18	2,00	1,77	1,88	0,12	1,45	1,20	1,84	2,45	3,03	0,01	0,22	2,10	0,20	0,08
CV%	1,82	7,58	12,11	4,15	15,82	5,08	8,64	4,25	2,75	3,31	5,55	17,66	5,09	7,61	15,60

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$). NS: não significativo ($P>0,05$); ** e * = significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo Teste F.

Em relação ao 1º ano de cultivo (Tabelas 16 a 18) houve uma diminuição no teor de M.O. e de nutrientes, provavelmente devido à exigência das culturas, principalmente o milho que apresentou altas produtividades.

Quando se observa a análise inicial de solo (Tabela 1), pode-se perceber um aumento nos teores de M.O., K, Ca, Mg e também no índice de pH, mas houve uma diminuição do P, provavelmente o elemento utilizado pela cultura do milho para crescimento do sistema radicular, desenvolvimento da parte aérea e florescimento, e conseqüentemente, produção de grãos (Büll e Cantarella, 1993).

Conforme Tomé Jr. (1997), quanto maior é o índice de pH de um solo, mais elevada será a saturação por bases; quanto maior o teor de matéria orgânica, maior a capacidade de troca catiônica e o teor de matéria orgânica do solo diminui com a profundidade, sendo que o comportamento do P e K acompanha esta tendência. Conforme o resultado da Tabela 30, observou-se que o aumento da matéria orgânica nos tratamentos (B) e (B+F) proporcionou aumentos nos valores da CTC, V% e P e quanto mais nos aprofundamos no perfil (Tabelas 31 e 32) os valores de M.O., P e K, tenderam a diminuir. Cabe salientar ainda, que em todos os parâmetros de solo analisados, ocorreu uma tendência de maiores valores no sistema em aléias.

Levien (1999) observou que o plantio direto e/ou escarificação, tenderam a apresentar maiores valores de pH, P, K, Mg, SB e V% e menores de H+Al na camada de 0-7 cm de profundidade. Ainda segundo o autor, este fato se deveu à aplicação superficial de corretivos e de fertilizante, ao baixo grau de revolvimento do solo ocasionado por estes preparos em relação ao manejo convencional, e à reciclagem promovida pela decomposição do material orgânico, ocasionando acumulação de nutrientes na camada superficial. Segundo o mesmo autor, o plantio direto com biomassa como cobertura apresentou maiores teores de matéria orgânica na camada superficial do solo, em relação ao preparo convencional, confirmando resultados obtidos neste experimento.

6.4.4.2 Análises físicas do solo.

Os parâmetros avaliados na análise física do solo foram estabilidade de agregados, porosidade, densidade do solo e retenção de água e estão apresentados nas Tabelas 33, 34, 35 e 36, respectivamente. Em relação à estabilidade de agregados, houve diferença significativa entre os tratamentos de ambos sistemas, exceto no diâmetro de 0,25–0,10 mm do sistema em aléias.

Tabela 33. Valores de percentagem da distribuição de agregados, por classe de tamanho, na profundidade de 0-20 cm, em função dos diferentes tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, após o 2º ano de cultivo.

Tamanho de agregados (%)						
Sistema em aléias						
----- mm -----						
Trat.	4-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,10	0,10-0,05
T	72,80a	1,80b	4,40b	13,20b	6,20	1,60b
F	64,80ab	3,20b	6,00b	16,80ab	6,80	2,00b
B	60,20bc	3,20b	7,00a	18,80a	7,40	2,40ab
B+F	48,80c	13,40a	7,80a	20,20a	8,20	3,00a
F	**	**	**	**	NS	**
DMS	12,44	1,65	2,19	3,86	2,01	0,84
CV%	10,75	16,30	18,50	11,92	15,00	19,88
Sistema sem aléias						
----- mm -----						
Trat.	4-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,10	0,10-0,05
T	81,00a	1,40b	1,60b	5,20b	4,40b	1,40b
F	73,00b	1,20b	2,60ab	6,60b	8,20a	2,80a
B	68,60c	1,00b	2,00ab	5,80b	4,80b	2,60ab
B+F	68,80c	2,40a	3,20a	8,40a	8,20a	2,80a
F	**	**	*	**	**	*
DMS	3,66	0,89	0,32	1,71	1,80	1,35
CV%	2,68	31,62	29,84	14,04	15,32	29,95

Observa-se que as classes de agregados maiores predominaram sobre as de menores tamanhos, havendo maior quantidade de agregados de 2-1 mm, 1-0,5 mm e 0,5-0,25 mm nos tratamentos com biomassa de *L. diversifolia*, com diferença significativa, tanto no sistema em aléias, quanto no sistema sem aléias. Ressalta-se ainda, que as quantidades dessas classes de agregados foram maiores no sistema em aléias.

No caso da porosidade total, houve diferenças significativas em ambos os sistemas, sendo que os maiores valores foram encontrados nos tratamentos com a biomassa da leguminosa *L. diversifolia*.

No sistema em aléias não houve diferença significativa entre tratamentos em relação à microporosidade e sim em relação à macroporosidade. No sistema sem aléias não houve diferença significativa no valor de macro e microporosidade.

Tabela 34. Porosidade total, macro e micro porosidade do solo, na profundidade de 0-20 cm, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, após o 2º ano de cultivo.

Tratamento	Sistema em aléias			Sistema sem aléias		
	Porosidade total (cm ³ cm ⁻³)	Micro porosidade (cm ³ cm ⁻³)	Macro porosidade (cm ³ cm ⁻³)	Porosidade total (cm ³ cm ⁻³)	Micro porosidade (cm ³ cm ⁻³)	Macro porosidade (cm ³ cm ⁻³)
T	0,540 ^a	0,090	0,442a	0,566b	0,090	0,480
F	0,518ab	0,100	0,422ab	0,580ab	0,092	0,478
B	0,520ab	0,100	0,420ab	0,622a	0,094	0,528
B+F	0,500b	0,100	0,398b	0,586ab	0,092	0,500
F	*	NS	*	*	NS	NS
DMS	0,035	0,011	0,0348	0,046	0,01	0,053
CV%	3,63	6,23	4,41	4,19	5,95	5,76

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). NS: não significativo (P>0,05); ** e * = significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo Teste F.

Não houve diferença significativa na densidade do solo, entre os tratamentos de ambos sistemas (Tabela 35). Segundo Raij (1983), geralmente ocorre uma variação de menos de 0,5 kg dm⁻³ para solos orgânicos, até valores próximos a 2 kg dm⁻³ para

solos arenosos compactados. Os valores mais comuns de densidade do solo estão entre 1,0 e 1,4 kg dm⁻³ para solos minerais (Raij, 1983) e conforme Primavesi (1981), a densidade do solo ideal deveria estar abaixo de 1,20 kg dm⁻³. Em relação à densidade de partículas, houve diferença significativa entre tratamentos em ambos sistemas (Tabela 35). Pode-se observar através dos resultados, que os tratamentos com biomassa de *L. diversifolia* apresentaram os menores valores de densidade de partículas, sendo que, comparando-se os dois sistemas, o sistema em aléias apresentou os menores valores. Além disso, houve uma tendência de aumento da porosidade total nos tratamentos com biomassa de *L. diversifolia*, relacionada com os menores valores de densidade de partículas, nos dois sistemas.

Tabela 35. Densidade do solo e densidade de partículas, na profundidade de 0-20 cm, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, após o 2º ano de cultivo.

Tratamento	Sistema em aléias	Sistema sem aléias	Sistema em aléias	Sistema sem aléias
	Densidade do solo (kg dm ⁻³)		Densidade de partículas (kg dm ⁻³)	
T	1,19	1,14	2,59ab	2,69a
F	1,21	1,17	2,64a	2,68a
B	1,25	1,16	2,48c	2,60b
B+F	1,25	1,17	2,55bc	2,65a
F	NS	NS	**	**
DMS	0,1	0,08	0,09	0,05
CV%	4,26	3,96	1,86	0,95

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). NS: não significativo (P>0,05); ** e * = significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo Teste F.

Em relação ao volume ocupado pela água em um solo saturado (Tabela 36), houve diferença significativa nos tratamentos do sistema em aléias, mas não do sistema sem aléias. Na capacidade de campo, também foi observada diferença entre tratamentos apenas no sistema em aléias. Levien (1999) trabalhando em uma Terra Roxa Estruturada, em

Botucatu, SP, reportou valores de retenção de água de $2,98 \text{ dm}^3 \text{ dm}^{-3}$ na cultura do milho e Siqueira (1999), no mesmo local, encontrou em um solo com cobertura de aveia preta, valores de $2,88 \text{ dm}^3 \text{ dm}^{-3}$ e $2,94 \text{ dm}^3 \text{ dm}^{-3}$ em um solo descoberto, valores menores aos encontrados neste experimento, mostrando que ocorreram maiores valores de retenção de água em sistemas com cobertura de solo com biomassa de leguminosas.

Tabela 36. Retenção de água do solo, na profundidade de 0-20 cm, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, após o 2º ano de cultivo.

Tratamento	Sistema em aléias	Sistema sem aléias	Sistema em aléias	Sistema sem aléias
	Solo saturado $\text{dm}^3 \text{ dm}^{-3}$		Capacidade de campo (0,06 atm) $\text{dm}^3 \text{ dm}^{-3}$	
T	4,58a	4,98	0,86a	0,80
F	4,26ab	4,84	0,78b	0,78
B	4,20ab	5,38	0,82ab	0,82
B+F	3,96b	5,08	0,80ab	0,78
F	*	NS	*	NS
DMS	0,48	0,66	0,06	0,07
CV%	6,04	6,95	4,34	4,73

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$). NS: não significativo ($P>0,05$); ** e * = significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo Teste F.

6.4.4.3 Análises biológicas do solo.

Os resultados da análise biológica do solo estão mostrados na Tabela 37. Não houve diferença significativa entre os tratamentos, tanto para biomassa microbiana, quanto para a produção de CO_2 , em ambos sistemas. Os valores numéricos de biomassa microbiana e produção diária de CO_2 , foram maiores no sistema sem aléias em relação ao sistema em aléias. Estes resultados repetiram os resultados da análise biológica após o 1º ano de cultivo, provavelmente porque, devido à elevada produtividade de milho obtida no sistema em aléias, e à necessidade de nutrientes para esta alta produtividade, não houve condições propícias de aumento da vida microbiana no solo. Outro fator que deveria ser considerado é que essas

amostragens foram realizadas no final do ciclo da cultura do milho, após a colheita, época não apropriada para a realização de análises biológicas do solo (Sá, 1999). Além disso, como já foi comentado para os resultados do 1º ano de cultivo, para haver um acompanhamento da vida microbiana deveriam ser feitas várias coletas de solo durante o ciclo da cultura.

Tabela 37. Biomassa microbiana e produção de CO₂, na profundidade de 0-5 cm, em função dos tratamentos, no sistema em aléias e no sistema sem aléias, após o 2º ano de cultivo.

Tratamento	Biomassa microbiana mg C g ⁻¹ de solo		Produção diária de CO ₂ (8 dias) mg g ⁻¹ de solo seco	
	Sistema em aléias	Sistema sem aléias	Sistema em aléias	Sistema sem aléias
T	0,068	0,110	1,576	1,670
F	0,082	0,124	1,304	2,442
B	0,066	0,096	1,750	2,052
B+F	0,066	0,164	1,754	1,864
F	NS	NS	NS	NS
DMS	0,050	0,110	1,23	1,506
CV%	36,92	47,06	41,18	39,97

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).
NS: não significativo (P>0,05); ** e * = significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo Teste F.

Cattelan e Vidor (1990a), trabalhando no Rio Grande do Sul em solo Podzólico Vermelho-Escuro, realizaram amostragens mensais para verificar a população microbiana em sistemas de culturas diferentes, como aveia preta, milho, pastagem nativa e solo descoberto, encontrando diferenças significativas na vida microbiana em relação aos sistemas pesquisados. Além disso, Cattelan e Vidor (1990b), relataram que sistemas com culturas anuais apresentaram flutuações de biomassa microbiana ao longo do tempo de implantação da cultura, com estímulo da biomassa em épocas de maior disponibilidade hídrica e temperaturas amenas.

7. CONCLUSÕES

- A presença de sistemas agroflorestais em aléias e suas práticas de manejo, contribuem para a conservação do solo, assim como para a manutenção de sua fertilidade e para a produtividade das culturas;
- A adição de biomassa da poda da *Leucaena diversifolia* do sistema em aléias, associada à adição de fertilizantes químicos, contribuiu para aumentar a produtividade das culturas;
- A sucessão de culturas contribuiu para a melhoria do solo e aumento da produtividade.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

AGRIANUAL 99. Anu. Agric.Bras. São Paulo: Argos Comunicação, p. 437, 2000.

AKYEAMPONG, E; HITIMANA, L. Agronomic and economic appraisal of alley cropping with *Leucaena diversifolia* on an acid soil in the Highlands of Burundi. **Agroforestry Systems**, Netherlands, v. 33, p. 1-11, 1996.

ALCÂNTARA, P. B.; BUFARAH, G. **Plantas forrageiras**: gramíneas e leguminosas. 4.ed. São Paulo: Nobel, 1992. 162 p.

AMARAL, J.G. do. **Estimativas de parâmetros genéticos na cultivar de milho (*Zea mays* L.) AL – 34 em condições de safrinha**. 1999. 54 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.

ANDERSON, J.P.E. Soil Respiration. In: Page, A. L. (.Ed.) **Methods of Soil Analysis**, 2.Ed., Part 2. Madison, ASA/SSSA, p. 831-871, 1982

- ANDREOTTI, M. **Resposta do milho ao potássio em função da saturação do solo por bases**. 1998. 85f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1998.
- BALASUBRAMANIAN, V.; SEKAYANGE, L. Effects of tree legumes in hedgerows on soil fertility changes and crop performance in the semi-arid highlands of Rwanda. **Biological Agriculture & Horticulture**, Great Britain, v. 8, n. 1 p. 17-32, 1991.
- BANZATTO, D.A.; KRONKA, S. do N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: Departamento de Ciências Exatas, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual Paulista, 1989. 247 p.
- BENE, J.G.; BEALL, H.W.; COTE, A. **Trees, food and people**: land management in the tropics. Ottawa: International Development Research Centre, 1977. 89 p.
- BERTALOT, M.J.A. **Crescimento e avaliação nutricional de leguminosas arbóreas potenciais para ecossistemas agroflorestais num solo de Cerrado**. 1997. 63 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1997.
- BERTALOT, M.J.A.; MENDOZA, E. Sistemas Agroflorestais. **Agricultura Biodinâmica**, Botucatu, n. 80, p. 22-31, 1998.
- BERTALOT, M.J.A.; GUERRINI, I.A.; MENDOZA, E. Growth parameters and nutrient content in four multipurpose tree species with potential characteristics for agroforestry systems in a cerrado region in Botucatu, São Paulo State, Brazil. **Journal of sustainable Forestry**, Binghamton, v. 15, n. 2, p. 87-105, 2002.
- BERTOL, I. et al. Persistência dos resíduos culturais de aveia preta e milho sobre a superfície do solo em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, n. 4, p. 705-712, 1998.

- BOHRINGER, A.; MAGHEMBE, J.A.; PHIRI, R. *Tephrosia vogelii* for soil fertility replenishment in maize-based cropping systems of Southern Malawi. **Forest, Farm, and Community Tree Research Reports**, Taiwan, v. 4., p. 117-120, 1999.
- BORKERT, C.M. et al. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 1, p. 143-153, 2003.
- BREWBAKER, J.L. Significant nitrogen fixing trees in agroforestry systems. In: **Agroforestry: realities, possibilities and potentials**. Dordrecht, H.L. Gholz (ed.). The Netherlands, Martinus Nijhoff, 1987. p. 31-46
- BROOK, R.M. Early results from Alley cropping experiment on the humid lowlands of Papua, New Guinea. **Nitrogen Fixing Trees Research Reports**, Bangkok, v. 10, p. 73-76, 1992.
- BÜLL, L.T.; CANTARELLA, H. **Cultura do milho. Fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1993. 301p.
- CAMARGO, C.E. de O. et al. Recomendação de adubação e calagem de aveia preta para o Estado de São Paulo. In: RAIJ, B.V. *et al.* Boletim Técnico do Instituto Agrônomo, Campinas, n.100, p. 1-285, 1997.
- CATTELAN, A.J.; VIDOR, C. Sistemas de culturas e a população microbiana do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, n. 1, p. 125-132, 1990a.
- CATTELAN, A.J.; VIDOR, C. Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo, em função de variações ambientais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, n. 1, p. 133-142, 1990b.
- CHAGAS, J.M.; KLUTHCOUSKI, J.; AQUINO, A.R.L. *Leucaena leucocephala* como adubo verde para a cultura de feijão em cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 16, n. 6, p. 809-814, 1981.

COPIJN, A.N. **Agrossilvicultura sustentada por sistemas agrícolas ecologicamente eficientes**. Rio de Janeiro: PTA, 1988. 46 p.

DA ROS, C. et al. Disponibilidade de nitrogênio para o milho cultivado em sucessão a leguminosas de inverno e aveia preta no sistema de plantio direto. In: **XX REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS**. Julho de 1992. Piracicaba – SP. **Anais**Piracicaba: Fundação Cargill, 1992. p. 126-127.

DE-POLLI, H.; GUERRA, J.G.M. **Biomassa microbiana: perspectivas para o uso e manejo do solo**. IN: Alvarez, V.V.H.; Fontes, L.E.F.; Fontes, M.P.F. (Eds.). O Solo nos Grandes Domínios Morfológicos do Brasil e o Desenvolvimento Sustentado. Viçosa: SBCS, UFV DPS, 1996. 930p.

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F.X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.7, n.20, p. 761-773, Jul. 1985.

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno**. Londrina, IAPAR, Circular n. 73, 1992. 78 p.

DUARTE, A.P.; PATERNANI, M.E.A.G.Z. Fatores bióticos e abióticos em cultivares de milho e estratificação ambiental. Campinas, Instituto Agronômico, Boletim Científico, n.5, 2000. 150 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de Métodos de Análise de Solo. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212 p.

FERNANDES, E.C.M.; DAVEY, C.B.; NELSON, L.A. Alley cropping on an acid soil in the upper Amazon: mulch, fertilizer and hedgerow root pruning effects. **ASAE Special Publications**, St. Joseph, n. 56, p. 77-96. 1993.

FERREIRA, A.M. **Efeitos de adubos verdes nos componentes de produção de diferentes cultivares de milho**. 1996. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Fitotecnia), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.

FOROUGHBAKHCH, R.; HAUAD, L. Comparative performance of fourteen species and varieties of *Leucaena* in Northeastern Mexico. **Leucaena Research Report.**, Hawaii, v. 11, p. 79-80, 1990.

GODOY, R.; BATISTA, L.A.R. Avaliação do potencial de produção de grãos de germoplasma de aveia forrageira na região de São Carlos, SP. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 9 p. 1253-1257, 1992.

GONÇALVES, C.N.; CERETTA, C.A. Plantas de cobertura do solo antecedendo o milho e seu efeito sobre o carbono orgânico do solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 23, s/n, p. 307-313, 1999.

GLOVER, N.; BEER, J. Nutrient cycling in two traditional Central American agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 4, n. 2, p. 77-87, 1986.

HEINZMANN, F.X. Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de verão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília v. 20, n. 9, p.1021-1030, 1985.

HUTTON, E.M. Breeding and selecting *Leucaena* for acid tropical soils. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, s/n, p. 263-274, 1984.

JAMAMI, N. **Efeito de boro e zinco na cultura do milho**. 2001. 92f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

JHA, M.N.; DIMRI, B.M.; GUPTA, M.K. Soil nutrient changes in *Leucaena leucocephala* planting of different durations. **Leucaena Research Report**, Hawaii, v. 12, p. 42-44, 1991.

JORGE, J.A. **Física e manejo dos solos tropicais**. Campinas: Instituto Campineiro de ensino Agrícola, 1986. 328 p.

KAMPEN, J.; BUDFORD, J. **Priorities for alleviating soil-related constraints to food crop production in the tropics**. Manila: International Institute of Rural Reconstruction, p. 141-145, 1980.

- KANG, B.T. Alley cropping – soil productivity and nutrient recycling. **Forest ecology and Management**, Amsterdam, v. 91, n. 1, p. 75-82, 1997.
- KANG, B.T.; WILSON, G.F.; SPIKENS, L. Alley cropping maize and *Leucaena* (*Leucaena leucocephala* Lam.). **Plant and Soil**, The Hague, v. 63, p. 165-179, 1981.
- KANG, B.T.; WILSON, G.F.; LAWSON, T.L. **Alley cropping**: a stable alternative to shifting cultivation. Ibadan: International Institution of Tropical Agriculture, 1984. 20 p.
- KANG, B.T.; VAN DER KRUIJS, A.C.; COUPER, D.C. In: Alley farming in the humid and sub humid tropics. International Development Research Centre, Ottawa. 1989. 50p.
- KANG, B.T.; REYNOLDS, L.; ATTA-KRAH, A.N. Alley Farming. **Advances in Agronomy**, New York, v. 43, p. 315-359, 1990.
- KANG, B.T.; FAYEMILIHIN, A.A. Alley cropping maize with *Leucaena leucocephala*. **Nitrogen Fixing Tree research Reports**, Taiwan, v. 13, p. 72-74. 1995.
- KAYA, B.; NAIR, P.K.R. Soil fertility and crop yields under improved-fallow systems in southern Mali. **Agroforestry Systems**, The Netherlands, v. 52, p. 1-11, 2001.
- LAL, G. Soil nitrogen accumulation under *L. leucocephala*. **Leucaena Research Report**, Hawaii, v. 9, p. 49, 1988.
- LEAL, A.C. et al. **Alterações na fertilidade das camadas superficial e sub-superficial do solo por resíduos de leucena**. Curitiba: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 7º Congresso Florestal Brasileiro, p. 220-222. 1993.
- LEVIEN, R. **Condições de cobertura e métodos de preparo do solo para a implantação da cultura do milho (*Zea mays* L.)**. 1999. 305 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.
- MACDICKEN, K.G.; VERGARA, N.T. **Agroforestry**: classification and management. New York: John Wiley, 1990. 382 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 201 p.

MENGEL, D. Manejo de nutrientes na cultura do milho de alta produtividade. Seminário sobre fisiologia da produção e manejo da água e de nutrientes na cultura do milho de alta produtividade. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba n. 73, p. 4-6. 1996.

MISHRA, V.K.; BHOLA, N. Growth and soil amelioration potential of some nitrogen fixing trees. **Forest, Farm, and Community Tree Research Reports**, Bangkok, v. 1, p. 16-20, 1996.

MITIDIERI, J. **Manual de gramíneas e leguminosas para pastos tropicais**. São Paulo: Nobel, 1982. 198p

MULLINS, G.L. Soil management under no-tillage: soil chemical aspects. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1, 1995, Passo Fundo. **Resumos** Passo Fundo: CNPT/EMBRAPA, 1995. p. 121-125.

MUZILLI, O. et al. Adubação nitrogenada em milho no Paraná:III, Influência da recuperação do solo com adubação verde de inverno nas respostas à adubação nitrogenada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 18, n. 1, p. 23-27, 1983.

NAIR, P.K.R. Soil productivity aspects of agroforestry. In: INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH IN AGROFORESTRY. Nairobi, 1984.

ONG, C.K. et al. Above and below ground interactions in Agroforestry systems. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, n. 45, p. 45-57, 1991.

PALM, C.A. Contribution of agroforestry trees to nutrient requirements of intercropped plants. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 30, n. 1-2, p. 105-124, 1995.

PASIECZNIK, N.M.; HARRIS, F.M.A; HARRIS; P.J.C. Prosopis and Acacia species growth and effects on soil fertility. **Nitrogen Fixing Tree Research Reports**, Bangkok, v. 11, p. 1-3, 1993.

PRIMAVESI, A.M. **Manejo ecológico do solo**. São Paulo: Nobel, 1981. 541 p.

RAIJ, B.V. **Avaliação da fertilidade do solo**. 2. ed. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato (EUA), 1983. 142p.

RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H. Recomendação de adubação e calagem de milho para o Estado de São Paulo. In: RAIJ, B.V. *et al.* Boletim Técnico do Instituto Agrônomo, Campinas, n.100, p. 1-285, 1997.

RAIJ, B. V. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 2001. 284 p.

RAMALHO FILHO, A.; PEREIRA, E.G.; BECK, K.J. **Sistemas de avaliação de aptidão das terras**. Brasília: SUPLAN-MA, SNLCS/EMBRAPA, 1978. 70 p.

RATHERT, G.; WERASOPON, O. Nutrient value of nitrogen fixing tree species for upland rice in Thailand. **Nitrogen Fixing Tree Research Reports**, Bangkok, v. 10., p. 81-84, 1992.

RESENDE, M.D.V.; MEDRADO, M.J.S. Aspectos metodológicos do melhoramento genético de *Leucaena leucocephala*, uma espécie florestal autógama. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS 1, 1994. Porto Velho. **Resumos....**Colombo. CNPFlorestas/EMBRAPA, p. 233-248. 1994.

ROSSO, A. **Manejo de cultura de cobertura do solo no inverno e sua relação com a produtividade do milho**. 1996. 122 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

SÁ, J.C. de M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: José Oswaldo Siqueira *et al.* Inter-relação Fertilidade, Biologia do Solo e Nutrição de Plantas. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Lavras, p. 267-319, 1999.

- SANCHEZ, P. A. Hacia donde va la Agroforesteria?. **Agroforesteria en las Americas**, Turrialba, v. 2, n. 5, p. 4-5, 1995.
- SANTOS, H.P. et al. Rotação de culturas. VI Avaliação do rendimento de grãos de trigo, observando-se um intervalo de dois anos de rotação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 10, p. 1067-1072, 1986.
- SCHAUM, N.M. Sementes de variedades de milho para os pequenos agricultores brasileiros. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 15, n. 166, p. 8-12, 1990.
- SCHROTH, G. et al. Alley cropping with *Gliricidia sepium* on a high base status soil following forest clearing effects on soil conditions, plant nutrition and crop yields. **Agroforestry systems**, Dordrecht, v. 32, p. 261-276, 1995.
- SILVA, E.M.R et al. Adubação verde no aproveitamento de fosfato em solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 9, n. 1, p.85-88, 1985.
- SIQUEIRA, R. **Sistemas de preparo em diferentes tipos de coberturas vegetais de solo**. 1999. 191 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.
- SSEKABEMBE, C.K. Perspectives of hedgerow intercropping. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 3, n. 4, p. 339-356, 1985.
- STEPPLER, H.A.; NAIR, P.K.R. **Agroforestry: a decade of development**. Nairobi: International Council for Research in Agroforestry. 1987. 60 p.
- TANAKA, R.T. A adubação verde. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v. 7, n. 81, p. 62-67, 1981.
- TOMÉ Jr., J.B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 1997. 247 p.

VALE, F.R. et al. Sensibilidade de quinze espécies arbóreas à acidez do solo, efeito no crescimento de raízes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 1993, Goiânia. **Resumos....**Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo 1993. p. 259-263,

VANCE, E.D.; BROOKS, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for measure soil microbiologic biomass. **Soil Biology & Biochemistry**, Great Britain, v. 19, p. 707-713, 1987.

WENDT, V. **Efeito da adubação verde de inverno associada a três doses de NPK, na cultura do Girassol (*Helianthus annus L.*) em dois sistemas de semeadura.** 1998. 122 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1998.

WILSON, J.R. Agrossilvicultura e fertilidade do solo. A décima primeira hipótese:sombra. **Agroforestry Today**, Nairobi, ,v. 2, n.1, p. 14-15, 1990.

YOUNG, A. **The potential of agroforestry for soil conservation.** Nairobi: International Council for Research in Agroforestry, 1989. 50 p. (Working paper n. 42).