

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

**CRESCIMENTO E AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE LEGUMINOSAS
ARBÓREAS POTENCIAIS PARA ECOSISTEMAS
AGROFLORESTAIS NUM SOLO DE CERRADO**

MARIA JOSÉ ALVES BERTALOT

Bióloga

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas do Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração Agricultura.

BOTUCATU – SP

Junho – 1997

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

**CRESCIMENTO E AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE LEGUMINOSAS
ARBÓREAS POTENCIAIS PARA ECOSISTEMAS
AGROFLORESTAIS NUM SOLO DE CERRADO**

MARIA JOSÉ ALVES BERTALOT

Orientador: Prof. Dr. Iraê Amaral Guerrini

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas do Campus de Botucatu - UNESP, para a obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração Agricultura.

BOTUCATU – SP

Junho - 1997

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA
INFORMAÇÃO
DIRETORIA DE SERVIÇO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - FCA
UNESP/LAGEADO - BOTUCATU (SP)

B536c	Bertalot, Maria José Alves Crescimento e avaliação nutricional de leguminosas arbóreas potenciais para ecossistemas agroflorestais num solo de cerrado / Maria José Alves Bertalot. -- Botucatu, 1997 vi, 63 f. : il. color. ; 28 cm Dissertação (mestrado) -- Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 1997 Orientador: Iraê Amaral Guerrini Bibliografia: f. 55-63 1. Plantas leguminosas arbóreas 2. Sistemas agroflorestais 3. Solo de cerrado I. Título CDD (21) 633.3 634.99
-------	--

Palavras-chave: Espécies arbóreas; Serapilheira; Solo de cerrado; Plantas leguminosas; *Mimosa scabrella*; *Acacia melanoxylon*; *Leucaena leucocephala*; *Leucaena diversifolia*

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIENCIAS AGRONOMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TITULO: "CRESCIMENTO E AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS
POTENCIAIS PARA ECOSISTEMAS AGROFLORESTAIS NUM SOLO DO
CERRADO".

AUTOR: MARIA JOSÉ ALVES BERTALOT

ORIENTADOR: PROF. DR. IRAE AMARAL GUERRINI

Aprovado pela Comissão Examinadora

Irae Amaral Guerrini

PROF. DR. IRAE AMARAL GUERRINI

Sergio Valiengo Valeri

PROF. DR. SERGIO VALIENGO VALERI

Jose Leonardo de Moraes Gonçalves

PROF. DR. JOSÉ LEONARDO DE MORAES GONÇALVES

Data da Realização: 03 / JUNHO / 1997.

Aos meus pais

ALFEU e LUIZA

A minhas filhas,

ANA GLÓRIA E VERÔNICA ISABEL

Ao meu companheiro de sempre

EDUARDO

Dedico

O ser universal todo se desdobra diante de nós como a pedreira diante do mestre de obras. Tudo afóra de nós é só elemento, sim, acho até que posso dizer, também tudo em nós; mas dentro de nós, no fundo, jaz aquela força criativa, que é capaz de realizar aquilo, que precisa ser, e que não nos deixa repousar nem descansar, até que, fora de nós ou em nós, o tenhamos realizado de uma ou outra maneira.

Johann Wolfgang von Goethe

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Iraê Amaral Guerrini, meu orientador, pela dedicação, carinho, respeito e amizade que foram decisivos na conclusão deste trabalho.

Ao Dr. Eduardo Mendoza Rodriguez, pela ajuda durante todo o trabalho.

Ao Prof. Dr. Ciro Rossolem, do Departamento de Agricultura e Melhoramento Vegetal, pelo apoio para a realização desta pesquisa.

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

Ao Departamento de Ciência do solo, pelo apoio e ajuda recebidos dos professores e funcionários.

Ao Prof. Dr. Leonardo Theodoro Büll, do Departamento de Ciência do Solo, pelas sugestões oferecidas ao longo do experimento.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa.

Ao Instituto Biodinâmico de Desenvolvimento Rural (IBD), na pessoa do Eng. Agr. Alexandre Harkaly, pelo apoio e facilidades proporcionadas durante a realização deste trabalho.

À Associação Beneficente Tobias (ABT), pelo apoio recebido.

Ao Prof. Dr. Francisco Câmara, pela amizade e apoio.

Aos amigos: José Roberto, Celso, Dulce, Silvia Helena, Jin, Gérson, pelo apoio e convivência que nos fazem crescer.

Enfim, a todos aqueles que de alguma forma contribuíram.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	1
SUMMARY	3
1. INTRODUÇÃO	5
2. REVISÃO DE LITERATURA	7
2.1 Escolha das espécies para sistemas agroflorestais	7
2.2 <i>Leucaena</i> spp.	9
2.3 <i>Acacia</i> spp.	13
2.4 <i>Mimosa scabrella</i>	15
3. MATERIAL E MÉTODOS	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1 Descrição das Espécies	23
4.2 Análise de solo	25
4.3 Sobrevivência das plantas e crescimento em altura e diâmetro	27
4.4 Produção de matéria seca	35
4.5 Nutrientes na planta	36
4.5.1 Concentração de nutrientes	36
4.5.2 Quantidade de nutrientes	41
4.6 Índice de Eficiência de Utilização de Nutrientes	44
4.7 Clorofila	44
4.8 Serapilheira	48
4.8 Floração e produção de sementes	51
5. CONCLUSÕES	52
6. REFERÊNCIAS.....	54

CRESCIMENTO E AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE LEGUMINOSAS
ARBÓREAS POTENCIAIS PARA ECOSSISTEMAS AGROFLORESTAIS
NUM SOLO DE CERRADO

Autor: MARIA JOSÉ ALVES BERTALOT

Orientador: PROF. DR. IRAÊ AMARAL GUERRINI

RESUMO

Com o objetivo de avaliar a competição de quatro leguminosas arbóreas fixadoras de nitrogênio, sendo três exóticas (*Leucaena leucocephala* [Lam.] de Wit, *Leucaena diversifolia* (Schlecht.) Bentham e *Acacia melanoxylon* R. Brown) e uma nativa (*Mimosa scabrella* Bentham), foi instalado um experimento em um latossolo vermelho amarelo, distrófico, de textura média, derivado de arenito do Grupo Bauru, na Região de Botucatu-SP. O experimento seguiu um delineamento estatístico de blocos casualizados, contendo quatro tratamentos (espécies) e quatro repetições. Estabeleceu-se um sistema de 16 parcelas de 10 X 7,5 m cada uma (75 m²), constituída de 20 plantas, com espaçamento de plantio de 2,5 X 2,5 m. Os parâmetros avaliados foram altura, diâmetro do caule, teor de clorofila nas folhas, produção de serapilheira, produção de sementes, produção de matéria seca, concentração e quantidade de nutrientes. Além disso, foram realizadas análises químicas de amostras do solo e foi calculado o Índice de Eficiência de Utilização de Nutrientes.

Aos 24 meses, a *Acacia melanoxylon* e a *Leucaena diversifolia* foram as espécies que alcançaram as maiores alturas (5,25 e 4,97 m, respectivamente),

seguidas por *M. scabrella* (4,42 m) e *L. leucocephala* (1,72 m). A *A. melanoxylon* e a *M. scabrella* apresentaram os maiores diâmetros a 20 cm da base (7,12 e 7,00 cm, respectivamente). A *L. leucocephala* não se desenvolveu bem, refletindo sua falta de adaptabilidade às condições locais. Em relação ao teor de clorofila nas folhas, a *A. melanoxylon* apresentou os maiores valores em todas as ocasiões. Até os 24 meses, os resultados das análises químicas do solo indicaram que as espécies estudadas não alteraram nenhum dos parâmetros do solo avaliados.

A formação de vagens de *L. leucocephala* iniciou-se aos sete meses após o plantio, sendo a espécie mais precoce entre as estudadas, seguida por *L. diversifolia* e *Mimosa scabrella*. Aos dois anos de idade, a maior quantidade de serapilheira foi obtida com a *M. scabrella* (460 kg/ha), seguida por *A. melanoxylon* (235,20 kg/ha) e *L. diversifolia* (138 kg/ha), enquanto que a *L. leucocephala* não teve produção nenhuma.

As maiores quantidades de matéria seca aos dois anos de idade foram produzidas por *M. scabrella* (17 t/ha) e *A. melanoxylon* (15 t/ha), o mesmo ocorrendo para a quantidade absorvida de nutrientes. A maior concentração de macro e micronutrientes aos 24 meses foi encontrada nas folhas de todas as espécies, seguida pelos galhos e tronco. Entre os nutrientes, o enxofre e o cobre foram aqueles que apresentaram os maiores Índices de Eficiência de Utilização, sendo que a *L. diversifolia* foi a espécie mais eficiente na utilização de nitrogênio, potássio, cálcio, enxofre e manganês e a *A. melanoxylon* na utilização de fósforo, magnésio, boro, ferro e zinco.

Dentre as espécies estudadas, a *A. melanoxylon* e a *M. Scabrella* são as espécies mais recomendáveis para serem utilizadas na revegetação de áreas degradadas e em sistemas agroflorestais, devido a seu rápido crescimento, sua elevada produção de biomassa e adaptabilidade às condições locais. A *L. diversifolia* teve um desenvolvimento intermediário, enquanto que a *L. leucocephala* não é uma espécie recomendada para esta região.

GROWTH CHARACTERISTICS AND NUTRITIONAL EVALUATION OF LEGUMINOUS TREE SPECIES WITH POTENCIAL USE IN AGROFORESTRY SYSTEMS UNDER CERRADO SOIL CONDITIONS

Author: MARIA JOSÉ ALVES BERTALOT

Adviser: PROF. DR. IRAÊ AMARAL GUERRINI

SUMMARY

To evaluate the performance of four nitrogen fixing tree species, being three of them exotic (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, *Leucaena diversifolia* (Schlecht.) Bentham, *Acacia melanoxylon* R. Brown) and one indigenous species (*Mimosa scabrella* Bentham), a trial was undertaken during two years in a red yellow oxisol following a randomized block experimental design with four treatments (species) and four replications. The seedlings were planted at 2.5 X 2.5 m apart, giving 20 plants per plot. Survival, height, diameter at 20 cm and diameter at breast height (DBH), leaf chlorophyll content, seed, litter and dry matter production as well as nutrients concentration were evaluated. Chemical analyses of soil samples were carried out and the Nutrients Utilization Efficiency Index was estimated.

All the species tried had high survival rate and two of them had closed canopy at the age of two years, *A. melanoxylon* and *L. diversifolia*, being both of them the fastest growing species, reaching 5.25 and 4.97 m, respectively, followed by *M. scabrella* (4.42 m) and *L. leucocephala* (1,72 m). *A. melanoxylon* and *M. scabrella* had the greatest 20 cm-height stem diameters, 7.12 and 7.00 cm, respectively. *L. leucocephala* had an insatisfactory development and showed a lack

of adaptability to local conditions. The highest chlorophyll levels were registered in *A. melanoxylon*.

At the age of two years the chemical analyses did not show any influence of the tree species on the soil properties. *L. leucocephala* pod formation began seven months after plantation of the seedlings, suggesting this fact that it is a precocious species. In the remaining species the order of pod formation was *L. diversifolia*, *M. scabrella* and *A. melanoxylon*. *M. scabrella* had the highest litter production (460 kg/ha), followed by *A. melanoxylon* (235.20 kg/ha) and *L. diversifolia* (138 kg/ha), while *L. leucocephala* had no litter production.

Also, *M. scabrella* and *A. melanoxylon* had the highest productions of dry matter, 17 and 15 t/ha, respectively. The highest nutrients contents were found in the leaves of all the species followed by branches and stems. Again, *M. scabrella* and *A. melanoxylon* had the highest quantity of nutrients in the above ground biomass. The highest Nutrients Utilization Efficiency Indexes were obtained by sulphur and copper, in all the species and *L. diversifolia* was the most efficient species in nitrogen, potassium, calcium, sulphur and manganese utilization, while *A. melanoxylon* was the most efficient in phosphorus, magnesium, boron, iron and zinc utilization.

A. melanoxylon and *M. scabrella* are the most recommendable species to regenerate degraded areas and to be used in agroforestry systems, owed to their high biomass production, nutrients availability, and adaptability to local conditions, *L. diversifolia* trees had an intermediate performance, while *L. leucocephala* is not recommended for this region.

1. INTRODUÇÃO

Desde seu início, o uso das terras para fins agrícolas rompeu o equilíbrio natural existente nas florestas. Os nutrientes são extraídos do solo e se concentram nas partes da planta que são utilizadas para consumo humano e animal, interrompendo a ciclagem dos mesmos. A superfície do solo fica descoberta após a colheita, algumas vezes nas épocas mais quentes e com maior precipitação, provocando seu aquecimento, erosão e degradação. Até há pouco tempo, o desenvolvimento rural era considerado apenas do ponto de vista da produção agrícola e alimentar. Pensava-se na floresta como um setor separado e isolado, interessante apenas para promover a produção de madeira, para regular o abastecimento de água e evitar a erosão.

Com a expansão das fronteiras agrícolas, os desmatamentos em diferentes regiões têm sido constantes e atualmente são escassas as áreas representativas onde existem florestas nativas. A drástica redução da cobertura florestal além de provocar prejuízos ambientais, expõe a falta de matéria prima de origem florestal, sendo que mesmo os pequenos agricultores enfrentam dificuldades

para satisfazer as necessidades de suas propriedades. Assim, os sistemas de produção desenvolvidos nesta base apresentam problemas relacionados à sustentabilidade econômica, social e ambiental.

A implantação e desenvolvimento de sistemas agroflorestais pode contribuir para reduzir ou eliminar estes problemas, mediante a ocorrência de interações biológicas, sociais e econômicas. Esses sistemas de produção se vêem favorecidos pela presença de árvores, as quais mantêm uma ciclagem de nutrientes, estimulando-se a diversidade de espécies. O potencial florestal das pequenas e médias propriedades pode ser explorado mais racionalmente, e seu manejo adequado, conjuntamente com a agricultura e pecuária, permite estabelecer uma ciclagem de nutrientes com o solo e contribuir na manutenção da produtividade.

Em um sistema agroflorestal é importante contar com espécies de uso múltiplo, que estejam adaptadas às condições climáticas de uma determinada região e que cumpram várias funções, como capacidade de recuperar áreas degradadas e que sejam altamente produtivas. Neste contexto, as plantas fixadoras de nitrogênio, entre as quais se encontram as leguminosas, são capazes de fornecer madeira para satisfazer as necessidades das propriedades rurais, lenha para o fogão, adubação verde com elevado teor de nutrientes, forragem de alta qualidade protéica para os animais, alimento para consumo humano e gerar ganhos mediante venda de parte da produção obtida.

No presente trabalho, procurou-se avaliar e comparar o comportamento de quatro espécies de leguminosas fixadoras de nitrogênio utilizadas em sistemas agroflorestais, e observar a sua influência na fertilidade do solo, como conseqüência da deposição da manta orgânica. As plantas estudadas são árvores leguminosas das espécies *Acacia melanoxylon* R. Brown, *Mimosa scabrella* Bentham (Bracatinga), *Leucaena leucocephala* (Lam) de Witt e *Leucaena diversifolia* K156 (Schlecht.) Bentham.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Escolha das Espécies para Sistemas Agroflorestais

Está se tornando cada vez mais importante obter benefícios ambientais das árvores e florestas, assim como produtos variados (EVANS, 1987). Dessa forma, a seleção de espécies florestais apropriadas para satisfazer as necessidades e objetivos dos pequenos e médios produtores rurais é uma atividade que deve ser considerada na pesquisa.

Mediante a identificação de espécies florestais adaptadas a cada região é possível contribuir com opções de uso racional de áreas nas propriedades rurais. Segundo KAGEYAMA et al. (1989) e FARIA et al. (1984), o recobrimento de áreas a serem vegetadas deve ser efetuado utilizando espécies com habilidade de capturar e utilizar os nutrientes disponíveis de maneira eficaz, destacando-se neste aspecto as leguminosas, pela alta porcentagem de espécies fixadoras de nitrogênio e de rápido crescimento.

Resultados de pesquisas têm demonstrado a viabilidade da revegetação de áreas degradadas, com solos ácidos, de baixa fertilidade, erodidos ou áreas de empréstimo, com o plantio de espécies leguminosas florestais efetivamente noduladas e micorrizadas, de acordo com a respectiva adequação bioclimática, as quais podem, adicionalmente, possibilitar o manejo visando produção de lenha e carvão, madeira serrada, forragem e outros produtos (FRANCO et al., 1991).

A cobertura florestal melhora as condições dos solos quando comparado com o solo desnudo. Este fato, conforme PASIECZNIK et al. (1993), é conseguido mediante diminuição da erosão do solo graças à proteção física, aumento da infiltração da água das chuvas, estabelecimento de um ciclo de nutrientes, fornecimento de matéria orgânica ao solo e, no caso de árvores fixadoras de nitrogênio, fixação desse elemento por bactérias que atuam em simbiose com as raízes.

Nas décadas de 70 e 80 surgiram tecnologias agrícolas que requerem baixos investimentos, além de serem produtivas e sustentáveis (MACDICKEN & VERGARA, 1990), entre as quais, os sistemas agroflorestais, que combinam árvores (especialmente leguminosas) e culturas alimentícias ou forrageiras (SZOTT et al., 1991b).

As espécies perenes lenhosas são componentes vitais dos sistemas agroflorestais, podendo exercer diversas funções tais como adubação verde, produção de forragem, sombreamento, contenção da erosão, cerca viva, quebra ventos. São conhecidas como árvores de “uso múltiplo” ou “multipurpose trees” (MPTs), conforme CARLOWITZ (1987) e NAIR et al. (1984).

Os sistemas agroflorestais (SAFs_s) representam uma forma de manejo sustentável do solo que permite incrementar a produção total, combinando agricultura, plantação de árvores florestais e frutíferas e ou animais simultânea ou sequencialmente (MACDICKEN & VERGARA, 1990). Esses sistemas podem incrementar a atividade biológica e a produtividade econômica e também podem extrair maiores quantidades de nutrientes por unidade de tempo e/ou área do que outros sistemas de cultivo.

Para os sistemas agroflorestais serem sustentáveis, a adição de nutrientes deve ser constante, as perdas devem ser diminuídas e a ciclagem deve ser rápida. A produção de litter é o principal processo pelo qual o carbono e os nutrientes são transferidos desde a vegetação ao solo. A poda das árvores nos SAF_s incrementa o fluxo de nutrientes (SZOTT et al., 1991a). Também, a habilidade de algumas espécies de árvores em fixar nitrogênio atmosférico, assim como de apresentar 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). As folhas e brotos das árvores fixadoras de nitrogênio dispostas diretamente sobre o solo aumentou o rendimento de muitas culturas, como trigo e milho, de acordo com HUSSAIN et al. (1988) e GUTTERIDGE (1990) e, portanto, a escolha das espécies é fundamental para o sucesso desses sistemas.

2.2 *Leucaena* spp.

A *Leucaena* é uma planta nativa da América Central e sudeste do México, sendo chamada “Huaxin”, em Yucatán, e “Guaje” no resto do País. Em Tabasco, México, a *Leucaena* é encontrada em regiões de solos ácidos e com altos níveis de precipitação. Em Chiapas, México, quase a metade das espécies existentes de *Leucaena* são encontradas em solos calcáreos, incluindo as espécies *L. collinsii*, *L. diversifolia*, *L. Esculenta*, *L. shannoni*, *L. macrophylla* e *L. leucocephala* (FOROUGHBAKHCH & HAUAD, 1990). Esta planta é uma fábrica viva de nitrogênio e, associada ao *Rhizobium*, pode fixar de 75 a 584 kg de N/ha/ano, além de satisfazer seus próprios requerimentos de nitrogênio e melhorar a fertilidade do solo (FAO, 1984, LAL, 1988 e MITIDIERI, 1992).

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, uso múltiplo e facilidade de consórcio com culturas agrícolas. Ela é uma planta fixadora de nitrogênio e melhoradora do solo, com sistema radicular robusto, tolerante à seca

e à salinidade, sendo pouco afetada por pragas e doenças (RESENDE e MEDRADO, 1994). ALCÂNTARA & BUFARAH (1992) a descrevem como uma leguminosa perene, arbustiva ou arbórea de folhas bipinadas. Seu sistema radicular profundo e o movimento das folhas xerofíticas contribuem grandemente para sua resistência à seca. A faixa de precipitação pluviométrica para essa leguminosa é bastante ampla, variando de 700 a 4.000 mm ao ano.

Quanto ao crescimento, BISHT et al. (1992), em Hisar, Índia, região com clima tropical seco e precipitação anual média de 350 - 400 mm, observaram que aos sete anos de idade a *L. leucocephala* atingiu uma altura de 11,40 m e produziu 35,8 kg de biomassa por árvore. Dados de HOODA et al. (1993), no mesmo local, mostram que a *L. leucocephala* teve uma grande produção de biomassa em um solo com pH 8,1. Aos dois anos de idade, a maior produção de biomassa foi obtida de caules e galhos, sendo que a biomassa de ambos foi correlacionada com a altura do dossel e diâmetro da copa da árvore. Conforme os autores, uma parcela de árvores desta espécie com 4,43 m de altura e espaçamento de 4 x 4 m produziu 3,41 t/ha de biomassa (2,78 t/ha da parte aérea e 0,63 t/ha de raízes). Em uma outra região da Índia, Bihar, com precipitação média anual de 1.200 mm (85% dos quais ocorrem de julho a setembro) e situada em uma altitude de 53 m., CHATURVEDI et al. (1991) observaram que um ano após o plantio esta espécie apresentou uma sobrevivência de 100%, alcançando uma altura média de 1,31m e após três anos registrou uma altura de 9,67 m. Em trabalho semelhante na mesma região, CHATURVEDI et al. (1992) plantaram *L. leucocephala* num espaçamento de 1 X 1 m em um solo silte - arenoso com pH 7,8 e, após 15 meses, esta espécie apresentou uma altura de 8,53 m e produção total de biomassa da parte aérea de 15 kg/planta.

Trabalhando na região de Keravat, Papua, Nova Guiné, localizada a baixa altitude (20 m em relação ao nível do mar) e com solo originado de cinza vulcânica recente, BROOK et al. (1992) reportaram que a *L. leucocephala* K636 atingiu 4,96 m de altura e 4,27 cm de diâmetro de caule a 30 cm de altura aos 10 meses de idade. HALENDA (1990), em Sarawak, Malásia, avaliando o desenvolvimento dessa espécie em dois solos diferentes, podzólico e podzólico vermelho amarelo, ambos com pH variando de 3,4 a 5,1, obtiveram alturas de 1,0 e

0,65 m e 88 e 33% de sobrevivência aos 18 meses, respectivamente. HALENDA e TING (1993), na mesma região e nos mesmos solos, estudaram a capacidade de *L. leucocephala* em reabilitar áreas degradadas. Esta espécie não se desenvolveu bem em solos com acidez extrema, tanto que aos 5,5 anos de idade sua altura foi de 1,88 m e 10% de sobrevivência no podzólico e nenhuma sobrevivência no podzólico vermelho amarelo.

LEAL & RAMOS (1994), em Londrina - PR, trabalhando em um solo com pH 4,9, reportam que a *L. leucocephala* K8 foi afetada pela ocorrência de geadas no primeiro inverno após o plantio, enquanto que a *L. leucocephala* K72 não apresentou nenhum sinal aparente de dano pela geada. Aos 24 meses, a *L. leucocephala* K72 e a *L. leucocephala* K8 alcançaram 4,20 m e 4,25 m, respectivamente, e sobrevivência de 100%.

Em relação ao conteúdo de nutrientes, RATHERT & WERASOPON (1992), na Tailândia, em um solo com pH 5,8, encontraram na folhagem de *L. leucocephala* 30,8 g/kg de N, 2,60 g/kg de P, 11,80 g/kg de K, 3,00 g/kg de Ca e 1,90 g/kg de Mg. Por sua vez, PRIMAVESI et al. (1993), num latossolo vermelho amarelo em São Carlos -SP, avaliaram a quantidade de nutrientes de vários genótipos de *L. leucocephala* e obtiveram uma variação de 27-49 kg/ha de N, 1-2 kg/ha de P, 7-14 kg/ha de K, 14-24 kg/ha de Ca e 5-6 kg/ha de Mg. MAFRA (1996), na região de Cerrado em Botucatu - SP, em um latossolo vermelho amarelo com pH 4,4, avaliou nutrientes em material de poda de *L. leucocephala*, encontrando 33,58 g/kg de N, 2,10 g/kg de P, 16,61 g/kg de K, 11,23 g/kg de Ca e 4,67 g/kg de Mg. Em material de serrapilheira, o mesmo autor encontrou 22,78 g/kg de N, 1,28 g/kg de P, 5,52 g/kg de K, 15,87 g/kg de Ca e 5,38 g/kg de Mg.

Para avaliar a eficácia da matéria orgânica na correção da acidez do solo e toxidez por alumínio, LEAL et. al. (1993), no Paraná, incubaram amostras de dois solos, latossolo roxo (LR) com pH 4,3 e latossolo vermelho-escuro (LE) com pH 3,6, e adicionaram quatro doses de resíduos de *L. leucocephala* (0, 10, 20 e 30 t/ha). A adição de 30 t/ha de resíduos reduziu os teores de Al trocável (de 6 para 3 no LR e de 7 para 1 mmol_c/dm³ no LE) e elevou o pH em ambos os solos (LR, 4,6 e LE, 4,7).

Em relação às mudanças no solo, HULUGALLE & KANG (1990), em Ibadan, Nigéria, avaliaram um sistema de Cultivo em Aléias com *L. leucocephala* e um tratamento controle (sem aléias), e através de material de poda e mulch, estudaram durante 8 anos seus efeitos sobre as propriedades físicas de um solo argilo - arenoso. A distribuição do tamanho das partículas não foi significativamente afetada pelas aléias em relação ao controle, contudo, a menor densidade global encontrada nas aléias pode dever-se à adição de mulch e material podado (4,39 t/ha). O teor de água no solo foi maior nas aléias em relação ao controle, aumentando de forma diretamente proporcional à quantidade de mulch aplicada, e além disso, a resistência ao penetrômetro foi maior no tratamento controle do que na área com aléias. Em trabalho semelhante, JHA et al. (1991), em Dehradun, Índia, observaram os efeitos imediatos (1 ano), a curto prazo (3 anos), a médio prazo (9 anos) e a longo prazo (45 anos) sobre os nutrientes do solo em *L. leucocephala*. As quantidades disponíveis de nitrogênio, fósforo e potássio foram maiores nos solos com a plantação de longo prazo, seguida pelas de médio e curto prazo; os teores de matéria orgânica foram de 24,8, 21,0, 18,1 e 15,6 g/dm³, nas plantações a longo prazo, médio, curto e de efeito imediato, respectivamente, e o pH do solo foi 6,4, 6,3, 6,6 e 6,6, respectivamente, para as diferentes épocas consideradas.

O reduzido crescimento das raízes em solos ácidos, devido principalmente ao excesso de alumínio e/ou à deficiência de cálcio, é um dos principais fatores limitantes ao crescimento das plantas nessas condições. VALE et al. (1993), em Lavras - MG, observaram um comportamento muito diferenciado quanto a adaptação à elevada acidez (pH 4,4), sendo que as raízes de *L. leucocephala* apresentaram 36% de crescimento em relação ao do algodão (planta não tolerante à acidez). No caso de estresse provocado pela toxidez de alumínio, a *L. leucocephala* teve 24% de crescimento relativo. Para a deficiência de cálcio, as alterações de comportamento são mais intensas, sendo que a *L. leucocephala* apresentou um crescimento relativo de 5%.

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 et al. (1993). Além disso, HUTTON (1981), na Colômbia, observou que esta espécie é altamente tolerante a solos ácidos.

Em uma região a 1.650 m de altitude em Aiyura, Papua, Nova Guiné, com solo misturado de origem vulcânica e sedimentar, BROOK et al. (1992) observaram que a *L. diversifolia* alcançou 2,24 m de altura e diâmetro a 30 cm de altura de 3,95 cm aos 10 meses de idade e em outra região, Keravat, localizada a baixa altitude (20 m em relação ao nível do mar) e com solo originado de cinza vulcânica recente, esta espécie alcançou 4,17 m de altura e 3,58 cm de diâmetro a 30 cm na mesma idade. Em um sistema de aléias, com solo de pH 4,3, AKYEAMPONG & HITIMANA (1996), in Mashitsi, Burundi, obtiveram árvores com 1,92 m de altura e produção de biomassa da parte aérea de 1,9 t/ha aos 10 meses.

Na região de Londrina - PR, em um solo com pH 4,9 e com teor de matéria orgânica de 36 g/dm³, a *L. diversifolia* K156 não apresentou nenhum sinal aparente de dano pela geada no primeiro inverno após o plantio. Aos 24 meses, esta espécie alcançou 8,04 m e teve sobrevivência de 100% (LEAL & RAMOS, 1994). Aos 26 meses, RAMOS & LEAL (1994), em Paranaíba - PR, encontraram plantas de 6,70 m de altura, obtendo-se resultados satisfatórios em termos de cobertura de solo e deposição de serapilheira.

Em relação ao conteúdo de nutrientes nas folhas, na região de Kagasa, Ruanda, em solos com pH 5,52, a *L. diversifolia* produziu 21,9 g/kg de N, 0,79 g/kg de P, 8,90 g/kg de K, 18,7 g/kg de Ca e 3,00 g/kg de Mg (BALASUBRAMANIAN & SEKAYANGE, 1991).

2.3 *Acacia* spp.

A *Acacia* é o gênero de árvores fixadoras de nitrogênio dominante nas regiões secas da Austrália, sugerindo sua adaptabilidade a estresses extremos de água (BHATNAGAR & BHANDARI, 1993).

A *Acacia melanoxyton* R. Brown é uma espécie originária do sudeste da Austrália e da Tasmânia. Trata-se de uma árvore que alcança até 35 m de altura, possuindo copa ampla e arredondada, com as folhas verdadeiras substituídas por filódios (pecíolos alargados). As vagens são achatadas, tortas, e as sementes estão rodeadas por um funículo de cor alaranjada. O seu crescimento pode ser rápido, 2 m por ano, alcançando 20 m de altura aos 15 anos (GEILFUS, 1994). SHEPPARD (1987), em Aoukautere, Nova Zelândia, observou que a *A. melanoxyton* suportou solos muito úmidos e foi também resistente à seca, embora com menor taxa de crescimento. APPLGATE & NICHOLSON (1987) em Queensland, Austrália, plantaram mudas de 11 espécies de *Acacia* e encontraram que a *A. melanoxyton* apresentou o melhor desenvolvimento aos doze meses após o plantio.

SCHUBERT & WHITESELL (1985), no Havaí, em solos vulcânicos, observaram que entre os 2 e 5 anos de idade a *A. melanoxyton* foi afetada pela baixa fertilidade do solo, secas e ventos fortes, não se desenvolvendo adequadamente, o mesmo não ocorrendo com *A. Koa*, espécie nativa. A *A. mangium* se desenvolveu bem, mas tendeu a produzir múltiplos galhos.

Existem poucos trabalhos de pesquisa relacionados com *A. melanoxyton*, sendo que as espécies mais estudadas deste gênero são: *A. mangium*, *A. auriculiformis*, *A. angustissima* e *A. mearnsii*. Em função disso, serão apresentados a seguir alguns dados de outras espécies que não a estudada.

HALENDÁ (1990) relata que a *A. mangium* alcançou, aos 18 meses de idade, 4,96 m de altura e 96% de sobrevivência em um solo podzólico vermelho amarelo, em Sarawak, Malásia. HALENDÁ & TING (1993), no mesmo local, informam que essa mesma espécie teve o melhor desempenho aos 5,5 anos, tanto em solo podzólico vermelho amarelo quanto em podzólico (6,58 m de altura e 63% de sobrevivência no solo podzólico). OTSAMO & ADJERS (1995), na Indonésia, trabalhando em solo podzólico vermelho amarelo, ácido e com baixos níveis de nutrientes, obtiveram 99 % de sobrevivência de *A. mangium*, que atingiu 7,80 m de altura e 7,90 cm de DAP. A sobrevivência de *A. auriculiformis* foi de 86%, com altura de 7,40 m e DAP de 6,30 cm. MANATURAGINATH (1994), no sul da Índia, em um solo silte-arenoso, com pH 5,6, obteve sobrevivência de 100% para as duas espécies

anteriores. A altura de *A. auriculiformis* foi de 4,20 m aos 2 anos e a de *A. mangium* foi de 3,34 m. LEAL & RAMOS (1994) observaram que a *A. angustissima*, *A. mangium* e a *A. auriculiformis* alcançaram 7,07 m, 4,12 m e 2,44 m, respectivamente, aos 24 meses, nas condições de Londrina - PR, num solo com pH 4,9 e teor de matéria orgânica de 36 g/dm³.

Com relação à produção de biomassa, só foi encontrado um único trabalho, o de HOSSAIN et al. (1992), em Dhaka, Bangladesh, os quais plantaram mudas de *A. auriculiformis* em covas adubadas com esterco bovino e, após um ano, obtiveram uma altura de plantas de 3,2 m e produção de biomassa de 2,1 kg/planta (1,8 kg da parte aérea e 0,31 kg da raiz).

Quanto ao teor de nutrientes, BROOK (1993), em Papua, Nova Guiné, encontrou valores de 34,10 g/kg de N, 1,9 g/kg de P e 9,7 g/kg de K em *Acacia angustissima*. Por sua vez, MIAH et al. (1993), nas Filipinas, em um solo com pH 5,5, obtiveram, para a *A. auriculiformis*, concentrações de 22,9 g/kg de N, 1,0 g/kg de P, 11,0 g/kg de K, 14,6 g/kg de Ca e 2,0 g/kg de Mg e, para a *A. mangium*, teores de 20,4 g/kg de N, 1,4 g/kg de P, 11,8 g/kg de K, 9,3 g/kg de Ca e 2,6 g/kg de Mg.

VALE et al. (1993), em Lavras - MG, também avaliaram o crescimento e comportamento da *Acacia mangium* à elevada acidez, sendo que as raízes dessa espécie apresentaram 100% de crescimento em relação ao algodão (planta padrão). No caso de estresse provocado pela toxidez de alumínio, a maior mudança de comportamento foi observada para essa espécie, cujo crescimento caiu para 65%, provavelmente relacionada ao efeito do cloro. Para a deficiência de cálcio, a *Acacia* teve um crescimento relativo de 98%.

2.4 *Mimosa scabrella*

A Bracatinga (*Mimosa scabrella* Bentham) é uma espécie originária do sul do Brasil, onde é usada como quebra ventos, consórcio com culturas, sombreamento e para produção de adubos verdes (GEILFUS, 1994). Trata-se de

uma árvore perenifólia que pode atingir mais de 20 m de altura, com tronco alto e esbelto quando em maciços ou curto e ramificado quando em árvores isoladas (EMBRAPA, 1988).

Em uma avaliação de sementes de *M. scabrella* de três procedências diferentes, em Colombo - PR, SHIMIZU (1987) obteve que aos três anos de idade as plantas formadas com a semente procedente de Concórdia - PR apresentaram altura média de 7,80 m e DAP de 7,50 cm. As plantas originadas da procedência de Caçadores - PR tiveram altura média de 6,30 m e DAP de 5,70 cm, e as plantas formadas a partir das sementes procedentes de Colombo - PR apresentaram altura média de 5,80 m e DAP de 5,20 cm. Na mesma região, pesquisadores da EMBRAPA (1988) observaram uma altura de 12,80 m e 8,44 cm de DAP em árvores de Bracatinga de 5 anos de idade. Em um outro experimento, em Potrerillos - Costa Rica, com a aplicação de 150 g/planta da fórmula 10-30-10, proporcionou um crescimento em altura de 2,30 m e um DAP de 1,60 cm e 100 % de sobrevivência aos 13 meses de idade (CATIE, 1986). Ainda, segundo dados da EMBRAPA (1988), podem ocorrer diferenças na altura e sobrevivência das plantas dependendo do sistema de plantio; por exemplo, para a semeadura direta, obteve-se uma altura de 56,70 cm e sobrevivência de 39,8% aos 4 meses, e, para o plantio através de mudas, 90,6 cm de altura e 82,4% de sobrevivência.

Em relação ao crescimento das raízes em solos ácidos, VALE et al. (1993), em Lavras - MG, observaram que as de *M. scabrella* tiveram um crescimento relativo em relação ao algodão (planta padrão) em torno de 98%. Referente ao estresse provocado pela toxidez de alumínio, essa espécie apresentou 100% de crescimento relativo e, para a deficiência de cálcio, as alterações de comportamento foram mais intensas, muito provavelmente ligadas à sensibilidade desta espécie ao desequilíbrio entre magnésio e cálcio, sendo que nessas condições, a *M. scabrella* teve um crescimento relativo de 35%.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em um latossolo vermelho amarelo, distrófico, A moderado, textura média, derivado de arenito do grupo Bauru (MAFRA, 1996). A área tem topografia suave ondulada e pertence ao conjunto Demétria, o qual se encontra próximo à Rodovia Gastão Dal Farra, km 241, em Botucatu - São Paulo (22° 57' S, 48° 25' O, altitude de 900 m). A temperatura média anual é de 20,5°C e a precipitação média anual é de 1549 mm, ocorrendo em maior quantidade de novembro a março, conforme dados registrados durante 20 anos na Estação Meteorológica da Fazenda Lageado, UNESP, Campus de Botucatu. Os dados de temperatura e precipitação registrados durante o desenvolvimento do ensaio estão apresentados no Quadro 1.

No experimento foi avaliado o comportamento de quatro espécies de árvores fixadoras de nitrogênio: *Leucaena leucocephala* (Lam) de Witt do tipo Havaiano, proveniente do Banco de Sementes da Nitrogen Fixing Tree Association - NFTA (Tratamento 1); *Acacia melanoxylon* R. Brown proveniente do CSIRO, Divisão

de Pesquisa Florestal, Austrália (Tratamento 2); *Leucaena diversifolia* (Schlecht) Bentham K 156, proveniente do Banco de Sementes do NFTA (Tratamento 3) e *Mimosa scabrella* Bentham, proveniente de Campo Largo, Paraná (Tratamento 4). As mudas foram produzidas mediante semeadura em sacos de polietileno, com substrato contendo terra e húmus de minhoca numa proporção de 50% de cada material.

QUADRO 1. Médias de precipitação e temperatura durante o período do estudo.

Mês	1995		1996		1997	
	Prec. (mm)	Temp. (°C)	Prec. (mm)	Temp. (°C)	Prec. (mm)	Temp. (°C)
Jan	385,8	24,1	203,4	23,5	485	22,2
Fev	289,3	22,5	158,5	23,1		
Mar	178,9	22,8	270,6	22,5		
Abr	80,1	21,1	75,1	21,2		
Mai	69,9	18,1	32,3	18,0		
Jun	44,4	17,1	19,3	17,0		
Jul	95,8	18,8	0,7	16,0		
Ago	0,0	21,2	24,3	18,8		
Set	85,7	19,3	166,0	18,2		
Out	227,3	19,8	123,3	20,8		
Nov	137,3	21,7	82,7	21,2		
Dez	172,9	22,2	270,5	22,8		
P total / T média	1.767,4	20,7	1.426,7	20,2		

Antes de instalar o experimento foram coletadas amostras de solo representativas da área em questão, nas profundidades de 0 - 20 e de 20 - 40 cm, para a realização de análises físicas pelo método do densímetro (EMPRESA

BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1979) e químicas pela metodologia descrita por RAIJ & QUAGGIO (1983), cujos resultados se encontram no Quadro 2.

QUADRO 2. Análises químicas e físicas de amostras de solo da área do experimento.

Prof cm	pH CaCl ₂	M.O. g/dm ³	P g/cm ³	H+AL -----	K	Ca mmol _c /dm ³	Mg -----	SB -----	CTC -----	V %
0 - 20	4,5	16	7	28	0,5	9,0	3,0	12	40	31
20 - 40	4,4	13	4	28	0,8	7,0	3,0	10	38	27

Prof cm	AMG %	AG %	AM %	AF %	AMF %	Areia Total %	Argila %	Silte %	Arg. Nat %	Textura do solo
0 - 20	Traços	7	42	24	8	81	7	12	--	Arenosa

A área experimental com uma extensão de 2000 m² foi arada com trator Massey Ferguson 285, equipado com arado de três discos, numa profundidade de 25 a 30 cm. Logo após a aração foi realizada uma correção de acidez, de acordo com a análise de solo, com o objetivo de elevar a saturação por bases a 50 %. Após 3 dias realizou-se uma gradagem leve, incorporando-se o calcário.

A área foi cercada e as parcelas foram demarcadas, e com a ajuda de um sulcador foram elaborados os sulcos para o plantio. Este foi realizado mediante covas de 20 X 20 X 30 cm feitas com cavadeira, aplicando-se no fundo de cada uma delas e em mistura com o solo 350 g de termofosfato Cotia e 300 g de Batata Plus Cotia - Cooper húmus (contendo matéria orgânica = 25%, nitrogênio total = 4%, fósforo = 14%, Potássio = 6%, Cálcio = 4% e magnésio = 2%).

O experimento foi instalado de acordo com o delineamento estatístico de blocos casualizados, contendo 4 tratamentos (espécies) e 4 repetições, conforme mostra o Quadro 3. Estabeleceu-se um sistema de 16 parcelas de 10 X 7,5 m cada uma (75 m²), constituída de 20 plantas (80 de cada espécie, totalizando 320 plantas). O espaçamento de plantio foi de 2,5 X 2,5 m, colocando-se 5 mudas no comprimento e 4 mudas na largura da parcela. Os dados foram analisados estatisticamente pelo programa Estat desenvolvido por BANZATTO & KRONKA (1989).

QUADRO 3. Esquema do Ensaio no Campo

BLOCOS			
B1	B2	B3	B4
T4	T4	T3	T1
T3	T3	T2	T3
T2	T1	T1	T4
T1	T2	T4	T2

Durante a fase de estabelecimento das árvores foi controlado o crescimento de *Brachiaria* mediante o uso de capinas manuais e roçadeira.

O ensaio foi conduzido por um período de 2 anos, durante o qual, a cada 3 meses, foram realizadas medições de altura e diâmetro (a 20 cm da base durante todo o período e, após 1 ano, à altura do peito - DAP).

Com a finalidade de avaliar a quantidade e o teor de nutrientes de galhos e folhas que retornaram ao solo, foram colocadas caixas medindo 50x50 cm para coleta desse material em setembro/96, à razão de 2 caixas por parcela em cada bloco, num total de 32 caixas. O material vegetal foi coletado mensalmente, seco, pesado e analisado quimicamente.

Após 2 anos, duas árvores de cada parcela foram abatidas, separando-se os componentes folhas, galhos e troncos, que tiveram suas massas frescas determinadas. Para se estimar a massa seca e a composição química

desses componentes foram coletadas subamostras de folhas (200 g) e de galhos e tronco (500 g de cada), obtidas aleatoriamente após homogeneização do material. Essas amostras foram pesadas e, após 72 horas de secagem a 65°C (até peso constante), tiveram suas massas secas determinadas. Com esses dados, foi possível estimar a massa seca total destes componentes para as árvores abatidas.

As amostras de folhas, galhos e troncos foram moídas em moinho tipo Willey, mineralizadas por via úmida e realizada a digestão nitroperclórica. Os teores de K, Ca, Mg e S foram determinados em espectrofotômetro de absorção atômica, o P pelo método do vanado - molibdato de amônio e o N pelo método Kjeldahl, conforme metodologia desenvolvida por MALAVOLTA et al. (1989). Nesta idade, também foram coletadas amostras de solo a 20 cm de profundidade, na linha de plantio e entre as árvores, para a realização de análises químicas (RAIJ & QUAGGIO, 1983), com a finalidade de avaliar as influências de cada espécie na fertilidade do solo.

A quantidade de clorofila nas folhas também foi determinada a cada 3 meses, utilizando-se o aparelho denominado Clorofilômetro, marca Minolta, Modelo SPAD-502, iniciando-se a leitura aos seis meses após o plantio, na ocasião da segunda medição dos parâmetros de crescimento. Foram consideradas 4 árvores por parcela e de cada planta foram medidas 4 folhas dispostas nos 4 pontos cardeais no seu terço superior. Os valores de leitura (X) obtidos no Clorofilômetro foram utilizados na equação seguinte, onde Y corresponde à estimativa da quantidade de clorofila na folha em mg/100 cm².

$$Y = 0,0996(X) - 0,152.$$

Durante o período do experimento foram colhidas e pesadas sementes de duas espécies (*L. leucocephala* e *L. diversifolia*).

Finalmente, foi calculado o Índice de Eficiência de Utilização de Nutrientes, que segundo MORO (1994) e BARROS et al. (1986), significa uma relação entre unidades de peso de biomassa produzida por unidade de nutriente acumulado.

Durante o período de avaliação do ensaio, 6 meses após o plantio, a *Leucaena diversifolia* sofreu ataque de abelha Irapuá ou abelha cachorro (*Trigona*

spinipes Fabr.), provocando ferimentos em alguns caules de algumas árvores. As abelhas foram controladas, sem prejuízo do desenvolvimento das plantas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Descrição das Espécies

Aos 24 meses de idade, as espécies estudadas apresentavam as seguintes características:

Leucaena leucocephala: tronco curto e ramificado desde a base, com copa redonda e aberta, com a aparência típica de um arbusto.

Acacia melanoxylon: tronco reto, copa globoso-cônica, formando sombra não muito densa no solo (filódios de 8-10 cm de comprimento por 2 cm de largura), sendo que nas parcelas essas copas se tocavam desde a base.

Leucaena diversifolia: tronco reto e flexível, com ramificação longe do solo, copa aberta de forma irregular, não produzindo sombra densa e não havendo contato entre as copas nas parcelas.

Mimosa scabrella: tronco curto e ramificado, copa arredondada com ramificação simpodial e densa (folha=6 cm e folíolos=5 mm de comprimento por 4,5 mm de largura), estratificada, umbeliforme, formando sombra densa no solo e com as copas das plantas se tocando dentro das parcelas (Figura 1).



Acacia melanoxylon e *Leucaena leucocephala*



Mimosa scabrella e *Leucaena diversifolia*

FIGURA 1. Padrão de crescimento das 4 espécies de leguminosas arbóreas

4.2 Análise de Solo

Os resultados da análise química do solo (Quadro 4) mostram que, até essa idade, as espécies estudadas não interferiram em nenhum dos parâmetros do solo avaliados. Após dois anos, ainda persistia o efeito da calagem no aumento do pH do solo. Entretanto, nota-se uma tendência das parcelas com *L. leucocephala* e *A. melanoxyton* apresentarem maiores teores de potássio, e daquelas com *L. diversifolia* e *M. scabrella* maiores teores de cálcio e magnésio. Pode-se observar pelos dados de serapilheira dessas espécies (Quadro 16) que os maiores valores de potássio foram encontrados para a *L. diversifolia* e *A. melanoxyton*, enquanto que os de cálcio foram para *M. scabrella* e os de magnésio para *L. diversifolia*. Esses resultados indicam que talvez já esteja se iniciando uma influência da serapilheira na fertilidade do solo, pois, segundo POGGIANI & MONTEIRO JÚNIOR (1990), a deposição de material orgânico, que constitui a serapilheira, é uma das principais formas de transferência de nutrientes. No entanto, neste trabalho, ainda não se pode afirmar que já esteja ocorrendo essa influência, visto que aos 24 meses a queda de folhas e galhos estava apenas se iniciando. Com o aumento da ciclagem de nutrientes, que deve ocorrer a partir de dois anos de idade, pelo menos para as três espécies mais desenvolvidas, as características químicas do solo poderão ser modificadas.

QUADRO 4. Análise química de amostras de solo obtidas a 20 cm de profundidade,
2 anos após o plantio

Espécie	pH	M.O	P	Al	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
	CaCl ₂	g/dm ³	ug/cm ³	----- m mol _c / dm ³ -----			-----			%	
<i>L. leucocephala</i>	5,0	14	9	2	20	1,0	8,0	4,7	14	34	40
<i>A. melanoxyton</i>	4,9	15	11	2	24	0,8	8,7	4,7	14	38	38
<i>L. diversifolia</i>	5,5	15	11	1	18	0,6	13,5	7,5	21	40	53
<i>M. scabrella</i>	5,0	17	11	1	21	0,6	10,2	6,2	17	39	44
F	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
DMS 5%	0,88	2,99	15,71	1,90	9,10	0,49	8,07	4,60	11,70	7,56	24,44
CV%	7,80	8,86	65,36	54,58	19,70	29,59	36,10	35,84	31,65	9,03	25,28
Observação:	NS	-	Não	significativo		a	5%	pelo	teste	F.	

4.3 Sobrevivência das Plantas e Crescimento em Altura e Diâmetro.

Aos dois anos de idade, a sobrevivência das plantas de *L. leucocephala*, *A. melanoxyton* e *L. diversifolia* foi de 100% e para a *M. scabrella* foi de 98,5%, não tendo ocorrido, portanto, nenhuma influência de falhas no desenvolvimento das plantas.

Os resultados do acompanhamento das medições de altura até 24 meses de idade, estão mostrados no Quadro 5 e na Figura 2. Nos primeiros nove meses após o plantio, a *L. diversifolia* foi a espécie que alcançou a maior altura quando foi alcançada pela *A. melanoxyton*. A partir daí, as duas tiveram crescimentos semelhantes até o final, com vantagem para a Acácia. A *M. scabrella* apresentou um crescimento menor que as duas espécies anteriores, enquanto que a *L. leucocephala* foi aquela que teve o menor desenvolvimento em altura ao longo do período. As árvores de *A. melanoxyton* tiveram um crescimento mais uniforme que as outras espécies, em todas as parcelas.

Observa-se que as plantas de *A. melanoxyton*, *M. scabrella*, *L. diversifolia* e *L. leucocephala* apresentaram alturas de 2,61, 2,03, 2,57 e 1,10 m, respectivamente, aos 12 meses após o plantio. Em um trabalho com sistema agroflorestal, realizado no mesmo local do experimento, BERTALOT et al. (1994) encontraram médias de altura para *L. leucocephala*, *M. scabrella* e *A. melanoxyton*, respectivamente, de 1,99, 2,64 e 1,66 m, após um ano do plantio. As árvores neste caso foram plantadas intercaladas com culturas anuais, sendo talvez esta a razão para as diferenças encontradas. Entretanto, os resultados obtidos são superiores aos encontrados por HALENDÁ (1990), que obteve 0,65 m de altura aos 18 meses para *L. leucocephala*, em solo com pH 3,8, na Malásia, e aos encontrados por MAGHEMBE & PRINS (1994), que obtiveram 2,34 m para *A. melanoxyton* aos 26 meses de idade, em Makoka, Malawi.

QUADRO 5. Acompanhamento do desenvolvimento em altura das quatro espécies estudadas até 24 meses de idade.

Espécie	----- Altura (m) -----							
	3 Meses 05/95	6 Meses 08/95	9 Meses 11/95	12 meses 02/96	15 meses 05/96	18 Meses 08/96	21 Meses 11/96	24 Meses 02/97
<i>L. leucocephala</i>	0,64b	0,89b	1,06b	1,10c	1,33b	1,37c	1,51c	1,72b
<i>A. melanoxylon</i>	0,84ab	1,37a	2,01a	2,61a	3,21a	3,40a	3,88a	5,25a
<i>L. diversifolia</i>	1,02a	1,57a	2,02a	2,57a	3,29a	3,34ab	3,87a	4,97a
<i>M. scabrella</i>	0,69b	0,85b	1,28b	2,03b	2,65a	2,70b	3,01b	4,42a
F	**	**	**	**	**	**	**	**
DMS 5%	0,21	0,30	0,35	0,49	0,64	0,64	0,74	0,96
CV %	11,86	11,56	10,18	10,80	11,14	11,78	10,84	10,63

Observação: Números seguidos pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey.

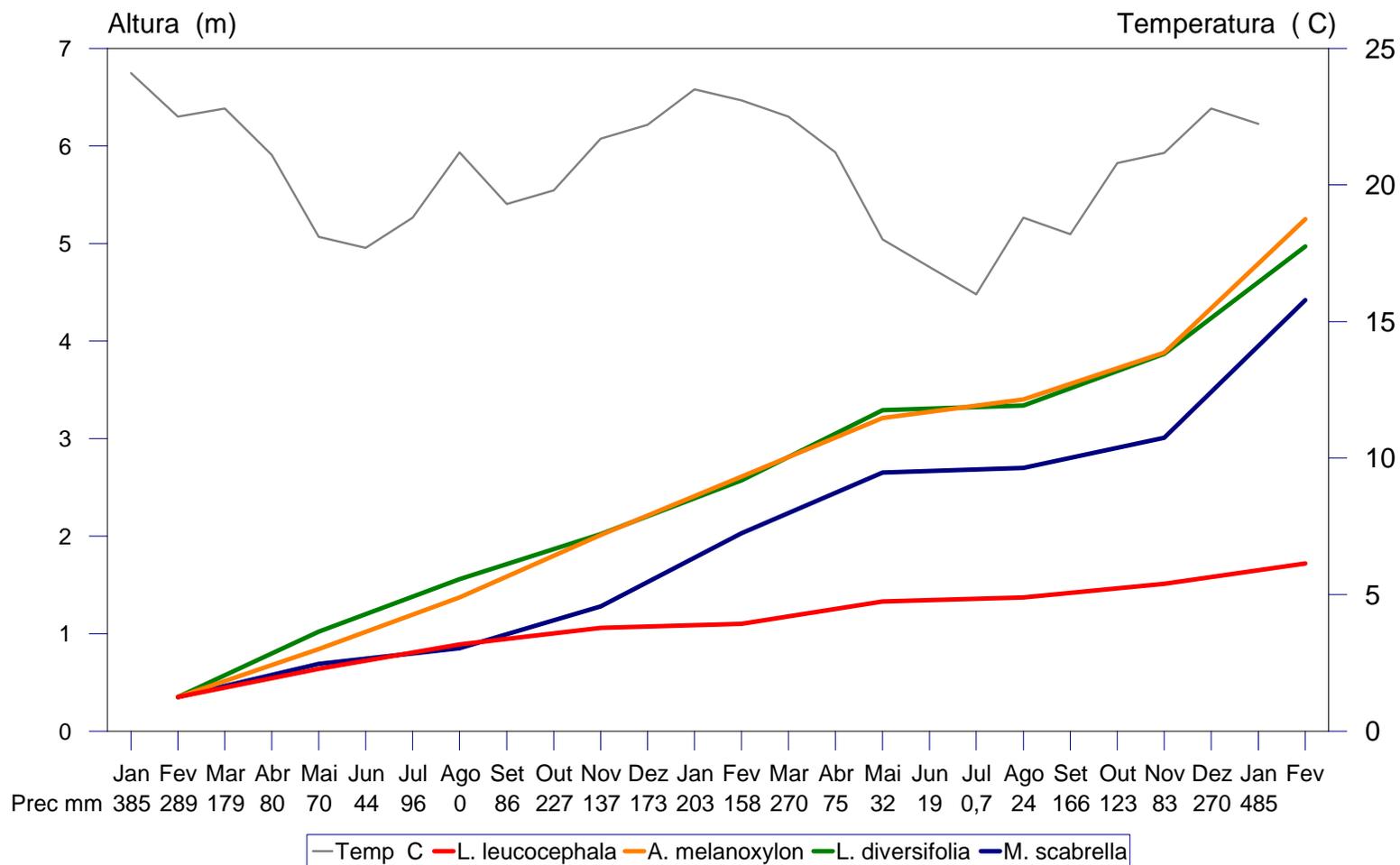


Figura 2. Acompanhamento da temperatura, precipitação e do desenvolvimento em altura das quatro espécies até 24 meses de idade.

As alturas encontradas por BROOK et al. (1992) para *L. diversifolia* (2,24 m aos 10 meses de idade), pelo CATIE (1986) para *M. scabrella* (2,30 m aos 13 meses de idade) e por REICHMANN NETO (1993) também para a *Mimosa scabrella* (3,49 m aos 20 meses de idade), são semelhantes aos resultados encontrados neste trabalho.

Utilizando-se os dados do Quadro 5, foram calculadas as taxas de crescimento em altura para as quatro espécies estudadas. A *A. melanoxyton* e a *L. diversifolia* tiveram as maiores taxas de crescimento, cerca de 50-60 cm dos três aos seis meses de idade, fato que se repetiu até 15 meses, reduzindo drasticamente no período de maio a agosto de 1996, provavelmente devido ao período de seca e às geadas ocorridas na região, mas voltando a crescer principalmente no período de novembro de 1996 a Janeiro de 1997, quando apresentaram a maior taxa desde o plantio (1,37 e 1,10 m, respectivamente). A *M. Scabrella* apresentou uma taxa inicial baixa mas crescente até maio de 1996, quando reduziu também devido à seca, mas voltou a crescer da mesma forma que as duas espécies anteriores, com alta taxa no último período (1,41 m). A *L. leucocephala* teve taxas de crescimento baixas durante todo o período, diminuindo também drasticamente na época das secas e geadas. Em concordância com os fenômenos observados neste trabalho, ALCÂNTARA e BUFARAH (1992) citam que a *L. leucocephala* é sensível à temperatura, com preferência por locais quentes e úmidos.

Aos 21 meses de idade, a *A. melanoxyton* apresentou copa frondosa e bastante produção de folhagem; a *M. scabrella* possuiu um desenvolvimento mais compacto, porém com abundante formação de galhos e folhagem; a *L. diversifolia* mostrou um crescimento vertical, com o tronco relativamente fino e comprido, com menor produção de folhagem e a *L. leucocephala*, espécie com menor desenvolvimento, porque provavelmente não é tolerante às baixas temperaturas do inverno, nesta época estava produzindo folhagem nova e apresentava boa aparência. As plantas das parcelas de *L. leucocephala* situadas nos Blocos 1 e 4 (posição externa), sofreram a ação constante do vento sudeste e as árvores apresentaram menor desenvolvimento do que aquelas nas parcelas dos Blocos 2 e 3, onde foram protegidas do vento pela *A. melanoxyton* e *M. scabrella*.

Os resultados do acompanhamento das medições do diâmetro do caule a 20 cm acima da base, até 24 meses de idade, estão apresentados no Quadro 6 e na Figura 3. Nos primeiros seis meses após o plantio, a *L. diversifolia* foi a espécie que alcançou maior diâmetro. Dos 15 aos 24 meses a *A. melanoxylon* e *M. scabrella* apresentaram os maiores diâmetros, sendo que na última medição essas espécies apresentaram os valores de 7,12 e 7,00 cm, respectivamente. Esse diâmetro de *M. scabrella* é semelhante ao encontrado por REICHMANN NETO (1993), em trabalho realizado na região de Curitiba - PR, o qual obteve um diâmetro de colo de 5,10 cm para a idade de 20 meses. Neste experimento, a *L. leucocephala* apresentou os menores valores em diâmetro durante todo o período.

Da mesma forma que para altura, foram calculadas as taxas de crescimento para diâmetro do tronco a 20 cm da base. A *L. diversifolia* foi a espécie que apresentou a maior taxa de crescimento (0,73 cm) dos 3 aos 6 meses. No período de 9 aos 12 meses a *A. melanoxylon* e *M. scabrella* tiveram a maior taxa, 1,22 e 1,05 cm, respectivamente. Este crescimento diminuiu de maio a agosto (época de inverno) nas 3 espécies mencionadas e voltou a aumentar dos 21 aos 24 meses, atingindo taxas de crescimento de 1,64, 1,49 e 0,73 cm para a *A. melanoxylon*, *M. scabrella* e *L. diversifolia*, respectivamente. As taxas de crescimento obtidas para *L. leucocephala*, da mesma forma com relação a altura, indicam que esta espécie não se desenvolve bem em períodos quentes e relativamente secos do ano (provocados pela má distribuição de chuvas), assim como também não se desenvolve bem em períodos frios e secos, com ocorrência de geadas ocasionais, próprias da região de Botucatu.

QUADRO 6. Acompanhamento do diâmetro do tronco a 20 cm de altura, para as quatro espécies estudadas até 24 meses de idade.

Espécie	Diâmetro (cm)							
	3 Meses 05/95	6 Meses 08/95	9 Meses 11/95	12 Meses 02/96	15 Meses 05/96	18 Meses 08/96	21 Meses 11/96	24 Meses 02/97
<i>Leucaena leucocephala</i>	0,63b	0,89c	1,19b	1,27b	1,33c	1,46c	1,79c	2,22c
<i>Acacia melanoxylon</i>	0,70ab	1,28b	1,65ab	2,87a	3,77a	4,52a	5,48a	7,12a
<i>Leucaena diversifolia</i>	0,93a	1,66a	2,15a	2,42a	2,91b	3,09b	3,63b	4,36b
<i>Mimosa scabrella</i>	0,69ab	1,09bc	1,76ab	2,81a	3,96a	4,32a	5,51a	7,00a
F	*	**	**	**	**	**	**	**
DMS 5%	0,27	0,35	0,59	0,65	0,72	0,86	0,87	1,14
C.V. (%)	16,71	12,97	16,03	12,86	10,92	11,60	9,63	9,98

Observação: Números seguidos pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey.

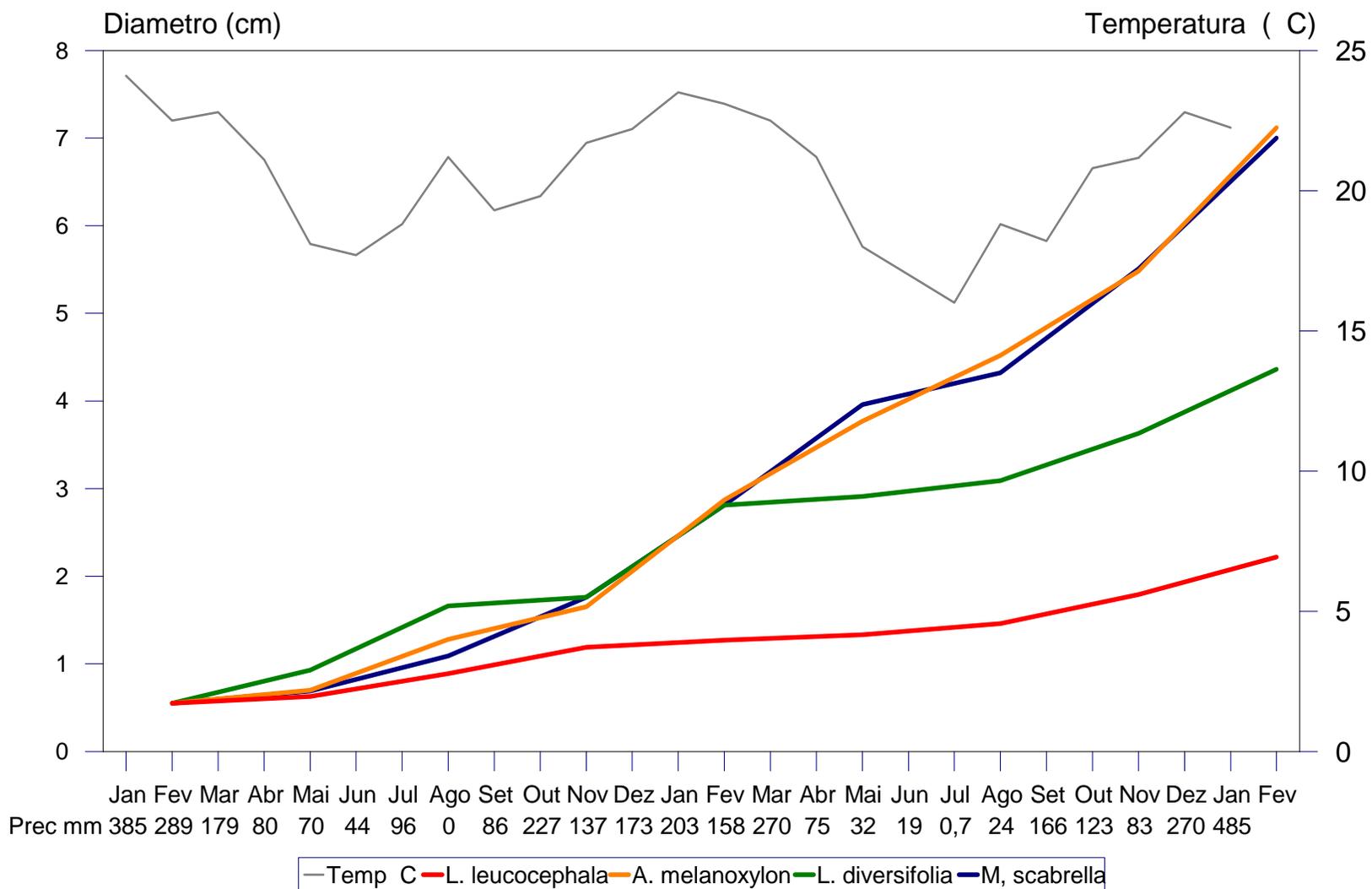


Figura 3. Acompanhamento da temperatura, precipitação e do diâmetro a 20 cm de altura das quatro espécies até 24 meses de idade.

A partir de quinze meses de idade, iniciou-se a medição do diâmetro de tronco a 1,30 m de altura (DAP) para as três espécies mais desenvolvidas, ou seja, *A. melanoxylon*, *L. diversifolia* e *M. scabrella* (Quadro 7), pois a *L. leucocephala* ainda não apresentava altura suficiente. Nota-se que a *A. melanoxylon* apresentou o maior DAP em relação às outras espécies, ocorrendo diferença significativa apenas aos dois anos de idade.

Até 18 meses, a *L. diversifolia* apresentava o segundo maior DAP, sendo ultrapassada pela *M. scabrella* a partir dessa idade. O valor de 1,87 cm obtido aos 15 meses para *M. scabrella* é semelhante ao apresentado pelo CATIE (1986), de 1,60 cm aos 13 meses, em experimento realizado em Turrialba, Costa Rica.

QUADRO 7. Acompanhamento do Diâmetro à Altura do Peito (DAP) para três espécies estudadas, até 24 meses de idade.

Espécie	----- DAP (cm) -----			
	15 meses 05/96	18 meses 08/96	21 Meses 11/96	24 Meses 02/97
<i>Acacia melanoxylon</i>	2,22	2,69	3,40	4,84a
<i>Leucaena diversifolia</i>	2,04	2,23	2,60	3,32b
<i>Mimosa scabrella</i>	1,87	2,10	2,97	4,32ab
F	NS	NS	NS	*
DMS 5%	0,49	0,62	0,81	1,04
C.V. (%)	11,21	12,23	12,36	11,54

Observação: números seguidos pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey.

NS = não significativo ($P > 0,05$), * = significativo ($P < 0,05$)

4.4 Produção de Matéria Seca

Os valores médios de produção de matéria seca nos diferentes órgãos das espécies avaliadas aos 24 meses de idade estão apresentados no Quadro 8.

Em termos de produção total, as quantidades de matéria seca decresceram na seguinte ordem: *M. scabrella* > *A. melanoxylon* > *L. diversifolia* > *L. leucocephala*, diferindo estatisticamente entre si, sendo que a produção das duas primeiras foi mais que o dobro em relação às outras. Comparando-se a produção entre os órgãos das plantas, nota-se que não ocorreram diferenças significativas entre folhas e troncos de *M. scabrella* e *A. melanoxylon*, sendo que a maior produção total apresentada por *M. scabrella* foi devido à maior quantidade de matéria seca nos galhos.

QUADRO 8. Matéria seca acumulada (kg/ha) e distribuição em porcentagem nos componentes das árvores, aos 24 meses de idade.

Espécie	Folha		Galho		Tronco		Total
	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha
<i>L. leucocephala</i>	132,75c	15,00	324,00d	36,62	428,00c	48,37	884,75d
<i>A. melanoxylon</i>	4.433,00a	29,75	4.634,00b	31,09	5.835,00a	39,15	14.902,00b
<i>L. diversifolia</i>	1.152,00b	18,53	1.171,00c	18,83	3.294,00b	52,98	6.217,00c
<i>M. scabrella</i>	4.879,00a	27,51	6.771,00a	38,17	6.087,00a	34,32	17.737,00a
F	**		**		**		**
DMS	669,34		1.153,19		785,59		2.426,17
CV %	11,43		15,46		9,09		11,05

Obs.: números seguidos da mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($P > 0,05$), ** = significativo ($P < 0,01$)

Quanto à distribuição, a maior porcentagem de folhas em relação à produção total foi obtida para a *A. melanoxylon*, a de galhos para a *M. scabrella* e de tronco para a *L. diversifolia*. Comparando-se as espécies separadamente, nota-se que a *L. leucocephala*, *A. melanoxylon* e *L. diversifolia* tiveram a maior porcentagem de matéria seca no tronco, enquanto que a *M. scabrella* apresentou a maior porcentagem nos galhos, devido à forma e estrutura da copa, que apresentou maior ramificação em relação às outras espécies

4.5 Nutrientes na Planta

4.5.1 Concentração de nutrientes

Os resultados das análises químicas de folhas coletadas aos 12 meses de idade estão apresentados no Quadro 9. Nota-se que a concentração dos macronutrientes seguiu a seguinte ordem decrescente: $N > Ca > K > Mg > P > S$, com exceção da *L. leucocephala* que apresentou maiores valores de K em relação ao Ca. Essa espécie apresentou os maiores teores de N, P, K e S em relação às outras, provavelmente devido ao efeito de concentração, já que foi aquela que menos se desenvolveu. A *L. diversifolia* teve as maiores concentrações de Ca, Mg e B, a *A. melanoxylon* de Mn e a *M. scabrella* de Cu e Fe, sendo que as diferenças entre as concentrações de K, Ca e Zn não foram significativas entre as espécies.

Aos 24 meses, as concentrações de macro e micronutrientes encontradas nas folhas de todas as espécies, de uma forma geral, foram maiores do que as encontradas nos galhos e troncos, (Quadros 10 e 11) com exceção do ferro e zinco que foram maiores no tronco. Esses resultados concordam com os obtidos para outras espécies arbóreas citados por SILVA et al. (1983), POGGIANI et al. (1983), PEREIRA et al. (1984) e MORO (1994).

QUADRO 9. Concentração de nutrientes nas folhas das espécies aos 12 meses de idade.

Espécies	Folhas										
	g/kg						mg/kg				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
<i>L. leucocephala</i>	30,9a	1,4a	7,5	6,8	2,7ab	0,9a	22,7ab	5,2b	63,5b	36,2c	13,0
<i>A. melanoxylon</i>	17,8c	0,7b	5,5	5,6	1,7b	0,5b	18,7b	4,0b	45,2b	198,7a	10,7
<i>L. diversifolia</i>	25,2b	1,3a	7,2	9,4	3,9a	0,8ab	37,2a	4,5b	81,2b	42,5c	10,7
<i>M. scabrella</i>	24,0b	1,1ab	6,1	8,0	2,3b	0,8ab	29,5ab	7,0a	143,0a	136,0b	11,7
F	**	**	NS	NS	*	*	*	*	**	**	NS
DMS	5,25	0,39	4,23	4,66	1,55	0,32	16,38	1,57	49,91	62,33	3,90
CV %	9,70	15,28	29,00	28,24	26,26	19,24	27,39	13,73	27,13	27,28	15,27

Obs. Números seguidos da mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey.

QUADRO 10. Concentração de nutrientes nas folhas e galhos das espécies aos 2 anos de idade.

Folhas											
Espécie	g/kg						mg/kg				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
<i>L. leucocephala</i>	30,2a	1,7a	13,4a	10,7a	3,4b	1,2a	30,5b	4,2b	72,2ab	45,5b	27,7a
<i>A. melanoxylon</i>	19,3c	1,0b	7,6b	6,1b	1,2c	0,9b	19,0c	5,0b	55,2b	246,5a	18,0b
<i>L. diversifolia</i>	23,6b	1,3b	6,4b	10,9a	4,1a	0,9b	40,0a	3,0b	73,0ab	41,2b	17,0b
<i>M. scabrella</i>	26,8ab	1,7a	7,9b	7,0b	1,7c	1,0ab	30,0b	8,0a	100,5a	193,0a	25,7ab
F	**	**	**	**	**	**	**	**	*	**	*
DMS	3,98	0,35	2,44	2,11	0,48	0,21	7,4	2,6	43,76	100,83	9,26
CV %	7,22	11,07	12,48	10,95	8,29	9,77	11,2	23,8	26,32	34,68	18,95

Galhos											
Espécie	g/kg						mg/kg				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
<i>L. leucocephala</i>	8,7a	0,7ab	8,7a	4,2ab	1,1ab	0,3	14,2	2,0b	163,0	15,2b	12,5
<i>A. melanoxylon</i>	6,2ab	0,4b	4,5b	5,8a	0,7b	0,3	11,7	3,7ab	36,7	31,7ab	10,5
<i>L. diversifolia</i>	5,7b	0,7ab	4,8b	3,1b	1,5a	0,2	12,5	2,7b	52,0	11,2b	12,2
<i>M. scabrella</i>	7,3ab	0,8a	4,9b	3,9ab	1,2a	0,2	12,0	5,7a	39,0	44,5a	6,0
F	*	*	*	*	**	NS	NS	**	NS	*	NS
DMS	2,53	0,33	3,51	2,48	0,45	0,09	3,31	2,34	133,25	27,05	10,76
CV %	16,37	23,23	27,72	26,30	18,43	17,40	11,88	29,68	82,95	47,64	47,24

Obs. Números seguidos da mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey.

QUADRO 11. Concentração de nutrientes no tronco das espécies aos 2 anos de idade.

Espécie	g/kg						Tronco					mg/kg				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn					
<i>L. leucocephala</i>	5,0	0,4	5,3	3,3a	0,8a	0,2	10,0	2,0b	92,7	6,5b	3,5					
<i>A. melanoxyton</i>	4,7	0,4	4,1	2,9ab	0,3b	0,2	9,5	3,0b	58,0	21,0a	3,7					
<i>L. diversifolia</i>	4,5	0,4	4,4	1,9b	0,8a	0,1	11,5	2,2b	118,7	6,7b	28,5					
<i>M. scabrella</i>	5,7	0,6	5,4	2,1b	0,6ab	0,2	9,7	5,2a	34,0	20,7a	4,7					
F	NS	NS	NS	*	*	NS	NS	**	NS	**	NS					
DMS	2,41	0,17	2,71	1,16	0,37	0,08	3,17	2,11	164,19	12,10	33,01					
CV %	21,96	17,00	25,41	20,34	27,19	21,77	14,10	30,64	97,92	39,83	147,53					

Obs. Números seguidos da mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey.

Em relação à concentração dos nutrientes nas folhas, relacionada aos tratamentos, observou-se que os teores de vários macronutrientes (N, P, K e S) foram maiores na *L. leucocephala*. Esses resultados confirmaram os obtidos aos 12 meses de idade, quando ocorreu o efeito de concentração. Esse efeito não ocorreu de forma uniforme nos galhos e no tronco, visto que a *L. leucocephala* apresentou os maiores valores somente para N, K e S nos galhos, e Ca no tronco.

A concentração de macronutrientes nas folhas apresentou a seguinte ordem decrescente: N>K>Ca>Mg>P>S para *L. leucocephala* e *A. melanoxylon*; N>Ca>K>Mg>P>S para *L. diversifolia* e N>K>Ca>Mg=P>S para *M. scabrella*. Nota-se que a ordem encontrada para *L. leucocephala*, nesta época, foi a mesma que aquela aos 12 meses de idade, o que é comparável com os resultados obtidos na mesma região por MAFRA (1996). Por outro lado, NYATHI & CAMPBELL (1994), no Zimbábue, obtiveram a seguinte ordem decrescente para essa espécie: N>Ca>K>Mg>P, apresentando, portanto, uma inversão dos elementos Ca e K.

Nos galhos, a concentração de macronutrientes foi a seguinte: N>K>Ca>Mg>P>S para *L. leucocephala*, *L. diversifolia* e *M. scabrella* e N>Ca>K>Mg>P>S para *A. melanoxylon*. No tronco a ordem encontrada foi: N>K>Ca>Mg>P>S para *A. melanoxylon*, *L. diversifolia* e *M. scabrella* e K>N>Ca>Mg>S para *L. leucocephala*.

Outro fato que pode ser observado é que as concentrações de nutrientes nas folhas obtidas com um ano de idade são menores do que as concentrações obtidas aos dois anos (Quadros 9 e 10). Esses resultados não seguem o efeito de diluição que normalmente ocorre com o desenvolvimento de espécies arbóreas, como, por exemplo, para o eucalipto, indicando que, aos dois anos de idade, a taxa de absorção de nutrientes pelas espécies estudadas ainda é maior que a taxa de crescimento.

4.5.2 Quantidade de nutrientes

O Quadro 12 mostra a distribuição das quantidades de nutrientes nos diversos órgãos das plantas. Considerando esses dados, nota-se que não foi encontrada nenhuma relação entre as quantidades de nutrientes, ao contrário da relação decrescente encontrada para a concentração, fato que pode ser explicado pelas diferenças no crescimento e no processo de acúmulo de matéria seca entre as espécies. Diferentemente dos dados encontrados neste trabalho, MORO (1994) encontrou para eucalipto com idade de 7 anos, a seguinte ordem para a quantidade de nutrientes: tronco>folhas>galhos. Em relação aos tratamentos, as quantidades de N, Ca, Mg e S foram maiores nas folhas em todas as espécies. O potássio teve um comportamento variável, apresentando maior quantidade nas folhas de *A. melanoxylon* e *M. scabrella*, no tronco de *L. diversifolia* e nos galhos de *L. leucocephala*. No caso dos micronutrientes, as quantidades de B, Cu, e Zn foram maiores nas folhas de *A. melanoxylon* e *M. scabrella* e no tronco de *L. diversifolia*. A quantidade de Mn foi maior nas folhas das quatro espécies. Não foi observado um padrão definido de comportamento dos nutrientes.

Considerando a quantidade total na parte aérea (Quadro 13), os valores dos macronutrientes seguem uma ordem decrescente: N>K>Ca>Mg>P>S, para todas as espécies, sendo que para os micronutrientes só foi encontrada uma relação para a *A. melanoxylon* e *M. scabrella*: Mn>Fe>B>Zn>Cu. As quantidades totais de nutrientes foram significativamente maiores para a *M. scabrella*, seguida por *A. melanoxylon*, *L. diversifolia* e *L. leucocephala*, fato que também pode ser explicado pelas diferentes quantidades de matéria seca encontradas para as diferentes espécies.

QUADRO 12. Quantidade de nutrientes em kg/ha na parte aérea das espécies aos 2 anos de idade.

Espécie	Folhas										
	kg/ha						kg/ha X 10 ⁻³				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
<i>L. leucocephala</i>	3,99d	0,23d	1,78b	1,42c	0,45c	0,15b	4,03d	0,56c	9,59c	6,10b	3,69c
<i>A. melanoxylon</i>	85,54b	4,52b	33,85a	26,97a	5,54b	3,90a	84,09b	22,55b	246,25b	1104,64a	78,88b
<i>L. diversifolia</i>	27,19c	1,47c	7,46b	12,61b	4,68b	1,02b	45,81c	3,47c	84,01c	47,22b	19,71c
<i>M. scabrella</i>	130,57a	8,19a	39,19a	34,47a	8,15a	4,73a	146,97a	39,03a	494,56a	971,50a	125,90a
F	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
DMS	18,79	0,89	10,47	7,88	1,61	1,08	28,75	13,37	124,39	577,51	25,65
CV %	13,76	11,20	23,03	18,90	15,45	19,90	18,53	36,90	26,98	49,09	20,35

Espécie	Galhos										
	kg/ha						kg/ha X 10 ⁻³				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
<i>L. leucocephala</i>	2,83c	0,22b	2,84c	1,37b	0,34c	0,09b	4,62d	0,65c	51,63c	4,95b	4,03b
<i>A. melanoxylon</i>	28,78b	1,89b	20,70ab	26,80a	3,08b	1,30a	53,72b	17,22b	169,65b	148,52ab	48,39a
<i>L. diversifolia</i>	10,19c	1,21b	8,51bc	5,56b	2,60b	0,38b	22,07c	4,79bc	91,17bc	19,80b	21,56a
<i>M. scabrella</i>	49,74a	5,40a	33,85a	26,55a	7,94a	1,60a	81,25a	39,56a	266,68a	317,25a	43,60a
F	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	*
DMS	15,03	1,99	16,58	12,14	1,92	0,47	14,26	14,22	84,10	220,92	44,30
CV %	29,72	41,29	45,53	36,47	24,91	24,99	15,96	41,37	26,29	81,51	68,35

Espécie	Tronco										
	kg/ha						kg/ha X 10 ⁻³				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
<i>L. leucocephala</i>	2,14c	0,18d	2,29c	1,42c	0,33b	0,07b	4,28c	0,85c	39,67	2,78b	1,50
<i>A. melanoxylon</i>	27,51a	2,33b	23,67ab	16,80a	1,99a	1,24a	55,53ab	17,30b	331,92	122,10a	21,12
<i>L. diversifolia</i>	14,90b	1,49c	14,66bc	6,47bc	2,63a	0,49b	38,15b	7,47bc	408,31	22,17b	90,98
<i>M. scabrella</i>	34,73a	3,43a	33,62a	12,92ab	3,45a	1,04a	59,37a	32,35a	209,71	127,80a	29,28
F	**	**	**	**	**	**	**	**	NS	**	NS
DMS	11,20	0,77	13,43	7,26	1,46	0,46	18,40	11,30	628,16	80,98	95,22
CV %	25,58	18,84	32,74	34,93	31,55	29,24	21,17	35,26	114,89	53,33	120,62

Obs. Números seguidos da mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey.

QUADRO 13. Quantidade de nutrientes na parte aérea (folhas, galhos e tronco) aos 24 meses de idade.

Espécie	Parte Aérea										
	kg/ha						kg/ha X 10 ⁻³				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
<i>L. leucocephala</i>	8,96d	0,63d	6,90b	4,22c	1,13c	0,32b	13,03d	2,06c	100,89b	13,83b	9,22b
<i>A. melanoxyton</i>	139,40b	8,74b	78,22a	70,57a	10,62b	6,44a	193,35b	57,07b	747,82ab	1375,26a	148,38a
<i>L. diversifolia</i>	52,29c	4,17c	30,64b	24,63b	9,91b	1,89b	106,03c	15,73c	583,50ab	89,20b	132,26a
<i>M. scabrella</i>	215,03 ^a	17,02a	106,66a	73,94a	19,54a	7,38a	287,59a	110,94a	970,95a	1416,55a	198,78a
F	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
DMS	32,70	2,02	35,36	15,56	3,46	1,59	47,74	28,87	702,43	816,35	103,58
CV %	14,24	11,98	28,78	16,25	15,19	17,96	14,40	28,13	52,90	51,04	38,37

Obs. Números seguidos da mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey.

4.6 Índice de Eficiência de Utilização de Nutrientes

Neste experimento, a eficiência de utilização dos nutrientes para a parte aérea total das espécies consideradas seguiu a seguinte ordem para os macronutrientes: S>P>Mg>Ca>K>N e para os micronutrientes: Cu>Zn>B>Mn>Fe (Quadro 14). Em *Eucalyptus grandis*, MORO (1994) observou a mesma sequência de índice de eficiência para os macronutrientes, apenas com a inversão dos valores entre Ca e K.

Em relação aos tratamentos, observa-se que a espécie mais eficiente na utilização de N, K, Ca, S e Mn foi a *L. diversifolia*, enquanto que a *A. melanoxyton* foi mais eficiente na utilização de P, Mg, B, Fe e Zn. Surpreendentemente, apesar de seu pequeno crescimento, os dados mostram que a *L. leucocephala* foi a espécie mais eficiente na utilização de Cu, e foi a segunda mais eficiente na utilização de S, Mn, B e Zn. Estes resultados concordam em parte com os reportados por SANZONOWICZ & COUTO (1981), que observaram que os maiores aumentos na produção de matéria seca na parte aérea de *L. leucocephala* foram devido ao Ca e S.

4.7 Clorofila

Os resultados das medições do teor de clorofila nas folhas se encontram no Quadro 15 e na Figura 4. A *A. melanoxyton* foi aquela que apresentou o maior teor de clorofila ao longo de todo o período de estudo. A partir dos 12 meses de idade, esse parâmetro apresentou a seguinte seqüência entre as espécies: *A. melanoxyton* > *M. scabrella* > *L. diversifolia* > *L. leucocephala*, com os valores sendo significativamente diferentes entre si.

QUADRO 14. Índice de Eficiência de Utilização de Nutrientes para formação da parte aérea (folhas, galhos e tronco) para as diversas espécies, aos 24 meses de idade.

Espécie	Índice de Eficiência de Utilização de Nutrientes										
	N	P	K	Ca	Mg	S	----- X 10 ⁻³ -----				
							B	Cu	Fe	Mn	Zn
<i>L. leucocephala</i>	99b	1403ab	131b	210	785b	2762ab	68ab	448a	9	66a	102
<i>A. melanoxylon</i>	107b	1723a	190ab	215	1450a	2309b	77a	265bc	20	11b	104
<i>L. diversifolia</i>	119a	1491a	206a	253	627b	3282a	59b	405ab	15	73a	70
<i>M. scabrella</i>	82c	1047b	175ab	242	913b	2440b	62b	164c	19	15b	94
F	**	**	*	NS	**	**	**	**	NS	**	NS
DMS	9,25	387,07	65,30	50,32	401,24	601,10	10,68	160,04	12,17	29,62	66,97
CV %	4,10	12,37	16,82	9,90	19,23	10,08	7,27	22,59	34,46	32,31	32,72

Obs. Números seguidos da mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey.

QUADRO 15. Teor de clorofila nas folhas até 24 meses de idade (mg/100 cm²).

Espécie	----- Teor de clorofila (mg/100cm ²) -----						
	6 Meses 08/95	9 Meses 11/95	12 Meses 02/96	15 Meses 05/96	18 Meses 08/96	21 Meses 11/96	24 Meses 02/97
<i>Leucaena leucocephala</i>	2,69bc	2,31c	2,19c	2,03d	2,05d	2,72d	2,41d
<i>Acacia melanoxylon</i>	4,34a	4,03 a	5,84a	4,26a	4,88a	4,58a	5,29a
<i>Leucaena diversifolia</i>	3,23b	2,95b	2,83c	2,48c	2,84c	3,19c	3,30c
<i>Mimosa scabrella</i>	2,30c	2,81b	4,32b	3,69b	3,21b	3,59b	4,74b
F	**	**	**	**	**	**	**
DMS 5%	0,62	0,40	0,80	0,39	0,36	0,36	0,29
CV (%)	9,05	6,12	9,58	5,74	4,97	4,66	3,32

Observação: Números seguidos pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey.

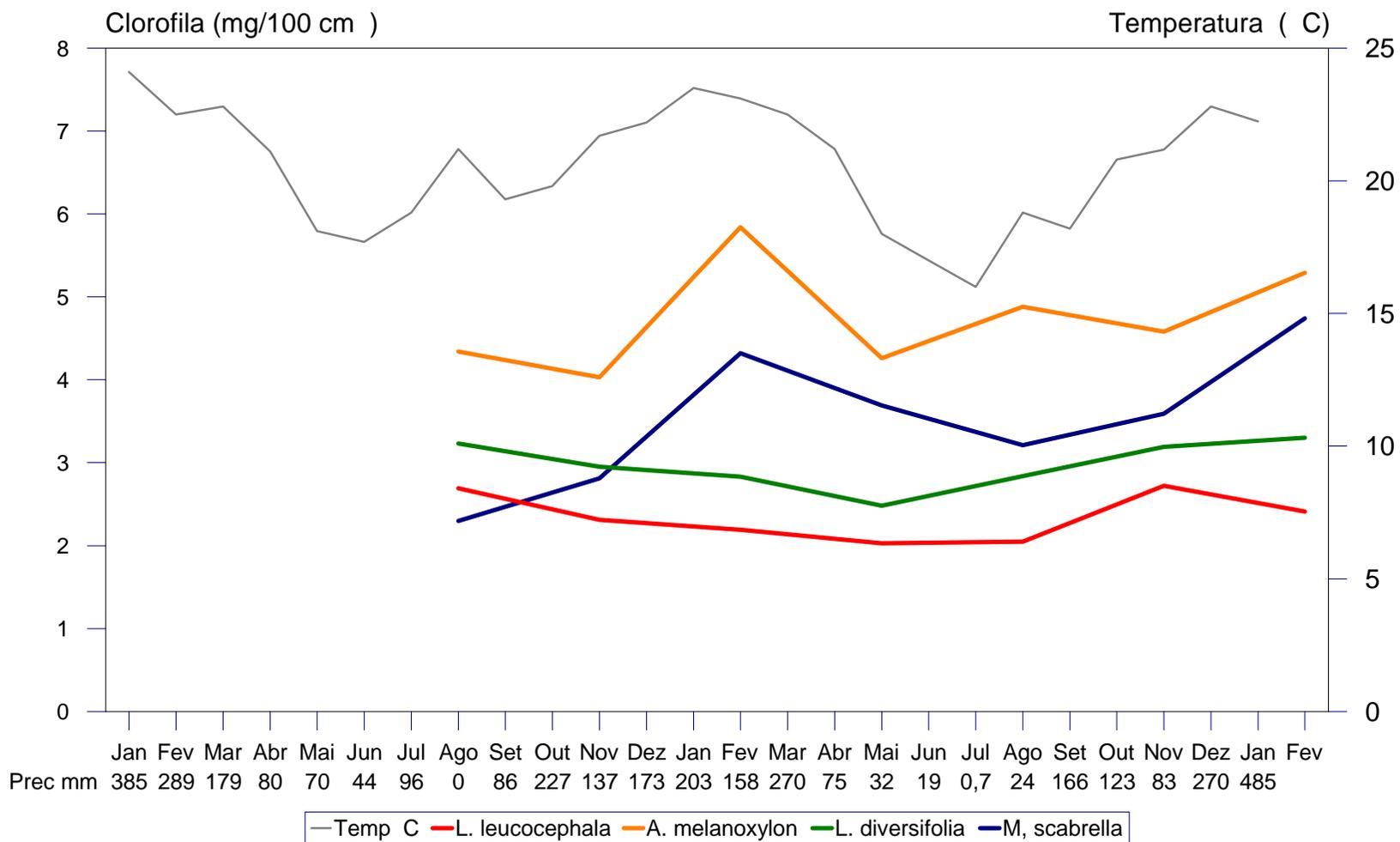


Figura 4. Acompanhamento da temperatura, precipitação e do teor de clorofila nas folhas até 24 meses de idade.

Para as duas espécies de *Leucaena*, os valores decresceram até 15 meses, voltando a aumentar após esse período. A *A. melanoxylon* e a *M. scabrella* não mostraram uma tendência nítida de variação, mas apresentaram os maiores valores na época chuvosa (fevereiro).

Segundo KANTETY et al. (1996), a concentração de clorofila nas folhas está bem correlacionada com a concentração de nitrogênio em algumas culturas como trigo, milho e arroz. Mas como existem poucos trabalhos em relação a espécies arbóreas, os dados obtidos neste trabalho não permitem saber se a concentração de nitrogênio e magnésio nas folhas está de acordo com o teor de clorofila encontrado. Neste experimento, a *A. melanoxylon* apresentou o maior valor para clorofila entre as espécies aos 12 e 24 meses, 5,84 e 5,29 mg/100 cm², respectivamente, mas nessas mesmas épocas apresentou os menores valores de concentração de nitrogênio e magnésio. Em um trabalho realizado com *Eucalyptus grandis*, GUERRINI & VILLAS BÔAS* (1997) obtiveram um valor médio nas medições de clorofila de 3,34 mg/100 cm² aos sete meses de idade, semelhante ao apresentado pela *L. diversifolia* aos seis meses.

4.8 Serapilheira

Durante o período de coleta de serapilheira não foi encontrado material vegetal nas parcelas de *L. leucocephala*, devido ao seu baixo desenvolvimento. O material coletado nas parcelas das outras espécies era composto de pecíolos, folhas, folíolos, botões florais e flores, sendo que para cada coleta foram determinados a concentração e quantidade de nutrientes e o peso da matéria seca (Quadros 16 e 17).

* GUERRINI, I.A., VILLAS BÔAS, R.L. (Departamento de Ciência do Solo, Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP. Comunicação pessoal, 1997).

QUADRO 16. Concentração média de nutrientes na serapilheira produzida pelas espécies.

Espécie	Concentração de nutrientes										
	g/kg						mg/kg				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
<i>A. melanoxylon</i>	13,2	0,4	3,1	7,2	1,0	0,6	15,7	2,2	122,7	297,0	9,2
<i>L. diversifolia</i>	14,8	0,9	3,8	8,0	2,7	0,9	41,2	3,2	273,0	77,0	26,0
<i>M. scabrella</i>	13,0	0,4	1,3	10,1	1,5	0,6	42,0	3,7	735,2	207,7	17,0

QUADRO 17. Matéria seca total da serapilheira acumulada durante três meses e conteúdo total de nutrientes.

Espécie	kg/ha							kg/ha X 10 ⁻³				
	Total	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
<i>A. melanoxylon</i>	235,20	3,10	0,10	0,73	1,70	0,23	0,14	3,70	0,53	28,87	69,85	2,17
<i>L. diversifolia</i>	138,00	2,04	0,13	0,53	1,10	0,38	0,12	5,69	0,45	37,67	10,62	3,59
<i>M. scabrella</i>	460,00	5,94	0,19	0,60	4,67	0,71	0,30	19,32	1,72	338,21	95,56	7,82

A quantidade de serapilheira coletada foi de 460, 235 e 138 kg/ha para *M. scabrella*, *A. melanoxylon* e *L. diversifolia*, respectivamente. Nota-se por esses dados uma grande produção de matéria seca por parte de *M. scabrella* em relação às outras espécies. Este fato confirma as observações de GEILFUS (1994), segundo o qual devido à grande produção de biomassa, a *M. scabrella* é usada para produção de adubos verdes nos estados do sul do Brasil. Com relação à concentração de nutrientes na serapilheira (Quadro 16), a *L. diversifolia* apresentou os maiores teores de N, P, K, Mg, S e Zn, a *M. scabrella* os maiores de Ca, B, Cu e Fe e a *A. melanoxylon* o maior valor de Mn. Nota-se, ainda em relação a esses resultados, que os teores de N, K, Mg, P e S para todas as espécies foram menores quando comparados com os dados de concentração de nutrientes nas folhas aos dois anos de idade (Quadro 10). Esses dados confirmam as observações de LARCHER (1970) de que a concentração de elementos móveis diminui nas folhas senescentes em virtude de sua transferência para as partes da planta de intenso crescimento. Dentre os macronutrientes, o Ca foi o elemento que apresentou maiores valores de concentração na serapilheira em relação às folhas (com exceção da *L. diversifolia*), e entre os micronutrientes foram o Fe e o Mn. Como o Ca, Fe e Mn são nutrientes de baixa mobilidade na planta, estes se encontram imobilizados no folheto, confirmando os dados encontrados por VETTORAZZO et al. (1993), em diferentes espécies de eucalipto. Ainda segundo estes autores, o Ca está associado à lignificação das paredes celulares e, desta forma, faz parte da estrutura da folha e não é redistribuído para as partes em crescimento da planta antes da abscisão foliar. Quanto ao Mn, é provável que este fenômeno de acúmulo seja um mecanismo de eliminação de elementos que se encontram em teores elevados na planta, como forma de evitar problemas de toxicidade. Quanto às concentrações de B, Cu e Zn obtidas no experimento, não foi observada nenhuma tendência em relação ao padrão de ciclagem.

É importante destacar que a serapilheira de *M. scabrella* apresentou as maiores quantidades de nutrientes, visto que produziu a maior quantidade de matéria seca. A única exceção foi a quantidade de K, maior na *A. melanoxylon*, pois

apresentou maiores concentrações desse elemento em relação à *M. scabrella* (Quadro 17).

4.9 Floração e Produção de Sementes.

Durante o período do ensaio, as espécies estudadas iniciaram o processo de reprodução. A primeira a florescer foi a *L. leucocephala* após 3 meses do plantio no campo, com a formação de vagens ocorrendo aos 7 meses. Com um ano de idade foram colhidas as vagens e a produção de sementes foi avaliada. Segundo KANG et al. (1990), esta espécie apresenta o risco de tornar-se praga, devido a sua rusticidade, agressividade e elevada germinação das sementes que caem das vagens. Mas, contrariamente a esta citação, não foi observada nenhuma germinação na área das parcelas. A produção total de sementes foi de 1,97 kg e o peso médio de 100 sementes foi de 5,00 g.

A *L. diversifolia* iniciou a floração aos 8 meses após o plantio e a de vagens aconteceu em dezembro, aos dez meses. A colheita de vagens foi realizada aos 15 meses e obteve-se 1,17 kg de sementes, sendo que o peso médio de 100 sementes foi de 1,63 g. O menor peso das sementes dessa espécie em relação a *L. leucocephala* é devido às sementes desta última serem maiores e, portanto, mais pesadas.

A *M. scabrella* floresceu aos 18 meses de idade e, aos 21 meses, as vagens já estavam formadas, com o amadurecimento das sementes ocorrendo 2 meses após. A *A. melanoxylon* foi a que apresentou o florescimento mais tardio, aos 21 meses de idade, sendo que dois meses após já apareciam as primeiras vagens.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos aos dois anos de idade permitem concluir que:

- Os resultados das análises químicas do solo indicam que as espécies estudadas não interferiram em nenhum dos parâmetros do solo avaliados;
 - A *Acacia melanoxylon* e a *Leucaena diversifolia* foram as espécies que alcançaram as maiores alturas no final do período de estudo (5,25 e 4,97 m, respectivamente), seguidas pela *Mimosa scabrella* (4,42 m) e *Leucaena leucocephala* (1,72 m);
 - Os maiores diâmetros a 20 cm de altura foram registrados pela *Acacia melanoxylon* (7,12 cm) e *Mimosa scabrella* (7,00 cm);
- As maiores quantidades de matéria seca foram produzidas pela *Mimosa scabrella* e *Acacia melanoxylon* (17 e 15 t/ha, respectivamente), o mesmo ocorrendo para a quantidade absorvida de nutrientes;
- A maior concentração de macro e micronutrientes foi encontrada nas folhas de todas as espécies, seguida pelos galhos e troncos;

- Aos dois anos de idade, a taxa de absorção de nutrientes pelas espécies estudadas ainda é maior que a taxa de crescimento;
- Entre os nutrientes, o S e o Cu foram aqueles que tiveram os maiores índices de eficiência de utilização, sendo que a *Leucaena diversifolia* foi a espécie mais eficiente na utilização de N, K, Ca, S e Mn, e a *Acacia melanoxylon* na utilização de P, Mg, B, Fe e Zn.
- Em relação ao teor de clorofila nas folhas, a *Acacia melanoxylon* apresentou os maiores valores em todas as medições;
- A *Mimosa scabrella* produziu a maior quantidade de serapilheira (460 kg/ha), seguida pela *Acacia melanoxylon* (235,20 kg/ha) e *Leucaena diversifolia* (138 kg/ha), enquanto que a *Leucaena leucocephala* não teve produção nenhuma;
- A formação de vagens de *Leucaena leucocephala* iniciou-se aos sete meses após o plantio, sendo a espécie mais precoce entre as estudadas, seguida pela *Leucaena diversifolia* e a *Mimosa scabrella*;
- A *Mimosa scabrella* e a *Acacia melanoxylon* foram as espécies que melhor se adaptaram à região, com maior produção de serapilheira e biomassa e com maior potencial para serem utilizadas na revegetação de áreas degradadas e em sistemas agroflorestais. A *Leucaena diversifolia* teve um desenvolvimento intermediário, enquanto que a *Leucaena leucocephala* não é uma espécie recomendada para a região de Botucatu – SP.

6. REFERÊNCIAS

- AKYEAMPONG, E., HITIMANA, L. Agronomic and economic appraisal of alley cropping with *Leucaena diversifolia* on an acid soil in the highlands of Burundi. *Agrofor. Systems*, v.33, p.1-11, 1996.
- ALCÂNTARA, P. B., BUFARAH, G. *Plantas forrageiras: gramíneas e leguminosas*, 4ª edição. São Paulo: Nobel, 1992. 162 p.
- APPLEGATE, G.B., NICHOLSON, D.I. Growth rate of selected *Acacia* species in north and southeast Queensland, Australia. *ACIAR Proceedings, Australian Centre for International Agricultural Research*, v.16, p. 86-8, 1987.
- BALASUBRAMANIAN, V., SEKAYANGE, L. Effects of tree legumes in hedgerows on soil fertility changes and crop performance in the semi-arid highlands of Rwanda. *Biol. Agric. & Hortic.*, v. 8, p.17-32, 1991.
- BANZATTO, D.A, KRONKA, S. de N. *Experimentação Agrícola*. Jaboticabal: FUNEP UNESP, 1989. 247p.

- BARROS, N.F., NOVAIS, R.F., CARMO, D.N., NEVES, J.C.L. Classificação nutricional de sítios florestais. Descrição de uma metodologia. *Rev. Árvore*, v.10, n.1, p.112-20, 1986.
- BERTALOT, M.J.A., DIAZ, P., PIAMONTE, R. *Proposal of an agrossilvicultural model for low fertility soils (Cerrados)*. Botucatu: Instituto Biodinâmico, 1993. 24p.
- BERTALOT, M.J.A., PIAMONTE, R., HARKALY, A.H. Sistema agrossilvopastoril no Instituto Biodinâmico. *Agricultura Biodinâmica*, v. 71, p. 4-7, 1994.
- BHATNAGAR, N., BHANDARI, D.C. Australian shrubs for indian deserts. *Nitrogen Fixing Tree Res. Rep.*, v.11, p.6-7, 1993.
- BISHT, R.P., TOKY, O.P., SINGH, S.P. Growth characteristics of important multipurpose nitrogen fixing trees of arid climates of India. *Nitrogen Fixing Tree Res. Rep.*, v.10, p.45-6, 1992.
- BROOK, R.M. Alley cropping for sweet potato in Papua, New Guinea. *Nitrogen Fixing Tree Res. Rep.*, v.11, p.35-9, 1993.
- BROOK, R. M., KANUA, M.B., WORUBA, M.G. Multipurpose tree species evaluation in Papua, New Guinea: early results. *Nitrogen Fixing Tree Res. Rep.*, v.10, p.77-80, 1992.
- CARLOWITZ, P.G. ICRAF's Multipurpose Tree and Shrub information System. *Agrofor. Systems*, v.5, p. 319-38, 1987.
- CENTRO AGRONÔMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN E ENSEÑANZA - CATIE. Departamento de Recursos Naturales Renovables. *Mimosa scabrella*. In: ---- *Silvicultura de especies promisorias para producción de leña en America Central*: resultados de cinco años de Investigación. Turrialba, 1986. p. 205-10.
- CHATURVEDI, O.P., JHA, A.N., MAHATO, D. Evaluation of young multipurpose tree species in North Bihar, India. *Nitrogen Fixing Tree Res. Rep.*, v.9, p.6-8, 1991.
- CHATURVEDI, O.P., DAS, D.K., JHA, A.N. Biomass and net production of five 15 months-old multipurpose tree species in North Bihar, India. *Nitrogen Fixing Tree Res. Rep.*, v.10, p.47-50. 1992.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. *Manual de métodos de análise de solos*. Rio de Janeiro, 1979. v.1.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. *Manual Técnico da Bracatinga*. Colombo, 1988. 70p.
- EVANS, J. Site and species Selection - Changing perspectives. *For. Ecol. Manage.*, v.21, p.299-310, 1987.
- FAO. *Legume inoculants and their use*. Rome, 1984. p.4-5.
- FARIA, S.M. de, MOREIRA, V.C.G., FRANCO, A.A. Seleção de estirpes de *Rhizobium* para espécies leguminosas florestais. *Pesqui. Agropecu. Bras.*, v.19, p.175-79, 1984.
- FOROUGHBAKHCH, R., HAUAD, L. Comparative performance of fourteen species and varieties of *Leucaena* in Northeastern Mexico. *Leucaena Res. Rep.*, v.11, p.79-80, 1990.
- FRANCO, A.A., CAMPOS NETO, D., CUNHA, C.O., CAMPELLO, E.F.C., MONTEIRO, E.M.S., SANTOS, C.J.F., FONTES, A.M., FARIA, S.M. Revegetação de solos degradados. In: WORKSHOP SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS 1, 1990, Itaguaí. *Anais...* Itaguaí: UFRRJ, Depto. Ciências Ambientais, Instituto de Florestas. 1991. p.
- GEILFUS, F. *El Arbol al Servicio de la Agricultura*. Turrialba: CATIE, 1994. 778p.
- GUTTERIDGE, R.C. The use of the leaf of nitrogen fixing trees, as a source of nitrogen for maize. *Nitrogen Fixing Tree Res. Rep.*, v.8, p.27-8, 1990.
- HALEND, C.J. Growth rates of three leguminous tree species on degraded acidic soils. *Nitrogen Fixing Tree Res. Rep.*, v.8, p.40-1, 1990.
- HALEND, C.J., TING, S.P. Performance of three legume tree species on degraded acidic soils. *Nitrogen Fixing Tree Res. Rep.*, v.11, p.29-31, 1993.
- HOODA, M.S., BAHADUR, R., BANGARWA, K.S. Growth and biomass yield of six multipurpose trees of arid and semiarid India. *Nitrogen Fixing Tree Res. Rep.*, v.11, p. 8-9, 1993.

- HOSSAIN, M., KHAN, M.A., HOSSAIN, S.N. Growth and wood characteristics of four fast growing tree species in Bangladesh. *Nitrogen Fixing Tree Res. Rep.*, v.10, p.40-2, 1992.
- HULUGALLE, N.R. , KANG, B.T. Effect of hedgerow species in alley cropping systems on surface soil physical properties of an oxic Paleustalf in South-western Nigeria. *J. Agric. Sci.*, v.114, p.301-07, 1990.
- HUSSAIN, A., HUSSAIN, A., HAYEE.,M.A., NASIR, M. The leaves of leguminous trees as nutrients for agricultural crops. *Nitrogen Fixing Tree Res. Rep.*, v.6, p.20, 1988.
- HUTTON, E.M. Natural crossing and acid tolerance in some *Leucaena* species. *Leucaena Res. Rep.*, v.5, p.2-4, 1981.
- JHA, M.N., DIMRI, B.M., GUPTA, M.K. Soil nutrient changes in *Leucaena leucocephala* plantings of different durations. *Leucaena Res. Rep.*, v.12, p.42-4, 1991.
- KAGEYAMA, P.Y., CASTRO, C.F.A., CARPANEZZI, A.A. Implantação de matas ciliares: estratégias para auxiliar a sucessão secundária. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1989, São Paulo. *Anais...Campinas: Fundação Cargill*, 1989. p. 130-143.
- KANG, B.T., REYNOLDS, L., ATTA-KRAH, A.N. Alley Farming. *Adv. Agron.*, v.43, p.315-59, 1990.
- KANTETY, R.V., SANTEN, E., WOODS,F.M., WOOD, C.W. Chlorophyll meter predicts nitrogen status of tall fescue. *J. Plant Nutr.* v.19, p.881-99, 1996.
- LAL, G. Soil nitrogen accumulation under *L. leucocephala*. *Leucaena Res. Rep.*, v.9, p.49, 1988.
- LARCHER, W. *Ecofisiologia Vegetal*. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1970. 319p.
- LEAL, A.C., PAVAN, M.A., INOUE, M.T., KOEHLER, C.W. Incubação de dois solos com resíduos de Leucena. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO

- SOLO, 24, 1993, Goiânia. *Resumos...Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, 1993. p.29-30.
- LEAL, A.C., RAMOS, A.L.M. Introdução e avaliação preliminar de espécies florestais de uso múltiplo no Norte de Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS 1, 1994, Porto Velho. *Resumos...Colombo: CNPFlorestas/EMBRAPA*, 1994. p.229-32.
- MACDICKEN, K.G., VERGARA, N.T. *Agroforestry: classification and management*. New York: John Wiley, 1990. 382p.
- MAFRA, A. L. *Balanço de nutrientes em um sistema agroflorestal no cerrado de Botucatu*. Piracicaba, 1996. 65p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- MAGHEMBE, J.A., PRINS, H. Performance of multipurpose trees for agroforestry two years after planting at Makoka, Malawi. *For. Ecol. Manage.*, v. 64, p.171-82, 1994.
- MALAVOLTA, E., VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A. *Avaliação do estado nutricional das plantas*. Piracicaba: Associação Brasileira de Pesquisa da Potassa e Fosfato, 1989. 201p.
- MANATURAGINATH, B.B. Early growth of multipurpose australian acacias in degraded forest areas of the Western ghats, Karnataka, Índia. *Nitrogen Fixing Tree Res. Rep.*, v.12, p.23-36, 1994.
- MIAH, Md., GIASHUDDIN,D., GARRITY, P., ARAGON, M.L. Weight loss, nitrogen content changes, and nitrogen release during decomposition of legume tree leaves on and in the soil. *Nitrogen Fixing Tree Res. Rep.*, v.11, p.43-49,1993.
- MITIDIERI, J. *Manual de gramíneas e leguminosas para pastos tropicais*. São Paulo: Nobel, 1982. 198p.
- MORO, L. *Utilização da "cinza" de biomassa florestal como fonte de nutrientes em povoamentos puros de Eucalyptus grandis*. Piracicaba, 1994. 53p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

- NAIR, P.K.R., FERNANDES, E.C.M., WANBUGU, P.N. Multipurpose leguminous trees and shrubs for agroforestry. *Pesqui. Agropecu. Bras.*, v.19, p.295-313, 1984.
- NYATHY, P., CAMPBELL, B. Leaf quality of *Sesbania sesban*, *Leucaena leucocephala* and *Brachystegia spiciformis*: potencial agroforestry species. *For. Ecol. Manage.*, v.64, p.259-264, 1994.
- OTSAMO, A., ADJERS, G. Early growth of five *Acacia* species on *Imperata cylindrica* grassland. *Nitrogen Fixing Tree Res. Rep.*, v.13, p.23-26, 1995.
- PASIECZNICK, N.M., HARRIS, F.M.A., HARRIS, P.J.C. *Prosopis* and *Acacia* species growth and effects on soil fertility. *Nitrogen Fixing Tree Res. Rep.*, v.11, p.1-3, 1993.
- PEREIRA, A R., ANDRADE, D.C., LEAL, P.G.L., TEIXEIRA, N.G.S. Produção de biomassa e remoção de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus saligna* cultivados na região de Cerrado de Minas Gerais. *Rev. Floresta*, v.15, p.8-16, 1984.
- POGGIANI, F., MONTEIRO JUNIOR, E.S. Deposição de folheda e retorno de nutrientes ao solo numa floresta estacional semidecídua, em Piracicaba (SP). In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO 6, 1990, Campos de Jordão. *Anais...Campos de Jordão: Sociedade Brasileira de Silvicultura, Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais*, 1990. v.3, p.596-602.
- POGGIANI, F., ZENS, S., MENDES, F.S., SPINA-FRANÇA, F. Ciclagem e exportação de nutrientes em florestas para fins energéticos. In: SIMPÓSIO ENERGIA DA BIOMASSA FLORESTAL, 1983, São Paulo. *Resumos... Piracicaba: IPEF*, 1983. p.17-30.
- PRIMAVESI, A.C.P.A., PRIMAVESI, O., NOVAES, N.J. Extração de nutrientes de genótipos de *Leucaena* spp. em solo de Cerrado no período seco do ano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24, 1993, Goiânia. *Resumos...Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, 1993. p.165-6.

- RAIJ, B. Van, QUAGGIO, J.A., CANTARELLA, H., FERREIRA, M.E., LOPES, A.S., BATAGLIA, O.C. *Análise química do solo para fins de fertilidade*. Campinas, Fundação Cargill, 1987. 170p.
- RAMOS, A.L.M., LEAL, A.C. Competição de espécies florestais para recuperação de áreas degradadas na região noroeste do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1994, Porto Velho. *Resumos...* Colombo: CNPFlorestas/EMBRAPA, 1994. p.285-90.
- RATHERT, G., WERASOPON, O. Nutrient value of nitrogen fixing tree species for upland rice in Thailand. *Nitrogen Fixing Tree Res. Rep.*, v.10, p.81-4, 1992.
- REICHMANN NETO, F. Recuperação de áreas degradadas na região sul. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO 1, 1993, Curitiba. *Anais...* Curitiba: Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais, Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1993. p.102-7.
- RESENDE, M.D.V., MEDRADO, M.J.S. Aspectos metodológicos no melhoramento genético de *Leucaena leucocephala*, uma espécie florestal autógama. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS 1, 1994, Porto Velho. *Resumos...* Colombo: CNPFlorestas/EMBRAPA, 1994. p.233-48.
- SANZONOWICZ, C., COUTO, W. Efeito de cálcio, enxofre e outros nutrientes no rendimento e nodulação da *Leucaena leucocephala* em um solo de Cerrado. *Pesqui. Agropecu. Bras.*, v.16, p.789-94, 1981.
- SCHUBERT, T.H., WHITESELL, C.D. Species trials for biomass plantations in Hawaii: a first appraisal. Pacific-Southwest-Forest-and-Range-Experiment Station, USDA-Forest-Service, n. PSW-176, 1985. 13p. In: *Forest. Abstr.*, v.50, n.12, p.752, 1989. (Abstract n.06980).
- SHEPPARD, J.S. New Zealand *Acacia/Albizia* survey 1984/85. Soil Conservation Centre, n. 9, 41p. 1987.
- SHIMIZU, J.Y. Escolha de fontes de sementes de bracatinga para reflorestamento na região de Colombo. *Bol. Pesqui Flor.*, v.15, p.49-53, 1987.

- SILVA, H.D., POGGIANI, F., COELHO, L.C. Biomassa, concentração e conteúdo de nutrientes em cinco espécies de *Eucalyptus* plantados em solos de baixa fertilidade. *Bol. Pesqui. Flor.*, v.6, n.7, p.9-25, 1983.
- SZOTT, L.T., FERNANDES, E.C.M., SANCHEZ, P.A. Soil-plant interactions in agroforestry systems. *For. Ecol. Manage.*, v.45, p.127-52, 1991a.
- SZOTT, L.T., PALM, C.A., SANCHEZ, P.A. Agroforestry in acid soils of the humid tropics. *Adv. Agron.*, v.45, p.275-301, 1991b.
- VALE, F.R., RENÓ, N.B., CURI, N., SIQUEIRA, J.O. 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.259-63.
- VETTORAZZO, S.C., POGGIANI, F., SCHUMACHER, M.V. Concentração e redistribuição de nutrientes nas folhas e no folheto de três espécies de *Eucalyptus*. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO 1, CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO 7, Curitiba, 1993. *Anais...*Curitiba: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1993. p.231-4.