

**CICLAGEM DE NUTRIENTES EM SISTEMA  
AGROFLORESTAL COM ESPÉCIES FRUTÍFERAS  
E FLORESTAIS EM RONDÔNIA, BRASIL**

**FERNANDO LUÍZ DE OLIVEIRA CORRÊA**

**2005**

**FERNANDO LUÍZ DE OLIVEIRA CORRÊA**

**CICLAGEM DE NUTRIENTES EM SISTEMA AGROFLORESTAL  
COM ESPÉCIES FRUTÍFERAS E FLORESTAIS EM RONDÔNIA,  
BRASIL**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras  
como parte das exigências do Programa de Pós-  
Graduação em Agronomia, área de concentração  
Fitotecnia, para a obtenção do título de “Doutor”.

Orientador

Prof. Dr. José Darlan Ramos

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2005

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Corrêa, Fernando Luíz de Oliveira

Ciclagem de nutrientes em sistema agroflorestal com espécies frutíferas e florestais em Rondônia, Brasil /Fernando Luíz de Oliveira Corrêa. – Lavras: UFLA, 2005.

110 p. :il.

Orientador: José Darlan Ramos.

Tese (Doutorado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Amazônia. 2. Agrossilvicultura. 3. Fertilidade. 4. Ciclagem de nutrientes. 5. Serapilheira. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-634.99

**FERNANDO LUÍZ DE OLIVEIRA CORRÊA**

**CICLAGEM DE NUTRIENTES EM SISTEMA AGROFLORESTAL  
COM ESPÉCIES FRUTÍFERAS E FLORESTAIS EM RONDÔNIA,  
BRASIL**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para a obtenção do título de “Doutor”.

APROVADA em 18 de janeiro de 2005

Prof. Dr. Antônio Carlos da Gama-Rodrigues    UENF

Dr. Carlos Alberto Spaggiari Souza            CEPLAC

Dra. Maria Inês Nogueira Alvarenga           EPAMIG

Prof. Dr. Renato Luiz Grisi de Macedo        UFLA

Prof. Dr. José Darlan Ramos  
UFLA  
(Orientador)

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2005

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais,

Fernando e Aíla Corrêa.

Aos meus irmãos,

Kátia, Suzana e Fabrício.

## **OFEREÇO**

À minha esposa,

Josélia.

Ao meu filho,

Lucas.

## **DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pelos caminhos, pelas certezas e dúvidas, e pelas oportunidades de crescimento e mudanças.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), em especial ao Departamento de Agricultura, pela oportunidade de realização deste curso.

À Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), pela realização do presente trabalho.

Ao professor José Darlan Ramos, pela orientação e incentivo na realização do presente trabalho.

Ao professor Antônio Carlos da Gama-Rodrigues, pela co-orientação, pelos ensinamentos e sugestões durante a realização da pesquisa.

Aos professores Janice Guedes de Carvalho, Renato Luiz Grisi de Macedo e a pesquisadora Maria Inês Nogueira Alvarenga, pela cooperação.

Aos professores e coordenadores do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Samuel P. de Carvalho e Moacir Pasqual, pela presteza e amizade durante o curso.

Aos pesquisadores Carlos A. Spaggiari Souza (CEPLAC) e Rodrigo Luz da Cunha (EPAMIG), pela amizade, troca de experiências e inestimável apoio.

Aos pesquisadores da CEPLAC Manfred Willy Müller, Augusto Roberto Sena-Gomes e Caio Márcio V. C. de Almeida, pela colaboração para a realização desta pesquisa.

Aos técnicos agrícolas Manoel dos Santos e Antônio Almeida, pela ajuda na condução da pesquisa.

Aos colegas de pós-graduação, Vander Mendonça, Marcelo e Mívia Vichiato, Ester Alice, Fabíola, Leila, Sebastião Elviro, Paulo Márcio, Júlio,

Luciano, Fabiano e Renato e aos integrantes do NEFRUT, pelo apoio e amizade demonstrados em todos os momentos deste inesquecível convívio.

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para o cumprimento desta importante etapa da minha vida.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
RESUMO.....	I
ABSTRACT.....	III
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	03
2.1 Degradação da Amazônia causada pela atividade agropecuária.....	03
2.2 Sistemas agroflorestais.....	04
2.3 Ciclagem de nutrientes.....	07
2.4 Produção e decomposição de serapilheira.....	15
2.5 Considerações sobre as espécies envolvidas no sistema agroflorestal	19
2.5.1 Mangueira.....	19
2.5.2 Fruta-Pão.....	20
2.5.3 Abacateiro.....	21
2.5.4 Cupuaçuzeiro.....	22
2.5.5 Cacaueiro.....	23
2.5.6 Gliricídia.....	24
2.5.7 Bandarra.....	25
2.5.8 Teca.....	26
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.1 Caracterização da área de estudo.....	27
3.2 Precipitação.....	27
3.3 Descrição dos renques experimentais e os tratamentos.....	29
3.4 Delineamento experimental.....	30
3.5 Concentração foliar de nutrientes.....	32
3.6 Produção de serapilheira.....	32

3.7 Serapilheira acumulada.....	33
3.8 Estimativas das taxas de decomposição da serapilheira.....	34
3.9 Ciclagem bioquímica e biogeoquímica.....	34
3.10 Concentração de nutrientes no solo.....	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
4.1 Produção de serapilheira.....	36
4.2 Macronutrientes nas folhas e na serapilheira depositada.....	42
4.3 Acúmulo de macronutrientes na serapilheira depositada.....	47
4.4 Eficiência de uso de nutrientes.....	51
4.5 Serapilheira acumulada sobre o solo.....	52
4.6 Macronutrientes na serapilheira acumulada.....	56
4.7 Nutrientes armazenados na serapilheira acumulada.....	59
4.8 Decomposição da serapilheira.....	64
4.9 Solos.....	67
4.9.1 Características químicas do solo.....	67
4.9.2 Estoque de nutrientes no solo.....	72
5 CONCLUSÕES.....	79
6 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	81
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83
ANEXOS.....	97

## RESUMO

CORRÊA, Fernando Luíz de Oliveira. **Ciclagem de nutrientes em sistema agroflorestal com espécies frutíferas e florestais em Rondônia, Brasil**. 2005. 110 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia)<sup>1</sup>. Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

Os sistemas agroflorestais são considerados uma das alternativas indicadas para a ocupação dos solos na região Amazônica, devido a inúmeras vantagens para manutenção ou melhoria da capacidade produtiva dos solos. O objetivo deste trabalho foi o de avaliar alguns componentes da ciclagem de nutrientes em diferentes coberturas frutíferas e florestais componentes de um sistema agroflorestal multiestratificado localizado na Estação Experimental Ouro Preto, propriedade da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), município de Ouro Preto do Oeste, RO, Brasil. As espécies estudadas foram: mangueira (*Mangifera indica*), fruta-pão (*Artocarpus altilis*), cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*), abacateiro (*Persea americana*), cacauzeiro (*Theobroma cacao* L.) sombreado com gliricídia (*Gliricidia sepium*) e as espécies florestais, bandarra (*Schizolobium amazonicum*) e teca (*Tectona grandis*). Como referência foi utilizada uma área de vegetação natural (capoeira), de 8 anos de idade. A deposição anual de serapilheira entre o período de outubro de 2002 e setembro de 2003 foi de 13,38 t ha<sup>-1</sup> para a vegetação natural, 4,020 t ha<sup>-1</sup> para bandarra, 3,43 t ha<sup>-1</sup> para gliricídia, 2,86 t ha<sup>-1</sup> para abacateiro, 2,54 t ha<sup>-1</sup> para fruta-pão, 1,40 t ha<sup>-1</sup> para o cupuaçuzeiro, 1,16 t ha<sup>-1</sup> para o cacauzeiro, 1,12 t ha<sup>-1</sup> para mangueira e 1,07 t ha<sup>-1</sup> para a teca. A vegetação natural, a bandarra e o cacauzeiro apresentaram uma maior deposição no período seco (verão), enquanto que a fruta-pão, o cupuaçuzeiro, a mangueira, a teca, a gliricídia e o abacateiro apresentaram as maiores deposições no período chuvoso (inverno). De maneira geral, a transferência de nutrientes por meio da deposição de serapilheira foi maior na vegetação natural e, dentre as espécies do sistema agroflorestal, a bandarra e a gliricídia devolveram as maiores quantidades de N, enquanto o cacauzeiro, a bandarra, a fruta-pão, o abacateiro e a teca retornaram as maiores quantidades de P. A teca apresentou maior eficiência na utilização de nutrientes (relação biomassa/nutrientes), para o N, Mg e S, enquanto o cupuaçuzeiro foi mais eficiente para o P e K. A serapilheira acumulada sobre o solo foi de 14,61 t ha<sup>-1</sup> na mangueira, 12,8 t ha<sup>-1</sup> na bandarra, 12,73 t ha<sup>-1</sup> na vegetação natural, 12,04 t ha<sup>-1</sup>, no abacateiro, 9,87 t ha<sup>-1</sup> no cacauzeiro sombreado

---

<sup>1</sup> Comitê Orientador: José Darlan Ramos - UFLA (Orientador), Antônio Carlos da Gama-Rodrigues – UENF (Co-orientador), Renato Luiz Grisi de Macedo - UFLA (Co-orientador).

com gliricídia, 9,88 t ha<sup>-1</sup> no cupuaçuzeiro, 9,05 t ha<sup>-1</sup> na fruta-pão e 7,39 t ha<sup>-1</sup> na teca. A serapilheira acumulada no solo pela mangueira e abacateiro foi mais rica em nutrientes. Por outro lado, a decomposição da serapilheira foi mais rápida nos tratamentos, vegetação natural, cacaueteiro/gliricídia e bandarra. Os estoques de macronutrientes nos solos sob as diferentes espécies frutíferas e florestais seguiram, de modo geral, a seqüência N>Ca>Mg>K>S>P.

## ABSTRACT

CORRÊA, Fernando Luíz de Oliveira. **Nutrients cycling in agroforestry system with fruitful and forests species in Rondônia, Brazil.** . 2005. 110 p. Thesis (Doctorate in Crop Science)<sup>2</sup>. Universidade Federal of Lavras, Lavras, MG.

The agroforestry systems are considered to be the suitable alternatives for occupation of soils in Amazonian area, due to countless advantages for maintenance or improvement of the productive capacity of the soils. The objective of this work was to evaluate some components of the nutrients of cycling in different fruitful coverings and forest components of a multistrata agroforestry system located in the Experimental Station Ouro Preto, property of the Executive Commission of Agriculture Cocoa's Plan (CEPLAC), in the municipal district of Ouro Preto do Oeste (RO), Brazil. The studied species were: hose tree (*Mangifera indica*), breadfruit (*Artocarpus altilis*), cupuaçu tree (*Theobroma grandiflorum*), avocado tree (*Persea americana*), shaded cocoa tree (*Theobroma cacao* L.) with gliricídia (*Gliricidia sepium*) and the forest species were bandararra (*Schizolobium amazonicum*) and teak (*Tectona grandis*). As reference an 8-year-old natural vegetation area was used. The annual litter production from October, 2002 to September, 2003, was 13,38 t ha<sup>-1</sup> for natural vegetation, 4,02 t ha<sup>-1</sup> for bandararra, 3,43 t ha<sup>-1</sup> for gliricídia, 2,86 t ha<sup>-1</sup> for avocado, 2,54 t ha<sup>-1</sup> for breadfruit, 1,40 t ha<sup>-1</sup> for cupuaçu tree, 1,16 t ha<sup>-1</sup> for the cocoa, 1,12 t ha<sup>-1</sup> for hose tree and 1,07 t ha<sup>-1</sup> for teak. The natural vegetation, bandararra and cocoa tree presented a higher deposition in dry period (summer), while breadfruit, hose tree, teak and avocado tree, presented the highest deposition in the wet period (winter). In general, the transfer of nutrients through the litter deposition was higher in the natural vegetation, and among the species of the agroforestry system, bandararra and gliricídia returned the highest amounts of N, while cocoa tree, bandararra, breadfruit, the avocado tree and the teak returned the highest largest amounts of P. Teak presented larger efficiency in the use of nutrients (relationship biomass / nutrients) for N, Mg e S, while cupuaçu tree was more efficient for P and K use. The accumulated litter on the soil was 14,6 t.ha<sup>-1</sup> in hose, 12,8 t.ha<sup>-1</sup> in bandararra, 12,73 t ha<sup>-1</sup> in the natural vegetation, 12,0 t ha<sup>-1</sup> in avocado, 9,87 t ha<sup>-1</sup> in the shaded cocoa with gliricídia, 9,88 t ha<sup>-1</sup> in cupuaçu tree, 9,0 t ha<sup>-1</sup> in breadfruit and 7,39 t ha<sup>-1</sup> in teak. The

---

<sup>2</sup> Guidance Committee: José Darlan Ramos - UFLA (Advisor), Antônio Carlos da Gama-Rodrigues – UENF (Co-Advisor), Renato Luis Grisi de Macedo (Co-Advisor).

litter accumulated in the soil by hose tree and avocado tree was richer in nutrients. On the other hand, the decomposition of the litter was faster in the treatments, natural vegetation, cocoa tree / gliricidia and bandararra. The nutrients stocks in the soils under different fruitful and forest species, followed in general, the sequence  $N > Ca > Mg > K > S > P$ .

## 1 INTRODUÇÃO

O estado de Rondônia, com uma superfície de 238.512,8 km<sup>2</sup>, situa-se na Amazônia Legal. Limita-se ao norte e nordeste com o estado do Amazonas, ao leste e sudeste com o estado do Mato Grosso, ao sul e oeste com a República da Bolívia e a noroeste com o estado do Acre (IBGE, 1991).

No final dos anos 1970 e, durante a década de 1980, Rondônia foi alvo de um intenso movimento de migração e implantação de projetos oficiais de colonização para o estabelecimento de pequenos agricultores oriundos, principalmente, da região Sudeste do país. Esse processo intensificou a atividade agropecuária no estado, ocasionando a abertura de grandes áreas em florestas nativas. A forma tradicional de ocupação destas áreas, pela qual inicialmente o agricultor procede à derrubada, queima e plantio de culturas anuais para a subsistência, tem sido considerada uma das principais causas para o estabelecimento da agricultura itinerante na região e não sustentável em termos econômicos-ecológicos, provocando o surgimento de grandes áreas em processo de degradação, após a exploração inadequada dos solos (Almeida et al., 1995).

A pecuária é considerada outra atividade predadora executada pelo homem na região. A vida útil de produtividade dessas pastagens cultivadas na Amazônia é reduzida devido à implantação inadequada de espécies de gramíneas, à não fertilização do solo e aos problemas de manejo dessas pastagens que degradam as propriedades físicas do solo (Serrão & Homma, 1991).

A racionalização na ocupação das áreas já desmatadas deve ser uma prioridade para a pesquisa, mas deve-se ter também sistemas alternativos para a abertura de novas áreas nas propriedades rurais. Nesse sentido, os sistemas agroflorestais (SAF) oferecem alternativas menos impactantes e podem auxiliar

na reversão de processos de degradação, contribuindo, dessa maneira para o aumento da biodiversidade animal e vegetal, além de satisfazer às necessidades elementares e melhorar as condições de vida das populações rurais da região (Arima & Uuhlm, 1996; Passos & Couto, 1997; Rondigheri, 1997).

O objetivo deste trabalho foi avaliar alguns componentes da ciclagem de nutrientes de espécies frutíferas e florestais em um sistema agroflorestal multiestratificado no município de Ouro Preto do Oeste, no estado de Rondônia.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Degradação da Amazônia causada pela atividade agropecuária**

A ocupação acelerada do estado de Rondônia nas últimas décadas desencadeou a ocupação de extensas faixas de terra. Em decorrência disso, provocou o surgimento de problemas sócio-econômicos e ambientais, principalmente pelo uso de tecnologia não adaptada para a região.

No desenvolvimento agropecuário, a pecuária é considerada a atividade mais predatória na região. A vida útil de produtividade dessas pastagens cultivadas na Amazônia é reduzida devido à implantação inadequada de espécies de gramíneas, à não fertilização do solo e aos problemas de manejo dessas pastagens que degradam as propriedades físicas do solo (Serrão & Homma, 1991; Santos, 2000).

A degradação destas pastagens resultou da utilização de tecnologia não adaptada às condições da região e da política de incentivos que financiava projetos pecuários com juros subsidiados, incentivando a ocupação da terra sem considerar os efeitos negativos do desmatamento (Serrão, 1990). Em decorrência disso, Meirelles (1993) considera que a degradação é crucial quando a produção de forragem é insuficiente para manter determinado número de animais no pasto e por um certo período.

A ocupação do solo com a agricultura de subsistência, usada de forma itinerante, também vem causando danos ao meio ambiente na Amazônia. É uma atividade de baixa produtividade, dependente do uso intensivo de mão-de-obra familiar, com tempo de pousio reduzido e baseada no desmatamento e queima freqüentes de novas áreas. Os pousios de longa duração não são atrativos aos pequenos produtores (Homma et al., 1998).

Segundo Kitamura (1994), as decisões do uso da terra pelos agricultores na Amazônia são afetadas, entre outros fatores, pela estrutura fundiária e pelos aspectos relacionados à integração ao mercado, tecnologia, conhecimento produtivo, políticas de créditos e ao mercado de trabalho.

Nesse sentido, os sistemas agroflorestais constituem uma alternativa para a utilização de áreas degradadas, bem como a utilização de novas áreas. Segundo Walker et al. (1993), o desenvolvimento da pecuária e a implantação de um sistema agroflorestal, são decisões de investimento cujos retornos não vêm a curto prazo para unidades familiares.

## **2.2 Sistemas agroflorestais**

Os sistemas agroflorestais (SAF) envolvem um conjunto de combinações de culturas agrícolas, combinando plantas de ciclo anual, plantas perenes, com espécies florestais e produção animal simultaneamente ou em seqüência temporal, visando a utilização dos recursos disponíveis à integração e o desenvolvimento sócio-econômico da região com o meio ambiente. Tais sistemas são citados por diversos autores como uma opção de manejo e uso dos solos nos trópicos (Dubois, 1996; Nair, 1993; Viana & Siqueira, 1992; Vilas Boas 1991; Serrão & Homma, 1991).

Os sistemas agroflorestais, segundo Macedo et al. (2000), são uma das alternativas de uso dos recursos naturais que normalmente causam pouca ou nenhuma degradação ao meio ambiente, principalmente por respeitarem os princípios básicos de manejo sustentável dos agrossistemas. A sustentabilidade é uma característica inerente aos sistemas agroflorestais, pois estão alicerçados em princípios básicos que envolvem aspectos ecológicos, econômicos e sociais (Tsukamoto Filho, 1999; Macedo et al., 2000).

O princípio ecológico é baseado na **biodinâmica da sobrevivência**, que otimiza o máximo aproveitamento da energia solar vital, por meio da

multiestratificação diferenciada de uma grande diversidade de espécies de usos múltiplos, que exploram os perfis vertical e horizontal da paisagem, visando à utilização e recirculação dos potenciais produtivos dos ecossistemas (Macedo, 1993).

A sustentabilidade resulta da diversidade biológica promovida pela presença de diferentes espécies vegetais e ou animais, que exploram nichos diversificados dentro do sistema. A diversidade de espécies vegetais utilizada nos SAF forma uma estratificação diferenciada do dossel de copas e do sistema radicular das plantas no solo. A estratificação do sistema radicular das plantas arbóreas nestes sistemas permite que as raízes explorem um maior volume de solo. A estratificação do dossel das copas e a camada de material orgânico depositada sobre a superfície do solo reduzem a incidência direta da radiação solar que o atinge, diminuindo a ocorrência de plantas invasoras que são extremamente exigentes em luz (Macedo, 2000).

Matta (2002), estudando o desenvolvimento inicial de modelos de sistemas agrofloretais no Mato Grosso, concluiu que estes sistemas agrofloretais demonstraram maior eficiência no uso da terra, proporcionando estabilidade produtiva, diversidade biológica e viabilidade econômica.

No aspecto social os SAF quando implantados em um determinado local ou região, possuem uma importante função social, a de fixação do homem no campo, devido, principalmente, ao aumento da demanda de mão-de-obra e ao fato de sua distribuição ser normalmente mais uniforme durante o ano, além da melhoria das condições de vida, promovida pela diversidade de produção. A efetiva consolidação destes benefícios sociais é essencial para o sucesso dos sistemas agrofloretais, pois poderão justificar e estimular os responsáveis pela definição das prioridades políticas e de financiamento agrário a promoverem programas de crédito rural que incentivem e facilitem a adoção e implantação de sistemas agrofloretais nas propriedades rurais brasileiras (Macedo, 2000).

O princípio econômico que rege os sistemas agroflorestais é atribuído à sustentabilidade econômica proporcionada pela alternância e diversificação de produção e de produtos ao longo do ano. Esta diversidade de produtos gera mecanismos de compensação capazes de colocar no mercado produtos de acordo com a demanda. A escolha das espécies utilizadas nos SAF deve, pois, apoiar-se em um estudo que vise detectar produtos de maior aceitação e venda no mercado em determinadas épocas do ano ( Farrel & Altieri, 1984; Macedo, 2000).

Santos (2000), estudando a avaliação econômica de 4 modelos de sistemas agroflorestais na região de Manaus, AM, concluiu que os modelos agroflorestais utilizados foram economicamente viáveis, indicando que este tipo de atividade pode contribuir para a regeneração de áreas degradadas e contribuir para a sobrevivência econômica dos agricultores da região.

Os sistemas agroflorestais têm sido classificados de diferentes maneiras: segundo sua estrutura, no espaço, seu desenho através do tempo, a importância relativa e a função dos diferentes componentes, assim como os objetivos da produção e as características sociais e econômicas. Outras classificações baseiam-se na escala e nos objetivos da produção: sistemas agroflorestais comerciais, de subsistência e intermediários (Montagnini, 1992).

Nair (1985), citado por Montagnini (1992), discute os principais critérios de classificação dos sistemas agroflorestais: estruturais, funcionais, socio-econômicos e agroecológicos. Este autor recomenda uma classificação em que se levem em conta os aspectos estruturais e funcionais como base para agrupar os sistemas em categorias como: sistemas **agrisilviculturais** (combinação de árvores com cultivos), **silvipastoris** (árvores com pastagem) e **agrisilvipastoris** (árvores com cultivos e pastagens).

Segundo a FAO (1984), existe uma série de vantagens que aumentam a importância da utilização dos sistemas agroflorestais, entre elas: melhor utilização da energia solar, melhor utilização do espaço vertical, diminuição da

proliferação de plantas invasoras, maior equilíbrio biológico com possibilidade de redução dos problemas fitossanitários em relação às monoculturas. A diversificação diminui o risco para o produtor, uma vez que os diversos produtos são diferentemente afetados por condições desfavoráveis de produção ou de mercado, melhoria da estrutura do solo, favorecimento da ciclagem de nutrientes e produção de serapilheira reduzindo a evaporação do solo e aumentando o seu teor de matéria orgânica.

Além dessas vantagens, que em conjunto promovem a melhoria da qualidade de vida do agricultor, pode-se mencionar que a longevidade desses sistemas de produção é superior à de cultivos anuais. Quanto às desvantagens dos sistemas agroflorestais, citam-se: ocorrência de competição das árvores por luz, nutrientes e água; riscos de influências alelopáticas entre os componentes; maior umidade relativa do ar, que pode favorecer o surgimento de enfermidades; exploração de árvores na área que pode causar danos aos demais componentes; dificuldade de mecanização agrícola e a excessiva exportação de nutrientes com as colheitas (Macedo et al., 2000).

### **2.3 Ciclagem de nutrientes**

Os elementos químicos tendem a circular na biosfera em vias características, do ambiente aos organismos e destes novamente ao ambiente. O movimento desses elementos e compostos inorgânicos que são essenciais à vida pode ser adequadamente denominado de ciclagem de nutrientes (Odum, 1983).

Por exemplo, Arcova (1993) citado por Oliveira (1997), afirma que os ciclos dos nutrientes Ca, Mg e K diferem muito de N, P e S em vários aspectos. Processos inorgânicos, como o intemperismo, a troca catiônica e a lixiviação do solo, são freqüentemente mais importantes para os três primeiros, sendo a imobilização heterotrófica e a oxidação de menor importância. O Ca, Mg e K entram nos ecossistemas florestais por deposição de materiais. Em termos

médios, o K e o Ca são elementos com maiores fluxos na água que passa pelo dossel, tanto na precipitação interna quanto para o escoamento superficial.

A reciclagem de nutrientes refere-se também à transferência contínua de nutrientes que estão presentes dentro de um sistema solo-planta (Nair, 1993; Nair et. al.; 1993; 1996; Buresh & Tian, 1997). No sistema solo-planta, estes nutrientes estão em estado de transferência contínuo e dinâmico, no qual as plantas retiram os nutrientes do solo e os usam nos seus processos metabólicos, retornando-os para o solo naturalmente como liteira, em sistema natural, ou por meio de poda em alguns sistemas agroflorestais, ou pela senescência das raízes. Segundo Nair (1999), algumas partes das plantas são decompostas por ação de microorganismos, que realizam a liberação dos nutrientes da biomassa para o solo, sendo estes retirados novamente pelas plantas.

O ciclo de nutrientes em ecossistema de floresta, segundo Prichett (1987), pode ser esquematizado de duas formas: externo e interno. O **ciclo externo**, chamado também de geoquímico, inclui as formas de transferência de nutrientes para dentro e para fora do ecossistema florestal. A transferência para dentro pode ser pela entrada de nutrientes, precipitação, precipitação interna, fixação biológica, intemperização da rocha matriz e de fertilizantes; a transferência para fora pode ser através da saída de nutrientes pela lixiviação, exploração florestal e perdas por volatilização. O **ciclo interno** pode também ser chamado de ciclo biológico, que abrange apenas a ciclagem interna de nutrientes no ecossistema florestal. Este ciclo pode, ainda, ser dividido em duas partes: o ciclo bioquímico que se refere à movimentação dos nutrientes dentro da própria árvore e o ciclo biogeoquímico que abrange a ciclagem dos nutrientes entre o solo e a biomassa arbórea. Os principais passos dentro do ciclo fechado incluem a absorção, a retenção, a restituição e a transferência interna.

De acordo com as características fisiológicas de cada espécie, os mecanismos de absorção, acúmulo e ciclagem diferem nas quantidades dos

elementos, bem como em função das interações biológicas que estão ligadas a esse fluxo de nutrientes dentro de qualquer ecossistema, no qual cada organismo, com as suas aptidões específicas, desempenha papel importante no controle dos estoques de nutrientes e nas taxas de transferências entre eles. Assim sendo, transferências e perdas de nutrientes são também explicadas pelos organismos vivos que compõem os ecossistemas (Golley, 1986). Para Montagnini & Sancho (1994), as espécies diferem em suas taxas de acúmulo de nutrientes nos tecidos, em uma mesma espécie, não são mantidos os mesmos padrões para todos os elementos.

Szott et al. (1994), citados por Oliveira (1997), citam diferenças no acúmulo de biomassa e serapilheira entre as diferentes espécies num mesmo plantio, entre plantios diferentes e entre esses e uma floresta natural secundária.

Segundo Delitti (1982), a produção de folhedo tem um padrão anual diversificado, sendo comuns os ecossistemas nos quais ocorre produção de material durante todo o ano, com períodos de maior ou menor intensidade relacionados a fatores ambientais e genéticos

Quanto ao efeito da sazonalidade na vegetação, em relação ao estoque de nutrientes nos solos, Haag (1985) cita que, durante a estação seca, os solos contêm maior quantidade de nutrientes, além de se evidenciar uma maior queda de folhas e menor taxa de decomposição desse material decíduo; na estação úmida, ocorrem os efeitos da lavagem da vegetação, lixiviando os nutrientes, com maior produção de biomassa foliar. Dessa forma, os efeitos da sazonalidade resultam em baixos reservatórios de nutrientes na vegetação durante a estação seca e altos durante a estação úmida, ocorrendo o inverso no que concerne ao reservatório de elementos minerais no solo. Segundo Vieira (1998), a modificação do regime de chuvas pode alterar a produção de serapilheira, bem como a concentração de nutrientes. A velocidade de decomposição da

serapilheira também pode ser alterada, afetando a liberação dos nutrientes estocados neste compartimento.

Em área de terra firme da Amazônia Central, Luizão & Schubart (1987) observaram que uma maior produção de liteira se dá no período menos chuvoso, de junho a outubro e que a maior parte da decomposição ocorre durante a estação chuvosa.

Segundo Oliveira & Peichl (1986) a serapilheira ou serrapilheira ou ainda litter, é *“uma das camadas da matéria orgânica do solo florestal a qual é mais ou menos decomposta, sendo formada por resíduos vegetais e animais. Esta matéria orgânica torna o solo poroso, fofo, solto e escuro, retém umidade, formam galerias e enriquece o solo em nutrientes pela ação da microflora e fauna”*. A serapilheira, além de proteger o solo, constitui um complexo laboratório de transformação, no qual a matéria orgânica é decomposta e os nutrientes são recolocados à disposição do sistema radicular dos vegetais (Poggiani, 1989).

De acordo com Jordan (1985) e Princhett (1987), a matéria orgânica depositada na superfície do solo representa a principal reserva de N e um importante reservatório de P, Ca, K e Mg.

Em região tropical, a recirculação de nutrientes pela queda da serapilheira é muito rápida e compensa a baixa fertilidade do solo. Na composição da serapilheira de florestas tropicais, observa-se uma quantidade de nutrientes por ha ano<sup>-1</sup> cerca de 25% maior que nas plantações comerciais (Las Salas, 1983).

A reciclagem de nutrientes por meio da decomposição da biomassa vegetal (principalmente folhas, ramos e também raízes) que é adicionada ao solo, serve como meio para melhoria da fertilidade do solo nos sistemas agroflorestais. A extensão dos benefícios advindos vão depender da quantidade e do conteúdo da biomassa adicionada e do estágio de decomposição de cada

material (Szott et al., 1999). Embora as árvores em sistemas agroflorestais possam suprir nitrogênio para as culturas, a capacidade das mesmas em relação ao suprimento de fósforo é bastante limitada (Buresh et al., 1997). Na verdade o baixo teor de fósforo no solo deve-se à alta fixação dos mesmos em solos com alto teor de ferro e alumínio, e a carência deste nutriente é decorrente do longo período de cultivo sem adição externa adequada, o que tem contribuído para a deficiência de fósforo na maioria dos solos tropicais (Jama et al., 1997). A aplicação de biomassa vegetal nos solos proporciona um acréscimo no teor de fósforo disponível. Isso é conseguido diretamente pelo processo de decomposição e liberação do fósforo da biomassa ou indiretamente pela produção de ácidos orgânicos (produtos da decomposição) que reduz o fósforo fixado para competir por sítios com fósforo adsorvido ou quelatos de ferro e alumínio (Nziguheba et al., 1998).

Rao et al. (1998), pesquisando o desempenho de alguns sistemas agroflorestais, concluíram que todos os sistemas podem suprir nitrogênio para a produção das culturas, embora nem todos os benefícios dos sistemas para as culturas possam ser atribuídos à reciclagem de nutrientes. Ao contrário do fornecimento de nitrogênio, os sistemas agroflorestais não são capazes de suprir quantidade suficiente de fósforo para a produção das culturas.

McGrath et al. (2001), avaliando as alterações no solo em decorrência do uso de um sistema agroflorestal composto de pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth) e cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*), observaram que o teor de fósforo inorgânico foi 30% a 50% inferior neste sistema. Por outro lado, o cálcio em particular foi, aproximadamente, quatro vezes maior no SAF que na área adjacente de floresta.

Vários fatores afetam a ciclagem de nutrientes (deposição de material e circulação de elementos minerais) nos ecossistemas. Entre eles Jordan (1985) ressalta os fatores ambientais, como temperatura e as interações entre

temperatura e umidade, e os fatores biológicos, como a produtividade primária, decomposição, balanço entre produtividade e decomposição; além da influência desses fatores bióticos no intemperismo e na lixiviação.

Dantas & Philipson (1989), em Capitão Poço, PA e Scott et al. (1992), na Ilha de Maracá, RR, encontraram maior produção de serapilheira durante os meses mais secos do ano. Em geral, para florestas tropicais estacionais, uma maior produção de serapilheira é esperada no final da estação seca, o que seria ocasionado pelo déficit hídrico observado nesta época (Scott et al., 1992).

A extração de nutrientes dos solos tropicais é bastante influenciada pelo regime hídrico do solo, devido ao efeito que a água exerce na decomposição da matéria orgânica e no transporte de nutrientes para a superfície das raízes. Em geral, a nutrição das plantas é melhor em regiões onde a disponibilidade de água é maior e mais contínua, em razão do melhor transporte dos nutrientes no solo por fluxo de massa e, em especial, por difusão (Barros & Novais, 1996).

Ferreira et al. (2001), avaliando nutrientes no solo em floresta de terra firme na Amazônia Central, obtiveram resultados mostrando que os teores de fósforo assimilável, potássio, magnésio, cálcio e alumínio trocáveis são mais altos no período chuvoso do que no período seco e as concentrações dos elementos estudados seguiram a ordem Al>Ca>K>Mg no período chuvoso e Al>K>Mg>Ca no início do período seco.

Almeida (1995), caracterizando a dinâmica de nutrientes em uma floresta de terra firme na Estação Ecológica de Samuel, em Rondônia, salientou a importância de fatores microclimáticos e do estado fisiológico das plantas para determinar o estado nutricional da floresta, sendo as maiores concentrações de Ca sido observadas na liteira e de Mg, P e K nas folhas. Dentre os nutrientes, o Ca foi o elemento com maior estoque dentro do sistema e o K foi o elemento com maior estoque no solo.

Vários estudos têm sido realizados para verificar alguns aspectos da ciclagem de nutrientes em florestas naturais e implantadas, quanto a produção e decomposição de serapilheira, tais como os de Schumacher (1992), Gama-Rodrigues (1997), Vieira (1998) e Kolm (2001).

A ciclagem de nutrientes em sistemas agroflorestais baseia-se no princípio de que eles assemelham-se ao ecossistema da floresta natural, produzindo seu próprio húmus e provendo-se ao mesmo tempo, de elementos nutritivos essenciais para seu desenvolvimento. A queda de folhas e de frutos forma uma manta de matéria orgânica no solo superficial. Este material, por meio de uma série de processos de ordem física, química e bioquímica, converte-se em nutrientes assimiláveis pelas plantas, completando o ciclo vegetação-solo-vegetação (Yared et al., 1992).

O processo de ciclagem de nutrientes ocorre em várias etapas em todos os tipos de uso do solo. Nos sistemas agroflorestais e em outro sistema baseado no uso de árvores, atribui-se uma maior eficiência na ciclagem de nutrientes do que em outros sistemas, devido à presença de espécies perenes e pelo fato de elas possuírem um sistema radicular mais extenso e profundo, possibilitando a captura e reciclagem de nutrientes (Nair, 1993; Schroth et al., 2001).

Schroth et al. (2001) citam que a redução nas perdas e a reciclagem de nutrientes no subsolo são os caminhos para aumentar a disponibilidade de nutrientes dos sistemas agroflorestais multiestratificados, e ao mesmo tempo, reduzir os impactos negativos no ambiente. Estes mesmos autores, comparando solos de sistemas multiestratificados com solos sob floresta, citam que pode ocorrer um decréscimo na fertilidade destes solos, e que este decréscimo nem sempre é indicativo de insustentabilidade destes solos.

McGrath et al. (2001) avaliaram as alterações no solo em decorrência do uso de um sistema agroflorestal composto de pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth), cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) em relação à vegetação nativa,

seis anos após o estabelecimento do SAF. Observaram que o pH, Ca e Mg trocável foram maiores nos solos com os sistema agroflorestal, resultando em um alto efeito da capacidade troca de cátions e uma baixa saturação por alumínio. Estes autores ainda observaram que o carbono total, o nitrogênio, o fósforo e a matéria orgânica não foram diferentes entre os dois sistemas.

Young (1989), revendo estudos sobre o teor de nitrogênio na liteira de sistema agroflorestais em climas úmidos e semi-úmidos, concluiu que, nos sistemas “alley-crop”, algumas espécies são capazes de suprir de 100 - 200 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, o que corresponde, aproximadamente, à mesma quantidade de nitrogênio que é removida durante a colheita nos intercultivos. Em plantações com cafeeiros e cacauzeiros sombreados, o retorno por meio da serapilheira e da poda é de 100-300 kg N ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>, o qual é maior que a quantidade removida durante a colheita.

Estudos realizados por Santana et al. (1990) sobre reciclagem de nutrientes em quatro agrossistemas com cacauzeiros, concluíram que são bastante expressivas as quantidades de nutrientes contidos nos resíduos vegetais que caem e se acumulam sobre o solo e que as concentrações de nitrogênio e fósforo são mais elevadas nos resíduos das árvores de sombra, principalmente leguminosas, ocorrendo o inverso com relação às concentrações de cálcio, magnésio, zinco e manganês. Jaimez & Franco (1999) avaliaram o fornecimento de nutrientes do folheto em sistemas agroflorestais com cacauzeiro sombreado com abacateiro e em cacauzeiros com sapotizeiro, e em cacauzeiros com abacateiro e fruta do conde. Estes autores obtiveram uma quantidade média de serapilheira de 8,3 t ha<sup>-1</sup> nos três sistemas e o fornecimento anual de nutrientes pelo folheto foi de 101; 10; 35; 23 e 140 kg ha<sup>-1</sup> de N, P, K, Mg e Ca, respectivamente, tendo cerca de 60% destas quantidades sido obtidos das folhas.

No sistema agroflorestal em aléias, Mafra et al. (1998) obtiveram um aporte de mineral de 149,0 kg de N, 9,4 kg de P, 75 kg de K, 75,2 kg de Ca e

31,1 kg de Mg, em que parte do acúmulo dos nutrientes na superfície do solo deveu-se supostamente, à reciclagem, especialmente à ação da leucena na absorção de minerais nas camadas mais profundas e à sua liberação na superfície do solo.

Martins (2001) avaliando um sistema agroflorestal em Benevides, PA, concluiu que a entrada de nutrientes da atmosfera não foi suficiente para atender às necessidades das plantas e que as perdas dos nutrientes pela exportação e lixiviação promoveram rapidamente o esgotamento do solo e estas foram maiores por lixiviação do que por exportação da biomassa.

Alguns ecossistemas apresentam melhoria nas características química e físicas de seus solos, tendo esta melhora sido atribuída à reciclagem de nutrientes pela fitomassa das podas ou pela serapilheira (Mafra et al., 1998).

#### **2.4 Produção e decomposição da serapilheira**

O compartimento formado pela serapilheira e pelo solo é o sítio de todas as etapas da decomposição da matéria orgânica e da ciclagem de nutrientes. O conjunto serapilheira-solo não representa somente fonte de carbono e energia para os organismos do solo, mas também o hábitat onde todas as ações do organismo ocorrem, garantindo a sua sobrevivência e reprodução. A serapilheira é a porção mais dinâmica desse conjunto e, possivelmente, a mais variável não só entre ecossistemas, mas também dentro de um mesmo ecossistema (Correia & Andrade, 1999).

A serapilheira constitui o principal mecanismo de reciclagem de minerais nas áreas de floresta. A produção nestes sistemas depende da densidade da cobertura vegetal, variando desde 2,0 t ha<sup>-1</sup>, em região de savanas, até 12,6 t ha<sup>-1</sup>, em florestas tropicais (Vitousek, 1984).

De acordo com Bray & Gorhan (1964), a queda de liteira é influenciada por diversos fatores, tais como tipo de vegetação, fatores ambientais (clima,

latitude, altitude, exposição, fertilidade e umidade do solo), tipo de cobertura vegetal e fatores do tempo (variação sazonal, variação anual e idade das plantas). Estes autores citam que os períodos de maior produção de serapilheira estão relacionados com a diminuição do fotoperíodo, que ocorre no outono e ou em períodos de déficit hídrico, que pode ser considerado como uma estratégia de resistência aos fatores do ambiente.

Quando a biomassa vegetal é usada como fonte de nutrientes para as culturas, é importante assegurar o sincronismo entre a liberação dos nutrientes (via decomposição) e a retirada dos mesmos pelas culturas (Swift, 1987; Nair, 1993). O sincronismo poderá garantir o uso eficiente dos nutrientes e minimizar as perdas dos mesmos (Myers et al., 1994). Este sincronismo aumenta a eficiência no uso destes nutrientes pelas culturas, bem como diminui as perdas destes nutrientes, o que pode ser conseguido pelo conhecimento da necessidade das culturas, pelo ajuste da época de plantio e seleção das espécies e pela manipulação da liberação de nutrientes com controle da biomassa.

O acúmulo de serapilheira no solo é regulado pela quantidade de material que cai da parte aérea das plantas e por sua taxa de decomposição. A camada de serapilheira será maior quando a quantidade depositada for maior que a sua velocidade de decomposição.

Em sistemas agroflorestais do tipo alley-crop (Nigéria), Young (1989) cita que foram obtidos 2.300 kg de matéria seca por hectare.

Avaliações da serapilheira acumulada sobre o solo foram realizadas por Lugo et al. (1990) em dez diferentes povoamentos florestais com 26 anos de idade, plantados sob as mesmas condições edafoclimáticas em Porto Rico. Os resultados mostraram, desde 5 até 27,2 t ha<sup>-1</sup>, uma correlação negativa entre a acumulação de serapilheira e os teores de elementos nesse material, indicando que as serapilheiras com maior concentração de nutrientes apresentavam maior velocidade de decomposição. Verificaram também os autores que os teores de

nutrientes aumentavam do material recém-depositado para a serapilheira fragmentada, já em estado avançado de decomposição. A quantidade de nutrientes estocada na serapilheira influenciou, na mesma ordem de magnitude, a quantidade de elementos disponíveis na camada de 0-10 cm de profundidade do solo e as características da camada de serapilheira formada por cada espécie arbórea apresentaram diferenças na concentração e disponibilidade de nutrientes no solo.

A dinâmica desse processo depende, entre outros fatores, das características de cada componente da serapilheira, tais como teor de lignina e nutrientes, resistência, componentes secundários, massa e tamanho do material (Haag, 1985). Dos componentes da serapilheira, as folhas, em geral, estão em maior proporção e apresentam a maior taxa de decomposição (Fassbender, 1993). Existe, porém, uma fração de difícil decomposição, com muitas estruturas lignificadas, que representam em torno de 30% a 40% da serapilheira (Anderson & Swifit, 1983).

O conhecimento da taxa de decomposição do material vegetal acumulado sobre o solo é de fundamental importância, pois é em função dela que ocorre a liberação dos nutrientes da camada de serapilheira para o solo. Para Reis & Barros (1990), quando a taxa de decomposição é mais elevada do que a demanda pela planta, poderão ocorrer perdas de nutrientes do ecossistema. Quando houver equilíbrio, o nutriente liberado pela decomposição poderá ser utilizado pelas plantas, favorecendo a produtividade. Já em regiões de solos pobres e baixa precipitação, a taxa de decomposição pode ser mais baixa do que a demanda pela planta, impedindo com isso a liberação de parte do nutriente até a rotação seguinte.

Os três principais métodos utilizados para estudar a decomposição da camada de serapilheira no solo são a respiração do solo, o valor de  $K$ , que relaciona a quantidade de material que cai do dossel e a que está depositada

sobre o solo, e as avaliações diretas, por meio da perda de massa em sacos de tela para o estudo da decomposição (Anderson & Swift, 1983).

O método por meio do valor de  $K$  usado para avaliar a taxa de decaimento da serapilheira ou o tempo de renovação dessa camada, apresenta como desvantagem a dificuldade de utilizá-lo em ecossistemas que ainda não atingiram um equilíbrio entre o material que cai e o material que é decomposto (Anderson & Swift, 1983). Em ecossistemas tropicais, os valores de  $K$ , em geral, são maiores que 1, sugerindo que a decomposição desse material ocorre em um ano ou menos (Golley, 1978).

Em estudo da produção de serapilheira com cultivo misto, Uguen et al. (1998) concluíram que o cultivo misto de urucum, castanha-do-brasil, cupuaçuzeiro, pupunheira e a puerária como cultura de cobertura do solo, pode contribuir para a recuperação de áreas degradadas nos trópicos e que estas espécies mostraram diferentes produções temporais de serapilheira. Em comparação com a floresta primária e outro tipo de ecossistema natural, a produção de serapilheira foi considerada baixa nos componentes do policultivo.

Mafra et al. (1998) avaliando a produção de fitomassa em um sistema agroflorestal em aléias no Cerrado, obtiveram uma produção de fitomassa de  $11,0 \text{ t ha}^{-1}$  de massa seca, com um aporte de mineral de  $149,0 \text{ kg de N}$ ,  $9,4 \text{ kg de P}$ ,  $75,2 \text{ kg de Ca}$  e  $31,1 \text{ kg de Mg}$ .

A deposição, assim como a decomposição da serapilheira do solo e o retorno de nutrientes do solo, é considerada como aspecto básico da ciclagem de nutrientes. Pesquisas sobre a ciclagem de nutrientes são de fundamental importância para uma melhor compreensão da busca pela sustentabilidade dos sistemas agroflorestais, visando uma eficiência na prática de adubação destes sistemas.

## **2.5 Considerações sobre as espécies envolvidas no sistema agroflorestal**

### **2.5.1 Mangueira**

A mangueira (*Mangifera indica*), espécie originária da Ásia, atualmente é produzida em mais de 100 países, a maior parte em países em desenvolvimento, como Índia, Paquistão, México, Brasil e China (Pizzol et al., 1998).

A mangueira é uma planta perene, de grande porte, com copa densa e formato arredondado ou globular. O sistema radicular é pivotante, atingindo grande profundidade no solo.

A manga tem grande importância em inúmeros países do mundo pelo consumo do fruto ao natural, pois serve de alimento para milhares de pessoas durante muitos meses do ano. Ela é utilizada para o consumo no mercado interno e exportada na forma de muitos produtos elaborados.

Os frutos são do tipo drupas grandes, oblongas ou sub-reniformes, com polpa espessa e suco doce. É no tamanho, cor e forma do epicarpo, conforme a variedade e possui caroço fibroso (Alvarez & Castro, 1998). Quando maduro, o fruto serve de alimento, de fortificante, ajuda a engordar e é considerado diurético. A manga é uma fonte de caroteno, um precursor natural da vitamina A, formado por pigmentos carotenóides de cor amarela, que se desenvolvem durante o amadurecimento e atingem o seu máximo valor quando os frutos estão maduros (Oliveira Júnior & Manica, 2001).

A mangueira é uma cultura pouco exigente em termos de solos, apenas requerendo boa drenagem e profundidade, pelo porte de seu sistema radicular. O pH ideal é de 6,5, podendo variar de 5,0 a 8,0 (Donadio, 1980). É uma espécie tolerante a solos com baixa fertilidade, pois decorre de um sistema radicular, em termos de exploração do solo, bastante eficiente.

Devido à sua morfologia e à sua adaptação às condições edafoclimáticas da região, Macedo et al. (2000) consideram a mangueira uma espécie com

potencial para utilização em sistemas agroflorestais, com utilização para sombra, lenha, madeira e alimentação.

### **2.5.2 Fruta-pão**

A fruta-pão (*Artocarpus altilis* (Park.) Fosberg (*A. communis* L.) é uma árvore tropical, que produz frutos grandes, às vezes de dois quilos e de grande valor alimentício. É originária do Sudeste da Ásia (Indonésia e Índia), onde é cultivada há muitos séculos. Graças a este fato e às suas extraordinárias qualidades, propagou-se a sua cultura pelas ilhas da Melanésia e da Polinésia (Gomes, 1987; Donadio et al., 1998).

É uma árvore que alcança até 35 metros de altura, possui tronco ramificado com folhas e inflorescência nos ramos terminais. A planta possui canais laticíferos em todas as partes. As folhas novas brotam na extremidade dos ramos, envoltas por estípulas grandes, lanceoladas de 10 a 25 cm de comprimento, as quais se desprendem com a abertura das folhas (Donadio et al., 1998).

O fruto é um sincarpo arredondado, com 10 a 30 cm de diâmetro, possui um receptáculo central constituído pelo prolongamento do pedúnculo, ao redor do qual há centenas de carpelos. A superfície externa do fruto é recoberta por placas polifonais (cada uma correspondendo a uma flor) lisas e amarelas, quando maduras.

No Brasil, existem duas variedades de frutas-pão: a de frutas sem sementes e a de frutas com sementes. A fruta-pão sem sementes (*Artocarpus incisa* L. var. *apyrene*) é um fruto grande, globoso, de um a dois quilos de peso e 15 a 20 cm de diâmetro. A fruta-pão de sementes, semelhante à primeira, contém, porém, 50 a 60 sementes de ótimo paladar, quando cozidas. A polpa desta fruta é de pouco valor. As sementes, secas e moídas, são excelente alimento para o gado. A polpa da fruta-pão sem sementes é consumida cozida,

assada, torrada ou frita. Nos frutos com sementes, estas são consumidas após serem fervidas ou torradas (Gomes, 1987).

O melhor clima para a fruta-pão é o quente e úmido, com temperaturas entre 20°C-32°C e precipitação pluvial anual acima de 1.500 mm, bem distribuída. Mesmo nestas regiões, se há uma estiagem prolongada ou se o solo não tem possibilidade de conservar água em quantidade suficiente, as frutas caem antes de estarem completamente desenvolvidas (Gomes, 1987).

Devido à sua importância na alimentação humana e animal, bem como a sua fácil adaptação as condições da região, esta frutífera tem sido recomendada como componente dos diversos modelos agroflorestais, principalmente em quintais agroflorestais implantados na região.

### **2.5.3 Abacateiro**

O abacateiro pertence à família *Lauraceae*, que compreende cerca de 50 gêneros, sendo *Persea* o subgênero do abacateiro, com várias espécies se aproximando do abacateiro comercial, este pertencente a três espécies e variedades hortícolas que caracterizam as três raças: Mexicana, Antilhana e Guatemalense. As variedades comerciais de abacateiro são, em geral, híbridas destas espécies ou raças.

O sistema radicular do abacateiro é considerado como superficial, sem pêlos radiculares e proporcional ao volume da parte aérea. À semelhança de outras plantas perenes, o abacateiro sofre a influência do solo, clima, porta-enxerto e enxerto, bem como dos tratamentos culturais, principalmente a irrigação

Na parte aérea, o abacateiro possui uma copa aberta, com ramos bifurcados, principalmente no caso de plantas enxertadas. Sua altura pode atingir até 20 m, com diâmetro do tronco aos 30 anos de até 1m, porém, com menos da metade desta medida na cultura comercial. O fruto é uma drupa que possui uma casca (pericarpo) delgada, grossa ou quebradiça, um mesocarpo carnoso e uma

semente coberta pelo endocarpo, envoltório coriáceo que recobre os cotilédones da semente (Donadio, 1995).

O abacateiro, apesar de ser uma planta exótica, apresenta boa adaptação às condições regionais, sendo, por isso, indicado para composição de sistemas agroflorestais em uso na região (Dubois, 1996).

#### **2.5.4 Cupuaçuzeiro**

O cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Wild. Ex Spreng) Schum) é uma planta nativa da Amazônia oriental brasileira, pertencente à família Sterculiaceae. Encontra-se em estado silvestre na região sudoeste do estado do Pará até o Maranhão, em área de terras firmes ou várzeas altas, próximas aos rios. Seu hábitat é no bosque tropical úmido de terras altas não inundáveis, em área parcialmente sombreadas, com temperaturas entre 21°C e 27,5°C e precipitação pluviométrica de 1.900 a 3.100 mm por ano, com umidade relativa do ar de 64% a 93%. O cupuaçuzeiro está distribuído por vários estados brasileiros e também em outros países americanos, como Equador, Venezuela e Colômbia, Costa Rica e outros da América Central (Donadio, 2002).

A planta é bem típica pelo padrão de crescimento do tronco e ramos, com etapas de 1 a 1,5 m no tronco (ortotrópico), com emissão de ramos plagiotrópicos trifurcados ao final de cada período. A altura pode atingir até 20 metros nas plantas nativas, mas o usual é entre 4 e 8 metros. O fruto é uma drupa ou baya capsulácea, ou drupácea, de forma elipsóide ou oblonga, com 12 a 25 cm de comprimento e 10 a 12 cm de diâmetro, com peso médio de 1,2 kg. As partes do fruto utilizadas são a polpa e as sementes. A polpa é muito apreciada para se fazer suco, refresco, creme, sorvete e outros e das sementes pode-se obter o cupulate, que é um produto de constituição e sabor similares aos do chocolate (Donadio, 2002).

Segundo Ribeiro (1992), no estado de Rondônia o cupuaçuzeiro pode ser implantado em consórcio com outras culturas para um melhor aproveitamento da área, como pupunha, seringueira, maracujá e castanha-do-brasil.

### **2.5.5 Cacaueiro**

O cacaueiro (*Theobroma cacao* L.) é uma árvore típica de clima tropical, nativa da região de floresta úmida da América e constitui o principal fornecedor de matéria-prima para a fabricação do chocolate. Atualmente, as principais regiões produtoras de cacau concentram-se na América, África e Ásia (Souza & Dias, 2001).

A planta é de porte médio, com 4 a 12 m de altura, ramificada, formando uma copa densa e junto ao chão, podendo ter um tronco principal ereto e bifurcado nas plantas cultivadas. O tronco mede de 20 a 30 cm de diâmetro, sua cor é verde na planta nova e cinza-escuro na adulta, liso, com estrias verticais. É uma planta perenifólia, mesófila, típica do sub-bosque da floresta pluvial amazônica, vivendo bem à sombra de outras plantas. O seu sistema radicular atinge até 2 m e tem uma raiz pivotante, com ramificações laterais.

O fruto é uma cápsula pentalocular, de cor variável, do amarelo-esverdeado a vermelho e outras. A forma é variável, mas usualmente alongada, sendo mais comprido no chamado tipo “criolo” e mais curto no tipo básico chamado também de “forastero”. Há também um terceiro tipo chamado “trinitário”. A semente ou amêndoa é o produto de maior valor do cacaueiro. Em média, há 40 sementes por fruto e o seu peso médio é de 8-12 g, com 115 unidades por kg. A forma da semente é achatada a ovóide, variando a cor conforme o tipo, de branco a violeta forte e perfaz cerca de 40% do peso do fruto (Donadio et al., 2002).

O solo adequado para o cultivo do cacaueteiro deve apresentar valores de pH próximos de 6,2, soma de bases em torno de 12 cmol 100g<sup>-1</sup>, teor de P extraído por resina entre 20 e 25 mg dm<sup>-3</sup>, soma de bases em torno de 60%, matéria orgânica acima de 3,5%. Em ordem decrescente, os macronutrientes extraídos e exportados pelo cacaueteiro são N, K, Mg, Ca, P e S. O casqueiro (conjunto formado por cascas de frutos colhidos e quebrados) contém elevada quantidade dos nutrientes, chegando a quase 90% do K e do Ca total extraídos (Malavolta, 1997).

O cacaueteiro é normalmente cultivado em associação com outras espécies, tais como culturas alimentares e árvores de grande porte, que lhe fornecem sombra provisória e definitiva, durante as suas fases juvenil e produtiva. Quando este tipo de consórcio produz rendimentos econômicos adicionais ou mudanças ecológicas benéficas ao sistema, a prática é denominada agrossilvicultura (Alvim, 1989).

### **2.5.6 Gliricídia**

A *Gliricidia sepium* (sin. *Maculata*) é uma leguminosa arbórea de porte médio, nativa no México, América Central e Norte da América do Sul, com crescimento rápido e enraizamento profundo, o que lhe confere notável tolerância à seca. É considerada uma espécie de uso múltiplo, prestando-se, basicamente, aos mesmos propósitos, como forragem, reflorestamento, adubação verde e cercas vivas, entre outros.

A gliricídia desenvolve-se melhor em condições quentes e úmidas, tendo seu crescimento limitado por baixas temperaturas, podendo, entretanto tolerar prolongados períodos de seca, ainda que com queda de folhas dos ramos mais velhos. Não necessita de solos férteis, embora exiba melhor desempenho naqueles de alta fertilidade e profundos o suficiente para o bom enraizamento,

fator determinante da maior ou menor produção e manutenção de folhagem verde no período seco (Carvalho Filho et al., 1997).

Essa leguminosa, devido à sua capacidade de consórcio com outras espécies, produção de fitomassa, fixação simbiótica de nitrogênio e tolerância a podas, tem sido utilizada em sistemas agroflorestais nas regiões tropicais.

### **2.5.7 Bandarra**

A bandarra (*Schizolobium amazonicum* Herb.), é uma espécie da família *Caesalpinaceae* que ocorre na mata primária e secundária de terra firme e várzea alta da região amazônica, apresentando rápido crescimento (Ducke, 1949). Nos últimos anos tem assumido importância na indústria de compensados, sendo utilizada tanto em plantios solteiros como em sistemas agroflorestais. É uma espécie de madeira branca com densidade de 0,32 a 0,40 g cm<sup>-3</sup> (Quisen et al., 1999). Segundo Melo (1973), a espécie pode fornecer boa matéria-prima para a obtenção de celulose para papel, com fácil branqueamento e excelente resistência obtida com papel branqueado. Seu tronco é alto e liso e sua casca cinzenta é de tonalidade bastante clara. A espécie pode alcançar de 20 a 30 metros de altura e até um metro de diâmetro. A copa galhosa e regular forma uma abóbada perfeita, mas não impede o crescimento de vegetação de sub-bosque e rasteira. A madeira tem coloração branco-amarelado-claro, às vezes, com tonalidades róseo-pálida, com superfície lisa, mais ou menos sedosa.

Em Rondônia, a espécie produz sementes de setembro a outubro, sendo a produção de mudas relativamente simples. Suas sementes podem ser coletadas diretamente na superfície do solo, após liberação pelas plantas, sendo necessária a quebra de dormência para acelerar a germinação antes da semeadura (Quisen et al., 1999).

Com o aumento das áreas com sistemas agroflorestais nos últimos anos, principalmente na Região Amazônica, e visando à preservação da floresta nativa e o uso racional do solo, a bandarria tem se tornado uma importante alternativa para estes sistemas e, em função de seu rápido crescimento, foi incluída por Peck (1979) na seleção de espécies leguminosas a serem utilizadas para consórcios agroflorestais na região.

### **2.5.8 Teca**

A teca (*Tectona grandis* L.f.) é uma planta originária da Birmânia, Tailândia e de algumas partes da Índia. Segundo relatos, foi introduzida no continente americano, primeiramente em Trinidad e Tobago e daí foi distribuída para outros países (Chaves & Fonseca, 1991).

A madeira da teca possui massa específica em torno de 0,61 e 0,69 g cm<sup>3</sup>, sendo considerada uma das mais valiosas do mundo, pois reúne um maior número de boas qualidades (Rondon Neto et al., 1998).

Segundo Chaves e Fonseca (1991), esta espécie requer climas com uma estação seca bem definida (3 a 5 meses), com temperaturas médias anuais entre 22°C e 28°C, com uma precipitação média anual de 1.250 a 2.500 mm e altitudes entre 0 e 1.000 metros.

Na Tailândia e em Trinidad, tem sido plantada em sistema agroflorestal do tipo Taugya, favorecendo a redução dos custos de implantação e o crescimento das plantas jovens. Na América do Sul e Central, tem sido cultivada com bananas e com culturas alimentares, durante um período de dois ou mais anos.

No momento, o uso da teca em reflorestamento e em sistema agroflorestal surge como uma ótima opção de investimento seguro e rentável, formando na propriedade rural um patrimônio de boa liquidez e de grande valorização.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Caracterização da área de estudo**

A pesquisa foi realizada na Estação Experimental Ouro Preto (ESTEX-OP), pertencente à Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), localizada no município de Ouro Preto do Oeste, Rondônia, às margens da rodovia Marechal Cândido Rondon (BR 364), a 340 km de Porto Velho, no paralelo de 10°44'30" de latitude sul e meridiano de 62°13'30" de longitude oeste de Greenwich (Figura 1). Apresenta clima quente e úmido, com precipitação pluviométrica anual em torno de 1.900 mm, havendo cerca de 80% de concentração de chuvas no período de novembro a abril; temperaturas médias mensais de 24,6°C e umidade relativa do ar com médias mensais superiores a 79% (Scerne et al., 2000).

O solo da área de estudo foi classificado como Podzólico Vermelho Amarelo, pela classificação atual como Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico textura média/argilosa (EMBRAPA, 1999). São solos minerais, profundos, bem a moderadamente drenados. Apresentam B argílico, textura média e ocorrem em relevo suave ondulado com marcante diferenciação morfológica entre seus horizontes (Barbosa & Neves, 1983).

#### **3.2 Precipitação**

A precipitação total anual na ESTEX-OP, durante o período de observações foi de 1.880,2 mm, nos meses de julho e agosto foi de 25,2 mm indicando a ocorrência de um período seco. Scerne et al. (2000) obtiveram no período entre 1982 e 1999, uma média de 1.939,1 mm de precipitação.

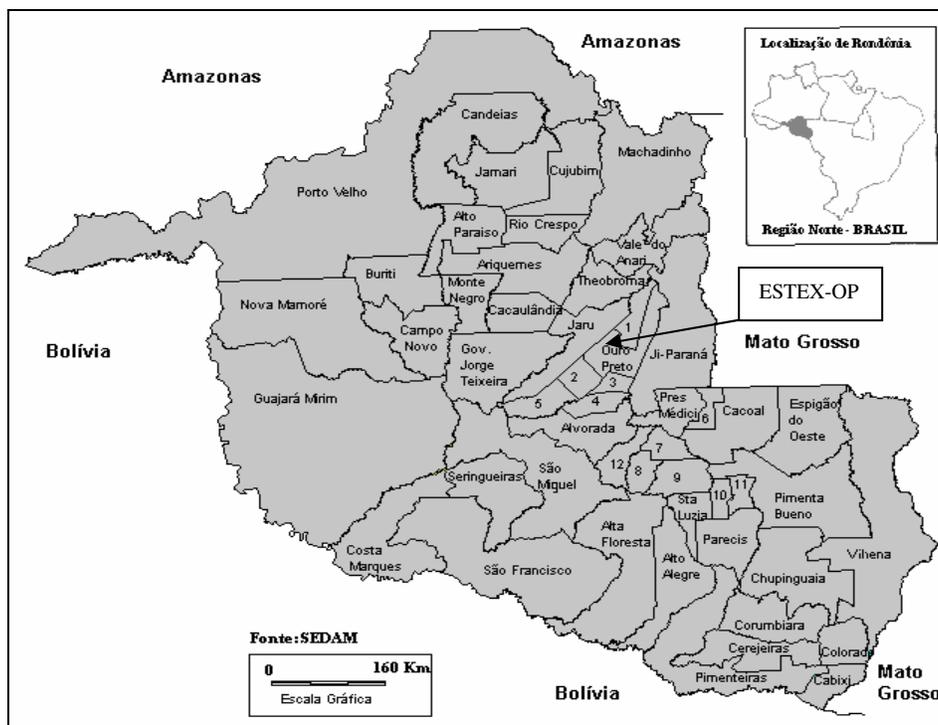


FIGURA 1- Localização da área de estudo. UFLA, Lavras, MG, 2005.

A distribuição mensal das chuvas (Figura 2 e Tabela 2A) indica que os meses de dezembro/2002 e março/2003 foram os que apresentaram as maiores precipitações, com 341,5 e 326,0 mm, respectivamente, tendo estes meses respondido por cerca de 35,5% da precipitação total do período do estudo. No período de outubro/2002 a março/2003, a precipitação foi de 1.385,4 mm, correspondendo a 73,7% da precipitação total. Scerne et al. (2000) observaram valor semelhante, com 76,98% para mesmo período. Entre os meses de abril/2003 e setembro/2003, o total de precipitação foi de 494,8 mm, respondendo por 26,3% da precipitação. O mês de julho/2003 apresentou apenas 0,4 mm.

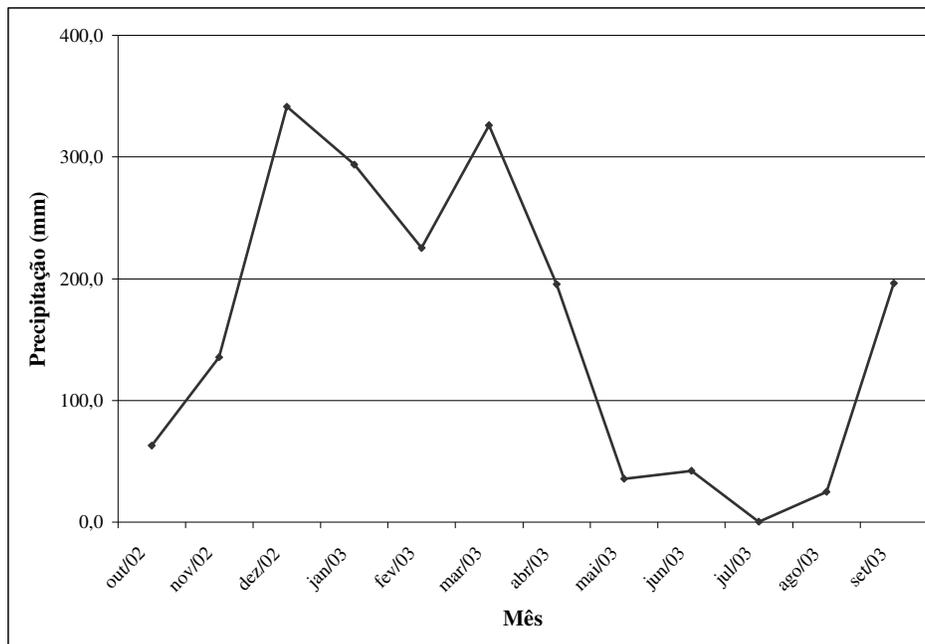


FIGURA 2 - Variação mensal da precipitação na Estação Experimental Ouro Preto. UFLA, Lavras, MG, 2005.

### 3.3 Descrição dos renques experimentais e os tratamentos

O experimento foi instalado nos renques em uma área de sistema agroflorestal multiestratificado, em combinação de espécies multifuncionais frutíferas e florestais, plantados em 1996 (Figura 01).

A vegetação anterior era constituída por uma capoeira de 8 anos em estado de pousio. Após a limpeza da área, foi feito o plantio com milho, algodão e feijão.

As espécies frutíferas selecionadas para compor os tratamentos foram as: T1 - mangueira (*Mangifera indica*), T2 - fruta-pão (*Artocarpus altilis.*), T3 - cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*), T4 - cacaueteiro (*Theobroma cacao* L.) sombreado com gliricídia (*Gliricídia sepium*) e T5 - abacateiro

(*Persea americana*), todas com seis anos de idade, exceto o cacaueteiro, com três anos em virtude da enxertia de substituição de copa e a gliricídia que foi utilizada como sombreamento para o cacaueteiro. As espécies florestais, também com seis anos, foram: T6 - bandarria (*Schizolobium amazonicum*) e T7 - teca (*Tectona grandis*), com seis anos de idade e, finalmente, T8 - área de vegetação natural, com oito anos de idade, constituída de uma capoeira característica da região (Tabela 1A), localizada na mesma posição topográfica, e sem sofrer introdução de espécies ou corte de plantas.

As espécies estão plantadas em renques duplos, no espaçamento de 5 metros entre filas simples e 2,5 metros entre plantas na fila, estando os renques separados por uma faixa de 20 metros e as espécies frutíferas de porte baixo, como o cupuaçueteiro, estão instaladas em renques, com espaçamento de 4,0 x 5,0 metros e o cacaueteiro em filas duplas de 2,0m x 1,5m-4m (Figura 3).

Os estudos desenvolvidos nesta pesquisa foram dos 6 aos 7 anos de idade das espécies, exceto para o cupuaçueteiro e cacaueteiro, que foram implantados um ano após as outras espécies e no caso do cacaueteiro, após dois anos, foi realizada enxertia de copa.

### **3.4 Delineamento experimental**

O experimento foi avaliado no delineamento experimental inteiramente casualizado, com três repetições. Para cada tratamento, existe apenas um renque plantado. Portanto, as repetições foram efetuadas de forma sistemática dentro de cada renque. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e à comparação de médias, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

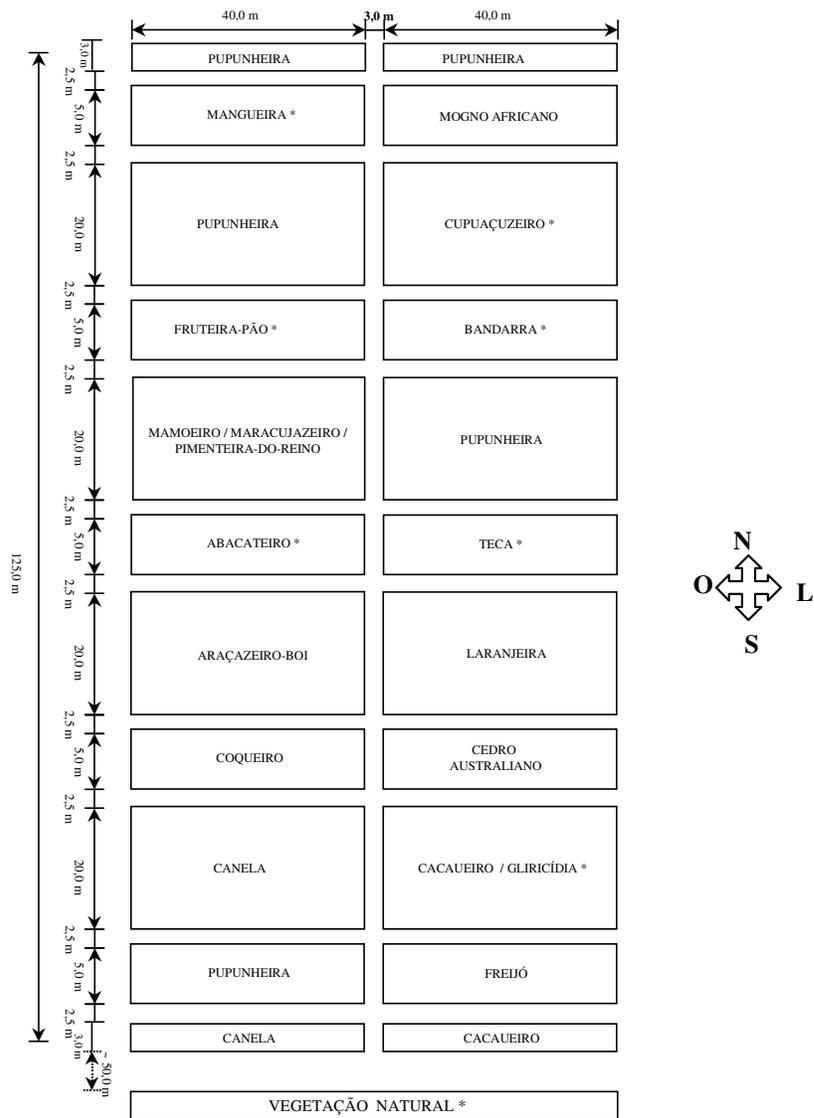


FIGURA 3 - Representação do sistema agroflorestal multiestratificado com espécies frutíferas e florestais. UFLA, Lavras - MG, 2005.

### **3.5 Concentração foliar de nutrientes**

Nos renques compostos por cada espécie foram coletadas amostras foliares da copa das árvores. Tomou-se como base a retirada de folhas do terço médio do broto do ano, segundo recomendação de Martinez et al. (1999).

As amostras foram retiradas nos meses de fevereiro, considerado como período chuvoso e em setembro, considerado período seco, quando ocorrem as menores precipitações na região (Tabela 2A).

Após as coletas, as amostras foram acondicionadas em saco de papel tipo kraft e colocadas para secar em estufa com temperatura de 65°C -70°C, até a obtenção de peso constante. Posteriormente, as mesmas foram moídas em moinho tipo Willey, com malha de 20 mesh, sendo então acondicionadas em sacos plásticos e encaminhadas para análise química no Laboratório de Análise Foliar da Universidade Federal de Lavras (UFLA) em Lavras, MG.

O teor de nitrogênio total foi determinado pelo método semimicro Kjeldahal, segundo Liao (1981) e a destilação e titulação segundo Bremner & Edwards (1965). No extrato, obtido por digestão nitroperclórica (Zaroski & Burau, 1977), foram dosados os teores totais de fósforo por colorimetria os de cálcio e magnésio por espectrofotometria de absorção atômica, os de potássio por fotometria de emissão de chama e os de enxofre total por turbidimetria (Blanchar et al.,1965).

### **3.6 Produção de serapilheira**

Em cada renque foram instalados três coletores de serapilheira, de 1,0 m<sup>2</sup> de superfície (1mx1m). No interior dos coletores, fixou-se uma tela de náilon com malha de 1,0 x 1,0 mm. A parte central das telas tinha forma côncava, de modo a permitir o acúmulo de serapilheira e facilitar o escoamento da água através das malhas. Os coletores ficaram suspensos a 0,80 m do solo, numerados e distribuídos de forma sistemática na parte central dos renques, para evitar o

efeito bordadura e representar toda área. Na área de vegetação natural os coletores foram distribuídos sistematicamente ao longo da área, tomando-se o cuidado de colocar os coletores a uma distância mínima de 3 m dos carregadores. A serapilheira produzida (depositada) nos coletores foi recolhida mensalmente, durante 12 meses, de outubro de 2002 a setembro de 2003. Como serapilheira, considerou-se todo o material vegetal composto por folhas (com diferentes graus de senescência), cascas e ramos finos com menos de 1 cm de diâmetro (serapilheira fina). A serapilheira foi seca em estufa a 65°C -70°C, no Laboratório da Estação Experimental Ouro Preto da CEPLAC-RO, até alcançar peso constante. Com os valores de peso seco, estimou-se a deposição média mensal de serapilheira por hectare.

A estimativa da transferência mensal e anual de macronutrientes foi obtida por meio do produto da concentração destes nutrientes contidos na serapilheira pelo valor mensal do peso seco da serapilheira.

### **3.7 Serapilheira acumulada**

Em cada renque do agrossistema e da vegetação natural foi feita a coleta de serapilheira acumulada, colocando-se sobre o piso um molde vazado de madeira com 0,25 m<sup>2</sup> de área (0,5m x 0,5m). Foram retiradas, em cada renque, três amostras de serapilheira presente na área delimitada pelo molde. Como serapilheira acumulada, considerou-se todo o material vegetal depositado sobre o solo, composto por folhas, casca e ramos finos com menos de 1cm de diâmetro (serapilheira fina), com diferentes graus de decomposição. A avaliação da fitomassa foi realizada em quatro períodos: dois chuvosos (dezembro/2002 e março/2003) e dois secos (junho/2003 e setembro/2003). As amostras foram levadas ao Laboratório da Estação Experimental Ouro Preto da CEPLAC, para secagem em estufa a 65°C -70°C, até alcançarem peso constante. Após a

secagem, foram pesadas, sendo estimada, posteriormente, a fitomassa da serapilheira acumulada sobre o solo, em cada um dos tratamentos.

A estimativa da transferência mensal e anual de macronutrientes foi obtida pelo produto da concentração destes nutrientes contidos na serapilheira pelo valor mensal do peso seco da serapilheira.

### **3.8 Estimativas das taxas de decomposição da serapilheira**

Para estimar a taxa de decomposição da serapilheira utilizou-se o método proposto por Olson (1963). Por este método, a taxa de decomposição ( $K$ ) foi calculada utilizando-se os valores de produção anual de serapilheira ( $L$ ) e de seu acúmulo sobre o solo ( $X_{ss}$ ).

$$K = L/X_{ss}$$

Em que:  $L$  é a produção anual de serapilheira, e  $X_{ss}$  o acúmulo de serapilheira.

A quantidade de serapilheira acumulada sobre o solo varia de acordo com a época do ano. Neste estudo foram realizadas quatro coletas, obtendo-se um valor médio anual da serapilheira acumulada.

Calculou-se, a partir do valor de  $K$ , o tempo médio de renovação da quantidade de serapilheira acumulada, estimado por  $1/K$ .

### **3.9 Ciclagem bioquímica e biogeoquímica**

A intensidade do processo de ciclagem bioquímica nas folhas foi avaliada pelas variações percentuais nas concentrações de nutrientes entre folhas da parte aérea ( $Fo$ ) e da serapilheira depositada ( $SD$ ). As variações percentuais nas concentrações de nutrientes entre a serapilheira depositada ( $SD$ ) e a serapilheira acumulada ( $SA$ ) foram indicadoras da intensidade de ciclagem biogeoquímica dos nutrientes contidos na serapilheira (Gama-Rodrigues & Barros, 2002; Zaia & Gama-Rodrigues, 2004). As ciclagens foram estimadas pelas expressões:

ciclagem bioquímica (serapilheira depositada vs. folhas) =  $\{([SD]-[Fo])/[Fo]\} \times 100$  e a ciclagem biogeoquímica (serapilheira acumulada vs. serapilheira depositada) =  $\{([SA]-[SD])/[SD]\} \times 100$ .

### **3.10 Concentração de nutrientes no solo**

As amostras do solo para estimar o conteúdo de nutrientes foram retiradas da parte central dos renques, a uma distância mínima de 3 m da bordadura. As amostras foram retiradas com auxílio de uma sonda de solo, no início e no final dos períodos seco e chuvoso na região, nos meses de outubro/2002, fevereiro/2002, maio/2003 e setembro/2003. Em cada área do estudo foram tomados três pontos de amostragem de solo, distribuídos aleatoriamente nos renques. Em cada ponto foram retiradas três amostras nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm, formando uma amostra composta de cada profundidade em cada um dos pontos amostrais e enviadas ao Laboratório de Análises de Solo da UFLA, para análises. Foram determinados os teores de N, P, K, Ca, Mg e S e o teor de matéria orgânica do solo. O nitrogênio total foi determinado pelo método semimicro Kjeldahal; P e K foram extraídos pelo Mehlich 1 e analisados, respectivamente, por colorimetria e fotometria de chama. O Ca e o Mg foram extraídos com KCl 1N e analisados por titulometria (Vetori, 1969). Os teores de enxofre por turbidimetria, segundo a metodologia de Blanchar et al. (1965).

Para determinação dos estoques dos macronutrientes e da matéria orgânica do solo, foi feita a conversão dos valores de concentração de nutrientes para  $\text{kg ha}^{-1}$ , para as profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm e, posteriormente, somados os valores para obter-se o estoque total de nutrientes no solo até 40 cm de profundidade.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Produção de serapilheira

Observou-se diferença estatística na produção (deposição) mensal de serapilheira entre as coberturas vegetais estudadas (Figura 4). A vegetação natural (capoeira) foi o tratamento que apresentou maior deposição de serapilheira com  $13,38 \text{ t ha}^{-1}$  e, entre as espécies componentes do sistema agroflorestal, a bandarria e a gliricídia apresentaram as maiores quantidades de serapilheira com  $4,02$  e  $3,43 \text{ t ha}^{-1}$ , respectivamente. As menores deposições ocorreram pelo cupuaçuzeiro ( $1,41 \text{ t ha}^{-1}$ ), cacauzeiro ( $1,16 \text{ t ha}^{-1}$ ), mangueira ( $1,12 \text{ t ha}^{-1}$ ) e na teca ( $1,07 \text{ t ha}^{-1}$ ).

A maior produção de serapilheira na área de vegetação natural corresponde à média citada por Brown e Lugo (1982) para florestas tropicais e subtropicais, que podem variar de 1 a  $15,3 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Vitousek (1984) cita valores de deposição de  $12,6 \text{ t ha}^{-1}$ , em florestas tropicais. A produção de serapilheira pela gliricídia foi superior a  $2\,398 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , encontrada por Mafra et al. (1998) em espécies leguminosas em sistema em aléias, no cerrado. Este valor foi semelhante ao obtido por Costa et al. (2004) de  $3,3 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  em área degradada no Rio de Janeiro. Isso mostra que a gliricídia pode ser considerada como uma opção para o sombreamento de cacauzeiros e também como componente de sistemas agroflorestais, bem como para utilização na recuperação de área degradada na região.

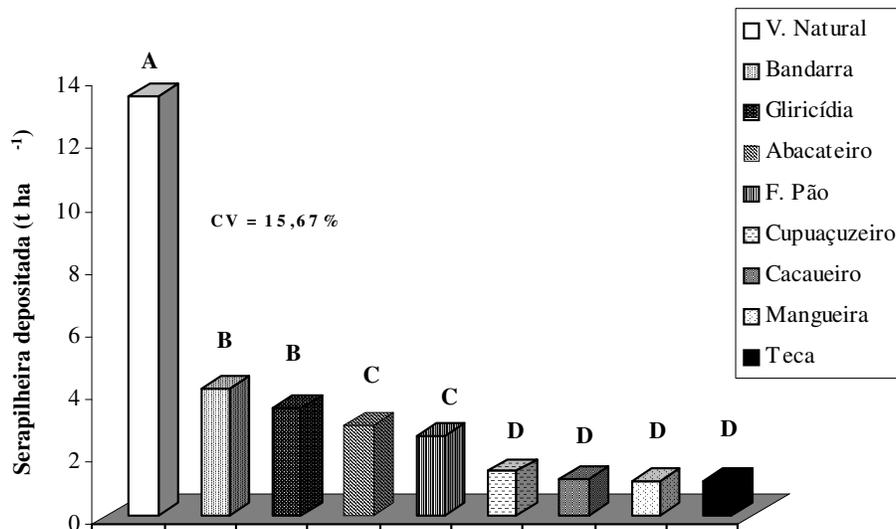


FIGURA 4 - Produção anual de serapilheira (outubro/2002 a setembro/2003) em espécies frutíferas, florestais e na vegetação natural. UFLA, Lavras, MG, 2005.

A baixa deposição apresentada pela mangueira e pelo cacaueiro deve-se ao fato da primeira ter sofrido uma poda intensa em torno de 50% da copa e no cacaueiro, devido à idade das plantas e a realização da enxertia de substituição de copa com material mais resistente à doença conhecida como vassoura-de-bruxa (*Crinipellis perniciosa*). Estes resultados com cacaueiro foram inferiores aos obtidos por Jaimez & Franco (1999) com cacaueiros, com três anos de idade e vários tipos de sombreamento com frutíferas, com os quais obtiveram uma produção variando entre 7,2 e 10,9 t ha<sup>-1</sup>. Também foram inferiores aos obtidos na Costa Rica por Heuvelodop et al. (1988) em combinações com cacaueiro-poro (*Erythrina poeppigiana*) e de cacaueiro-loro

(*Cordia alliodora*) de 6 anos de idade, com 8,9 e 7,1 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, respectivamente. Santana et al. (1990) obtiveram quantidade de serapilheira, em plantações de cacaueteiro no sul da Bahia, com valores entre 2.571 kg ha<sup>-1</sup> e 8.829 kg ha<sup>-1</sup>, os quais são superiores ao obtido nesta pesquisa, isto em decorrência da idade das plantas. Boyer (1973) encontrou uma produção de 8,4 t ha<sup>-1</sup> em uma plantação de cacaueteiro com 30 anos em Camarões.

Estes resultados, em parte, podem ser pelo fato de haver uma certa relação entre a quantidade de serapilheira depositada anualmente e a idade das plantas, de acordo com Bray e Gorham (1964). Em geral, observa-se um aumento gradativo na deposição da serapilheira até as árvores atingirem a maturidade ou fecharem as copas; depois disto pode ocorrer um ligeiro decréscimo ou uma estabilização.

A quantidade de serapilheira depositada pelos diferentes componentes do sistema agroflorestal foi de 17.614 kg ha<sup>-1</sup>, valor este superior à quantidade de serapilheira produzida pela área de vegetação natural, que produziu 13.380 kg ha<sup>-1</sup>. Este resultado demonstra que estas espécies, quando combinadas, apresentam capacidade de produzir quantidade considerável de serapilheira, contribuindo dessa forma para a cobertura do solo e ciclagem de nutrientes.

A queda do folheto (serapilheira), dentre uma série de fatores, pode estar relacionada com as variáveis climáticas. A variação mensal de deposição da serapilheira seguiu tendência distinta entre as espécies avaliadas (Figura 5 e Tabela 1). No período de 12 meses, a vegetação natural apresentou a menor variação (CV 8,57%), seguida da bandarria (CV 28,29%), gliricídia (CV 34,09%), abacateiro (CV 39,94%), fruta-pão (CV 45,11%), cupuaçueteiro (CV 81,49%), cacaueteiro (CV 98,86%), mangueira (CV 102,12%) e a teca (CV 106,79%). A menor variabilidade encontrada na vegetação natural, também foi obtida por Gama-Rodrigues & Barros (2002), onde os mesmos observaram

menor variação da produção de serapilheira neste tipo de cobertura, em relação a outros ecossistemas.

No período entre outubro/2002 e março/2003, que coincide com o período mais chuvoso na região (Figura 3), houve uma maior deposição de serapilheira nos renques de fruta-pão, mangueira, teca e abacateiro, com produção de 80,25%, 76,22%, 65,51% e 64,62% do total da serapilheira (Figura 5 e Tabela 1). Porém, para a teca e cupuaçuzeiro, observa-se que o pico de produção máxima de serapilheira ocorreu nos meses de maio/2003 e agosto/2003, os quais apresentaram baixa precipitação. De acordo com Jackson (1978), em alguns ecossistemas pode ocorrer coincidência entre a maior produção de serapilheira e o período de maior precipitação. As variações na produção de serapilheira estão de acordo com Delitti (1982), para o qual essa variação está relacionada com fatores ambientais e genéticos.

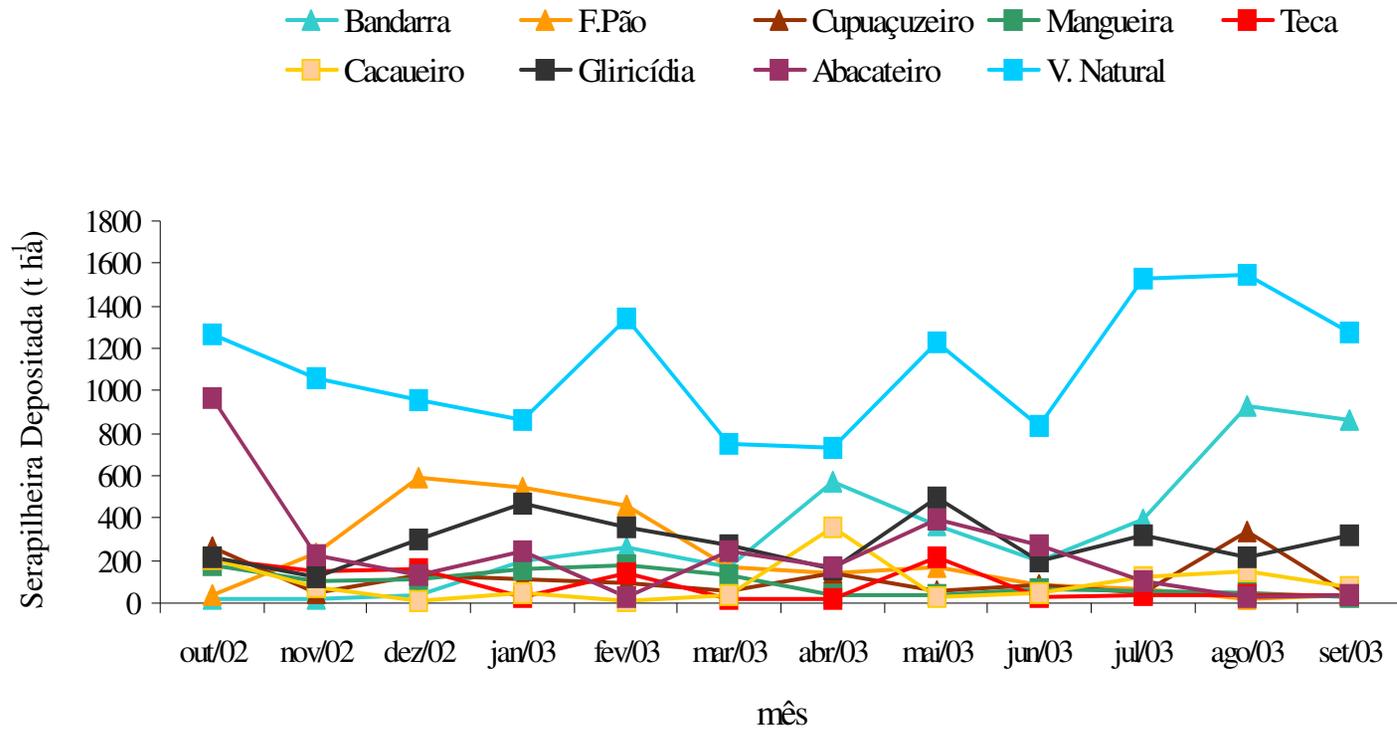


FIGURA 5 - Deposição mensal de serapilheira (outubro/2002 a setembro/2003) em espécies frutíferas, florestais e na vegetação natural. UFLA, Lavras, MG, 2005.

A maior deposição de serapilheira na vegetação natural, cacauieiro e bandarra ocorreu entre os meses de abril/2003 e setembro/2003. Esse período é considerado mais seco e quente na região, com 53,40%, 66,65% e 82,50%, respectivamente, do total produzido (Figura 5 e Tabela 1). No renque de vegetação natural observou-se pouca variação na produção de serapilheira durante os 12 meses, sendo um maior pico no mês de agosto. Estes dados da vegetação natural estão próximos aos obtidos por Luizão e Schubart (1987), que observaram, na Amazônia, uma maior produção de liteira no período menos chuvoso na região.

Vogt et al. (1986) mostraram que, em ecossistemas de florestas, a quantidade de serapilheira produzida pode não estar relacionada com fatores climáticos ou com a latitude, mas com o comportamento perene ou decíduo das árvores. Isto vem a corroborar com os resultados obtidos nesta pesquisa em que as espécies apresentaram comportamentos divergentes quanto à produção de serapilheira.

As diferenças na variação mensal de deposição de serapilheira estão de acordo com os estudos realizados por Uguen et al. (1998), em Manaus, com sistema agroflorestal. Estes autores observaram que as espécies perenes mostraram diferentes produções temporais na produção de serapilheira e que as espécies tiveram baixas produções em comparação com a floresta primária.

TABELA 1 - Distribuição da produção de serapilheira em renques com espécies frutíferas, florestais e vegetação natural. UFLA, Lavras, MG, 2005.

<b>Espécie</b>	<b>Out./02 à mar./03</b>	<b>Abr./03 à set./03</b>
Mangueira	76,20%	23,77%
Fruta-pão	80,30%	19,70%
Cupuaçuzeiro	50,10%	49,90%
Cacaueiro	33,40%	66,60%
Gliricídia	50,60%	49,40%
Abacateiro	64,60%	35,40%
Bandarra	17,50%	82,50%
Teca	65,50%	34,50%
Vegetação natural	46,60%	53,40%

As diferentes épocas de máxima e mínima deposição de serapilheira observadas entre as espécies são características que podem ser utilizadas para a seleção, manejo de espécies para comporem sistemas agroflorestais a serem utilizados para o processo de ocupação de novas áreas, bem como na recuperação de solos degradados. No processo de manejo destas espécies pode-se adicionar continuamente matéria orgânica ao solo durante o ano, favorecendo uma permanente cobertura do solo.

#### **4.2 Macronutrientes nas folhas e na serapilheira depositada**

Nas Tabelas 2 e 5A observa-se que as espécies apresentam diferentes teores de nutrientes na parte aérea; os maiores teores de N, P, K e S ocorreram nas folhas de gliricídia. O elevado teor de nitrogênio deve-se ao fato da espécie ser uma leguminosa fixadora de N<sub>2</sub>, enquanto o fruta-pão apresentou teores

semelhantes para o P e S, e foi maior no Ca. Nas folhas de teca foram encontrados os menores teores para a maioria dos nutrientes analisados.

TABELA 2 - Concentração de macronutrientes nas folhas das espécies frutíferas, florestais e da vegetação natural, resultado da média dos meses de fevereiro/2003 e setembro/2003. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Espécie	Nutrientes (g kg <sup>-1</sup> )					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Mangueira	13,70 d	1,51 b	10,94 c	17,21 d	2,08 c	0,99 b
Cupuaçuzeiro	20,55 c	1,42 b	9,42 c	8,57 e	1,80 c	1,79 a
Fruta-pão	22,23 b	1,88 a	15,0 b	28,85 a	3,61 b	2,20 a
Abacateiro	24,52 b	1,43 b	14,64 b	17,51 d	3,88 b	1,47 b
Cacaueiro	25,50 b	1,40 b	15,20 b	22,44 c	6,06 a	1,26 b
Gliricídia	34,90 a	2,12 a	25,05 a	12,97 e	3,62 b	2,0 a
Bandarra	26,13 b	1,63 b	10,76 c	21,36 c	2,12 c	1,82 a
Teca	17,50 c	1,32 b	8,55 c	24,87 b	1,76 c	1,28 b
Vegetação Natural	23,20 b	1,10 b	14,05 b	17,98 d	3,22 b	1,67 a
C. V. (%)	11,74	14,08	18,52	6,72	8,47	16,70

Letras iguais, na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%.

Apesar dos nutrientes poderem também ser transferidos das plantas pelo escoamento superficial com as águas das chuvas, parte dos mesmos pode ser translocada das folhas para as outras partes das plantas. Considerando que não foi feita essa quantificação e que as plantas sofreram as mesmas transferências de nutrientes por efeito das precipitações, calculou-se, pela diferença de

concentração de nutrientes encontradas nas folhas e na serapilheira, a porcentagem de nutrientes que foram translocados nos diferentes componentes avaliados.

As concentrações de macronutrientes analisados na serapilheira depositada nos coletores foram, em geral, diferentes nas espécies avaliadas (Tabela 3 e Tabela 4A). A exceção foi para o K, que não apresentou diferença na concentração dos nutrientes na serapilheira produzida pelas espécies. A serapilheira produzida pela fruta-pão apresentou maiores concentrações para o P e S, enquanto que a produzida pelo cacauzeiro teve as maiores concentrações para o Ca e Mg.

Os teores de nutrientes obtidos na serapilheira da gliricídia foram superiores para o P e K e inferiores para o N e Mg em relação aos obtidos por Costa et al. (2004), em cujo trabalho esta espécie se destacou como a mais rica em nutrientes e com os mais baixos teores de polifenóis em relação às outras duas leguminosas avaliadas

Para os componentes do sistema agroflorestal e para a vegetação natural, em relação às folhas da copa, de maneira geral, não houve aumento no teor da maioria dos nutrientes, exceto para o N na mangueira, o Ca para o abacateiro e gliricídia e o Mg no cupuaçuzeiro.

Ao comparar-se os resultados de concentração de nutrientes da serapilheira produzida com os das folhas das espécies frutíferas, florestais e da vegetação natural (Tabelas 2 e 3), verifica-se retranslocação de P, K e S para todos as espécies componentes do sistema agroflorestal e vegetação natural (Tabela 4).

TABELA 3 - Concentração de macronutrientes na serapilheira depositada das espécies frutíferas, florestais e da vegetação natural, média de quatro coletas, nos meses de dezembro/2002, março/2003, junho/2003 e setembro/2003. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Espécie	Nutriente (g kg <sup>-1</sup> )					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Mangueira	14,70 a	0,55 c	5,39 a	23,61 b	1,58 c	0,80 d
Cupuaçuzeiro	13,04 b	0,52 c	4,95 a	14,50 c	2,06 c	1,0 c
Fruta-pão	15,97 a	1,68 a	9,70 a	22,42 b	4,20 b	1,70 a
Abacateiro	12,23 b	1,10 b	8,46 a	20,35 c	4,05 b	1,17 c
Cacaueiro	16,24 a	0,78 c	6,47 a	27,84 a	5,81 a	1,17 c
Gliricídia	18,53 a	1,09 b	6,91 a	17,62 c	3,79 b	1,38 b
Bandarra	16,51 a	1,17 b	8,21 a	19,89 c	1,77 c	1,08 c
Teca	12,27 b	1,22 b	7,61 a	16,60 c	1,56 c	0,70 d
Vegetação Natural	16,54 a	0,61 c	6,40 a	17,81 c	2,36 c	0,81 d
C. V. (%)	7,80	27,84	26,20	9,73	13,57	14,10

Letras iguais na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%.

A retranslocação do P foi maior na mangueira (-63,6%) e no cupuaçuzeiro (-63,4%), enquanto que a menor taxa foi verificada na teca (-7,6%). Zaia & Gama-Rodrigues avaliando a ciclagem bioquímica de 3 espécies de eucalipto, verificaram elevada intensidade de ciclagem bioquímica de P, em decorrência deste nutriente ser imóvel no solo e muito móvel no interior das plantas. A gliricídia mostrou maior retranslocação para o K em relação às outras espécies (-72), porém, para esta, não ocorreu retranslocação para o Ca e Mg.

A teca também apresentou menor retranslocação o K (-11%), os valores negativos indicam ciclagem bioquímica.

TABELA 4 - Variação percentual da concentração de macronutrientes entre a serapilheira depositada (SD) e as folhas da parte aérea (Fo) (ciclagem bioquímica) em espécies frutíferas, florestais e na vegetação natural. UFLA, Lavras, MG, 2005.

<b>Espécie</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>
%						
Mangueira	+7,3	-63,6	-50,7	+37,2	-24,0	-19,2
Cupuaçuzeiro	-36,5	-63,4	-47,4	-15,7	-14,4	-44,1
Fruta-pão	-28,2	-10,6	-35,3	-22,9	+16,3	-22,7
Abacateiro	-50,1	-23,1	-42,2	+15,9	+4,4	-20,4
Cacaueiro	-36,3	-44,3	-57,4	+24,0	-4,1	-7,1
Gliricídia	-46,9	-48,6	-72,4	+35,8	+4,7	-31,0
Bandarra	-36,8	-28,2	-23,7	-6,9	-16,5	-40,6
Teca	-29,9	-7,6	-11,0	-33,2	-11,4	-45,3
Vegetação Natural	-28,7	-44,5	-54,5	-0,9	-26,7	-51,5

No S, a taxa de retranslocação foi maior na vegetação natural (-51%) e a menor no cacaueiro (-7%). No caso do Ca houve retranslocação somente na teca (-33%), fruta-pão (-22%), bandararra (-6,9%) e na vegetação natural (-0,9%). A maior retranslocação de Mg ocorreu na vegetação natural (-26,7%), seguido da mangueira (-24%), bandararra (-16,5%), teca (-11,4%) e no cacaueiro (-4,1%). Na mangueira, cupuaçuzeiro, abacateiro, cacaueiro e gliricídia não houve, aparentemente, retranslocação de Ca (+15,9% a +37,2%); o mesmo ocorreu para

o Mg na fruta-pão (+16,3%), cupuaçuzeiro (+14,4%), gliricídia (+4,7%) e no abacateiro (+4,4%), sendo estes nutrientes com menor ciclagem bioquímica, e para o N na mangueira (+7,3%). Estes resultados para o P e K são corroborados por Gama-Rodrigues (1997) em estudo avaliando povoamentos de eucalipto, dandá e vegetação natural na Bahia, este autor verificou grande retranslocação de N, P e K. A de P foi de 49% na floresta nativa (valor próximo ao obtido pela vegetação natural neste estudo), 50% no dandá e 75% no eucalipto. O mesmo não obteve retranslocação para o Ca nos diferentes ecossistemas florestais.

A diferença entre a concentração de nutrientes nas folhas e na serapilheira na mesma espécie indica que a reabsorção do nutrientes é uma alternativa estratégica para a conservação do nutriente pelas plantas. Este fenômeno deve ser considerado no balanço de nutrientes nos sistemas agroflorestais multiestratificado.

#### **4.3 Acúmulo de macronutrientes na serapilheira depositada**

Os resultados dos diferentes acúmulos dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) na serapilheira depositada nos períodos chuvoso (dezembro/2002 e março/2003) e seco (março/2003 e junho/2003), para cada um dos componentes do sistema agroflorestal, encontra-se na Tabela 5 e Figura 6.

As diferenças no acúmulo de matéria seca e nos teores de nutrientes encontradas na serapilheira produzida por cada espécie refletiram na quantidade de nutrientes transferidos por esta via.

TABELA 5 - Acúmulo anual de macronutrientes na serapilheira produzida nas espécies frutíferas, florestais e na vegetação natural, média de quatro coletas, nos meses de dezembro/2002, março/2003, junho/2003 e setembro/2003. UFLA, Lavras - MG, 2005.

Espécie	Serapilheira (t ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	N	P	K	Ca	Mg	S
Mangueira	1,12	16,49 d	0,61 a	6,14 c	26,44 c	1,77 c	0,90 b
Cupuaçuzeiro	1,41	18,33 d	0,74 a	7,08 c	20,54 c	2,90 c	1,45 b
Fruta-Pão	2,54	40,78 c	4,27 a	24,69 b	57,33 b	10,63 b	4,29 b
Abacateiro	2,86	34,96 c	3,10 a	24,31 b	58,34 b	11,58 b	2,34 b
Cacaueiro	1,19	16,88 d	4,80 a	9,43 c	27,16 c	8,97 b	5,04 b
Gliricídia	3,43	63,56 b	3,75 a	23,85 b	60,26 b	12,98 b	4,75 b
Bandarra	4,02	66,59 b	4,70 a	33,02 b	50,96 b	7,18 b	4,34 b
Teca	1,07	13,13 d	1,30 a	8,11 c	17,87 c	1,68 c	0,77 b
V. natural	13,38	221,21 a	8,16 a	86,17 a	239,19 a	32,24 a	10,98 a
C. V. (%)		42,67	145,56	65,74	43,84	79,70	47,40

Letras iguais, na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%.

As maiores quantidades dos nutrientes depositados (N, P, K, Ca, Mg e S) foram observadas no material produzido pela vegetação natural, seguindo a tendência de deposição da serapilheira (13,38 t ha<sup>-1</sup>) e pela heterogeneidade do material formador da serapilheira. De maneira geral, os valores encontrados neste trabalho são superiores aos relatados por Vitousek (1984) em florestas tropicais. Avaliações da deposição de K da serapilheira em florestas tropicais reportam, em média, 41, 19 e 21 kg ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>, para solos de fertilidade média, baixa e áreas montanhosas, respectivamente (Vitousek & Stanford Jr., 1986).

Dentre as espécies componentes do sistema agroflorestal, a bandarria e a gliricídia devolveram as maiores quantidades de N, apesar de não haver diferença significativa na quantidade de P acumulado na serapilheira produzida para as espécies, observa-se que cacaueteiro, bandarria, fruta-pão, abacateiro e teca retornaram as maiores quantidades desse nutriente (Figura 5A e 5B). No caso do cacaueteiro, os valores no acúmulo de nutrientes foram inferiores aos obtidos por Jaimez & Franco (1999) em sistema com cacaueteiros sombreados com frutíferas. Para o K, Ca e Mg, as espécies apresentaram diferenças significativas. No caso do N, Ca e Mg, as menores quantidades foram na serapilheira de teca, com 13,13 kg ha<sup>-1</sup>, 17,87 kg ha<sup>-1</sup> e 68 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Isto, possivelmente, ocorreu em função da menor quantidade de serapilheira produzida e pela baixa concentração destes nutrientes na serapilheira. Por outro lado, a mangueira apesar de não haver diferença significativa para o P, apresentou menor acúmulo (0,61 kg ha<sup>-1</sup>) e K com 6, 14 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 6C).

A vegetação natural acumulou 221,21 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N; 8,16 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de P; 86, 17 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de K; 239,19 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de Ca; 32,24 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de Mg e 10,98 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de S.

As espécies componentes do sistema agroflorestal avaliado acumularam 270,72 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N; 23,27 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de P; 136,63 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de K; 318,9 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de Ca; 57,69 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de Mg e 23,88 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de S (Tabela 5).

Na comparação do acúmulo de macronutrientes entre a serapilheira das espécies que compõem o sistema agroflorestal e a vegetação natural, verificou-se que ele foi maior nas espécies do sistema agroflorestal, com 831,9 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto na serapilheira da vegetação natural foi de 597,95 kg ha<sup>-1</sup>. Esses resultados mostram que estas espécies quando combinadas, possuem capacidade de acumular na serapilheira, quantidades de nutrientes superiores às da vegetação nativa.

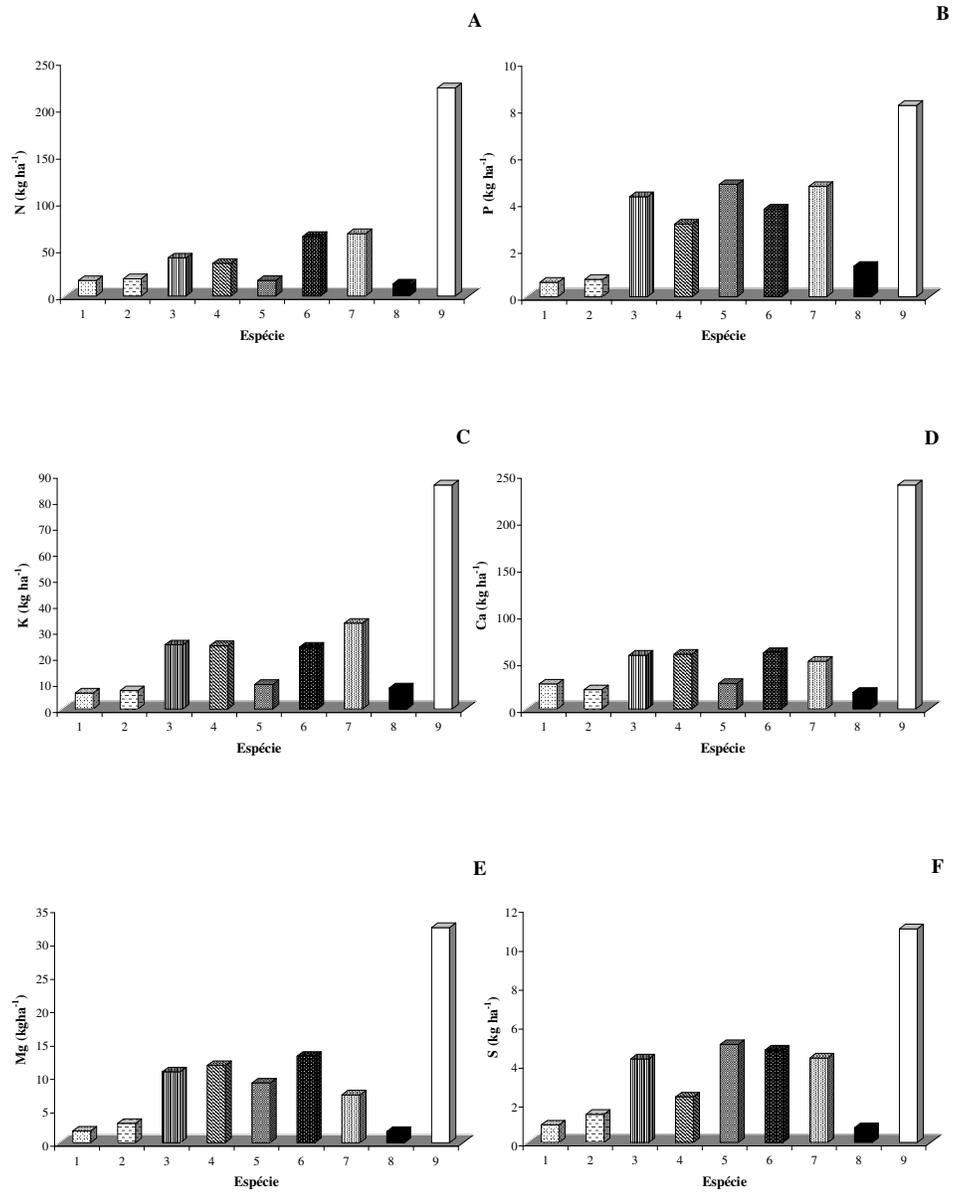


FIGURA 6 - Estoque de nutrientes na serapilheira depositada por: 1-mangueira; 2-cupuaçuzeiro; 3-fruta-Pão; 4-abacateiro; 5-cacaueiro; 6-glicírdia; 7-bandarra; 8-teca; 9-vegetação Natural. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Para as espécies componentes do sistema agroflorestal e na vegetação natural a ordem de acúmulo dos nutrientes foi Ca>N>K>Mg>S>P.

#### 4.4 Eficiência de uso de nutrientes

Por meio da relação entre a quantidade de matéria seca e nutrientes acumulados no material formador da serapilheira, pode-se estimar a eficiência da ciclagem dos nutrientes de tecidos senescentes para tecidos jovens (Vitousek, 1984). Valores altos desta relação indicam eficiente ciclagem bioquímica.

Desse modo, a teca foi mais eficiente na ciclagem interna, junto com o abacateiro, foram mais eficiente para o N e a teca para o Mg e S, enquanto o cupuaçuzeiro foi para o P, K e Ca (Tabela 6). Espécies com maior capacidade de ciclagem bioquímica revelam maior potencial de adaptação em ecossistemas pobres em nutrientes ou degradados pela ação antrópica. Este é um dos principais mecanismos responsáveis pela maior eficiência do uso de nutrientes de algumas espécies arbóreas (Fischer & Juo, 1994).

TABELA 6 - Eficiência do uso de nutrientes, estimada na serapilheira de espécies frutíferas, florestais e da vegetação natural. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Espécie	N	P	K	Ca	Mg	S
Mangueira	68	1.811	186	42	634	1.248
Cupuaçuzeiro	77	1.928	401	69	485	998
Fruta-Pão	63	595	103	45	238	588
Abacateiro	82	908	118	49	247	853
Cacaueiro	60	1.247	151	35	168	834
Gliricídia	54	1.000	145	57	264	725
Bandarra	60	855	122	50	565	926
Teca	82	826	132	60	643	1.432
Vegetação Natural	60	1.640	156	56	424	1.234

(1) Eficiência de uso de nutrientes no MFS = kg de matéria seca kg<sup>-1</sup> de nutrientes (Vitousek, 1984).

Gama-Rodrigues & Barros (2002), em solos de tabuleiros costeiros do sudeste da Bahia, constataram que o eucalipto possui alta eficiência de uso de nutriente na biomassa de folheto transferido para o solo em relação à floresta natural e ao dandá (*Joannesia princeps* Vell.). Andrade et al. (2000), avaliando algumas espécies de leguminosas, constataram que a *Acacia mangium* foi a mais eficiente na ciclagem interna de quase todos os nutrientes.

Segundo Gama-Rodrigues (1997), que no processo de seleção de espécies para composição de um sistema agroflorestal, o mais importante é a combinação daquelas que tenham atributos ecofisiológicos, como espécies com altas taxas de ciclagem de nutrientes, com outras de grande eficiência de uso de nutrientes.

A baixa eficiência de utilização de N pela gliricídia e do P, K e S pela fruta-pão e do Ca e Mg pelo cacauero, evidencia que no arranjo das espécies no sistema agroflorestal, o plantio próximo da teca ou do cupuaçuzeiro com a gliricídia, e ou, do cupuaçuzeiro com a fruta-pão e do cacauero com a teca poderia proporcionar o aumento na disponibilidade de nutrientes.

#### **4.5 Serapilheira acumulada sobre o solo**

Na Figura 7 e na Tabela 7 são apresentados os estoques da serapilheira acumulada nas diferentes espécies frutíferas e florestais componentes do sistema agroflorestal e da vegetação natural.

No estudo de ciclagem de nutrientes, a produção de folheto e o processo de decomposição constituem parte importante da trajetória dos elementos no setor biológico e seu ambiente imediato: compartimento planta-folheto-solo (Meguro et al., 1979).

As quantidades de serapilheira acumuladas sobre o solo apresentaram diferenças significativas entre as espécies. O acúmulo foi maior no renque com mangueira (14,61 t ha<sup>-1</sup>), seguido pelo com bandarra (12,8 t ha<sup>-1</sup>) e com

vegetação natural ( $12,73 \text{ t ha}^{-1}$ ) e com enquanto que a menor quantidade acumulada foi observada no renque com teca ( $7,39 \text{ t ha}^{-1}$ ). Este maior acúmulo observado no renque com mangueira, provavelmente, foi decorrente da poda drástica que proporcionou grande deposição de folhas novas e galhos finos no solo, sendo estes materiais mais resistentes à decomposição. No caso da vegetação natural, o acúmulo deve-se ao fato desta área se encontrar em processo de regeneração, o que contribui para adição de elevada quantidade de folhas e galhos finos, apesar desta cobertura ter apresentado uma maior taxa de decomposição (Tabela 8). Em geral, os materiais lenhosos são mais resistentes à decomposição do que as folhas e os ramos não lignificados. Sob as mesmas condições edafoclimáticas, a velocidade de decomposição da serapilheira vai variar de acordo com a percentagem de lignina, polifenóis, carbono, nitrogênio, fósforo e enxofre, dentre outros componentes (Swift et al., 1979). A relação entre algumas dessas substâncias, como C/N, lignina/N, celulose/N, tem sido usada para explicar as diferenças entre a velocidade de decomposição de materiais orgânicos.

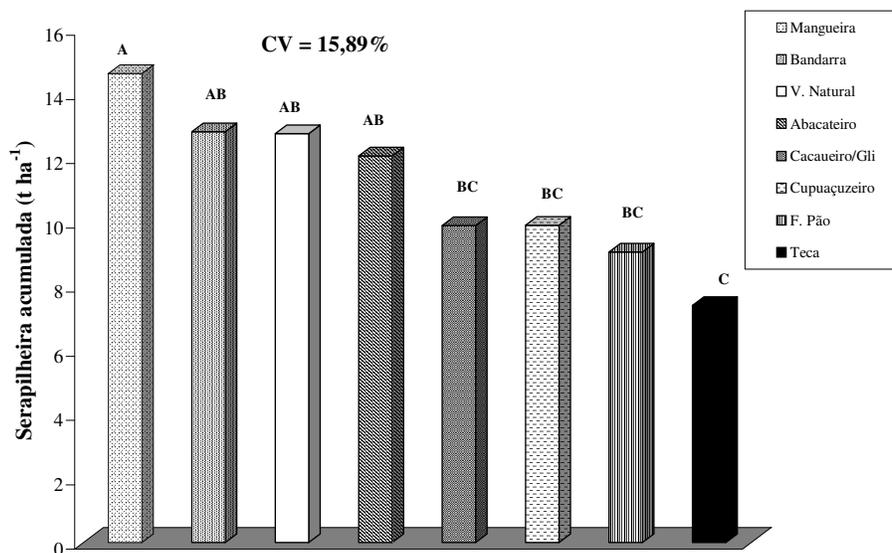


FIGURA 7 - Estoque médio anual de serapilheira acumulada (t ha<sup>-1</sup>) em espécies frutíferas, florestais e na vegetação natural. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Della Bruna et al. (1991) citam que o acúmulo de material orgânico não decomposto sobre o solo em áreas com eucalipto pode ser atribuído à composição química da serapilheira e, em especial, à sua relação C/N e à presença de componentes com ação antibacteriana. Gama-Rodrigues (1999), avaliando diversos tipos de coberturas florestais na Bahia, observou que estas coberturas apresentaram elevados teores de lignina e celulose. Resultado relacionado com a presença de substâncias que interferem no processo de decomposição da serapilheira foi observado por Costa et al. (2004), avaliando algumas leguminosas para a recuperação de área degradada no Rio de Janeiro, verificaram que o material formador da serapilheira da gliricídia apresentou

maior concentração de nutrientes e menor concentração de polifenóis, revelando maior potencial de decomposição que as demais espécies avaliadas.

TABELA 7 - Acúmulo de matéria seca na serapilheira das espécies frutíferas, florestais e na vegetação natural, coletadas de três em três meses, em quatro épocas. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Espécie	Época de coleta				Média
	Dez/02	Mar/03	Jun/03	Set/03	
	<b>kg ha<sup>-1</sup></b>				
Mangueira	10.773 B a	24.173 A a	11.813 B a	11.680 B a b	14.610 a
Cupuaçuzeiro	6.920 A a	10.333 A b	9.840 A a	12.413 A a b	9.877 b c
Fruta-pão	8.947 A a	11.133 A b	11.133 A a	5.000 A b	9.053 b c
Abacateiro	9.213 A a	14.453 A b	9.427 A a	15.067 A a	12.040 a b
Cacaueiro/Gli	10.333 A a	9.160 A b	10.347 A a	9.733 A a b	9.873 b c
Bandarra	8.000 a A	12.827 A B b	14.120 A a	16.253 A a	12.800 a b
Teca	6.560 A a	8.253 A b	6.693 A a	8.040 A a b	7.387 c
Vegetação Natural	7.613 B a	15.760 A a b	11.280 A b	16.280 A a	12.740 a b
C.V. (%)					29,80

Letras minúsculas iguais, na mesma coluna e letras maiúsculas iguais na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott 5%.

Como observa-se na Tabela 7, a maioria das espécies não apresentou diferenças significativas no acúmulo de serapilheira, durante as épocas do ano. Somente no renque da mangueira com média de 17,4 t ha<sup>-1</sup> no período chuvoso (inverno) e na vegetação natural com 13,8 t ha<sup>-1</sup>, obtida no período menos chuvoso (verão) na região, houve diferenças significativas durante o ano. Este resultado na área de vegetação natural está de acordo com Golley (1983), que afirma que, nas regiões tropicais, as taxas de decomposição são baixas na estação seca e rápidas durante a úmida. Luizão & Schubart (1987) observaram

que maior parte da decomposição ocorre na estação chuvosa. Teixeira et al. (1994), avaliando o estoque de liteira em agroecossistema de seringueira e cacauzeiro no Pará, observaram as maiores concentrações nos meses de agosto a dezembro, período de menor precipitação pluvial.

César (1993) sugere que as variações observadas nos padrões de decomposição entre as diversas espécies ocorrem em função da cobertura vegetal, da produção e qualidade da serapilheira, das condições climáticas e da composição da microbiota e da mesofauna.

Anderson e Swift (1983) enumeraram vários fatores que podem explicar taxas diferentes de decomposição em florestas tropicais, os quais podem servir de base para compreensão dos resultados obtidos pelas diversas espécies perenes deste estudo, tais como baixa concentração de nutrientes, alta concentração de lignina nas folhas, atividade reduzida da fauna decompositora, etc. Pagano (1989) cita ainda o grau de intensidade de atividade antrópica e a localização dos ecossistemas como fatores que influenciam a decomposição da serapilheira.

As diferentes velocidades de decomposição da serapilheira produzida pelas espécies componentes deste sistema agroflorestal podem ser utilizadas como uma estratégia para complementar as necessidades nutricionais de culturas econômicas em sistema agroflorestal e ou para auxiliar na recuperação de solos degradados (Andrade et al., 2000).

#### **4.6 Macronutrientes na serapilheira acumulada**

As concentrações dos nutrientes nas serapilheiras acumuladas pelas espécies frutíferas, florestais e na vegetação natural, encontram-se na Tabela 8.

Dentre os nutrientes estudados, o N não apresentou diferença significativa entre os componentes do sistema agroflorestal, porém, observa-se uma ligeira superioridade na concentração deste nutriente na serapilheira da vegetação natural. Este resultado observado nesta cobertura vegetal é semelhante

ao obtido por Gama-Rodrigues & Barros (2002), em estudo com eucalipto, dandá e floresta natural, onde o maior teor foi obtido na floresta natural.

TABELA 8 - Concentração de nutrientes na serapilheira acumulada sobre o solo das espécies frutíferas, florestais e na vegetação natural, média de quatro coletas, nos meses de dezembro/2002, março/2003, junho/2003 e setembro/2003. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Espécie	Nutriente (g kg <sup>-1</sup> )					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Mangueira	20,23 a	1,15 a	8,73 a	22,05 b	2,30 b	1,23 d
Cupuaçuzeiro	19,48 a	1,31 c	6,11 b	12,15 e	2,12 a	1,38 c
Fruta-Pão	20,0 a	1,99 a	5,89 b	36,18 a	3,23 a	1,90 a
Abacateiro	21,38 a	1,66 b	9,24 a	15,88 d	3,05 a	1,59 b
Cacaueiro/Gliricídia	21,59 a	1,11 c	6,99 b	18,40 c	3,39 a	1,47 c
Bandarra	20,27 a	1,08 c	9,43 a	11,01 e	2,19 b	1,12 d
Teca	18,77 a	0,82 d	8,94 a	11,75 e	1,36 b	1,12 d
Vegetação Natural	22,47 a	0,95 d	4,94 b	18,75 c	1,96 b	1,27 d

Letras iguais na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott.

A serapilheira acumulada no renque da fruta-pão foi a que apresentou os maiores teores para quase todos os nutrientes, principalmente para o P e Ca, com exceção para o K, cujo maior teor foi encontrado nos renques da mangueira, abacateiro, bandarra e teca. No caso do P e S, está tendência foi observada na serapilheira produzida pela serapilheira produzida pelo fruta-pão.

Ao comparar os resultados de concentração de nutrientes da serapilheira produzida com os da serapilheira acumulada sobre o solo das espécies frutíferas,

florestais e da vegetação natural (Tabelas 3 e 8), obtém-se a taxa de intensidade da ciclagem biogeoquímica (Tabela 9).

Na determinação da retranslocação de nutrientes entre a serapilheira acumulada e a serapilheira depositada para cacauero sombreado com gliricídia, utilizou-se a soma da concentração dos nutrientes na serapilheira depositada (Tabela 2). Para essas espécies ocorreu altas taxas de ciclagem para todos os nutrientes (valores negativos).

O N e S foram os nutrientes onde ocorreram baixa ciclagem biogeoquímica para quase todas as espécies, mostrando que estes elementos tenderiam acumular-se na serapilheira (baixa ciclagem biogeoquímica-valores positivos). Para o P ocorreu maior intensidade na serapilheira do cacauero/gliricídia, da teca e da bandarria, no caso da teca verifica-se que houve uma baixa ciclagem bioquímica para as duas últimas espécies (Tabela 4) e uma elevada ciclagem biogeoquímica.

No caso do K, verificou-se baixa ciclagem biogeoquímica para quase todos os componentes avaliados, a exceção foi na serapilheira do cacauero/gliricídia (-47,76), da fruta-pão (-32,28) e na vegetação natural (-22,81), sendo que a menor intensidade na ciclagem foi observada na serapilheira da mangueira (+61,97). Zaia & Gama-Rodrigues avaliando a ciclagem biogeoquímica em três espécies de eucaliptos, observaram para o K intensa mineralização.

Quanto ao Ca, observou-se ciclagem biogeoquímica (valores negativos) para a maioria das espécies, a exceção ocorreu na fruta-pão e na vegetação natural, estas duas espécies apresentaram baixa intensidade de ciclagem bioquímica para este elemento mostrando que este elemento tenderia a acumular-se na serapilheira.

Para o Mg observou-se a maior intensidade na ciclagem, principalmente na serapilheira do cacau/gliricídia, abacateiro e fruta-pão, por outro lado, estas

espécies apresentaram baixa ciclagem bioquímica. Para a mangueira e bandarra ocorreu baixa intensidade de ciclagem biogeoquímica, porém verificou-se que houve maior intensidade na ciclagem bioquímica.

TABELA 9 - Variação percentual da concentração de nutrientes entre a serapilheira acumulada sobre o solo (AS) e a serapilheira depositada (SD) (ciclagem biogeoquímica) em espécies frutíferas, florestais e na vegetação natural. UFLA, Lavras, MG, 2005.

<b>Espécie</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>
%						
Mangueira	+37,62	+109,1	+61,97	-6,07	+45,57	+53,75
Cupuaçuzeiro	+49,39	+151,92	+23,43	-16,21	+2,91	+38,0
Fruta-Pão	+25,23	+18,45	-39,28	+61,37	-23,09	+11,76
Abacateiro	+74,82	+50,91	+9,22	-21,96	-24,69	+35,90
Cacaueiro/Gliricídia	-37,85	-50,88	-47,76	-59,52	-64,69	-42,35
Bandarra	+22,77	-7,69	+14,86	-47,0	+23,73	+3,70
Teca	+52,97	-32,77	+17,48	-29,22	-12,82	+60,0
Vegetação natural	+35,85	+55,74	-22,81	+5,28	-16,95	+56,79

#### **4.7 Nutrientes armazenados na serapilheira acumulada**

Na Tabela 10, encontram-se os estoques de macronutrientes da serapilheira acumulada, das coletas do período chuvoso (inverno) e seco (verão), bem como os estoques médios anuais.

O estoque de N na serapilheira de mangueira (301,21 kg ha<sup>-1</sup>) e da vegetação natural (297,54 kg ha<sup>-1</sup>) não diferiu significativamente (Tabela 10).

Todavia, o tempo médio de residência deste nutriente foi menor na serapilheira da vegetação natural, o que indica maiores taxas de decomposição. No cacauero sombreado com gliricídia, obtiveram-se 210,76 kg ha<sup>-1</sup>, valor este superior aos obtidos por Santana et al. (1990) em diversos agrossistemas com cacaueros na Bahia.

Os nutrientes estocados na serapilheira sobre os solo que mais diferiram entre as espécies foram o P, Ca, Mg e S. Para o P, as maiores quantidades foram obtidas para mangueira, com 16,49 kg ha<sup>-1</sup>; a fruta-pão, com 18,83 kg ha<sup>-1</sup> e as menores quantidades foram na teca, com 6,05 kg ha<sup>-1</sup>. Para o Ca, as maiores quantidades foram obtidas na serapilheira da mangueira e fruta-pão com 306,6 e 352,04 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Os maiores estoques de Mg foram obtidos na serapilheira de abacateiro, com 36,23 kg ha<sup>-1</sup> e no cacauero/gliricídia, com 34,38 kg ha<sup>-1</sup>.

A menor variação na quantidade dos nutrientes estocados na serapilheira, foi observada para o K, onde as quantidades estocadas na serapilheira da mangueira, abacateiro e bandarria, não apresentaram diferenças significativas (100,85 kg ha<sup>-1</sup> a 117,31 kg ha<sup>-1</sup>). Resultado inferior ao desse estudo foi obtido por Andrade et al. (2000) com leguminosas arbóreas utilizadas para recuperação de áreas degradadas no Rio de Janeiro.

Os maiores estoques de nutrientes foram observados na serapilheira acumulada da mangueira e do abacateiro. A exceção foi para o Mg na mangueira e para N e Ca no abacateiro. Este maior acúmulo na serapilheira da mangueira deve-se à maior biomassa de serapilheira sobre o solo e à decomposição mais lenta, que favorece a imobilização de nutrientes.

TABELA 10 - Estoque de macronutrientes na serapilheira acumulada das espécies frutíferas, florestais e na vegetação natural, coletadas em quatro épocas. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Espécie	Época de coleta				Média
	Dez/02	Mar/03	Jun/03	Set/03	
<b>kg ha<sup>-1</sup></b>					
<b>N</b>					
Mangueira	307,01 A a	578,81 A a	168,73 A a	150,30 A a	301,21 a
Cupuaçuzeiro	231,12 A a	255,24 A b	91,93 A a	135,83 A a	178,53 b
Fruta-pão	275,56 A a	398,03 A a	116,85 B a	56,50 B a	211,73 b
Abacateiro	260,48 B a	449,22 A a	123,25 B a	232,95 B a	266,3 b
Cacaueiro/Gliricídia	274,39 A a	275,89 A b	160,89 A a	131,90 A a	210,76 b
Bandarra	240,90 B a	412,83 A a	145,90 B a	144,82 B a	236,11 b
Teca	163,16 A a	218,95 A b	58,25 A a	124,10 A a	141,11 b
Vegetação natural	174,36 B a	544,44 A a	194,81 B a	276,57 B a	297,54 a
C.V. (%)					52,44
<b>P</b>					
Mangueira	8,46 B a	26,0 A a	18,60 A a	12,90 B a	16,49 a
Cupuaçuzeiro	11,71 A a	15,60 A b	7,78 A b	14,87 A a	12,49 b
Fruta-pão	21,32 A a	19,78 A a	27,60 A a	6,63 B a	18,83 a
Abacateiro	14,14 A a	19,87 A a	25,40 A a	16,85 A a	19,06 a
Cacaueiro/Gliricídia	14,74 A a	9,87 A b	8,97 A b	10,15 A a	10,93 b
Bandarra	11,03 A a	13,0 A b	15,15 A b	13,96 A a	13,29 b
Teca	5,58 A a	6,6 A b	5,42 A b	6,54 A a	6,05 c
Vegetação Natural	5,85 B a	24,68 A a	7,93 B b	13,73 B a	13,04 b
C.V. (%)					42,02

(Continua...)

(...Tabela 10, continuação)

<b>K</b>					
Mangueira	77,68 B a	138,03 A a	152,16 A a	101,40 B a	117,31 a
Cupuaçuzeiro	46,16 A b	80,62 A b	60,54 A b	49,30 A b	59,15 b
Fruta-Pão	45,83 B b	43,0 B b	120,82 A a	19,40 B a	57,26 b
Abacateiro	103,61 A a	91,42 A b	127,45 A a	80,95 A b	100,85 a
Cacaueiro/Gliricídia	107,26 A a	62,30 A b	67,33 A b	42,64 A b	69,88 b
Bandarra	143,83 A a	90,20 B b	132,40 A a	56,0 B b	105,60 a
Teca	85,67 A a	64,91 A b	77,91 A b	27,89 A b	64,09 b
Vegetação Natural	40,0 A b	69,24 A b	58,0 A b	78,0 A a	61,31 b
C.V. (%)					39,18
<b>Ca</b>					
Mangueira	234,15 B a	556,16 A a	250,18 B b	186,02 B a	306,6 a
Cupuaçuzeiro	82,58 A b	83,29 A c	95,39 A c	232,02 A a	123,32 c
Fruta-Pão	280,56 B a	328,61 B b	686,14 A a	112,85 C a	352,04 a
Abacateiro	102,58 A b	220,61 A b	183,46 A c	266,53 A a	193,29 b
Cacaueiro/Gliricídia	114,81 A b	170,64 A c	277,41 A b	159,98 A a	180,71 b
Bandarra	75,04 A b	154,70 A c	154,33 A c	195,12 A a	144,80 c
Teca	58,57 A b	86,62 A c	85,27 A c	125,05 A a	88,88 c
Vegetação natural	142,34 A b	284,69 A b	240,87 A b	279,87 A a	236,95 b
C.V. (%)					39,64

(Continua...)

(...Tabela 10, continuação)

<b>Mg</b>					
Mangueira	21,31 A a	32,45 A a	32,16 A b	33,45 A b	29,85 b
Cupuaçuzeiro	15,10 A a	19,46 A a	22,95 A c	25,79 A c	20,82 c
Fruta-Pão	29,14 B a	24,54 B a	55,48 A a	12,45 B d	30,40 b
Abacateiro	26,64 B a	30,95 B a	34,93 B b	52,39 A a	36,23 a
Cacaueiro/Gliricídia	29,87 B a	27,93 B a	51,98 A a	27,75 A c	34,38 a
Bandarra	21,45 A a	24,03 A a	36,38 A b	27,75 A c	27,40 b
Teca	9,23 A a	10,38 A a	8,80 A c	12,27 A d	10,17 d
Vegetação natural	14,19 B a	26,94 B a	19,86 B c	40,50 A b	25,37 b
C.V. (%)					35,29
<b>S</b>					
Mangueira	11,86 B a	30,72 A a	16,55 B b	13,52 B b	18,16 a
Cupuaçuzeiro	11,35 A a	14,18 A b	14,27 A b	13,95 A b	13,44 b
Fruta-Pão	16,23 B a	15,79 B b	33,51 A a	5,90 C b	17,86 a
Abacateiro	15,15 A a	19,50 A b	18,34 A b	22,83 A a	18,95 a
Cacaueiro/Gliricídia	16,85 A a	12,93 A b	15,43 A b	12,65 A b	14,46 b
Bandarra	9,70 A a	13,39 A b	18,64 A b	15,10 A b	14,20 b
Teca	9,0 A a	9,81 A b	4,52 A c	10,40 A b	8,43 c
Vegetação Natural	10,1 B a	19,66 A b	13,63 A b	23,47 A a	16,70 a
C.V. (%)					35,53

Letras minúsculas iguais na mesma coluna e letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%.

Os menores estoques de nutrientes foram obtidos na serapilheira acumulada sobre o solo no renque de teca. Isto decorre da baixa concentração de nutrientes observada nas folhas em comparação com outras espécies, bem como a baixa quantidade de serapilheira acumulada sobre o solo.

Apesar da quantidade de serapilheira acumulada sobre o solo ter sido maior no renque de mangueira que na área de fruta-pão, o estoque de alguns nutrientes foi praticamente igual para as duas áreas, como P, Ca e S (Tabela 10).

A quantidade total de macronutrientes armazenados na serapilheira acumulada sobre o solo foi de 650,91 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para vegetação natural e de 3.711,42 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para as demais espécies. Este resultado seguiu a tendência observada no acúmulo de nutrientes na serapilheira depositada.

O cálcio e o nitrogênio, dentre os nutrientes analisados, foram os que apresentaram as maiores quantidades acumuladas na serapilheira das espécies componentes do sistema agroflorestal e na vegetação natural. Nas espécies frutíferas e florestais foram acumulados 1.389,64 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de Ca e 1.355,75 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N. Na vegetação natural, foram de 236,95 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de Ca e 297,54 95 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N. Este resultado demonstra que a serapilheira acumulada pelas espécies frutíferas e florestais possui a capacidade de armazenar quantidades consideráveis de nutrientes sobre o solo.

A formação e a manutenção da camada de serapilheira têm função importante para conservação dos nutrientes, evitando que os mesmos sejam perdidos por lixiviação ou erosão e que possam ser mineralizados lentamente (Andrade et al., 2000).

#### **4.8 Decomposição da serapilheira**

Na Tabela 11 são apresentados os valores dos coeficientes de decomposição, o tempo médio de decomposição e o tempo médio de residência dos nutrientes estocados na serapilheira acumulada.

As variações observadas na presente comparação entre os valores de constante *K* ou do tempo médio de renovação da serapilheira (*t*) nas diversas espécies avaliadas já eram esperadas. Sugere-se que estas variações sejam decorrentes das espécies, da produção e qualidade da serapilheira, das condições

climáticas e da composição da microbiota e da mesofauna. Ressalta-se que o coeficiente  $K$  é usado, normalmente, em povoamentos florestais que atingiram o estado clímax, nos quais a quantidade de serapilheira acumulada não varia de um ano para outro. Neste estudo, este coeficiente deve servir apenas como parâmetro para estudos mais aprofundados no futuro, em virtude das espécies avaliadas ainda não terem atingido a maturidade.

TABELA 11 - Coeficiente de decomposição ( $k$ )<sup>1</sup> e ( $t$ )<sup>2</sup> e o tempo médio de residência (TMR)<sup>3</sup> para a serapilheira e para o seu teor de nutrientes (n) em espécies frutíferas, florestais e vegetação natural. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Espécie	K	t <sup>(2)</sup>	N	P	TMR (ano)			
					K	Ca	Mg	S
Mangueira	0,08	12	18,3	26,6	19,4	12,2	16,8	20,2
Fruta-pão	0,28	4,0	5,2	17,7	2,3	6,2	2,8	4,1
Cupuaçuzeiro	0,14	7,0	9,7	4,4	16,8	6,0	7,2	9,5
Cacaueiro/Gliricídia	0,47	2,0	2,5	6,0	4,2	1,9	1,7	2,4
Abacateiro	0,24	4,0	7,6	2,5	2,2	3,3	3,1	5,6
Bandarra	0,31	3,0	3,6	2,8	3,2	1,8	3,8	3,3
Teca	0,15	7,0	10,7	4,6	7,9	5,0	7,3	11,2
Vegetação natural	1,05	0,9	1,3	1,6	0,7	1,01	0,8	1,5

1- Valor de  $K$ = massa da serapilheira produzida/massa da serapilheira acumulada (Anderson & Swift, 1983).

2- Valor de  $t$ = massa seca da serapilheira acumulada/massa seca da serapilheira depositada (Adams & Attiwill, 1986).

3- TMR= quantidade de nutriente da serapilheira acumulada/quantidade de nutriente na serapilheira depositada.

No coeficiente de decomposição  $K$  (Tabela 11), observa-se que o maior valor de  $K$  foi na vegetação natural (1,05) e, conseqüentemente, o menor tempo

médio de residência para a serapilheira ( $t$ ), demonstrando ser a decomposição e ou a renovação de sua camada de serapilheira, mais rápida que as das outras espécies avaliadas. O tempo médio de renovação para as folhas foi de 9 meses, resultado que concorda com os de Golley et al. (1978) que afirmam que a renovação da serapilheira em florestas tropicais se dá em menos de um ano, em decorrência da velocidade de decomposição de seus componentes.

Dentre as espécies avaliadas, o cacauero sombreado com gliricídia foi o que apresentou o maior valor de  $K$  (0,47), seguido pela bandarra (0,31) e, conseqüentemente, o menor tempo médio de residência (TMR) para a serapilheira, demonstrando ser a decomposição e ou a renovação de sua camada mais rápida que a de outras espécies avaliadas neste sistema agroflorestal. A interação da gliricídia com cacauero, demonstra que a presença desta leguminosa favorece a decomposição da serapilheira. O equilíbrio no número de plantas de cacau e gliricídia pode ser utilizado como estratégia durante o arranjo dos sistemas agroflorestais. Zaia & Gama-Rodrigues (2004) obtiveram valores de decomposição ( $K$ ) variando entre 0,51 e 1,0 para três espécies de eucalipto. Jaimez & Franco (1999) obtiveram uma decomposição de 65% das folhas de sistema com cacaueros, após 8 meses da deposição.

Os menores valores de  $K$  foram encontrados para mangueira, cupuaçuzeiro e a teca, evidenciando a baixa taxa de decomposição do material produzido por estas espécies.

Os nutrientes estocados na serapilheira da vegetação natural apresentaram o menor tempo médio de residência (TMR), indicando que este material possui alta taxa de mineralização (Tabela 11). O nutriente de mais rápida liberação da serapilheira da vegetação natural foi o K, isto por ser um elemento de alta mobilidade nas plantas e nos ecossistemas florestais. Este efeito tem sido observado em outros ecossistemas sob diferentes coberturas e

condições edafoclimáticas (Gama-Rodrigues, 1997 e Andrade et al., 2000, Kolm, 2001).

A serapilheira produzida pela mangueira, cupuaçuzeiro e teca mostrou altos valores de TMR para todos os nutrientes, indicando a baixa taxa de mineralização destes materiais. O valor estimado do TMR deve ser interpretado como indicador do “Turnover” de nutrientes, ou do potencial de mineralização, considerando que possa ocorrer imobilização durante o processo de decomposição (Adams & Attiwil, 1986).

## **4.9 Solos**

### **4.9.1 Características químicas do solo**

Na Tabela 12 são apresentadas as características químicas dos solos sob os diversos tipos de coberturas frutíferas, florestais e da vegetação natural.

Por meio da análise variância verificou-se que os atributos P, K, S, H+Al, SB, t e v apresentaram interação significativa entre espécie x profundidade, indicando que estes parâmetros são dependentes. Os demais parâmetros, como pH, N, Mg, MO, C e a relação C/N, não apresentaram interação espécie x profundidade significativa, mostrando que os dois fatores atuam independentes (Tabela 9A).

O solo (0-40cm) sob os renques com espécies frutíferas e florestais mostrou-se com acidez média e média fertilidade, não havendo diferença significativa entre as espécies dentro de cada profundidade. Porém, verifica-se ligeira superioridade nos renques de fruta-pão e abacateiro, para as duas profundidades, com valor do pH de 6,4 para ambas as espécies. Este resultado é semelhante ao obtido por McGrath et al. (2001) em sistema agroflorestal, em que o pH foi maior no policultivo em relação ao solo da vegetação nativa.

TABELA 12 - Características químicas dos solos, nas profundidades de 0-20cm e 20-40cm, obtidas de quatro amostras sob diferentes coberturas com espécies frutíferas, florestais e da vegetação natural. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Espécie	PH	N	P	K	S	Ca	Mg	H+Al	SB	t	V	MO	C	C/N
<b>0 - 20 cm</b>														
1	6,1ab	0,14a	4,95b	66,42a	6,56b	3,03a	0,56a	2,01b	3,76a	3,76a	64,44b	1,24a	0,66a	5,0a
2	6,1ab	0,18a	5,32b	56,58b	6,54b	2,76a	0,91a	1,98b	3,81a	3,81a	65,99b	1,30a	0,74a	4,3a
3	6,4a	0,18a	6,0b	72,75a	10,83a	3,24a	0,89a	1,62c	4,31a	4,31a	72,38a	1,35a	0,77a	4,5a
4	6,4a	0,14a	9,2a	53,42b	7,22b	2,74a	0,53a	1,73c	3,40b	3,40b	65,77b	1,07a	0,67a	4,8a
5	6,0ab	0,20a	3,54c	61,92a	7,83b	2,74a	0,99a	2,50a	3,97a	3,97a	61,59b	1,42a	0,77a	4,3a
6	6,0ab	0,17a	2,48c	50,0b	7,85b	2,46a	0,77a	2,10b	3,37b	3,37b	61,63b	1,33a	0,77a	4,6a
7	6,0ab	0,15a	1,96c	35,25c	6,79b	2,71a	0,50a	2,08b	3,30b	3,30b	61,74b	1,49a	0,77a	4,5a
8	5,9b	0,17a	3,65c	48,50b	8,41b	2,57a	0,90a	2,47a	3,60b	3,60b	57,91b	1,45a	0,80a	5,0a
<b>20 - 40 cm</b>														
1	6,2ab	0,10a	2,60a	53,08a	8,94a	1,69a	0,63a	1,84b	2,43a	2,45a	57,15a	0,55a	0,32a	3,1ab
2	5,9ab	0,10a	1,04a	52,16a	6,84b	1,38a	0,61a	1,93b	2,12a	2,12a	52,61a	0,57a	0,33a	3,3ab
3	6,3a	0,11a	2,20a	40,60b	9,22a	1,85a	0,67a	1,74b	2,45a	2,45a	58,34a	0,64a	0,37a	3,4a
4	6,4a	0,11a	1,60a	36,42b	6,96b	1,59a	0,52a	1,72b	2,23a	2,23a	56,21a	0,53a	0,31a	2,9ab
5	6,0ab	0,13a	1,04a	49,75a	6,13b	1,73a	0,74a	1,98b	2,59a	2,59a	56,66a	0,66a	0,38a	3,2ab
6	6,0ab	0,11a	1,09a	24,60c	5,57b	1,49a	0,52a	1,93b	2,07a	2,07a	52,01a	0,56a	0,32a	3,0ab
7	6,1ab	0,12a	0,89a	21,03c	5,65b	1,63a	0,57a	1,84b	2,27a	2,27a	55,31a	0,45a	0,26a	2,3b
8	5,8b	0,11a	1,39a	38,50b	5,81b	1,40a	0,67a	2,26a	2,18a	2,26a	49,20a	0,65a	0,38a	3,5a

Em cada profundidade, os valores seguidos de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Espécies: 1- mangueira; 2- cupuaçuzeiro; 3- fruta-pão; 4- abacateiro; 5- cacauzeiro/glicírcida; 6- bandarra; 7- teca; 8- vegetação natural. Unidades: N: dag dm<sup>-3</sup>; P, K, Ca, Mg: mg dm<sup>-3</sup>; H + Al, SB, t: C<sub>molec</sub> dm<sup>-3</sup>; V, MO, C e C/N: dag kg<sup>-1</sup>.

O pH não apresentou elevação significativa com as profundidades nos renques em estudo. Estes resultados diferem dos obtidos por Mafra (1998) e Vieira (1998), que observaram um aumento do pH com a profundidade.

A matéria orgânica no solo (MO) não apresentou diferenças significativas entre as espécies em cada profundidade; a significância pelo teste F não foi expressiva de forma a ser confirmada pelo teste de Scott-Knott, mostrando que não houve diferença significativa entre as espécies (Tabela 12). Este resultado está em conformidade com o obtido por McGrath et al. (2001), que não encontraram diferenças entre as espécies de um sistema agroflorestal e a vegetação nativa.

Na camada de 0-20, foram observados os maiores valores para todas as espécies em relação à camada de 20-40 cm, em razão do maior acúmulo de serapilheira. O valor médio na camada de 0-20 cm foi de 1,29 dag kg<sup>-1</sup>, enquanto que na camada de 20-40 cm foi de 0,58 dag kg<sup>-1</sup>. Teixeira et al. (1994), avaliando a matéria orgânica em solo sob consórcio seringueira e cacaueteiro no estado do Pará, constataram que o teor variou de 0,60%, na camada mais profunda (50-100 cm) a 1,78%, na camada superficial (0-10 cm). Este resultado é semelhante ao obtido nesta pesquisa na área de cacaueteiro sombreado com gliricídia. Esses resultados podem ser explicados Mafra et al. (2000) que ao avaliar o teor matéria orgânica em sistema agroflorestal no cerrado, o mesmo observou que o maior teor de matéria orgânica concentrou-se na camada superficial (0-5 cm), devido ao maior acúmulo de serapilheira.

De maneira geral, todos valores encontrados entre 1,07 e 1,49 dag kg<sup>-1</sup> na camada de 0-20 cm e entre 0,45 e 0,65 dag kg<sup>-1</sup> na camada de 20-40 cm nas diversas coberturas, são considerados baixos e muito baixos, respectivamente, pela Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999). Em decorrência disto, este tipo de solo mostrou uma baixa capacidade de armazenamento de matéria orgânica. Em pesquisas posteriores deve-se procurar

avaliar o teor de matéria orgânica em amostras estratificadas na camada de 0-20 cm.

O teor de carbono no solo (C), por estar diretamente relacionado com o teor de matéria orgânica, apresentou comportamento semelhante ao da matéria orgânica, no solo sob as espécies, tendo os valores obtidos nas duas profundidades sido classificados como baixo e muito baixo. Este solo apresentou comportamento diferente nas profundidades estudadas. Na camada de 0-20 cm, o valor médio nas espécies foi de  $0,74 \text{ dag kg}^{-1}$ , enquanto na profundidade 20-40 cm foi de  $0,33 \text{ dag kg}^{-1}$ . Este maior valor obtido na camada superficial está relacionado ao fato de haver maior concentração de matéria orgânica.

As espécies avaliadas não apresentaram valores significativamente diferentes de nitrogênio total no solo. Os resultados mostram que houve efeito significativo apenas nas profundidades avaliadas, estando os maiores teores na camada de 0-20cm de profundidade, com média de  $0,16 \text{ dag.dcm}^{-3}$  e de  $0,11 \text{ dag.dcm}^{-3}$  na camada de 20-40 cm.

O P apresentou teores classificados como baixo/médio na camada de 0-20 cm e muito baixo na camada de 20-40 cm. A exceção foi nos renques de fruta-pão e abacateiro que foram considerados como médio. A interação espécie x profundidade foi significativa; na profundidade 0-20 cm, o maior teor foi encontrado no solo sob abacateiro, com  $9,20 \text{ mg dm}^{-3}$  e o menor teor no solo sob a teca com  $1,96 \text{ mg dm}^{-3}$ . Já na profundidade 20-40 cm não houve diferença significativa entre as espécies. Este resultado está de acordo com o obtido por McGrath et al. (2001), que não observaram diferenças significativas para o teor de fósforo em sistemas agroflorestais e a vegetação nativa.

Os resultados mostraram que para o K, houve efeito significativo da interação espécie x profundidade. As espécies apresentaram comportamentos diferentes nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm. Na profundidade de 0-20 cm, os maiores teores foram encontrados nos solos sob fruta-pão, mangueira e

cacaueiro com gliricídia, com 72,75; 66,42 e 61,92 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente, enquanto na profundidade 20-40 cm os maiores teores foram observados nos renques da mangueira com 53,08 mg dm<sup>-3</sup>, cupuaçuzeiro com 52,17 mg dm<sup>-3</sup> e cacaueiro/gliricídia com 49,75 mg dm<sup>-3</sup>.

O Ca apresentou diferença significativa apenas nas profundidades descritas na Tabela 12. As espécies não apresentaram diferenças significativas dentro das profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm. Porém, houve maior acúmulo de Ca na camada de 0-20 cm.

Para o teor de Mg no solo não houve diferenças significativas entre as espécies nas duas profundidades. Porém, os maiores teores foram observados na profundidade 0-20 cm para a maioria das espécies, a exceção da mangueira e teca. Nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm, apesar de não haver diferença estatística, pôde-se observar que os maiores teores foram obtidos nos solos sob cupuaçuzeiro e cacaueiro/gliricídia.

Foram observados valores nulos de Al nos solos, provavelmente devido aos valores de pH observados e pela reação de complexação de Al com compostos orgânicos (Pavan, 1983).

A variável H+Al apresentou interação espécie x profundidade significativa, indicando dependência entre esses fatores. As espécies apresentaram comportamento diferente nas profundidades 0-20 cm e 20-40 cm. Os maiores valores foram observados nos solos sob cacaueiro/gliricídia e vegetação natural com 2,50 cmol<sub>c</sub> e 2,47 cmol<sub>c</sub>, respectivamente. Na camada de 20-40 cm, o maior valor foi de 2,26 cmol<sub>c</sub> no solo sob vegetação natural. Nas espécies mangueira, cacaueiro/gliricídia, bandarria, teca e vegetação natural observou-se um comportamento diferenciado em relação às profundidades avaliadas, tendo os maiores valores sido obtidos na profundidade de 0-20 cm.

McGrath et al. (2001), avaliando as alterações nos solos em sistemas agroflorestais com pupunheira e cupuaçuzeiro, com seis anos de idade,

observaram que a CTC, Ca e Mg trocável e o pH foram maiores nos solos sob o SAF que em floresta adjacente, o fósforo inorgânico foi 30%-50% inferior no SAF, o cálcio foi aproximadamente quatro vezes maior no SAF que na floresta, já o C total, N, P e matéria orgânica não foram diferentes entre os dois sistemas.

Os valores obtidos das características químicas do solo, como P, matéria orgânica e de carbono, demonstram que apesar da quantidade de serapilheira e dos nutrientes produzida pelos diferentes componentes do sistema agroflorestal, não se observou alterações significativas nos teores no solo.

#### **4.9.2-Estoque de nutrientes no solo**

Os estoques de nutrientes no solo, nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm de profundidade, variaram em função da espécie e do nutriente (Tabelas 13, 10A e Figura 8).

Na avaliação da matéria orgânica, houve diferença significativa para espécie e profundidade, porém, devido à baixa significância, o teste de média não detectou diferença significativa entre as espécies. Observa-se, pela Tabela 10, que os maiores estoques de matéria orgânica ocorreram na camada mais superficial do solo. No estoque total (0-40 cm), as maiores quantidades foram encontradas no solo sob a vegetação natural (42,2 t ha<sup>-1</sup>), seguido pelo renque cacauieiro/glicírdia (41,6 t ha<sup>-1</sup>). O resultado obtido na área de vegetação natural foi inferior aos encontrados por Klinge (1976) e Fassbender & Grimm (1981), para quem os estoques de matéria orgânica variaram de 114 t ha<sup>-1</sup>, na camada de 0-30cm até 310 t ha<sup>-1</sup> na camada de 0-40cm. Provavelmente, isso decorreu pelo fato das áreas estudadas não terem alcançado estágio de equilíbrio.

Nos demais renques com espécies frutíferas e florestais não se observaram diferenças significativas entre as espécies, tendo as menores quantidades estocadas ocorrido no solo sob plantio de teca, com 30,1 t ha<sup>-1</sup> (Tabela 13 e Figura 8). Em todas as áreas ocorreu redução superior a 50% no

estoque de matéria orgânica em profundidade, isto em razão do maior acúmulo da serapilheira e da baixa taxa de decomposição apresentada pelos diferentes tipos de cobertura. Este resultado está de acordo com Mafra et al. (1998), em sistema agroflorestal em aléias no cerrado e com Teixeira et al. (1994). Estes últimos autores, avaliando a matéria orgânica em solo sob consórcio seringueira e cacauero no estado do Pará, constataram que o teor variou de 0,60% na camada mais profunda (5-100cm) a 1,78% na camada superficial (0-10cm) e que este solo apresentou 131 t ha<sup>-1</sup> de matéria orgânica, sendo 63% na camada de 0-50cm e o restante na camada de 50-100cm. Em agroecossistemas com cacaueros na Costa Rica com cacauero-loureiro e cacauero-eritrina, na camada de de 0-45cm, estes valores ficaram entre 168-198 t ha<sup>-1</sup>, demonstrando uma grande quantidade de matéria orgânica estocada neste solo (Fassbender,1985).

Para o N, não houve diferenças significativas entre as espécies nas duas profundidades, porém, houve diferença entre as profundidades, tendo os maiores estoques sido observados na camada superficial do solo. Este maior acúmulo na camada superior está relacionado ao maior teor de matéria orgânica, concordando com Jordan (1985) e Princhett (1987) que citam que a matéria orgânica é a principal reserva de nitrogênio no solo.

Observou-se uma ligeira superioridade no estoque de nitrogênio no renque de cacauero/glicírdia com 6.467 kg ha<sup>-1</sup>, até 40 cm de profundidade, provavelmente, pelo fato da glicírdia ser uma espécie leguminosa fixadora de N e ter contribuído expressivamente na produção de serapilheira no sistema. Os resultados no renque de cacauero/glicírdia (0-20cm) são superiores aos encontrados por Santana et al. (1990) em agrossistemas com cacaueros na região cacauera da Bahia, onde as quantidades variaram entre 1900 kg N ha<sup>-1</sup> a 3400 kg N ha<sup>-1</sup>.

TABELA 13 - Nutrientes estocados no solo sob espécies frutíferas, florestais e na vegetação natural. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Espécie	Profundidade (cm)	M.O.	Nutrientes estocados no solo em kg ha <sup>-1</sup>					
			(1)	N (2)	P (2)	K (2)	S (2)	Ca (3)
1	0-20	24,9	2.867 A	9,9 B	132,9 A	13,1 A	1.210,7 A	136,9 B
	20-40	11,1	2.000 a	5,2 a	106,3 a	17,9 a	674,7 a	152,3 a
2	0-20	26,1	3.533 A	10,0 B	113,3 B	13,1 A	1.104,7 A	221,1 A
	20-40	11,4	2.000 a	2,1 a	104,4 a	13,7 b	550,7 a	148,3 a
3	0-20	27,1	3.533 A	12,0 B	145,5 A	21,7 A	1.294,7 A	217,1 A
	20-40	12,7	2.200 a	4,4 a	81,2 b	18,5 a	741,3 a	162,8 a
4	0-20	21,4	2.733 A	18,4 A	106,9 B	14,5 A	1.097,0 A	128,0 B
	20-40	10,7	2.200 a	3,2 a	72,9 b	13,9 b	652,7 a	125,6 b
5	0-20	28,4	3.933 A	7,1 C	123,9 A	15,7 A	1.097,0 A	240,1 A
	20-40	13,2	2.533 a	2,1 a	99,6 c	12,3 b	690,7 a	179,0 a
6	0-20	26,5	3.400 A	5,0 C	100,0 B	15,7 A	984,0 A	186,3 B
	20-40	11,3	2.200 a	2,2 a	49,2 c	11,2 b	594,7 a	126,4 b
7	0-20	21,0	3.067 A	3,9 c	70,5 C	13,6 A	1.084,0 A	120,7 B
	20-40	9,1	2.400 a	1,8 a	42,1 a	11,3 b	650,7 a	137,7 b
8	0-20	29,1	3.400 A	7,3 C	97,1 B	16,8 A	1.028,0 A	218,7 A
	20-40	13,1	2.200 a	2,8 a	77,0 b	11,7 b	560,0 a	162,0 a

Letras maiúsculas (prof. 0-20cm) e letras minúsculas (prof. 20-40cm) iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Skott-Knott. OBS: 1- A comparação entre as médias foi realizada sem considerar o desdobramento, pois, a interação entre os fatores não foi significativa; 2- A comparação de médias para S, K e P foi realizada considerando o desdobramento (espécie dentro de cada profundidade) pois, para estas variáveis, a interação não foi significativa; 3- Não houve significância do fator espécie e nem de sua interação com a profundidade para Ca e N. Espécies: 1- mangueira; 2- cupuaçuzeiro; 3- fruta-pão; 4- abacateiro; 5- cacauzeiro/gliricídia; 6- bandarria; 7- teca; 8- vegetação natural.

Dentre os nutrientes analisados, o fósforo, o potássio e o enxofre apresentaram diferenças significativas, tanto nas espécies quanto nas profundidades (Tabela 13). A interação espécie x profundidade indica que estes fatores atuam dependentemente. No caso do P, observou-se um estoque maior na profundidade de 0-20 cm; a maior quantidade ocorreu no renque sob abacateiro com 18,41 kg ha<sup>-1</sup>, entretanto, na profundidade de 20-40 cm não houve diferenças entre as espécies. Este elemento foi o de menor estoque no solo sob todas as espécies avaliadas (Figura 8). O estoque de P variou de 5,70 kg ha<sup>-1</sup> à 21,60 kg ha<sup>-1</sup>, valores que estão diretamente relacionados com a concentração deste elemento no solo, cujos níveis estão na faixa de baixa/média.

O K e o S seguiram a mesma tendência observada para o P, segundo a qual os maiores estoques foram observados na profundidade de 0-20 cm. A exceção foi no renque de mangueira, em que o maior estoque de S foi obtido na profundidade de 20-40 cm. No K, os maiores estoques na camada de 0-20 cm foram obtidos nos renques de mangueira, fruta-pão e cacauero/glicíndia e, na camada de 20-40 cm, os maiores estoques ocorreram nos renques de mangueira, cupuaçuzeiro e cacauero/glicíndia. Para o S, na camada de 0-20 cm, o maior estoque deste elemento ocorreu no renque de fruta-pão, com 21,65 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto na camada de 20-40 cm, os maiores estoques foram na mangueira e fruta-pão com 17,89 e 18,44 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente.

Na Figura 8 D, observa-se que os estoques de 0-40 cm de K foram maiores no solo sob mangueira, fruta-pão e cacauero/glicíndia.

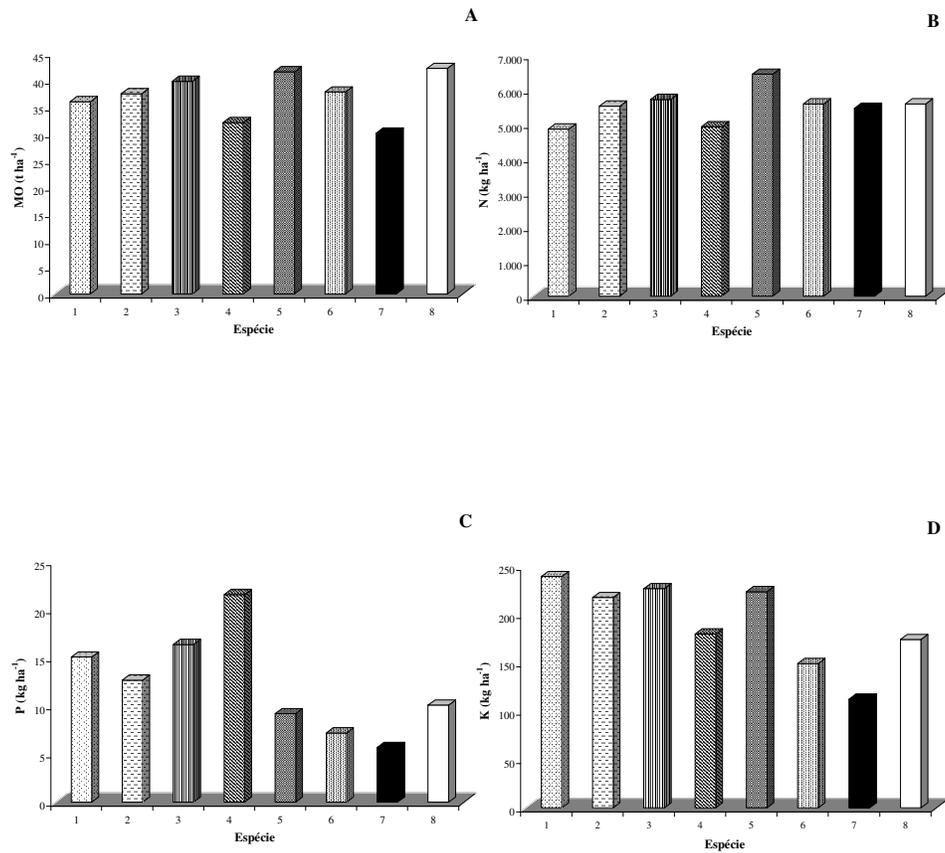
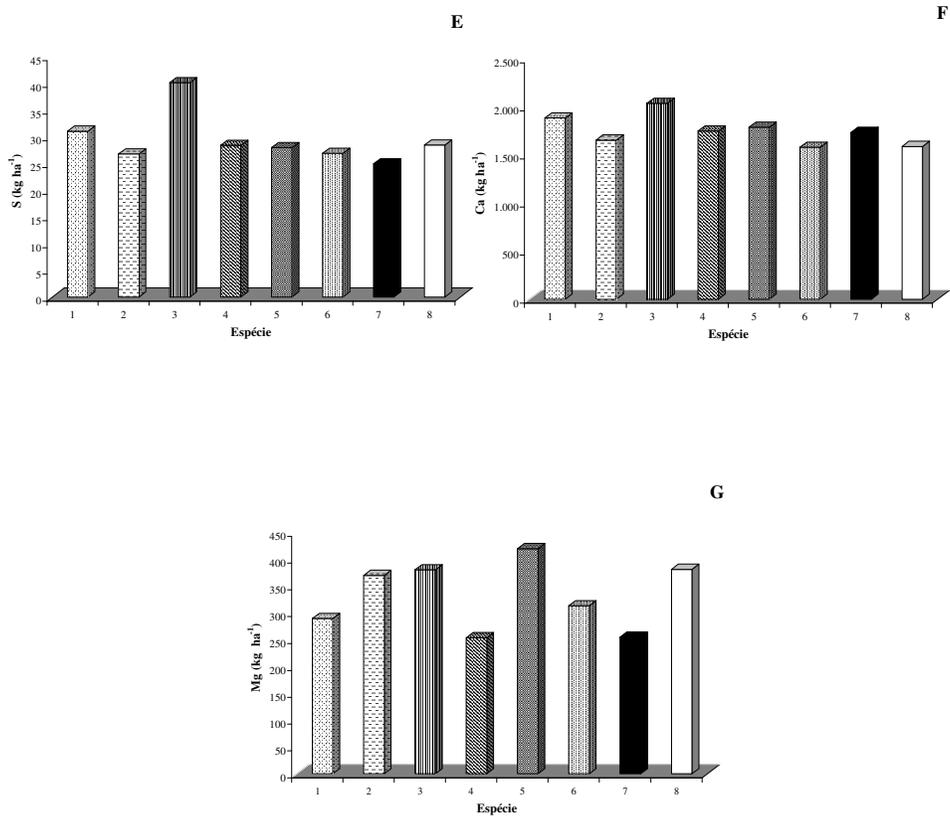


FIGURA 8 - Estoque de matéria orgânica e de macronutrientes, até 40 cm de profundidade, em área sob espécies frutíferas, florestais e na vegetação natural. 1- mangueira, 2- cupuaçuzeiro, 3- fruta-pão, 4- abacateiro, 5- cacauzeiro, 6- bandarria, 7- teca e 8- vegetação natural. UFLA, Lavras, MG, 2005.

(...Continua...)

(Figura 8, continuação)



Para o estoque de Mg, as espécies tiveram comportamento diferenciado em relação às profundidades. Os maiores estoques ocorreram na profundidade de 0-20 cm, com exceção nos renques com mangueira e teca. Nas duas profundidades os maiores estoques foram no solo sob fruta-pão, cacauieiro/glicírdia e na vegetação natural. No renque de cupuaçuzeiro, o maior estoque foi observado na profundidade de 0-20cm, e na mangueira, na

profundidade de 20-40 cm. O estoque de 0-20 cm foi maior nos renques com cacauero sombreado com gliricídia com 419,1 kg ha<sup>-1</sup>, seguidos pelo solo sob a vegetação natural, com 380,7 kg ha<sup>-1</sup> e pelo de fruta-pão, com 379,9 kg ha<sup>-1</sup>.

Observa-se, na Tabela 13, que os estoques de macronutrientes seguem, de modo geral, a seqüência N>Ca>Mg>K>S>P. Esta seqüência está de acordo com a obtida por Santana et al. (1990) em agrossistemas com cacaueros na Bahia, onde os estoques de nutrientes na camada de 0-20 cm apresentaram valores entre 1.900 e 3.480 kg ha<sup>-1</sup> de N, 10-40 kg ha<sup>-1</sup> de P, 55-203 kg ha<sup>-1</sup> de K, 600-3.230 kg ha<sup>-1</sup> de Ca e 55-203 kg ha<sup>-1</sup> de Mg. Na área de vegetação natural, os resultados obtidos são diferentes dos obtidos por Almeida (1995) em floresta de terra firme, onde o K foi o nutriente com maior estoque no solo. Pode-se então inferir que os maiores estoques de N e Ca estão relacionados com as maiores quantidades na serapilheira acumulada sobre o solo. Para o Ca, o teor na camada de 0-20 cm do solo é considerado como bom, de acordo com a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999).

Os baixos estoques de matéria orgânica e carbono indicam que o modelo de sistema agroflorestal adotado ainda não foi capaz de suprir quantidades significativas de matéria orgânica ao solo. Possivelmente, isto pode acontecer com o decorrer do tempo.

## 5 CONCLUSÕES

Em função dos objetivos propostos neste estudo, foi possível chegar às seguintes conclusões:

- a produção anual de serapilheira, apresentou diferenças significativas entre as espécies do sistema agroflorestal e a vegetação natural. A maior deposição de serapilheira ocorreu na vegetação natural, seguida pela bandarria e gliricídia, que depositaram 13,37, 4,02 e 3,34 t ha<sup>-1</sup> respectivamente;

- a serapilheira produzida apresentou variação mensal na deposição. Nos tratamentos vegetação natural (capoeira), cacaueteiro e bandarria, a deposição de serapilheira foi maior no período seco, enquanto que nos tratamentos renques de fruta-pão, mangueira, teca e abacateiro foi maior no período chuvoso;

- a transferência de nutrientes por meio da deposição de serapilheira foi maior na vegetação natural, enquanto nas espécies componentes do sistema agroflorestal, as maiores transferências foram observadas para a bandarria e gliricídia. O Ca foi o nutriente com maior retorno, exceto para gliricídia e bandarria, que foi o N;

- a teca foi mais eficiente na ciclagem bioquímica de N, Mg e S, enquanto o cupuaçueteiro foi mais eficiente para o P e K;

- a serapilheira acumulada no solo pela mangueira e abacateiro foi mais rica em nutrientes e a de maior velocidade de decomposição foi observada na vegetação natural, com tempo médio de decomposição em torno de 9 meses, seguida pelo cacaueteiro sombreado com gliricídia, com 2 anos e bandarria, com 3 anos;

- no cacaueteiro sombreado com gliricídia ocorreram altas taxas de ciclagem biogeoquímica para todos os nutrientes;

- no compartimento solo entre 0-20cm de profundidade, os maiores estoques de K foram encontrados nas áreas de mangueira, fruta-pão e cacauero sombreado com gliricídia; o P, na área de abacateiro e o S na de fruta-pão. Na profundidade de 20-40cm, os maiores estoques de K foram nas áreas com mangueira e cacauero com gliricídia, o Mg nas áreas com mangueira, abacateiro, bandarra e teca e o S, na área de mangueira e fruta-pão, foi encontrado em maiores quantidades;

- os estoques de matéria orgânica no solo foram baixos para todos os tipos de coberturas vegetais. Os maiores estoques ocorreram no solo sob vegetação natural e no cacauero sombreado com gliricídia;

- os estoques de macronutrientes no solo seguiram, de modo geral, a seqüência N>Ca>Mg>K>S>P.

## 6 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O presente estudo mostrou que a utilização de espécies frutíferas e florestais em sistemas agroflorestais multiestratificados pode contribuir para a produção de serapilheira mais constante, resultando numa contínua decomposição da mesma, fornecendo matéria orgânica e nutrientes ao solo, contribuindo para dar mais estabilidade ao sistema e possibilitando uma melhor utilização deste visando uma melhoria sócio-econômico e ambiental para a região.

As espécies florestais, como a bandarra e a gliricídia, apresentaram boa capacidade de produção de serapilheira, bem como quantidade expressiva de nutrientes nela contida, enquanto que as espécies frutíferas, além de fornecerem matéria orgânica e nutrientes, possibilitam a produção de alimentos, proporcionando a geração de renda ao produtor. As diferentes épocas de deposição de serapilheira pelas espécies mostraram a importância destas espécies em proporcionar uma cobertura contínua ao solo, principalmente na sua fase inicial de crescimento. O conhecimento sobre a capacidade destas espécies em fornecer nutrientes ao solo será de grande importância na definição da aplicação de fertilizantes, visando uma aplicação mais racional.

Apoiando-se nos resultados obtidos, as combinações frutíferas/frutíferas e frutíferas/florestais mais promissoras na ciclagem de nutrientes, visando à sustentabilidade nutricional e a manutenção do potencial produtivo do agrossistema estudado, poderiam ser:

a) cacauzeiros sombreados com gliricídia e bandarra; no arranjo dos renques, a utilização dessas espécies próximas, pode-se obter benefícios decorrentes do fato

da bandarria e da gliricídia apresentarem maior produção de serapilheira, sendo esta maior produção no período chuvoso, bem como uma menor variação mensal e maior estoque de nutrientes em relação ao cacauero, que por outro lado, a combinação cacauero e gliricídia apresenta menor tempo de residência da serapilheira;

b) cacaueros sombreados com gliricídia e teca; neste arranjo a teca por apresentar menor produção e maior variação de serapilheira, a mesma apresenta maior ciclagem bioquímica para alguns nutrientes;

c) cupuaçuero com bandarria; o cupuaçuero por apresentar menor produção e maior variação na serapilheira, e deposição ligeiramente maior no período chuvoso e uma maior ciclagem bioquímica para o P, K e Ca, por outro lado, a bandarria apresentam maior produção de serapilheira menor variação na deposição;

Outras combinações podem ser efetuadas baseando-se nas características de cada espécie, obtendo-se com isso benefícios para o sistema.

Trabalhos posteriores podem ser realizados sobre a ciclagem de nutrientes via precipitação, microorganismos do solo e suas atuação no processo de decomposição da matéria orgânica do solo, avaliação da taxa de decomposição da serapilheira por outros métodos e a avaliação mais detalhada da matéria orgânica do solo, bem como avaliação das características físicas do solo.

Nesse sentido, pode-se esperar que as espécies frutíferas e florestais avaliadas possam ser recomendadas ao produtor rural, para sua utilização em sistemas agroflorestais, na eminência de conferir maior sustentabilidade regional.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, A. M.; ATTIWILL, P. M. Nutrient cycling and nitrogen mineralization in eucalypt forest of south-eastern Australia. I. Nutrient cycling and turnover. **Plant Soil**, The Hague, v. 92, n. 3, p. 319-339, 1986.

ALMEIDA, C. M. C. V. de; SOUZA, V. F. de; LOCATELLI, M.; COSTA, R. S. C.; VIEIRA, A. H.; RODRIGUES, A. N. A.; COSTA, J. N. M.; RAM, A.; SÁ, C. P. de; VENEZIANO, W.; MELLO JÚNIOR, R. da S. **Sistemas agroflorestais como alternativa auto sustentável para o Estado de Rondônia: histórico, aspectos agronômicos e perspectivas de mercado.** Secretária de Estado do Planejamento e Coordenação Geral. Porto Velho: PLANAFLORO/PNUD, 1995. 59 p.

ALMEIDA, S. A. da S. **Dinâmica de nutrientes e variação natural de delta <sup>13</sup>C e de delta <sup>15</sup>N de uma floresta tropical úmida de terra firme, estação ecológica de Samuel, RO (Brasil).** 1995. 68 p. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba.

ALVAREZ, I. A.; CASTRO, P. R. C. Mangueira. In: CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A (coord.). **Ecofisiologia de fruteiras tropicais.** São Paulo: Nobel, 1998. p. 48-68.

ALVIM, R. O cacauzeiro (*Theobroma cacao* L.) em sistemas agrossilviculturais. **Agrotropica**, Ilhéus, v. 1, n. 2, p. 89-103, maio./ago. 1989.

ANDERSON, J. M.; SWIFT, M. J. Decomposition in tropical forests. In: SUTTON, S. L. et al. (Ed.). **Tropical rain forest: ecology and management.** London: Blackwell Scientific, 1983. p. 287-309.

ANDRADE, A. G.; COSTA, G. S.; FARIA, S. M. Deposição e decomposição da serapilheira em povoamentos de *Mimosa caesalpiniiifolia*, *Acacia mangium* e *Acacia holoresica* com quatro anos de idade em planossolo. **Revista Brasileira da Ciência do Solo.** Viçosa, v. 24, n.4, p. 777-785, out./dez. 2000.

ARIMA, E.; UHL, C. **Pecuária na Amazônia Oriental: desempenho atual e perspectivas futuras.** Série Amazônia: IMAZON, 1996. p. 1-44.

BARBOSA, R. C. M.; NEVES, A D. de S. **Levantamento semidetalhado dos solos da estação experimental de Ouro Preto, RO.** Ilhéus: CEPEC, 1983. 24 p. (CEPEC. Boletim Técnico, 105).

BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. Aspectos da nutrição florestal em solos tropicais. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO: SOLO SUELO, 13., 1996, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: SLCS, 1996. CD-ROM.

BLANCHARD, R. W.; REHM, G.; CALDWELL, A. C. Sulfur in plant material digestion with nitric and perchloric acids. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 29, n. 1, p. 71-72, Jan./Feb. 1965.

BOYER, J. Cycles de la matière organique et des éléments minéraux dans une cacaoyère camerounaise. **Café Cacao Thé**, Paris, v. 17, n. 1, p. 3-24, jan./mar. 1973.

BRAY, J. R.; GORHAM, E. Litter production in forests of the world. **Advances in Ecological Research**, New York, v. 2, p. 101-157, 1964.

BREMNER, J. M.; EDWARDS, H. P. Determination and isotope ratio analysis of different forms of nitrogen in soil. I. Apparatus and procedures for distillation and determination for ammonium. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 29, n.5, p.504-7, sept./oct. 1965.

BROWN, S.; LUGO, A. E. The storage and production of organic matter in tropical forest and their role in global carbon cycle. **Biotropica**, St. Louis, v. 14, n. 3, p. 161-187, Sept. 1982.

BURESH, R. J.; SMITHSON, P. C.; HELLUMS, D. T. Building soil phosphorus capital in África. In: BURESH, R. J. et al. **Replenishing Soil Fertility in África.** Madison: Soil Science Society of America, 1997. p. 111-149. (ASSS. Special Publ. 51).

BURESH, R. J.; TIAN, G. Soil improvement by trees in sub-Saharan África. **Agroforestry Systems**, Amsterdam, v. 46, n. 1/3, 1997.

CARVALHO FILHO, O. M. de; DRUMOND, M. A. LANGUIDEY, P. H. ***Gliricidia sepium* – leguminosa promissora para regiões semi-áridas.** Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 1997. 17 p. (EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnica, 35).

CESAR, O. Nutrientes minerais da serapilheira produzida na mata mesófila semidecídua da fazenda Barreiro Rico, município de Anhembi, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v.53, n.4. p. 659-669, nov. 1993.

CHAVES, E.; FONSECA, W. **Teca (*Tectona grandis* L. f.) árvore de uso múltiplo em América Central**. Turrialba: CATIE, 1991. 60 p. (CATIE. Informe Técnico, 179).

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª aproximação. Viçosa, 1999. 359p.

CORREIA, M. E. F.; ANDRADE, A. G. de. Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F. A. de O. **Fundamentos da matéria orgânica: ecossistemas tropicais & subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999. cap. 10, p. 197-220.

COSTA, G. S.; FRANCO, A. A.; DAMASCENO, R. N.; FARIA, S. M. Aporte de nutrientes pela serapilheira em uma área degradada e revegetada com leguminosas arbóreas. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Viçosa. V.28, n.5. p.919-927, set./out. 2004.

DANTAS, M.; PHILLIPSON, J. Litterfall and litter nutrients content in primary and secondary amazonian “Terra Firme” rain forest. **Journal of tropical ecology**, Aberdeen, v. 5, n. 1, p. 27-36, Feb. 1989.

DELITTI, W. B. C. Ciclagem de nutrientes em matas ciliares. **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, v. 16, p. 88-98, 1982.

DELLA BRUNA, E.; BORGES, A. C.; FERNANDES, B.; BARROS, N. F.; MUCHOVES, R. M. C. Atividade da microbiota de solos adicionados de serapilheira de eucalipto e de nutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 13, n. 1, p. 15-20, 1991.

DONADIO, L. C. **Abacate para exportação: aspectos técnicos da produção**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1985. 53 p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX; 2).

DONADIO, L. C. **Cultura da mangueira**. Piracicaba: Livrocetes, 1980. 67 p.

DONADIO, L. C. MÔRO, F. V.; SERVIDONE, A. A. **Fruteiras brasileiras**. Jaboticabal, 2002. 288 p.

DONADIO, L. C.; NACHTIGAL, J. C.; SACRAMENTO, C. K. **Frutas exóticas**. Jaboticabal: FUNEP, 1998. 279 p.

DUBOIS, J. C. L. **Manual agroflorestal para a Amazônia**. Rio de Janeiro: REBRAAF, 1996. v. 1, 228 p.

DUCKE, A. **Notas sobre a flora neotrópica – II: As leguminosas da Amazônia Brasileira**. 2. Ed. Belém : IAN, 1949. 248 p. (Boletim Técnico, 18).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1999. 412 p.

FAO. **Sistemas agroflorestais en América Latina y el Caribe**. Santiago, 1984. 118 p.

FARRELL, J.; ALTIERI, M. A. Tradicional farming systems of south-central Chile with emphasis on agroforestry. **Agroforestry Systems**, v.2, n.1, p. 3-18, 1984.

FASSBENDER, H. W. Ciclos da matéria orgânica e dos nutrientes em ecossistemas florestais dos trópicos. In: SIMPÓSIO SOBRE RECICLAGEM DE NUTRIENTES E AGRICULTURA DE BAIXO INSUMOS NOS TRÓPICOS, 1984, Ilhéus, BA. **Anais...** Ilhéus: CEPLAC/SBCS, 1985. p. 203-230.

FASSBENDER, H. W. **Modelos edafológicos de sistemas agroflorestales**. 2. ed. Turrialba: Centro Agronomico Tropical de Investigación y Enseñanza. 1993. 491 p.

FASSBENDER, H. W.; GRIMM, U. Ciclos bioquímicos en un ecosistema forestal de Los Andes Occidentales de Venezuela. IV. Modelos y conclusiones. **Turrialba**, San Jose, v. 31, p. 101-108, abr./jun. 1981.

FERREIRA, S. J. F.; CRESTANA, S.; LUIZÃO, F. J.; MIRANDA, S. A. F. Nutrientes no solo em floresta de terra firme cortada seletivamente na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 31, n. 3, p. 381-396, jun./set. 2001.

FISCHER, R. F.; JUO, A. S. R. **Mechanisms of tree growth in acid soils**. **Proceedings Nitrogen fixing tree acid soil**, Sydney, v. 3/8, p. 313-320, 1994.

GAMA-RODRIGUES, A. C. da. **Ciclagem de nutrientes por espécies florestais em povoamentos puros e mistos, em solos de tabuleiros da Bahia, Brasil.** 1997. 107 p. Tese (Doutorado em Ciências do Solos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

GAMA-RODRIGUES, A. C. da; BARROS, N. F. de. Ciclagem de nutrientes em floresta natural e em plantios de eucalipto e dandá no sudoeste da Bahia, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.2, p.193-207, abr./jun. 2002.

GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F.; MENDONÇA, E. S. Alterações edáficas sob plantios puros e mistos de espécies florestais nativas do sudoeste da Bahia, Brasil. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 581-592, jul./set. 1999.

GOLLEY, F. B. Chemical plant-soil relationship in tropical forest. **Journal of Tropical Ecology**, Oxford, v. 2, p. 219-229, 1986.

GOLLEY, F. B. **Ciclagem de nutrientes em um ecossistema de floresta tropical úmida.** São Paulo: EDUSP, 1978. 256 p.

GOLLEY, F. B. **Tropical rain forest ecosystems: structure and function.** Amsterdam: Elsevier, 1983. 392 p.

GOMES, P. **Fruticultura brasileira.** São Paulo: Nobel, 1987.

HAAG, P. H. **Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais.** Campinas: Fundação Cargill, 1985. 144 p.

HEUVELDOP, J.; FASSBENDER, H. W.; ALPÍZAR, L.; ENRIQUEZ, G.; FÖLSTER, H. Modeling agroforestry system of cacao (*Theobroma cacao*) with laurel (*Cordia alliodora*) and poro (*Erythrina poeppigiana*) in Costa Rica. II Cacao and wood production, litter production and decomposition. **Agroforestry Systems**, Amsterdam, v. 6, n. 1, p. 37-48, 1988.

HOMMA, A. K.; CONTO, A. J.; FERREIRA, C. A. P.; CARVALHO, R. A.; WALKER, R. T. A. Dinâmica da extração madeira no Estado do Pará. In: HOMMA, A. K. (Ed.). **Amazônia meio ambiente e desenvolvimento agrícola.** Brasília: EMBRAPA, 1998. p. 770-787.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Sinopse preliminar do censo democrático – Rondônia – Acre.** Rio de Janeiro, 1991. n. 2, 55 p.

JACKSON, J. F. Seasonality of flowering and leaf-fall in brazilian subtropical lower montane moist forest. **Biotropica**, St. Louis, v. 10, n. 1, p. 38-42, Mar. 1978.

JAIMEZ, R. A.; Franco, W. Produccion de hojarasca, aporte en nutrientes y decomposicion en sistemas agroflorestales de cacao y frutales. **Agrotrópica**, Ilhéus, v. 11, n. 1, p. 1-8, jan./abr. 1999.

JAMA, B.; SWINKELS, R. A.; BURESH, R. Agronomic and economic evaluation of organic source of phosphorus in West Kenya. **Agronomy Journal**, Madison, v. 89, n. 4, p. 597-604, July/Aug. 1997.

JORDAN C. F. **Nutrient cycling in tropical forest ecosystems**. New York: John Willey, 1985. 179 p.

KITAMURA, P. C. **Desenvolvimento sustentável: uma abordagem para as questões ambientais da Amazônia**. 1994. 298 p. Tese (Doutorado em Economia) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

KLINGE, H. Bilanzierung von hanptnhrstoffen in okosystemen tropiascher regenwald (Manaus)-vorlanfing date. **Biogeographica**, Tokyo, v. 7, n. 1, p. 59-77, 1976.

KOLM, L. **Ciclagem de nutrientes e variações do microclima em plantações de *Eucaliptus grandis* Hill** Ex. Maiden manejadas através de desbastes progressivos. 2001. 73 p. (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

LAS SALAS, G. Aspectos sobre la reforestacion y el balance nutricional del sitio en los tropicos. In: FLORESTAS PLANTADAS NOS NEOTRÓPICOS COMO FONTE DE ENERGIA, 1983, Viçosa. **Anais...** Viçosa, 1983.

LIAO, C. F. H. Devard's alloy method for total nitrogen determination. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 45, n. 5, p. 852-855, Sept./Oct. 1981.

LUGO, A. E.; CUEVAS, E.; SANCHES, M. J. Nutrients and mass in litter and soil of ten tropical tree plantations. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 125, n. 2, p. 263-280, 1990.

LUIZÃO, F. J.; SCHUBART, H. O. R. Litter production and decomposition in a terra-firme forest of Central Amazonia. **Experientia**, Basel, v. 43, n. 3, p. 259-265, Mar. 1987.

MACEDO, R. L. G. Conservação e utilização sustentável da biodiversidade tropical através de sistemas agroflorestais. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS SOBRE O MEIO AMBIENTE, 4., 1993, Cuiabá, 1993. **Anais...** Cuiabá: UFMT, 1993. p. 2454-2450.

MACEDO, R. L. G.; RONDON NETO, R. M.; TSUKAMOTO FILHO, A. A.; GRAVILANES, M. L. **Sistemas agroflorestais: arborização de pastagens.** Lavras, 2000. 25 p. (Boletim Agropecuário-35).

MACEDO, R. L. G. Fundamentos básicos para implantação e manejo de sistemas agroflorestais. In: MACEDO, R. L. G. **Princípios básicos para o manejo sustentável de sistemas agroflorestais.** Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. Cap. 1, p. 5-30.

MAFRA, A. L.; MIKLÓS, A. A. W.; VOCURCA, H. L.; HARKALY, A. H.; MENDONZA, E. Produção de fitomassa e atributos químicos do solo sob cultivo em áreas e sob vegetação nativa de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 1, p. 43-48, jan./mar. 1998.

MALAVOLTA, E. Nutrição e adubação em cacauzeiros. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA EDUCAÇÃO AGRÍCOLA SUPERIOR. **Curso de nutrição mineral de plantas, módulo 06: nutrição mineral do cacauzeiro e cafeeiro.** Piracicaba, 1997. p. 7-59.

MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G. de; SOUZA, R. B. de. Diagnose foliar. In: COMISSÃO DE FERTILIDADE DE SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação.** Viçosa, 1999. p. 143-168.

MARTINS, A. R. A. **Dinâmica de nutrientes na solução do solo em um sistema agroflorestal em implantação.** 2001. 144 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

MATTA, F. R. da. **Sistemas agroflorestais com angico (*Anadenanthera falcata* Bentham), Cumbaru (*Dipterex alata* Vogel), banana (*Musa spp.* , subgrupo AAAB) e mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) em Nossa do Liovramento, Mato Grosso.** 2002. 77 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

McGRATH, D.; DURYEY, M. L.; CROPPER, W. P. Soil phosphorus availability and fine root proliferation in Amazonian agroforests 6 years following forest conservation. **Agriculture Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 83, n. 3, p. 271-284, Feb. 2001.

MEGURO, M.; VINUIZA, G. M.; DELITTI, W. B. C. Ciclagem de nutrientes na mata mesófila secundária I – Produção e conteúdo de nutrientes minerais no folheto. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo**, São Paulo, n. 7, p. 11-31, 1979.

MEIRELLES, N. M. F. Degradação de pastagens: critérios de avaliação. In: ENCONTRO SOBRE RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS, 1., 1993, Nova Odessa. **Anais...** Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1993. p. 27-48.

MELO, C. F. H. de. **Relatório ao Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal sobre a viabilidade do aproveitamento papaleiro do paricá (*Sdchizolobium amazonicum*).** Belém: EMBRAPA-CPATU, 1973. 6 p.

MONTAGNINE, F. **Sistemas agroflorestales: principios e aplicaciones en los tropicos.** 2. ed. San José: Organización para Estudios Tropicales, 1992. 622 p.

MONTAGNINI, F.; SANCHO, F. Nutrient budgets of young plantations with native trees: strategies for sustained management. In: BENTLEY, W.; GOWEN, M. (Ed.). **Forest resources and wood based biomass energy as rural development assets.** New Delhi: Winrock International and Oxford and IBH, 1994. p. 213-233.

MYERS, R. J. K.; PALM, C. A.; CUEVAS, E.; GUNATILLEKE, L. U. N.; BROSSARD, M. The synchronisation of nutrient mineralization and plant nutrient demand. In: WOOMER, P. L.; SWIFT, M. J. **The biological management of soil fertility.** Chichester, 1994. p. 81-116.

NAIR, P. K. R. **An introduction to agroforestry.** Dordrecht: Kluwer Academic, 1993. 499 p.

NAIR, P. K. R. Biogeochemical process in tropical agroforestry systems. In: CONGRESSO BRASILEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NO CONTEXTO DA QUALIDADE AMBIENTAL E COMPETITIVIDADE, 2., 1998, Belém. **Anais...** Belém, 1999. v. 1. p. 81-89.

NAIR, P. K. R.; KANG, B. T.; KASS, D. C. M. Nutrient cycling and soil-erosion control in agroforestry system. In: **Agriculture and Environment: bridging food production in developing countries**. Madison: American Society of Agronomy, 1993. p. 117-137. (ASA Special, v. 60)

NZIGUHEBA, G.; PALM, C.; BURESH, R. J.; SMITHSON, P. C. Soil phosphorus fractions and adsorption as affected by organic and inorganic source. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 198, n. 2, p. 159-168, Jan. 1998.

ODUM. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1983. 431p.

OLIVEIRA JÚNIOR, M. E. de; MANICA, I. Importância econômica. In: MANICA, I.; ICUMA, I. M.; MALAVOLTA, E.; RAMOS, V. H. V.; OLIVEIRA JÚNIOR, M. E. de; CUNHA, M. M.; JUNQUEIRA, N. T. V. **Mangueira: tecnologia, produção, agroindústria e exportação**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2001. Cap.1, p. 9-26.

OLIVEIRA, L. P. de; PEICHL, B. Solos e conservação. In: **Manual do técnico florestal: apostilas do Colégio Florestal de Irati: INGRA S. A . Campo Largo: INGRA, 1986. v. 1, p. 351-418.**

OLIVEIRA, R. E. de. **Aspectos da dinâmica de um fragmento florestal em Piracicaba – SP: Silvigênese e ciclagem de nutrientes**. 1997. 80 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

OLSON, J. S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. **Ecology**, Washington, v.44, n.2, p.322-331, 1963.

PAGANO, S. N. Nutrientes minerais no folheto produzido em mata mesófila semidecídua no município de Rio Claro. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 49, n. 3, p. 641-647, ago. 1989.

PASSOS, C. A. M.; COUTO, L. Sistemas agroflorestais potenciais para o Estado do Mato Grosso do Sul. In: SEMINÁRIO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS PARA O MATO GROSSO DO SUL, 1., 1997, Dourados. **Resumos...** Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1997. p. 16-22. (EMBRAPA-CPAO. Documentos, 10).

PAVAN, M. A. Alumínio em solos ácidos do Paraná: relação entre alumínio não-trocável, trocável e solúvel com pH, DTC, porcentagem de saturação de Al e matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 7, n. 1, p. 39-47, jan./abr. 1983.

PECK, R. B. **Informe sobre o desenvolvimento de sistemas agrossilvipastoris na Amazônia:** relatório sobre consultoria ao CPATU de 15. 09. 70 a 15. 12. 79. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1979. 79 p.

PIZZOL, S. J.; FILHO MARTINEZ, J. G.; SILVA, T. H. S.; GONÇALVES, G. O mercado da manga no Brasil: aspectos gerais. **Preços agrícolas**, Piracicaba, v. 12, n. 142, p. 34, ago. 1998.

POGGIANI, F. **Estrutura, funcionamento e classificação das florestas:** implicações ecológicas das florestas plantadas. Piracicaba: ESALQ, 1989. p. 1-14, 1989. (Documentos Florestais, 3).

PRICHETT, W. L. **Properties and management of forest soils.** New York: John Wiley, 1987. 500 p

QUISEN, R. C.; ROSSI, L. M. B.; VIEIRA, A H. **Utilização de Bandarra (*Schizolobium amazonicum*) em sistemas agroflorestais.** Porto Velho: EMBRAPA-CPAF Rondônia, 1999. 13 p. (EMBRAPA-CPAF Rondônia. Circular Técnica, 42).

RAO, M. R.; NAIR, P. K. R.; ONG, C. K. Biophysical interations in tropical agroforestry system. **Agroforest Systems**, Amsterdam, n. 38, n. 1/3, p. 3-50, 1998.

REIS, M. G. F.; BARROS, N. F. Ciclagem de nutrientes em plantios de eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. **Relação solo-eucalipto.** Viçosa: Ed. Folha de Viçosa, 1990. p. 265-301

RIBEIRO, G. D. **A cultura do cupuaçuzeiro em Rondônia.** Porto Velho: EMBRAPA-CPAF-Rondônia, 1992. 32 p. (EMBRAPA-CPAF. Rondônia. Documentos, 27).

RODIGHERI, H. R. **Rentabilidade econômica comparativa entre plantios florestais e sistemas agroflorestais com erva mate, eucalipto e pinus e as culturas do feijão, milho, soja e trigo.** Colombo: EMBRAPA, CNPF, 1997. 35 p. (EMBRAPA-CNPF. Circular Técnica, 26).

RONDON NETO, R. M.; MACEDO, R. G. de; TSUKAMOTO FILHO, A. de A. **Formação de povoamentos florestais com *Tectona grandis* L. f. (Teca).** Lavras: UFLA, 1998. 29 p. (UFLA. Boletim Técnico, n. 33).

SANTANA, M. B. M.; CABALA-ROSSAND, P.; SERÔDIO, M. H. .  
Reciclagem de nutrientes em agrossistemas de cacaueteiro. **Agrotropica**, Ilhéus, v. 2, n. 2, p. 68-74, maio/ago. 1990.

SANTOS, M. J. C. dos. **Avaliação econômica de quatro modelos agroflorestais em áreas degradadas por pastagens na Amazônia Ocidental.** 2000. 75 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

SCERNE, R. M. C.; SANTOS, A. O. da S.; SANTOS, M. M. dos; NETO, F. A. **Aspectos Agroclimáticos do município de Ouro Preto D’ Oeste – RO:** Atualização Quinquenal. Belém: CEPLAC/SUPOR, 2000. 48 p. (CEPLAC/SUPOR. Boletim Técnico, n. 17).

SCHROTH, G.; LEHMANN, J.; RODRIGUES, M. R. L.; BARROS, E.; MACÊDO, J. L. V. Plant-soil interactions in multistrata in the humid in tropics. **Agroforestry Systems**, Amsterdam, v. 53, n. 2, p. 85-102, 2001.

SCHUMACHER, M. V. **Aspectos da ciclagem de nutrientes e do microclima em talhões de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus torelliana* F. Muell.** 1992. 104 p. Dissertação (mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

SCOTT, D. A.; PROTECTOR, J.; THOMPSON, J. Ecological studies on a lowland evergreen rain forest on Maraa island, Roraima, Brasil. III Litter and nutrient cycling. **Journal of Ecology**, New York, v. 80, n. 4, p. 705-715, 1992.

SERRÃO, E. A. S. Pasture development and carbon emission/accumulation in the Amazon: topics for discussion. In: **Tropical forestry response option to global climate change.** Washington: Editora: Environmental Protection Agency, 1990. p. 210-222.

SERRÃO, E. A. S.; HOMMA, A. K. O. **Agriculture in the Amazon: the question of sustainability**. Washington: Committee for Agriculture Sustainability and Environment in the Humid Tropic, 1991. 100 p.

SOUZA, C. A. S.; DIAS, L. A. dos S. Melhoria ambiental e sócio-economia. In: **Melhoramento genético do cacauceiro**. Viçosa: FUNAPE, UFG, 2001. cap. 1, p. 1-47.

SZOTT, L. T.; PALM, C. A.; BURESH, R. J. Ecosystem fertility and fallow function in the humid and subhumid tropics. **Agroforestry System**, Amsterdam, v. 46, 1999. (in Press).

SWIFT, M. J.; HEAL,.; ANDERSON, J. M. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. Berkley: University of California Press, 1979.

SWIFT, M. D. **Tropical soil biology and fertility (TSBF): Inter-regional research planning workshop**. Paris: IUBS, 1987. (Biology International, Special Issue 13).

TEIXEIRA, L. B.; BASTOS, J. B.; OLIVEIRA, R. F. de. **Biomassa vegetal em agroecossistema de seringueira consorciada com cacauceiro no nordeste paraense**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1994. 15 p. (EMBRAPA-CPATU. Boletim de Pesquisa, 153).

TSUKAMOTO FILHO, A. A. **Introdução do palmito (*Euterpe edulis Martius*) em sistemas agroflorestais em Lavras – Minas Gerais**. 1999. 148 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

UGUEN, K.; REVERSAT, F.; LUIZÃO, F.; PEREIRAS, J.; SCHROTH, G.; Litter nutrient dynamics in agroforestry system with perennial cover crops. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2., 1998, Caxambu. **Anais...** Caxambu: SBCS/FertBio, 1998. p. 335.

VETORI, L. **Métodos de análises de solo**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura / Equipe de pedologia e fertilidade do solo, 1969. 24 p. ( Boletim Técnico, 7).

VIANA, V. M.; SIQUEIRA, E. Sistemas agroflorestais para o programa hortos florestais do Estado do Espírito Santo. In: SEMINÁRIO SOBRE ALTERNATIVAS ECONÔMICAS, 1992, Linhares. **Anais..** Vitória: BNDS/ESP, 1992. p. 1-10.

VIEIRA, S. A. **Efeito de plantações florestais (*Eucalyptus* sp.) sobre a dinâmica de nutrientes em região de cerrado do Estado de São Paulo.** 1998. 73 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

VILAS BOAS, O. Uma breve descrição dos sistemas agroflorestais na América Latina. **IF. Série Registros**, São Paulo, n. 8, p. 1-16, 1991.

VITOUSEK, P. M. Litterfall, nutrient limitation in tropical forest. **Ecology**, Washington, v. 65, n. 1, p. 285-298, 1984.

VITOUSEK, P. M.; STANFORD JR. Nutrient cycling in moist tropical forest. **Annual Review Ecology Science**, Palo Alto, n. 17, p. 137-167, 1986.

VOGT, K. A.; GRIER, C. C.; VOGT, D. C. Production, turnover and nutrient dynamics of above-and belowground detritus of world forest. **Advance Ecology Research**, New York, v. 15, p. 303-377, 1986.

WALKER, R. T.; HOMMA, A. K. O.; SCATENA, F. N.; ROCHA, A. C. P. N.; SANTOS, A. I. M.; CONTO, A. J.; RODRIGUEZ-PEDRAZA, C. D.; FERREIRA, C. A. P.; OLIVEIRA, P. M. Sustainable farm management in the Amazon piedmont. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 34., 1993, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: SOBER, 1993. v. 2, p. 706-720.

YARED, J. A. G.; BRIENZA JÚNIOR, S.; MARQUES, L. C. T. **Potencialidades da agrossilvicultura para a Amazônia brasileira.** Belém: EMBRAPA-CPATU/PA, 1992. 17 p. (EMBRAPA-CPATU/PA. Curso de instrutores agroflorestais, Macapá (1992).

YOUNG, A. **Agroforestry for soil conservation.** Cab international, ICRAF, 1989. 276 p.

ZAIA, F. C.; GAMA-RODRIGUES, A. C. Ciclagem e balanço de nutrientes em povoamentos de eucalipto na região norte fluminense. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.5. p. 843-852, set./out. 2004.

ZAROSKY, R. J.; BURAU, R. G. A rapid nitric perchoric acid digestion method for multi-element tissue analysis. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.8, n.5, p. 425-36. 1977.

## **ANEXOS**

<b>ANEXO A</b>		<b>Página</b>
TABELA 1A	Lista das principais espécies presentes, em 2002/2003, na área de vegetação natural (capoeira) na ESTEX-OP. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	100
TABELA 2A	Temperaturas máximas, mínimas, médias, umidade relativa e precipitação mensal, durante o período de outubro/2002 a setembro/2003, em Ouro Preto do Oeste, RO. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	101
TABELA 3A	Deposição mensal de serapilheira em espécies frutíferas, florestais e na vegetação natural, no período de outubro/2002 a setembro/2003. UFLA, Lavras - MG, 2004.....	102
TABELA 4A	Concentração de macronutrientes contidos na serapilheira produzida, nas espécies frutíferas, florestais e na vegetação natural, coletadas de três em três meses, em quatro épocas. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	103
TABELA 5A	Resumo das análises de variância, coeficientes de variação e médias gerais para os macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S, obtidos a partir de análise foliar das espécies frutíferas, florestais e na área de vegetação natural. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	106

TABELA 6A	Resumo da análise de variância, coeficiente de variação e média geral para serapilheira depositada. UFLA, Lavras, MG. 2005.....	107
TABELA 7A	Resumo da análise de variância, coeficiente de variação e média geral para os teores de macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S na serapilheira depositada. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	107
TABELA 8A	Resumo da análise de variância, coeficiente de variação e média geral para os estoques de macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S na serapilheira depositada. UFLA, Lavras, MG. 2005.....	108
TABELA 9A	Resumo das análises de variância, coeficientes de variação e médias gerais para os macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S, pH, acidez potencial (H+Al), soma de bases trocáveis (SB), capacidade de troca catiônica efetiva (t), índice de saturação de base (v), matéria orgânica (MO), carbono (c) e relação C/N encontrados em análise de solo sob espécies frutíferas, florestais e na área de vegetação natural. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	109
TABELA 10A	Resumo das análises de variância, coeficientes de variação e médias gerais para os estoques dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg, S e da matéria orgânica (MO), nas profundidades de 0-20 cm, 20-40 cm no solo sob espécies frutíferas, florestais e na vegetação natural. UFLA, Lavras, MG. 2005.....	110

TABELA 1A - Lista das principais espécies presentes, em 2002/2003, na área de vegetação natural (capoeira) na ESTEX-OP. UFLA, Lavras, MG, 2005.

<b>Nome vulgar</b>	<b>Nome específico</b>
Ingá	<i>Inga</i> sp.
Embaúba	<i>Cecropia</i> sp.
Arranha-gato	<i>Acacia plumosa</i> Lowe Bot. Mag.
Assa-peixe	<i>Vernonia polyanthes</i> Less.
Araçá-do-mato	<i>Myrcia</i> sp.
Freijó	<i>Coordia</i> sp.
Babaçu	<i>Orbignya phalerata</i> Mart.
Tucumã	<i>Astrocaryum aculeatum</i> G.F.W. Meyer
Castanha-do-brasil	<i>Bertholletia excelsa</i> Kunth
Pente-de-macaco	<i>Apeiba echinata</i> Gaertn.
Tauari	<i>Cariniana</i> sp.
Unha-de-vaca	<i>Bauhinia forficata</i> Link
Urucum-bravo	<i>Croton</i> sp.
Cedro-rosa	<i>Cedrella odorata</i> L.
Taxi	<i>Tachigalia</i> sp.
Muiratinga	<i>Trymatococcus</i> sp.

TABELA 2A - Temperaturas máximas, mínimas, médias, umidade relativa e precipitação mensal, durante o período de outubro/2002 a setembro/2003, em Ouro Preto do Oeste, RO. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Meses	T <sub>máx.</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>média</sub>	U.R.	Precip.
Out./2002	31,8	22,4	26,0	76,5	63,0
Nov./2002	31,1	22,3	25,5	81,7	135,6
Dez./2002	30,4	23,0	25,7	84,3	341,5
Jan./2003	30,2	23,2	25,5	86,1	293,9
Fev./2003	30,2	22,6	25,2	85,8	225,4
Mar./2003	29,2	22,7	24,8	87,1	326,0
Abr./2003	30,6	22,5	25,2	85,8	195,4
Mai/2003	30,6	21,6	24,8	85,1	35,6
Jun./2003	31,6	20,1	22,0	81,8	42,2
Jul./2003	32,1	17,9	23,7	70,9	0,4
Ago./2003	32,0	19,0	22,8	63,9	24,8
Set./2003	30,2	20,2	23,9	74,7	196,4

T<sub>Máx.</sub> – Temperatura máxima (°C); T<sub>Min</sub> – Temperatura mínima (°C);  
T<sub>Média</sub> – Temperatura média (°C); U.R. – Umidade relativa do ar (%);  
Precip. – Precipitação (mm).

TABELA 3A - Deposição mensal de serapilheira em espécies frutíferas, florestais e na vegetação natural, no período de outubro/2002 a setembro/2003. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Mês	Espécie								
	Mangueira	Cupuaçuzeiro	Fruta-pão	Abacateiro	Cacaueiro	Gliricídia	Bandarra	Teca	Veg. natural
kg ha <sup>-1</sup>									
Out/02	178,7	263,3	42,0	996,5	206,2	216,5	16,0	202,5	1.261,0
Nov/02	102,0	50,3	236,2	221,7	76,5	119,0	16,3	154,0	1.060,8
Dez/02	113,3	128,0	589,0	129,5	12,7	302,3	40,3	156,0	960,8
Jan/03	156,3	116,0	547,5	244,3	44,5	469,0	196,0	31,0	860,0
Fev/03	178,0	95,3	459,0	30,8	12,0	358,3	263,5	142,7	1.340,3
Mar/03	128,0	51,7	66,2	239,7	35,0	270,7	170,0	17,0	752,0
Abr/03	37,0	145,3	138,7	159,7	356,0	159,7	568,0	18,3	728,3
Mai/03	36,3	56,0	165,5	394,0	27,3	493,3	367,5	217,2	1.225,0
Jun/03	63,7	87,7	87,7	270,7	48,7	195,0	193,3	25,3	838,7
Jul/03	59,0	45,3	62,7	107,0	123,0	317,0	395,0	38,8	1.529,0
Ago/03	43,0	333,5	15,0	29,5	147,5	213,7	930,0	36,0	1.548,8
Set/03	27,7	34,7	33,0	36,0	70,7	316,3	864,0	35,0	1.276,0
Total	1.123,0	1.407,2	2.542,3	2.859,3	1.160,0	3.430,8	4.020,0	1.073,8	13.380,8

TABELA 4A - Concentração de macronutrientes contidos na serapilheira produzida nas espécies frutíferas, florestais e na vegetação natural, coletadas de três em três meses, em quatro épocas. UFLA, Lavras, MG, 2005.

	<b>Mês</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>
<b>g kg<sup>-1</sup></b>							
Mangueira	Dez/02	17,3	0,33	5,7	25,8	1,4	0,73
Cupuaçuzeiro	Dez/02	15,7	0,53	4,8	10,6	2,33	1,0
Fruta-pão	Dez/02	23,1	1,1	8,7	26,0	3,9	1,4
Abacateiro	Dez/02	15,2	1,3	6,6	17,5	3,7	1,0
Cacaueiro	Dez/02	21,6	0,53	4,81	26,74	5,75	0,77
Gliricídia	Dez/02	18,3	1,0	3,31	18,9	3,49	1,51
Bandarra	Dez/02	18,47	1,08	3,31	17,32	1,61	0,71
Teca	Dez/02	13,40	0,94	4,81	21,77	1,08	0,59
Vegetação natural	Dez/02	16,2	0,46	3,46	15,08	3,27	0,69
Mangueira	Mar/03	16,8	0,27	4,06	26,80	1,26	0,74
Cupuaçuzeiro	Mar/03	19,7	0,52	2,70	14,55	1,97	1,0
Fruta-pão	Mar/03	15,40	1,85	6,0	21,46	3,50	1,24
Abacateiro	Mar/03	15,60	1,05	5,41	18,75	3,63	1,28

(continua...)

(...Tabela 4A, continuação)

Cacaueiro	Mar/03	16,40	0,87	3,61	26,20	5,37	1,35
Gliricídia	Mar/03	18,33	0,97	3,31	18,88	3,49	1,51
Bandarra	Mar/03	18,20	0,87	2,70	19,89	1,41	1,01
Teca	Mar/03	20,0	2,22	7,51	9,92	2,0	1,48
Vegetação natural	Mar/03	16,27	0,56	2,40	17,58	1,72	1,01
Mangueira	Jun/03	15,90	1,05	5,50	16,87	1,65	1,19
Cupuaçuzeiro	Jun/03	7,90	0,53	6,47	14,53	1,94	1,10
Fruta-pão	Jun/03	15,0	2,90	12,3	20,83	4,80	2,90
Abacateiro	Jun/03	9,90	0,92	4,37	22,60	4,50	1,61
Cacaueiro	Jun/03	15,30	0,90	5,82	31,25	6,39	1,61
Gliricídia	Jun/03	21,07	1,25	8,73	15,55	3,92	1,41
Bandarra	Jun/03	1,60	1,36	6,47	19,89	1,21	1,28
Teca	Jun/03	9,67	0,98	10,35	12,39	0,33	0,48
Vegetação natural	Jun/03	17,0	0,46	8,40	19,83	2,13	0,66
Mangueira	Set/03	8,80	0,53	6,31	25,0	2,02	0,55
Cupuaçuzeiro	Set/03	8,90	0,50	5,82	18,31	2,02	1,0
Fruta-pão	Set/03	10,40	0,84	12,0	21,33	4,70	1,26
Abacateiro	Set/03	8,20	1,17	17,46	22,55	4,40	0,74

(continuação..)

(....Tabela 4 A continuação)

Cacaueiro	Set/03	11,67	0,82	11,64	27,15	5,72	0,94
Gliricídia	Set/03	16,40	1,19	12,29	17,19	4,28	1,09
Bandarra	Set/03	17,78	1,38	20,37	19,89	2,86	1,31
Teca	Set/03	6,0	0,72	7,76	22,33	2,82	0,26
Vegetação natural	Set/03	16,67	0,95	11,32	18,73	2,32	0,88

TABELA 5A - Resumo das análises de variância, coeficientes de variação e médias gerais para os macronutrientes, N, P, K, Ca, Mg e S, obtidos a partir de análise foliar das espécies frutíferas, florestais e da vegetação natural. UFLA, Lavras, MG, 2005.

<b>Quadrado médio</b>							
<b>FV</b>	<b>G.L.</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>
Tratamentos	8	106,19**	0,29**	73,47**	112,59**	5,79**	0,45**
Erro	18	7,38	0,05	6,50	1,64	0,07	0,07
Média		23,14	14,08	13,77	19,08	3,13	1,61
CV (%)		11,74	14,71	18,52	6,72	8,47	16,69

\*\* Significativo a 1% de probabilidade

Valores médios dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S expressos em porcentagem

TABELA 6A - Resumo da análise de variância, coeficiente de variação e média geral para a serapilheira depositada. UFLA, Lavras, MG, 2005.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>Quadrado médio</b>
Tratamento	8	45244070,30**
Erro	18	298032,36**
Média		3.446,15
CV (%)		15,84

\*\* Significativo a 1% de probabilidade.

TABELA 7A - Resumo da análise de variância, coeficiente de variação e média geral para os teores de macronutrientes, N, P, K, Ca, Mg e S na serapilheira depositada. UFLA, Lavras, MG, 2005.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>Quadrado médio</b>					
		<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>
Trat.	8	14,50**	0,44**	7,07	50,33**	6,73**	0,29**
Erro	18	1,38	0,07	3,48	3,77	0,17	0,02
Média		15,11	0,97	7,13	19,94	3,02	1,09
CV (%)		7,78	27,84	26,19	9,73	13,57	14,10

\*\* Significativo a 1% de probabilidade.

TABELA 8A - Resumo da análise de variância, coeficiente de variação e média geral para os estoques de macronutrientes, N, P, K, Ca, Mg e S na serapilheira acumulada. UFLA, Lavras, MG, 2005.

FV	GL	Quadrado médio					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Tratamento	8	13050,08**	17,52	1879,62**	14131,47**	263,66**	29,97**
Erro	18	179,17	5,96	134,36	485,66	19,21	6,94
Média		54,77		24,76	62,03	9,99	3,87
CV (%)		24,44		46,82	35,52	43,85	68,05

\*\* Significativo a 1% de probabilidade.

TABELA 9A - Resumo das análises de variância, coeficientes de variação e médias gerais para os macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S, pH, acidez potencial (H+Al), soma de bases trocáveis (SB), capacidade de troca catiônica efetiva (t), índice de saturação de bases (v), matéria orgânica (MO), carbono (C) e relação C/N encontrados em análise de solo sob espécies frutíferas, florestais e na vegetação natural. UFLA, Lavras, MG, 2005.

FV	GL	Quadrado médio														
		pH	N	P	K	Ca	Mg	S	Al	H+Al	SB	t	v	MO	C	C/N
Trat.	7	0,230**	0,000926	10,51**	731,18**	0,223	0,099*	8,30**	0,000365	0,322**	0,344	0,338	69,90	0,055*	0,018*	0,445
Erro(A)	16	0,05	0,00	2,03	114,89	0,172	0,034	1,13	0,000154	0,044	0,184	0,181	26,47	0,029	0,006	0,229
Prof.	1	0,015	0,035**	119,57**	3108,10**	16,92**	0,24**	8,93*	0,000133	0,294**	23,44**	23,16**	1025,18**	6,11**	2,058**	29,03**
Esp*Prof.	7	0,017	0,00049	6,59**	117,0**	0,04 <sup>NS</sup>	0,035	3,99*	0,000062	0,054**	0,11*	0,11*	15,21**	0,009 <sup>N</sup>	0,003	0,264
Erro (B)	16	0,008	0,00	1,34	24,49	0,051	0,021	1,34	0,000032	0,0010	0,027	0,03	2,52	0,007	0,002	0,185
Média		6,09	0,138	3,06	47,56	2,19	0,685	7,32	0,00375	1,983	2,99	3,0	59,31	0,934	0,541	3,86
CV1(%)		3,56	15,88	46,58	22,54	18,98	27,26	14,50	331,10	10,63	14,34	14,22	8,67	14,84	15,0	12,41
CV2(%)		1,49	11,11	37,81	10,41	10,37	21,33	15,82	477,65	5,04	5,53	5,85	2,68	8,91	9,12	11,16

\*\* Significativo a 1% de probabilidade; \* Significativo a 5%.

Valores médios de P, K e S em mg dm<sup>-3</sup>; N em dag dcm<sup>-3</sup>; Al, Ca, Mg, H+Al e SB em cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; t, T, v, MO e C em dag kg<sup>-1</sup>.

TABELA 10A - Resumo das análises de variância, coeficientes de variação e médias gerais para os estoques dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg, S e matéria orgânica (MO), nas profundidades de 0-20 cm, 20-40 cm, no solo sob espécies frutíferas, florestais e na vegetação natural. UFLA, Lavras, MG, 2005.

FV	GL	Quadrado médio						
		N	P	K	Ca	Mg	S	MO
Trat.	7	370357 <sup>NS</sup>	42,06**	2927,64**	35667,51 <sup>NS</sup>	5864,81*	33,19**	2252857,14*
Erro (A)	16	192500,00	8,13	459,53	27684,58	2057,49	4,51	7696666,67
Prof.	1	14300833,33**	478,30**	12429,20**	2685694,08**	14137,44**	35,71*	244245333,00**
Trat*Prof.	7	196071,43 <sup>NS</sup>	26,35**	467,82**	6573,70 <sup>NS</sup>	2113,94 <sup>NS</sup>	15,96*	3805714,28 <sup>NS</sup>
Erro (B)	16	94166,67	5,36	97,65	8337,25	1259,34	5,37	2771666,67
CV1 (%)		15,88	25,66	22,52	18,99	27,26	14,50	14,84
CV2 (%)		11,11	44,30	10,38	10,42	21,33	15,82	8,91
Média		2762,50	6,12	95,17	875,96	166,40	14,64	18691,67

\* e \*\* Significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade; NS= não significativo  
 Valores médios de macronutrientes N, P, K, Ca, Mg., S e da Matéria orgânica em kg ha<sup>-1</sup>.