

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

**DEPOSIÇÃO E DECOMPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA EM ÁREA  
DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA EM  
PLANALTINA - DF**

**FABIANA CAMPOS RIBEIRO**

**ORIENTADOR: Dr. ALCIDES GATTO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

**PUBLICAÇÃO: PPGEFL.DM 227 /2014  
BRASÍLIA/ DF FEVEREIRO DE 2014**

**Brasília, 21 de fevereiro de 2014**

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

DEPOSIÇÃO E DECOMPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA EM ÁREA DE  
INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA EM  
PLANALTINA - DF

FABIANA CAMPOS RIBEIRO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS FLORESTAIS.

APROVADO POR:

---

Prof. Dr. ALCIDES GATTO  
(Departamento de Engenharia Florestal - UnB)  
(ORIENTADOR)

---

Pesquisadora. Dr<sup>a</sup>. ARMINDA MOREIRA DE CARVALHO  
(Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa)  
(EXAMINADORA EXTERNA)

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. ROSANA DE CARVALHO CRISTO MARTINS  
(Departamento de Engenharia Florestal - UnB)  
(EXAMINADORA INTERNA)

---

Prof. Dr. ILDEU SOARES MARTINS  
(Departamento de Engenharia Florestal - UnB)  
(SUPLENTE)

**Brasília, 21 de fevereiro de 2014**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade de Brasília. Acervo 1014782.

R484d Ribeiro, Fabiana Campos.  
Deposição e decomposição de serapilheira em área de integração Lavoura-Pecuária-Floresta em Planaltina - DF / Fabiana Campos Ribeiro. -- 2014.  
xii, 52 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) - Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Florestal, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, 2014.

Inclui bibliografia.  
Orientação: Alcides Gatto.

1. Cerrados - Planaltina (DF). 2. Serapilheira. 3. Solos - Composição. I. Gatto, Alcides. II. Título.

CDU 631.4(81:251)

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

RIBEIRO, F. C. 2014. **Deposição e decomposição de serapilheira em área de integração Lavoura-Pecuária-Floresta em Planaltina - DF.** Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, Publicação PPGEFL.DM-227/2014. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 52 f.

## CESSÃO DE DIREITOS

AUTORA: Fabiana Campos Ribeiro

TÍTULO: Deposição e decomposição de serapilheira em área de Integração-Lavoura-Pecuária-Floresta em Planaltina - DF

GRAU: Mestre ANO: 2014

É concedido à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

---

Fabiana Campos Ribeiro  
*fbn.ribeiro@gmail.com*

*Dedico*

*A Deus que me deu a oportunidade de ser Eng. Florestal e estudar tudo que mais amo;  
A todas as pessoas que tem compromisso com as questões ambientais; e  
Ao meu irmão Fábio Campos Ribeiro, por ser minha razão infinita de querer continuar,  
por acreditar que nem mesmo o tempo pode apagar nosso amor... Enfim pelo simples fato  
de existir e me fazer tão feliz.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS, eterno pensamento, a vontade suprema, o movimento por excelência, que sois o ignoto ponto de partida de toda criação.

Ao meu orientador, professor Dr. Alcides Gatto pela oportunidade, paciência e excelente orientação.

Aos membros da banca: Rosana de Carvalho Cristo Martins, Arminda Moreira de Carvalho e Ildeu Soares Martins. Ao professor agradeço também pelo acompanhamento nos dados estatísticos.

Aos pesquisadores da Embrapa Cerrados Karina Pulrolnik e Lourival Vilela que não mediram esforços em me ajudar. E a todos os funcionários da Embrapa desde estagiário aos técnicos pela ajuda nas coletas.

Ao professor Dr. Mundayatan Haridasan e a técnica do Laboratório de Solos da Ecologia Mara Rúbia Suzana Chaves que me auxiliaram e me receberam muito bem.

Aos professores do departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília do curso de mestrado em Ciências Florestais. E aos profissionais do Programa de Pedro Rocha e Chiquinho, pelo companheirismo durante os dois anos de mestrado.

Aos amigos do programa de pós-graduação, em especial Angela Bussinguer, por todo companheirismo durante esses dois anos de mestrado, sua amizade foi preciosa.

A Glauce Tais Azevedo pela amizade e por toda ajuda na minha pesquisa. E a meu colega Pierre Farias de Souza pela ajuda no laboratório.

Aos meus amigos de graduação Érica Lima e Leilson Ferreira Gomes pelo carinho de irmãos e por sempre torcerem pelo meu sucesso.

Aos meus avós Elza Campos Oliveira e José Ribeiro Neto que me ajudaram a entender os primeiros princípios da vida. Aos meus pais Edina Campos Ribeiro (*in memoriam*) e Aldo Ribeiro (*in memoriam*). Ao meu irmão Fabio Campos Ribeiro, por representar minha família, por ser bondoso e companheiro.

A Priscila Nousa Rodrigues, por ser a melhor amiga do mundo inteiro.

Ao meu dileto Valderli J. Piontekowski que é um exemplo de disciplina, força e determinação desde a época da graduação, é uma alegria compartilhar meus sonhos ao seu lado.

Enfim, a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização desta pesquisa.

## EPÍGRAFE

...Mais inteligente é aquele que sabe que não sabe...

*Sócrates*

“O seu mundo é do tamanho do seu sonho.”

*Augusto Curi*

## RESUMO

### DEPOSIÇÃO E DECOMPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA EM ÁREA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA EM PLANALTINA - DF

**Autora: Fabiana Campos Ribeiro**

**Orientador: Prof. Dr. Alcides Gatto**

**Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais**

**Brasília, 21 fevereiro de 2014**

Com objetivo de analisar a deposição, decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira, este trabalho foi conduzido em área de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na Embrapa Cerrados Planaltina - DF, onde foram instalados coletores de serapilheira de 50 x 50 cm, para coleta da deposição, e para decomposição, foram utilizados *litters bags* de 20 x 30 cm. Os coletores foram colocados em três posições (entre as árvores, a dois metros e a seis metros das árvores, nos sentidos leste e oeste), durante 11 meses, com quatro repetições. Já os *litters bags* foram colocados em quatro posições diferentes (entre as árvores e entre renques). Em cada *litter bag* foi pesado 20 g de serapilheira. A coleta de serapilheira depositada foi realizada uma vez por mês, no período de dezembro de 2011 a outubro de 2012. As amostras de serapilheira de deposição e da decomposição foram seca em estufa, moídas e encaminhadas para laboratório, para análises de macronutrientes (N, P, K, S, Ca e Mg) e micronutrientes (Fe, Zn, Cu, Mn e B). Para análise estatística utilizou-se a Correlação de Person. A produção anual total de serapilheira foi 10.248,21 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para coleta realizada entre árvores, 7.200,44 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, para coleta realizada a dois metros das árvores e 4.065,16 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para coleta realizada a seis metros das árvores. Os teores de nutrientes na deposição encontram-se na ordem de: Ca > N > K > Mg > S > P. E os micronutrientes de: Fe > Mn > B > Zn > Cu. A precipitação pluvial influenciou marcadamente a decomposição da serapilheira foliar. A constante de decomposição entre árvores de curto período ( $k_A$ ) e recalcitrante ( $k_B$ ) foram, de 0,0701 e 0,0005. E o tempo de meia vida da decomposição ( $t_{1/2}$ ) foram de 10 e 1.386 dias. Enquanto para entre renques a constante de decomposição de curto período ( $k_A$ ) e recalcitrante ( $k_B$ ) foram, de 0,0687 e 0,0006. E o tempo de meia vida da decomposição ( $t_{1/2}$ ) foram de 10 e 1.155 dias.

**Palavras chave:** bioma cerrado, teores de nutrientes e litter.

## ABSTRACT

### DEPOSITION AND DECOMPOSITION OF LITTER IN CROP-LIVESTOCK INTEGRATION AREA FLOREST IN PLANALTINA - DF

**Author: Fabiana Campos Ribeiro**

**Advisor: Prof. Dr Alcides Gatto**

**Postgraduate program in Forest Sciences**

**Brasília, 21 february of 2014**

With purpose of analyzing the deposition, decomposition and nutrient release of Burlap, this work was conducted in the area of Crop-Livestock Integration-forest in Embrapa Cerrados Planaltina-DF, where litter collectors were installed of 50 x 50 cm, for collection of deposition and decomposition of litters were used for bags 20 x 30 cm. The collectors were placed in three positions (between the trees, two meters and six meters of trees on the East and West directions), for 11 months, with four replicates. Already the litters bargs were placed in four different positions (between the trees and between lines). In each litter bag was weighed 20 g of leaf litter. Collecting leaf litter deposited was held once a month during the period from december 2011 to october 2012. The deposition and litterfall samples were dried in decomposition greenhouse, ground and forwarded to a laboratory for analysis of macronutrients (N, P, K, S, Ca and Mg) and micronutrients (Fe, Zn, Cu, Mn and B). For statistical analysis we used the correlation of Person. The total annual production of leaf litter was 10.248,21 kg ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup> for gathering held between trees, 7.200,44 kg ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup> for gathering held at a distance of two metres of trees and 4.065,16 kg ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup> for gathering held to six yards of trees. The levels of nutrients in the deposition can be found in the order of: Ca > N > K > Mg > S > P. And the micronutrients: Fe > Mn > B > Zn > Cu. The pluvial precipitation influenced markedly the decomposition of litter. The constant decomposition between trees of short period ( $k_A$ ) and recalcitrant ( $k_B$ ) were of 0.0701 and 0.0005. And the half life time of decomposition ( $t_{1/2}$ ) were 10 and 1.386 days. While among the tree decomposition constant of short period ( $k_A$ ) and recalcitrant ( $k_B$ ) were of 0.0687 and 0.0006. And the half life time of decomposition ( $t_{1/2}$ ) were 10 and 1.155 days.

**Keywords:** biome, nutrient content and litter.



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>1</b>
<b>2 OBJETIVO GERAL .....</b>	<b>2</b>
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>2</b>
3.1 PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA E RETORNO DE NUTRIENTES AO SOLO .....	2
3.2 A DINÂMICA DA SERAPILHEIRA COMO UM INDICADOR DE SUSTENTABILIDADE NOS SISTEMAS FLORESTAIS .....	4
3.3 INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA E CONSERVAÇÃO DO SOLO .....	5
<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>8</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>9</b>
2.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	9
2.2 COLETA DA SERAPILHEIRA.....	10
2.3 COLETA DE SOLO .....	12
2.4 ANÁLISES DE NUTRIENTES DA SERAPILHEIRA .....	13
2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA DA SERAPILHEIRA .....	13
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>14</b>
3.1 DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA.....	14
3.2 TEORES DE MACRONUTRIENTES NA DEPOSIÇÃO .....	20
3.3 TEORES DE MICRONUTRIENTES NA DEPOSIÇÃO.....	23
3.4 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS .....	25
<b>4 CONCLUSÕES .....</b>	<b>29</b>
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>30</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>30</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>31</b>
2.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	31
2.2 COLETA DA SERAPILHEIRA.....	31
2.3 ANÁLISES DE NUTRIENTES DA SERAPILHEIRA .....	33
2.4 TAXA DE DECOMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA.....	33

2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA DA SERAPILHEIRA .....	33
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>34</b>
3.1 TAXA DE DECOMPOSIÇÃO .....	34
3.2 TEORES DE MACRONUTRIENTES NA DECOMPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA	38
<b>4 CONCLUSÕES .....</b>	<b>40</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>41</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área experimental de ILPF, em Planaltina - DF. ....	9
Figura 2 - Desenho esquemático das disposições dos coletores no experimento. A - coletor entre árvores; B coletor a dois metros das árvores; C - coletor a seis metros das árvores...	11
Figura 3 - Mosaico de imagens da área experimental de ILPF em Planaltina - DF após o incêndio em mês de novembro de 2012. ....	12
Figura 4 - Deposição mensal de serrapilheira na área de ILPF em Planaltina - DF. ....	15
Figura 5 - Produção acumulada de serapilheira na área experimental de ILPF em Planaltina - DF. ....	16
Figura 6 - Teores de macronutrientes (Ca, N, K, Mg, S e P) encontrados na deposição na área experimental de ILPF em Planaltina - DF. ....	22
Figura 7 - Teores de micronutrientes (Fe, Mn, B, Zn e Cu) encontrados na deposição na área experimental de ILPF em Planaltina - DF. ....	24
Figura 8- Desenho esquemático das disposições dos litter bags no experimento. 1 e 4 <i>litter bags</i> entre árvores; 2 e 3 <i>litter bags</i> entre renques. ....	32
Figura 9 - Curva de decomposição de serapilheira entre árvores e entre renques na área experimental de ILPF em Planaltina - DF. ....	34

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Teste de média anual da produção de serapilheira para comparar os sentidos leste, oeste e as três posições na área experimental de ILPF em Planaltina - DF. ....	14
Tabela 2 - Produção total de serapilheira em $\text{kg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ em diferentes sistemas florestais com eucalipto.....	17
Tabela 3 - Matriz de Correlação de Pearson entre as variáveis climatológicas em relação à serapilheira depositada em área de ILPF em Planaltina - DF. ....	18
Tabela 4 - Coeficientes de correlações parciais das variáveis climatológicas em relação à serapilheira depositada em área de ILPF em Planaltina - DF. ....	19
Tabela 5 - Quantidades de macronutrientes liberado na deposição em $\text{kg ha}^{-1}$ na área de ILPF em Planaltina - DF. ....	20
Tabela 6 - Médias dos teores de micronutrientes na deposição durante os 11 meses no município de Planaltina - DF.....	23
Tabela 7 - Características químicas do solo de 0-20 e 20-40 cm antes da implantação do sistema de cultivo ILPF em 2008, e depois em 2013. ....	26
Tabela 8 - Características químicas do solo em ILPF de 0-10 cm de profundidade Entres Árvores (EA) e Entres Renques (ER) no município de Planaltina - DF.....	27
Tabela 9 - Análise granulométrica e classificação textural do solo de 0-10, 0-20 e 20-40 cm no sistema de cultivo ILPF em 2013.....	28
Tabela 10 - Matriz de Correlação de Pearson entre as variáveis climatológicas em relação à decomposição da serapilheira em área de ILPF em Planaltina - DF. ....	37
Tabela 11 - Teste de média dos teores de macronutrientes na decomposição da serapilheira na área experimental de ILPF em Planaltina - DF.....	38

# 1 INTRODUÇÃO GERAL

A crescente demanda mundial por alimentos, bioenergia e produtos florestais, em contrapartida à necessidade de desenvolvimento sustentável das atividades humanas, requer soluções que permitam incentivar o desenvolvimento socioeconômico, sem comprometer o equilíbrio dos recursos naturais. É nesse cenário que a estratégia de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) torna-se um instrumento à disposição do agronegócio e de interesses nacionais, por possibilitar ganhos em competitividade e sustentabilidade do setor produtivo (BALBINO et al., 2011).

As vantagens desse sistema de cultivo de solo no Brasil são comprovadas pela viabilidade técnica, econômica, social e, principalmente, ambiental da aplicação da ILPF nos principais biomas, inclusive no Cerrado, pelas possibilidades de combinações entre agricultura, pecuária e floresta, conferindo grande aplicabilidade ao sistema, permitindo que diferentes culturas sejam combinadas para a adequação à realidade da região (BALBINO et al., 2012).

Nesse sistema, a compreensão dos fatores que regulam a decomposição dos resíduos orgânicos depositado sobre o solo assume importante papel no manejo do solo, possibilitando a elaboração de técnicas de cultivo que melhorem a utilização de nutrientes contidos nos resíduos vegetais que formam a serapilheira (COSTA et al., 2005). A serapilheira compreende todos os resíduos orgânicos vegetais depositados sobre solo, em ambientes florestais, sendo formada por folhas, ramos, órgãos reprodutivos e detritos, que exercem inúmeras funções no equilíbrio e dinâmica dos ecossistemas florestais (COSTA et al., 2010). E a sua decomposição constitui um dos processos mais importantes da ciclagem de nutrientes (MONTAGNINI; JORDAN, 2002).

A serapilheira representa o material base para a formação de matéria orgânica do solo, principal fornecedora de nutrientes, como o nitrogênio, fósforo, enxofre e cálcio às plantas, sendo utilizada para comparar a eficiência de nutrientes em diferentes ecossistemas florestas (COLE; RAPP, 1980; SELLE, 2007). A fração folhas da serapilheira tem maior importância por apresentar pequena variação espacial no conteúdo de nutrientes, e por ser a responsável pela maior parte da transferência anual de nutrientes ao solo, torna-se a fração mais adequada para comparação entre ecossistemas florestais, no tocante à eficiência de seus componentes vegetais na utilização de nutrientes (TOLEDO et al., 2002; SELLE, 2007).

Dependendo da quantidade e principalmente da qualidade da serapilheira depositada sobre o solo, influi diretamente no teor de matéria orgânica e no potencial de nutrientes que podem retornar ao solo por meio da sua decomposição e mineralização. O entendimento da dinâmica desse processo pode contribuir para o manejo racional da aplicação da ILPF.

## **2 OBJETIVO GERAL**

Analisar a deposição, decomposição e os teores de nutrientes da serapilheira na área experimental de ILPF em Planaltina - DF.

## **3 REVISÃO DE LITERATURA**

### **3.1 PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA E RETORNO DE NUTRIENTES AO SOLO**

Quantidades significativas de nutrientes podem retornar ao solo por meio da queda dos componentes senescentes das plantas e sua posterior decomposição. Este mecanismo de deposição tem sido considerado como um dos principais responsáveis pela ciclagem de nutrientes em ecossistemas de florestas tropicais (SCHUMACHER et al., 2003).

O retorno de nutrientes por meio da deposição do material orgânico constitui a via mais importante do ciclo biogeoquímico. Esse ciclo permite que as árvores da floresta possam sintetizar a matéria orgânica por meio da fotossíntese, reciclando os nutrientes, especialmente em solos altamente intemperizados, onde a biomassa vegetal é o principal reservatório de nutrientes (SCHUMACHER, 1992).

A produção de serapilheira representa o primeiro estágio de transferência de nutrientes, pois a maior parte dos nutrientes absorvidos pelas plantas durante o crescimento retorna ao solo por meio da lavagem da copa e o tronco das árvores (CALDEIRA et al., 2008). A quantidade de serapilheira e seu conteúdo de nutrientes incorporados ao solo dependem da capacidade produtiva do solo, das condições climáticas do material genético, da idade das árvores, entre outros os fatores (VIEIRA et al., 2009).

Dessa forma, a quantificação dos nutrientes da serapilheira, bem como o padrão de sua ciclagem, permitem avaliar a magnitude dos reflexos causados pela intervenção

antrópica ou por fenômenos naturais ocorridos no ecossistema, tornando possível, por meio de estudos de ciclagem de nutrientes, a quantificação das saídas ou perdas de nutrientes (OKI, 2002).

A importância de se avaliar a produção de serapilheira em florestas está na compreensão dos reservatórios e fluxos de nutrientes nesses ecossistemas, os quais se constituem na principal via de fornecimento de nutrientes por meio da decomposição dos resíduos vegetais (ANDRADE et al., 2000). Por meio da decomposição, a serapilheira libera para o solo elementos minerais que as plantas utilizam, desempenhando assim, um papel fundamental na circulação de nutrientes e nas transferências de energia entre os níveis tróficos (RIBEIRO, 1998).

A ciclagem de nutrientes em florestas pode ser representada pelos ciclos: geoquímico, bioquímico e biogeoquímico. O ciclo geoquímico envolve a transferência de elementos químicos para dentro e para fora do ecossistema. Já o ciclo bioquímico refere à movimentação dos nutrientes dentro da própria árvore (POGGIANI, 1980). Quanto ao ciclo biogeoquímico este refere-se às trocas químicas entre o solo e as plantas (reciclagem). Onde ocorre a transferência dos nutrientes ao solo através da deposição da serapilheira, e lavagem das folhas, ramos e troncos pela ação das precipitações.

Na sazonalidade de deposição da serapilheira há variações entre espécies nas regiões tropicais e subtropicais. A queda das folhas é causada pela senescência resultante de uma série de processos metabólicos ligados à fisiologia de cada espécie e, também, por estímulos vindos do ambiente, tais como: fotoperíodo, temperatura e estresse hídrico (POGGIANI et al., 1985; LIMA, 1996).

A transferência de nutrientes de um compartimento para outro ocorre no processo de ciclagem de nutrientes, envolvendo uma cadeia de procedimentos dentro de um ou mais ciclos naturais. Os padrões conceituais que apresentam esses processos são complicados e, constantemente envolvem três princípios fundamentais de movimentação de nutrientes: planta, animal e solo (CAMPOS et al., 2004; ALVES et al., 2006).

Sabe-se que as plantações florestais de rápido crescimento translocam intensamente os nutrientes contidos no solo para a fitomassa arbórea e para a serapilheira (VIEIRA, 1998). Estudo de processos que regulam as atividades do solo em ecossistemas naturais podem fornecer importantes conhecimentos sobre opções de manejo que mantenham a sua fertilidade em áreas de plantio.

### 3.2 A DINÂMICA DA SERAPILHEIRA COMO UM INDICADOR DE SUSTENTABILIDADE NOS SISTEMAS FLORESTAIS

A serrapilheira é a principal fonte de constituição da matéria orgânica em solos sob a floresta, sendo encontrada sob diferentes estágios de decomposição (BARBOSA; FARIA, 2006). A produção e a decomposição de serrapilheira em ecossistemas terrestres são afetadas pelas condições edafoclimáticas da área. No que diz respeito à produção, as condições de fertilidade de solo, temperatura, luminosidade e disponibilidade de água são fatores de grande importância para a produção de matéria orgânica.

O conjunto serrapilheira-solo não representa somente fonte de carbono e energia para os organismos do solo, mas também o habitat onde todas as ações dos organismos ocorrem, garantindo a sobrevivência e a reprodução. A serrapilheira é a porção mais dinâmica desse conjunto e, possivelmente, a mais variável não só entre ecossistemas, mas também dentro de um mesmo ecossistema (SANTOS; CAMARGO, 1999).

A decomposição da serrapilheira resulta na formação da matéria orgânica do solo, na liberação de seus nutrientes para a biota e às plantas na evaporação de parte do dióxido de carbono, sendo um processo que mantém a fertilidade e produtividade a manutenção (SCHEER, 2008).

A maior parte da matéria orgânica acumulada na superfície do solo das florestas é constituída principalmente de material vegetal, transferido pela deposição de serrapilheira. Dentre os componentes dessa manta orgânica, o material foliar é o mais significativo em quantidade de nutrientes orgânicos e inorgânicos (MEGURO et al., 1979).

Segundo Vital (2004), a serrapilheira é considerada um dos meios mais importantes na transferência de nutrientes essenciais da vegetação para o solo. Moço et al. (2005) explicaram que em seu conteúdo há grande diversidade de invertebrados que compõem a fauna edáfica que está diretamente relacionada com a fragmentação e decomposição desse material fertilizando naturalmente os solos.

Maia (2004) mostrou a importância da serrapilheira no que diz respeito não só à proteção e fertilização do solo, mas também como na conservação da biodiversidade que ali se encontra.

A quantidade de serrapilheira e seu conteúdo de nutrientes que são aportados ao solo pelo povoamento refletem na capacidade produtiva e no potencial de recuperação ambiental, tendo em vista as modificações que ocorrer nas características físicas do solo e,



consequentemente, na cadeia alimentar resultante do material orgânico adicionado ao solo (KONIG et al., 2002; SCHUMACHER et al., 2004).

A camada de serapilheira, juntamente com a parte aérea e radicular das plantas, protege o solo dos agentes erosivos e propicia condições para o reestabelecimento de suas propriedades físicas, químicas e biológicas (ANDRADE et al., 2000).

### 3.3 INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA E CONSERVAÇÃO DO SOLO

A importância do setor agrícola para a economia brasileira tem sido demonstrada desde o início da colonização do Brasil. A economia do país dependeu fortemente da agricultura até as primeiras décadas do século XX (FURTADO, 2005; BAER, 2008).

Ao desenvolver novas variedades adaptadas aos trópicos e práticas agrícolas adaptadas às condições do bioma Cerrado, considerado o seleiro do país, o Brasil tornou-se uma das grandes potências agrícolas do mundo. A incorporação de terras desse bioma ao processo produtivo, a partir da década de setenta explica uma parcela considerável de sucesso (MARTHA JÚNIOR et al., 2010).

Quanto à estratégia de ocupação do Cerrado, pela atividade de pecuária foi diferente daquela encontrada na agricultura de grãos. A evolução da pecuária na região Centro-Oeste até a década de oitenta centrou, quase que exclusivamente, na utilização intensa do fator terra em detrimento ao uso de tecnologias e insumos modernos (MARTHA JÚNIOR et al., 2007). Naquele período, a pecuária no Cerrado foi tradicionalmente caracterizada pelo extrativismo, com uso limitado de insumos no sistema de produção.

Todo esse processo de ocupação e uso inadequado do solo, pela agricultura e pecuária trouxe degradação ambiental, resultando na redução da produtividade. Entre as tecnologias que podem ser empregadas para renovação e recuperação de áreas antropizadas, visando à recuperação do solo, expansão de áreas cultiváveis e de biocombustíveis, tem se evidenciado a ILPF (MARTHA JÚNIOR et al., 2010).

Esse sistema permite o ingresso de pastagens em sistemas de produção de grãos e é uma prática efetiva para diminuir a incidência de plantas daninhas, pragas e doenças (VILELA et al., 1999; RAVA, 2003; FERREIRA et al., 2010; COSTA;).

Interações positivas ocorrem entre os componentes lavoura e pecuária, favorecem ganhos de produtividade de grãos e carne. A médio e longo prazo funciona na conservação

de recursos naturais e na melhoria da qualidade do solo (VILELA et al., 2008). Além disso, a integração lavoura-pecuária pode ser alternativa importante para recuperação de pastagens degradadas (VILELA; BARCELOS; MARTHA JÚNIOR, 2006).

Segundo Balbino et al. (2013), para atender a demanda crescente por alimentos e por bioenergia sem comprometer a sustentabilidade dos ecossistemas e dos agroecossistemas é necessário desenvolver sistemas de produção mais eficientes no uso dos recursos naturais do Brasil. Os sistemas mistos, como a ILP e A ILPF são, normalmente, mais sustentáveis do que os sistemas em monocultivos.

A introdução da componente florestal na atividade agropastoril seguramente acarretará uma complementação de benefícios. O investimento florestal incorpora ao sistema benefícios ambientais importantes do ponto de vista da sustentabilidade ambiental (ambiência animal e fixação de carbono), da sustentabilidade econômica (poupança verde) e da sustentabilidade social por promover entradas de recursos distribuídas ao longo do tempo (BALBINO et al., 2013; ALVARENGA et al., 2010).

De modo geral, as copas das árvores e a camada de resíduos vegetais depositados e acumulados sobre o solos (serapilheira) impedem ou diminuem o impacto direto das gotas da precipitação. Dessa maneira, os agregados do solo não são desintegrados em suas partículas básicas: areia, silte e argila. Isso evita o desencadeamento do processo erosivo e, além disso, os troncos e os seus resíduos vegetais funcionam como obstáculos ao caminamento de excedentes hídricos, reduzindo a velocidade da enxurrada (GONÇALVES, 2010).

Apesar de vários estudos mostrarem os benefícios da inclusão de árvores em pastagens na melhoria da beleza cênica da paisagem, de características microclimáticas, da qualidade do solo, do bem-estar animal, da qualidade da forragem e da mitigação de gases do efeito estufa (CORSI; GOULART, 2006; ALMEIDA, 2010; EUCLIDES et al., 2010; MACEDO, 2010), ainda são limitadas as informações sobre o manejo dos vários componentes específicos em sistemas de ILPF.

A integração lavoura-pecuária é a diversificação, rotação, consorciação ou sucessão das atividades agrícolas e pecuárias dentro da propriedade rural de forma equilibrada, compondo um mesmo princípio, de tal maneira que há benefícios para ambas. Permite, como uma das principais vantagens, que o solo seja explorado economicamente durante todo o ano ou, pelo menos, na maior parte dele, favorecendo o aumento na oferta de grãos, de fibras, de lã, de carne, de leite e de agroenergia a custos mais baixo devido ao sinergismo que se cria entre a lavoura e a pastagem (ALVARENGA et al., 2006a).

Segundo diversos autores (VILELA et al., 2001; ROMANO 2010; BALBINO et al., 2012; BALBINO et al., 2013) dentre os ganhos ambientais mais evidentes do Sistema de Lavoura-Pecuária-Floresta (SILPF) destacam-se:

- a) aumenta a fertilidade do solo, com fixação biológica do nitrogênio pelas leguminosas;
- b) incorpora N, P e S da matéria orgânica ao solo e aumenta a atividade biológica, em especialmente no subsolo, em razão da penetração mais profunda das raízes de espécies perenes e tolerantes à acidez;
- c) eliminação da necessidade de desmatamento e consequente proteção da biodiversidade;
- d) recuperação da qualidade e capacidade produtiva do solo;
- e) menor incidência de pragas, doenças e plantas daninhas, com decréscimo do uso de defensivos agrícolas;
- f) diminuição da evaporação da água do solo;
- g) possibilidade de aplicação dos sistemas para grandes, médias e pequenas propriedades rurais, e;
- h) melhoria de condições microclimáticas, pela contribuição do componente arbóreo com redução da amplitude térmica, aumento da umidade relativa do ar e diminuição da intensidade dos ventos, proporcionando o bem estar animal.

## CAPÍTULO 1

---

# DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA E CICLAGEM DE NUTRIENTES EM ÁREA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA EM PLANALTINA - DF

## 1 INTRODUÇÃO

O sistema de cultivo de solo mediante a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) têm sido bastante difundido nos últimos anos como alternativa para produção sustentável, que é atribuído à combinação de culturas agrícolas, animais e de espécies arbóreas. O sistema contribui na melhoria das propriedades físico-químicas e biológicas de solos degradados e antropizados. Quando bem implantados, aproxima-se ecologicamente de um ambiente mais equilibrado, portanto mais sustentável, permite ainda ciclagem de nutrientes e fornece ao produtor a diversificação da produção (grãos, carne e madeira), aumentando sua renda.

Segundo Souza e Davide (2001), a ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais tem sido amplamente estudada com o intuito de se obter maior conhecimento da dinâmica dos nutrientes nesses ambientes, não só para o entendimento do funcionamento dos ecossistemas, mas também para buscar informações a respeito de práticas de manejo florestal para a manutenção da produtividade do ambiente.

O acúmulo de serapilheira varia em função da procedência, da espécie, da cobertura florestal, do estágio sucessional, da idade, da época da coleta e do tipo de floresta (CALDEIRA, 2003; CALDEIRA et al., 2008). Além desses fatores, outros como: condições edafoclimáticas e regime hídrico, condições climáticas, sítio, sub-bosque, manejo silvicultural, proporção de copa, bem como taxa de decomposição e distúrbios naturais como fogo e ataque de insetos ou artificiais como remoção da serapilheira e cultivos, ocorridos na floresta ou no povoamento, também influenciam no acúmulo de serapilheira (VIERA; SCHUMACHER, 2010).

Dessa forma, os objetivos desse capítulo são: avaliar a produção de serapilheira depositada em coletores entre árvores, a dois metros e a seis metros das árvores, durante 11 meses; analisar os teores de macronutrientes (N, P, K, S, Ca e Mg) e de micronutrientes (Fe, Mn, B, Zn e Cu), e; avaliar o efeito de uso do solo nos atributos químicos em área de ILPF.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O trabalho foi conduzido por 11 meses, no período de dezembro de 2011 a outubro de 2012, na área experimental de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), localizado no Centro de Pesquisa Agropecuária da Embrapa Cerrados, em Planaltina - DF, na latitude: 15° 36' 38.82" S e longitude: 47° 42' 13.63" W (Figura 1).

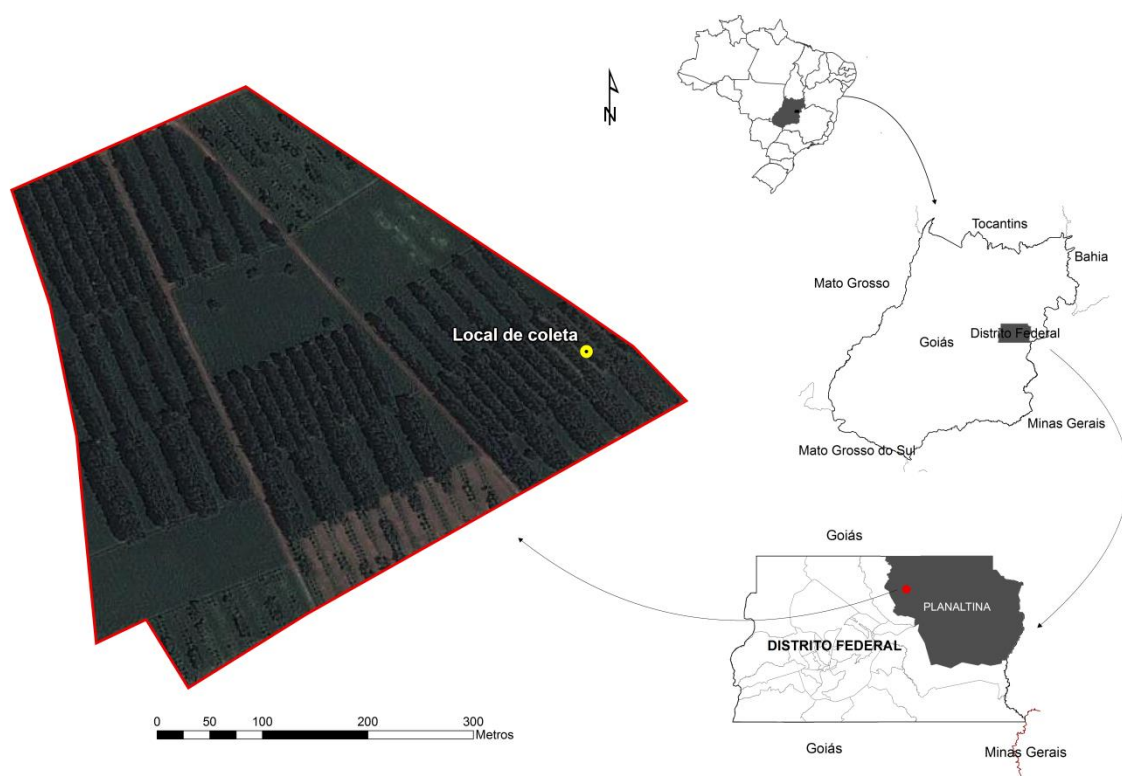


Figura 1 - Localização da área experimental de ILPF, em Planaltina - DF.

Fonte: IBGE, 2007.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen é Aw, com duas estações bem definidas de estação seca (entre os meses de maio a setembro) e chuvosa (entre outubro a abril), a precipitação média anual é de 1100 mm, concentrada nos meses de outubro a abril e a temperatura média é de 21,7 °C. O solo da área de estudo é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico.

As coletas de campo foram realizadas no experimento de ILPF no tratamento com linhas duplas de híbrido *Eucalyptus urograndis*, com dois anos e oito meses, com 12 m de distância entre as linhas entre árvores. Cada unidade experimental possui 1,4 ha. A média do Diâmetro a Altura do Peito das árvores (DAP) foi de 10 e 13,6 cm, e a altura média de 12,4 e 17,81 m para os anos de 2011 e 2012, respectivamente.

A produção de grãos de soja no ano agrícola de 2011 a 2012, na parcela dos coletores de folhede de eucalipto e *litter bags* foi de 927,5 kg/ha com um desvio padrão de 333,2. A produção dessa parcela foi equivalente a 43% da obtida em pleno sol (sem árvores), 2.167,2 kg/ha. O sorgo e do capim foi implantada para nutrição do animal.

Quanto ao histórico da área: em 2008 foi aplicado 2 t ha<sup>-1</sup> de calcário e 0,8 t ha<sup>-1</sup> de gesso; março de 2009 houve a introdução de Sorgo BRS-310 com a incorporação de 350 kg ha<sup>-1</sup> de NPK 8-20-15 + micronutrientes FTE BR12; dezembro de 2009 introdução de Soja Baliza RR sendo adicionado 400 kg ha<sup>-1</sup> de NPK 0-20-20; novembro de 2010 foi realizado o plantio de Soja BRS 850 com 400 kg ha<sup>-1</sup> de NPK 0-20-20; outubro de 2011 houve introdução de Soja cultivar Favorita incorporada a 1,5 t ha<sup>-1</sup> de calcário + 400 kg ha<sup>-1</sup> N P K de 0-20-20, e; em março de 2012 houve consórcio de *Brachiaria brizantha* cultivar Piatã com sorgo em Sistema ILPF. A cultivar de sorgo foi BRS 330, a quantidade de sementes 8 kg ha<sup>-1</sup>. Já para o capim *Brachiaria brizantha* cultivar Piatã foi utilizada a formulação NPK 08-20-15 na dosagem de 350 kg ha<sup>-1</sup>.

## 2.2 COLETA DA SERAPILHEIRA

As coletas de serapilheira foram realizadas no tratamento com linhas duplas de híbrido *Eucalyptus urograndis*, com 12 m de distância entre as linhas e dois metros entre árvores (Figura 2).

Foram instalados coletores de folhede de formato quadrado de 50 x 50 cm, (0,25 m<sup>2</sup>) para coleta de serapilheira, confeccionados de madeira e sombrite. Estes coletores foram colocados em três posições (entre as árvores, a dois metros e a seis metros das árvores) durante 11 meses, com quatro repetições, duas do lado oeste e duas do lado leste (Figura 2). A coleta de serapilheira depositada foi realizada no intervalo de tempo de um mês entre as coletas, no período de dezembro de 2011 a outubro de 2012. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste de F. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey (P<0.05).

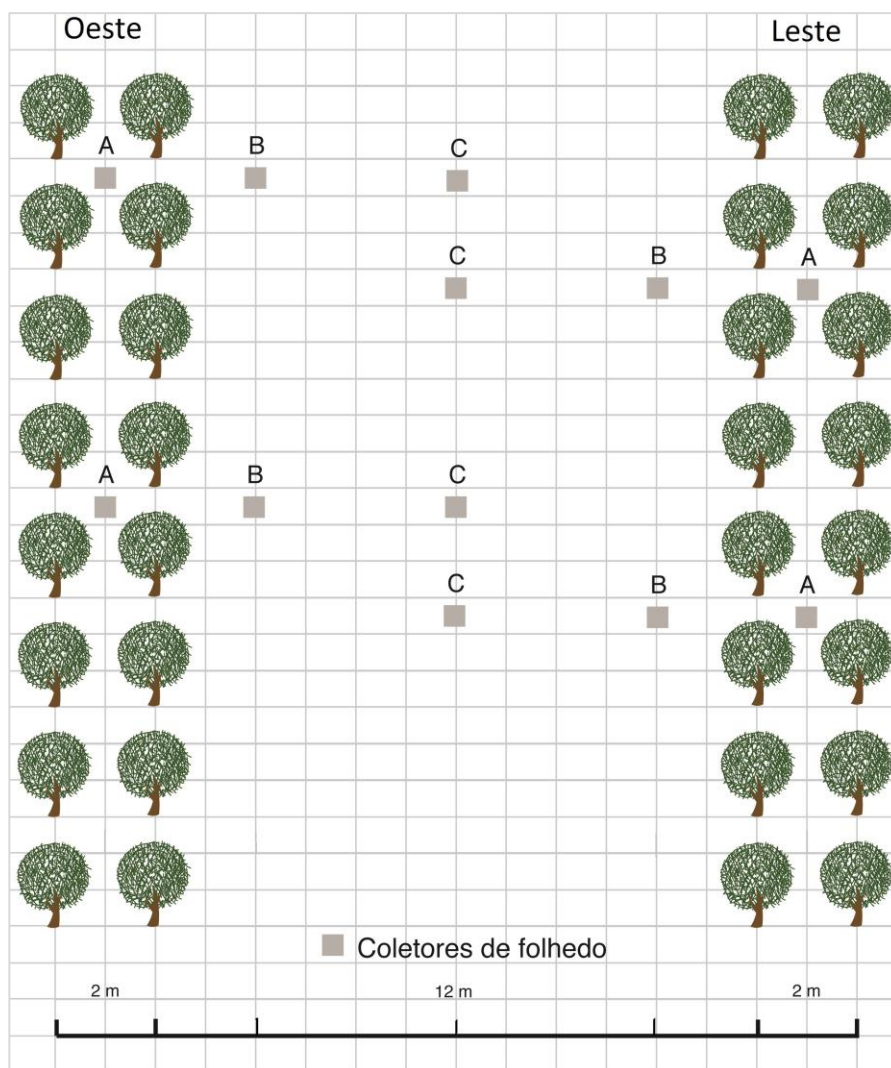


Figura 2 - Desenho esquemático das disposições dos coletores no experimento. A - coletor entre árvores; B coletor a dois metros das árvores; C - coletor a seis metros das árvores.

A serapilheira, após ser coletada, foi acondicionada em sacos de papel, identificadas e posta para secar em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até obter o peso constante. Posteriormente, a biomassa seca foi extrapolada para hectare. A última coleta de serapilheira depositada e dos *litter bags* seria realizada em novembro de 2012, para completar um ano, mas não ocorreu devido ao incêndio ocorrido na área de estudo (Figura 3). Como a última coleta foi perdida, utilizaram-se os valores encontrados durante os 11 meses para estimar a produção anual através de uma regressão linear simples.



Figura 3 - Mosaico de imagens da área experimental de ILPF em Planaltina - DF após o incêndio em mês de novembro de 2012.

Foto: Karina e Vilela, 2012.

### 2.3 COLETA DE SOLO

No ano de 2008, antes da implantação da área do experimento de ILPF, com auxílio de um trado holandês, foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade, em 20 pontos aleatórios formando uma amostra composta.

Em 2011, no início da instalação dos coletores e *litter bargs* para avaliação da serapilheira, foi realizada outra coleta de solos, porém de 0-10 cm de profundidade entre árvores e entre renques. O material coletado em cada profundidade foi homogeneizado, formando amostras compostas de cerca de 300 g para cada camada. Em seguida, as amostras foram encaminhadas para análise química e física de rotina em laboratório.

Em 2013, foi realizada novamente uma coleta de solos, seguindo os mesmos princípios das coletas dos anos de 2008 (0-20 e 20-40 cm) e 2011 (0-10 cm entre renques e entre árvores).

Foram realizadas as análises químicas do pH, matéria orgânica (MO), alumínio trocável ( $\text{Al}^{3+}$ ), fósforo (P), potássio disponível (K), enxofre (S), cálcio trocável ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnésio trocável ( $\text{Mg}^{2+}$ ) e determinado a soma de bases (SB), capacidade de troca



catiônica (CTC) total e efetiva, saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m). Na análise física foram avaliadas a composição granulométrica e a definição da classe textural do solo. As análises físicas e químicas foram realizadas de acordo com o manual de métodos de análise de solo (EMBRAPA, 2011).

#### 2.4 ANÁLISES DE NUTRIENTES DA SERAPILHEIRA

As amostras de serapilheira de deposição dos coletores de folhedo e dos *litter bags*, seca em estufa, foram moídas em moinho de navalha (modelo MA340 Marconi) e encaminhadas cerca de 20 g para laboratório para análises de macronutrientes (N, P, K, S, Ca e Mg) e micronutrientes (Fe, Zn, Cu Mn e B) o N foi obtido pelo método de Kjeldahl. E os demais nutrientes foram submetidos a métodos definidos pela EMBRAPA, (2011). Os valores de dos nutrientes encontrados na deposição e decomposição foram processados pelo programa Assistat 7.7 desenvolvido pelo Prof. Dr. Francisco de Assis do Departamento de Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

#### 2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA DA SERAPILHEIRA

Os dados de biomassa da serrapilheira (depositada e decomposta) e os dados climatológicos da região, disponibilizado pela estação meteorológica da Embrapa Cerrados (temperatura média, vento e precipitação), foram submetidos à análise estatística de Correlação de Pearson, em busca de associações entre essas duas variáveis. Essa medida de associação varia entre -1 e +1 ou expresso em percentagem, entre -100% e +100%. Quanto maior a qualidade do ajuste (associação linear) mais próximo de +1 ou -1 estará o valor do coeficiente  $r$  (MARTINS, 2006).

Em certos casos, os coeficientes de correlação simples podem produzir algumas respostas duvidosas a respeito da relação que há entre duas variáveis, podendo não ser uma medida real de causa e efeito. Assim, um elevado ou baixo coeficiente de correlação entre duas variáveis pode ser o efeito de uma terceira variável ou um grupo de variáveis. Portanto, verificou-se a correlação parcial, onde se estabeleceu o grau de associação entre duas variáveis para eliminar a parcialidade de uma terceira (CRUZ; REGAZZI;

CARNEIRO, 2004). As análises estatísticas foram realizadas utilizando o Programa Genes (CRUZ, 2006).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA

A deposição de serapilheira não se diferenciou significativamente entre sentido leste e oeste. Porém, houve diferença entre as posições: entre árvores, a dois metros e a seis metros das árvores (Tabela 1). Radamski e Ribaski (2012) observaram que a maior produção de serapilheira em um sistema silvipastoril com eucalipto ocorreu nos pontos mais próximos das árvores, corroborando com dados apresentados no presente trabalho (Tabela1). Os mesmos autores ainda afirmam que nas áreas mais próximas dos renques o eucalipto contribui com cerca de 60% da produção da serapilheira, enquanto que nas áreas mais centrais, entre renques, a serapilheira é formada principalmente por fragmentos de pastagem.

Tabela 1 - Teste de média anual da produção de serapilheira para comparar os sentidos leste, oeste e as três posições na área experimental de ILPF em Planaltina - DF.

Posição	Oeste	Leste	CV	Médias das Posições	CV
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----		--- % ---	--- kg ha <sup>-1</sup> ---	--- % ---
EA <sup>1</sup>	845,2 a	839,2 a	73,72 ns	842,0 a	46 **
2 m	586,4 a	666,0 a	40,88 ns	626,4 b	46 **
6 m	358,8 a	400,0 a	50,62 ns	379,6 c	46 **

Médias pela mesma letra na linha (leste e oeste) e coluna (posições) não diferem estatisticamente pelo teste de TuKey (p< 0,05), ns = não significativo 1= Entre Árvores. \*\* significativo a 1 % de probabilidade.

A produção mensal de serapilheira teve seu pico no mês de agosto com 1.391,9 kg ha<sup>-1</sup> referente aos coletores entre às árvores, seguida do mês de junho com 1.077,5 kg ha<sup>-1</sup> com coletores a dois metros de distância das árvores e 867 kg ha<sup>-1</sup> a seis metros. Os maiores valores de produção de serapilheira ocorreram com os menores índices pluviométricos, a partir de junho de 2012 (Figura 4).

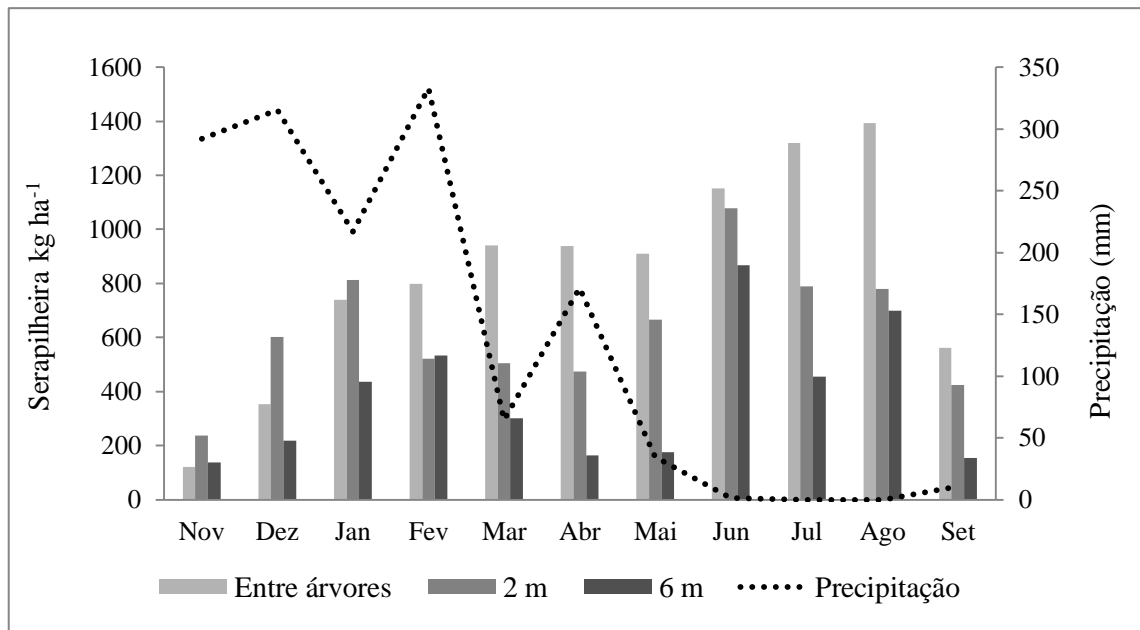


Figura 4 - Deposição mensal de serrapilheira na área de ILPF em Planaltina - DF.

Moreira e Silva (2004) explicam que o fato da maior produção de serrapilheira dar-se na estação seca é resultante da redução da precipitação, a que acarreta ao ecossistema florestal um estresse hídrico que utiliza a queda de folhas para diminuir seu consumo de água. Delitti (1984) mencionou os padrões básicos para a deposição anual de serrapilheira. O primeiro refere-se a uma maior deposição de serrapilheira na época seca, como ocorre em ecossistemas amazônicos, nas florestas mesófilas e cerrados. O segundo caso é o contrário, consiste em um aumento na intensidade de deposição de serrapilheira na época úmida, típico das florestas atlânticas e restingas.

No período de novembro/2011 a setembro/2012 obteve-se um total de serrapilheira acumulada de 9.394,2 kg ha<sup>-1</sup>, 6.600,4 kg ha<sup>-1</sup> e 3.726,4 kg ha<sup>-1</sup> entre árvores, a dois e a seis metros das árvores, respectivamente, com uma precipitação média anual de 1.471,5 mm, no período do estudo (Figura 5).

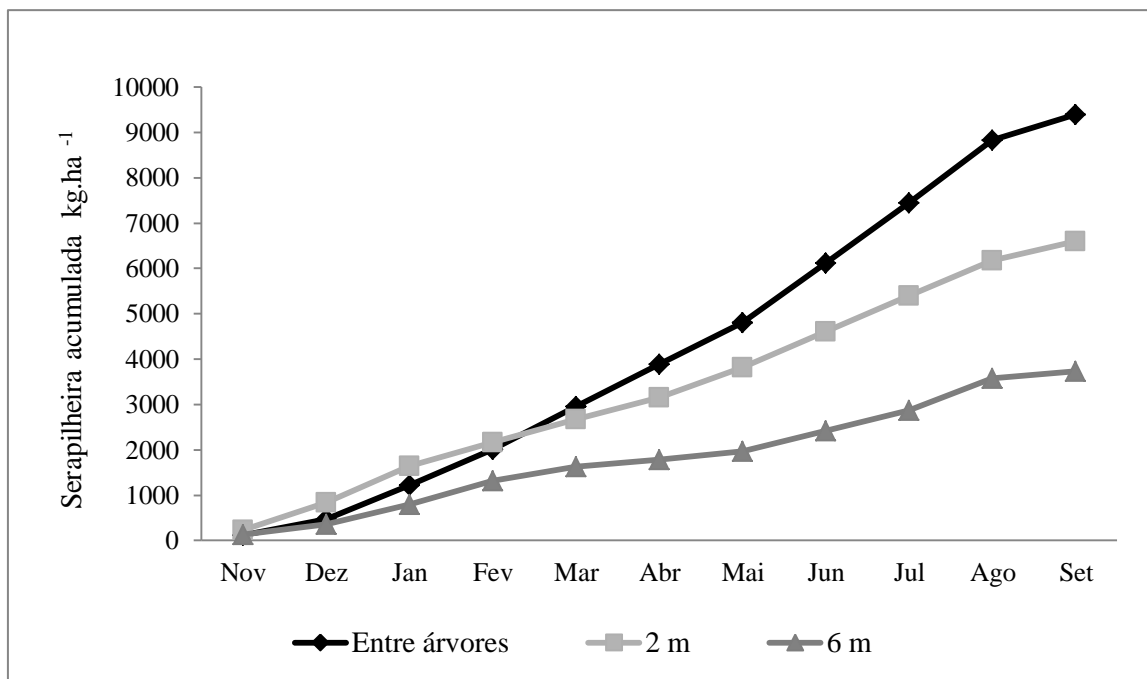


Figura 5 - Produção acumulada de serapilheira na área experimental de ILPF em Planaltina - DF.

Devido ao incêndio ocorrido na área experimental no último mês (outubro de 2012) de coleta, foi estimada a deposição de serapilheira pela média dos demais meses a produção anual: 10.248,21 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para coleta realizada entre árvores, 7.200,44 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> coleta realizada a dois metros das árvores e 4.065,16 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> coleta realizada a seis metros das árvores. Em ambientes tropicais, aonde os solos apresentam baixa fertilidade, o acúmulo de matéria seca em forma de resíduos orgânicos varia de 6.400 a 9.900 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (VITOUSEK; SANFORD, 1986).

Resultados encontrados no presente trabalho da coleta de serapilheira entre as árvores, a dois metros e a seis metros das árvores, comparados aos encontrados em plantio de eucalipto em diferentes sistemas, segundo diversos autores, estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Produção total de serapilheira em kg ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> em diferentes sistemas florestais com eucalipto.

Sistema	Produção de serapilheira em floresta de eucalipto kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>	Fonte
Agrossilvipastoril <sup>1</sup>	4.219,80	Freitas et al. (2013)
Silvipastoril <sup>2</sup>	5.038,00	Xavier et al. (2011)
Povoamentos <sup>3</sup>	4.770,00	Zaia; Gama-Rodrigues (2004)
Povoamentos <sup>4</sup>	5.770,00	Vieira et al. (2009)
Povoamentos <sup>5</sup>	7.100,00	Souza; Davide (2001)
Povoamentos <sup>6</sup>	Entre 6.000,00 a 10.000	Ferreira et al. (2001)
ILPF coleta EA <sup>6</sup>	10.248,21	Presente trabalho
ILPF coleta a 2 m das árvores <sup>6</sup>	7.200,44	Presente trabalho
ILPF coleta a 6 m das árvores <sup>6</sup>	4.065,16	Presente trabalho

1 - três anos de idade; 2 - Não consta; 3 - seis anos; sete anos; 5 - 29 anos; 6 - dois anos.

Os valores encontrados no presente trabalho são menores nas três posições quando comparados com a produção de serapilheira em diferentes formações florestais: 10.165,13 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para Sistema Agroflorestal (ARATO et al., 2003), 10.646,00 kg ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> para floresta em zona Ripária (VITAL et al., 2004), 11.400,00 kg ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> para floresta nativa e reflorestamento (NUNES; PINTO, 2007). Para tanto, são maiores entre árvores, equivalentes na posição a dois metros das árvores e menores na posição a seis metros quando comparados: 6.960,00 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para floresta de *Araucaria angustifolia* (SCHUMACHER et al., 2004), 7.060, kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para fragmentos de Mata Atlântica (ROSANGELA et al., 2002), 7.400,00 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para Bosques de mangue (FERNANDES et al., 2007), 7.760,00 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para floresta Estacional Decidual (CUNHA et al., 1993).

Na Tabela 3 encontram-se as correlações de Pearson entre as variáveis climatológicas (temperatura, vento e precipitação) em relação à serapilheira depositada entre árvores a dois metros das árvores e a seis metros das árvores. Verifica-se que a maior ordem de correlação existente é entre a serapilheira a 2 m x serapilheira a 6 m (0,80), a segunda maior correlação foi entre a precipitação x serapilheira EA (-0,79). Já a menor

correlação foi encontrada para vento x serapilheira a 6 m (0,07). No geral, a maioria das correlações não foram significativas a 1% e a 5%. Resultados semelhantes foram obtidos por Pagano (1989); César (1993) e Martins; Rodrigues (1999), em todos os estudos a relação de sazonalidade na produção de serapilheira não apresentou correlação direta com variáveis climáticas. Para Inkotte et al. (2013) houve forte correlação entre precipitação e quantidade de folhas depositadas na área de eucalipto, apresentando um coeficiente de correlação de Pearson (r) de 0,71.

Tabela 3 - Matriz de Correlação de Pearson entre as variáveis climatológicas em relação à serapilheira depositada em área de ILPF em Planaltina - DF.

Elementos	Temperatura	Vento	Precipitação	Serapilheira		
				EA	2 m	6 m
Temperatura	1	0,35 <sup>ns</sup>	0,49 <sup>ns</sup>	-0,11 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>
Vento		1	0,31 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>
Precipitação			1	0,79 <sup>**</sup>	0,58 <sup>ns</sup>	0,44 <sup>ns</sup>
Serapilheira (EA) <sup>1</sup>				1	0,68 <sup>**</sup>	0,65 <sup>*</sup>
Serapilheira (2 m)					1	0,80 <sup>**</sup>
Serapilheira (6 m)						1

ns = não significativo, \* significativo a 5%; \*\* significativo a 1 % de probabilidade pelo teste t de Student.  
1 = Entre Árvores.

Segundo Rosangela (2002), a variação estacional da deposição de serapilheira é um produto da interação entre a vegetação e o clima. Martins e Rodrigues (1999) consideraram o pico de produção de serapilheira em floresta estacional semidecidual em setembro, consequência dos meses secos, julho e agosto, o que explicaria a falta de correlação direta entre essa produção e a precipitação pluviométrica.

Em certos casos, os coeficientes de correlação simples não são suficientes para reproduzir a relação entre duas variáveis; portanto, a Tabela 4 apresenta uma medida mais informativa sobre a relação das variáveis (climatológicas e deposição de serapilheira) que é o coeficiente de correlação parcial. Essa análise é estimada removendo-se os efeitos de outras variáveis sobre a associação estudada. Mesmo submetendo os dados às correlações parciais houve baixo coeficiente de correlação entre variáveis climatológicas (temperatura, vento e precipitação) e serapilheira depositada (Tabela 4).

Tabela 4 - Coeficientes de correlações parciais das variáveis climatológicas em relação à serapilheira depositada em área de ILPF em Planaltina - DF.

Variáveis	Variáveis Constantes	$r_p$	$r$
Temperatura x Serapilheira EA	Vento	-0,01 <sup>ns</sup>	-0,11
	Precipitação	-0,13 <sup>ns</sup>	-0,11
	Serapilheira a 2 m	0,08 <sup>ns</sup>	-0,11
	Serapilheira a 6 m	-0,17 <sup>ns</sup>	-0,11
Temperatura x Serapilheira a 2 m	Vento	-0,20 <sup>ns</sup>	-0,26
	Precipitação	-0,28 <sup>ns</sup>	-0,26
	Serapilheira EA	-0,24 <sup>ns</sup>	-0,26
	Serapilheira a 6 m	-0,45 <sup>ns</sup>	-0,26
Temperatura x Serapilheira a 6 m	Vento	0,04 <sup>ns</sup>	0,01
	Precipitação	0,03 <sup>ns</sup>	0,01
	Serapilheira EA	0,11 <sup>ns</sup>	0,01
	Serapilheira a 2 m	0,38 <sup>ns</sup>	0,01
Vento x Serapilheira EA	Temperatura	0,27 <sup>ns</sup>	0,30
	Precipitação	0,07 <sup>ns</sup>	0,30
	Serapilheira a 2 m	0,21 <sup>ns</sup>	0,30
	Serapilheira a 6 m	0,33 <sup>ns</sup>	0,30
Vento x Serapilheira a 2 m	Temperatura	0,13 <sup>ns</sup>	0,21
	Precipitação	0,03 <sup>ns</sup>	0,21
	Serapilheira EA	0 <sup>ns</sup>	0,21
	Serapilheira a 6 m	0,25 <sup>ns</sup>	0,21
Vento x Serapilheira a 6 m	Temperatura	0,08 <sup>ns</sup>	0,07
	Precipitação	-0,07 <sup>ns</sup>	0,07
	Serapilheira EA	-0,16 <sup>ns</sup>	0,07
	Serapilheira a 2 m	-0,15 <sup>ns</sup>	0,07
Precipitação x Serapilheira EA	Temperatura	-0,80**	-0,80
	Vento	-0,78**	-0,80
	Serapilheira a 2 m	-0,69*	-0,80
	Serapilheira a 6 m	-0,75*	-0,80
Precipitação x Serapilheira a 2 m	Temperatura	0,60 <sup>ns</sup>	-0,59
	Vento	0,56 <sup>ns</sup>	-0,59
	Serapilheira EA	0,09 <sup>ns</sup>	-0,59
	Serapilheira a 6 m	0,42 <sup>ns</sup>	-0,59
Precipitação x Serapilheira a 6 m	Temperatura	-0,45 <sup>ns</sup>	-0,45
	Vento	-0,44 <sup>ns</sup>	-0,45
	Serapilheira EA	0,17 <sup>ns</sup>	-0,45
	Serapilheira a 2 m	0,05 <sup>ns</sup>	-0,45

ns = não significativo, \* significativo a 5%; \*\* significativo a 1 % de probabilidade pelo teste t de Student.  $r_p$ = valor parcial mantendo as variáveis constantes; e  $r$ = valor simples não mantendo nenhuma variável constante.

Isso significa que os resultados continuaram não significativos na maioria das observações. E a relação (precipitação x serapilheira (EA) que já era significativa na correção de Person (Tabela 3) continuo significativa, porém diminui significância de algumas variáveis quando manteve-se as variáveis constantes (Tabela 4). Mantendo-se constante a temperatura e o vento, os dados foram significativos a 1% e a serapilheira a 2 m e a serapilheira a 6 m foram significativas a 5% (Tabela 4). Arato et al. (2003) relataram que embora a maior produção tenha coincidido com o final da estação seca, não foi encontrada correlação significativa entre esta e as variáveis climáticas analisadas. Uma correlação negativa indica que as duas variáveis movem-se em direções opostas, e que a relação também fica mais forte quanto mais próxima de menos 1 a correlação ficar. Isso pode ser observado da variável vento comparada com as demais (Tabela 4).

### 3.2 TEORES DE MACRONUTRIENTES NA DEPOSIÇÃO

Houve diferença no teor de N nas três posições avaliadas entre árvores, a dois e seis metros das árvores, respectivamente. Para os teores P, Ca, Mg e S houveram diferenças na posição entre árvores em relação as demais posições. Para K houve diferença significativa na posição a seis metros das árvores em relação às demais (Tabela 5). O Ca foi o elemento que apresentou maior retorno ao solo, seguido de N, K, Mg, S e P. Melo e Resck (2003) estudando o retorno ao solo de nutrientes de serapilheira de *Eucalyptus camaldulensis* no Cerrado do Distrito Federal, encontraram a mesma sequência e teores médios foram de 82, 3 de Ca; 51,1 de N; 41,3 de K; 4,5 de S e 3, 3 kg ha<sup>-1</sup> de P.

Tabela 5 - Quantidades de macronutrientes liberado na deposição em kg ha<sup>-1</sup> na área de ILPF em Planaltina - DF.

Posição	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----					
EA*	90,70 a	6,47 a	44,42 a	116,62 a	15,73 a	10,18 a
2 m	68,19 b	4,82 b	36,50 a	79,21 b	11,02 b	7,57 b
6 m	46,01 c	3,39 b	24,70 b	54,78 b	8,23 b	5,32 b
CV %	16,04	15,95	16,14	15,92	15,82	15,96

\* Entre Árvores. Médias pela mesma letras na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de TuKey (p < 0,05).



Freitas et al. (2004), ao avaliarem a deposição de serapilheira e nutrientes em área de ILPF com eucalipto, encontraram sequência semelhante, havendo a inversão apenas do Ca pelo N. No entanto os teores médios de nutrientes foram inferiores, quando comparados com os valores encontrados por Melo e Resck (2003). Para Schumacher et al. (2004), o teor de nutriente pode variar, para uma mesma espécie, em função do ambiente e das características da planta, o que torna difícil a comparação entre povoamentos.

O maior teor de nutriente que ocorreu foi de Ca no mês de maio, com  $1,7 \text{ dag kg}^{-1}$  entre árvores, isso pode ser devido à calagem realizada na área no final do mês de março de 2012. No geral, a maior liberação de nutrientes foi na estação seca, entre os meses de maio a setembro, coincidindo com o período de maior deposição (Figura 6).

No estudo de Vieira et al. (2009), o N foi o elemento mais representativo, seguido pelo Ca, K e Mg. O P foi o elemento que ocorreu em menor quantidade, pode ser devido ao seu reaproveitamento em outras partes da planta, uma vez que este elemento é altamente móvel na planta e facilmente retranslocado dos tecidos mais velhos para os mais jovens. N e Ca são de maiores expressões na serapilheira do *E. urograndis* para transferência ao solo. Para Vital et al. (2004), a transferência de nutrientes para solo (N, P, K, Ca e Mg) acompanha a tendência de deposição da serapilheira.

O N e o Ca apresentam valores de transferência mais elevados na estação chuvosa (entre novembro e maio), com uma tendência bem definida nos meses mais secos. Para o P e K, as maiores quantidades ocorreram entre o mês de abril e agosto (Figura 6).

Bellote et al. (1980), avaliando a quantidade de nutrientes exportados por *Eucalyptus grandis*, afirmaram ser o Ca o elemento mais exportado em termos quantitativos. Segundo Attiwill (1979), aproximadamente todo o Ca, dada a sua pouca mobilidade no vegetal, retorna ao solo em grande quantidade com a queda das folhas, galhos e frutos.

Segundo Ferreira et al. (2001), a deposição de nutrientes via serapilheira, em povoamentos de *Eucalyptus* sp., dependerá do estado nutricional desses povoamentos, dentre outros fatores, havendo clara tendência de em condições de maior disponibilidade ocorrer maior deposição de nutrientes, especialmente para Ca, P e K.

Os teores adequados para N para eucalipto encontram-se no intervalo  $1,3-1,8 \text{ dag kg}^{-1}$ , de P  $0,09-0,13 \text{ dag kg}^{-1}$ , de K  $0,9-1,3 \text{ dag kg}^{-1}$ , de Ca  $0,6-1 \text{ dag kg}^{-1}$ , de Mg  $0,35-0,5 \text{ dag kg}^{-1}$  e de S  $0,15-0,2 \text{ dag kg}^{-1}$  (RAIJ et al., 1997).

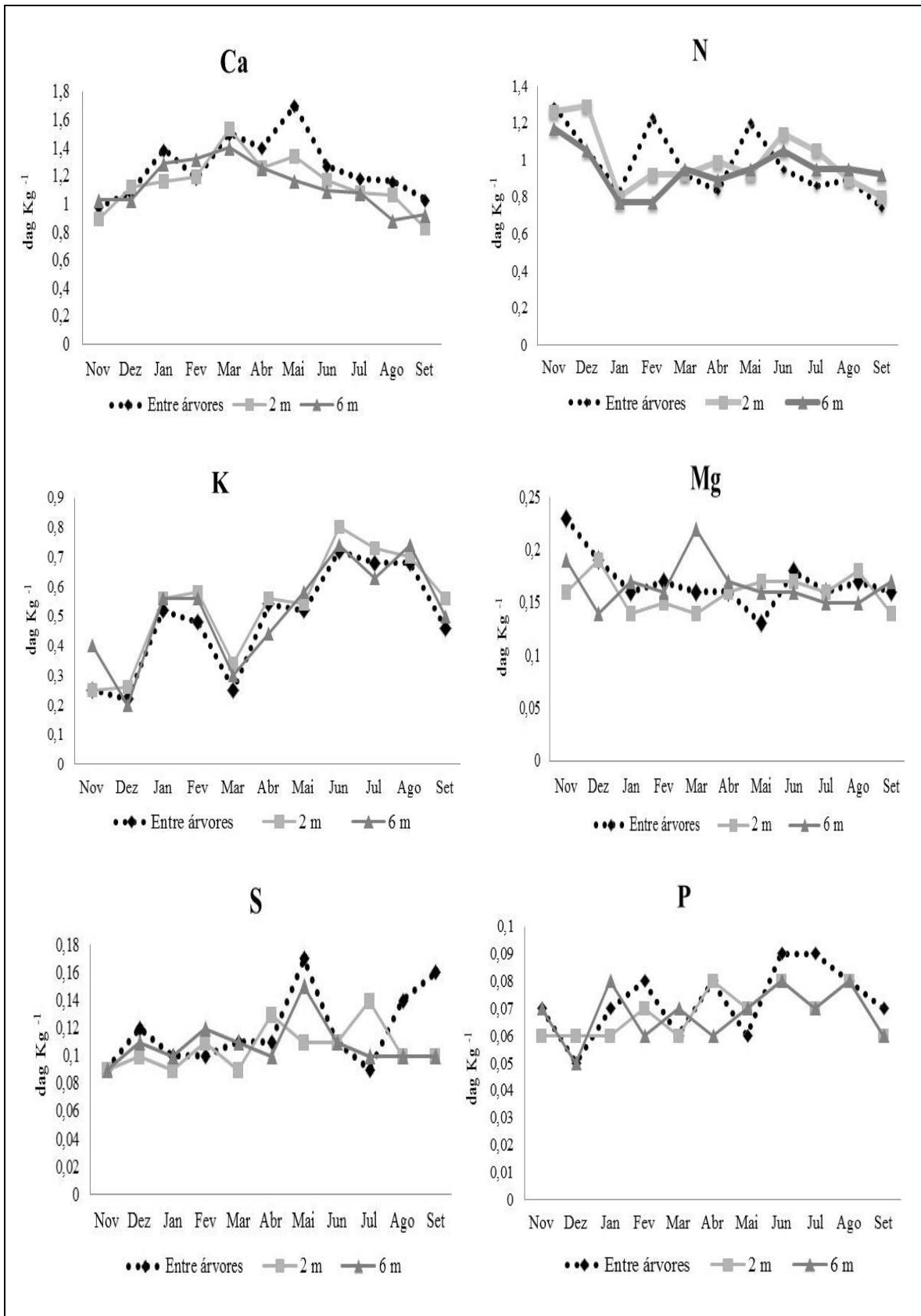


Figura 6 - Teores de macronutrientes (Ca, N, K, Mg, S e P) encontrados na deposição na área experimental de ILPF em Planaltina - DF.

### 3.3 TEORES DE MICRONUTRIENTES NA DEPOSIÇÃO

Os valores médios dos micronutrientes (Fe, Mn, B, Zn e Cu) não diferiram significativamente entre as posições quanto ao retorno ao solo durante os 11 meses de avaliação (Tabela 6). Segundo Abreu et al. (2007), a faixa de suficiência de teores de micronutrientes em plantios de eucalipto são de: 400-600 mg kg<sup>-1</sup> para Fe; 150-200 mg kg<sup>-1</sup> de para Mn; de 30-50 mg kg<sup>-1</sup> para B; de 35-50 mg kg<sup>-1</sup> para Zn; de 7-10 mg kg<sup>-1</sup> para Cu.

Tabela 6 - Médias dos teores de micronutrientes na deposição durante os 11 meses no município de Planaltina - DF.

Posição	Fe	Mn	B	Zn	Cu
	----- mg kg <sup>-1</sup> -----				
E A*	680,18 a	173,90 a	46,74 a	17,09 a	4,54 a
2 m	581,54 a	174,36 a	52,72 a	15,18 a	4,45 a
6 m	636,36 a	165,73 a	48,64 a	14,90 a	4,72 a
CV %	41,48	22,67	26,83	15,55	14,73

\* Entre Árvores. Médias pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de TuKey (p < 0,05).

Dentre os micronutrientes, o Fe apresentou a maior acumulação, em parte, isto é devido à sua maior concentração em relação aos demais nutrientes. A maior liberação do micronutriente Fe foi no mês de maio do ano 2012 com 1.250,0 mg kg<sup>-1</sup>, da coleta entre árvores, e a menor liberação foi de Cu, com 4,0 mg kg (Figura 7). A magnitude de acúmulo de micronutrientes na serapilheira depositada foi de Fe > Mn > B > Zn > Cu. Melo e Resck (2003) encontraram a mesma ordem de liberação em plantio de *Eucalyptus camaldulensis* no Cerrado do Distrito Federal.

No presente trabalho a MO do Solo aumentou após a implantação da ILPF (Tabela 8). As reações dos micronutrientes com a MO afetam significativamente a disponibilidade de Fe, Mn, Zn e Cu para as plantas (LOPES, 1999).

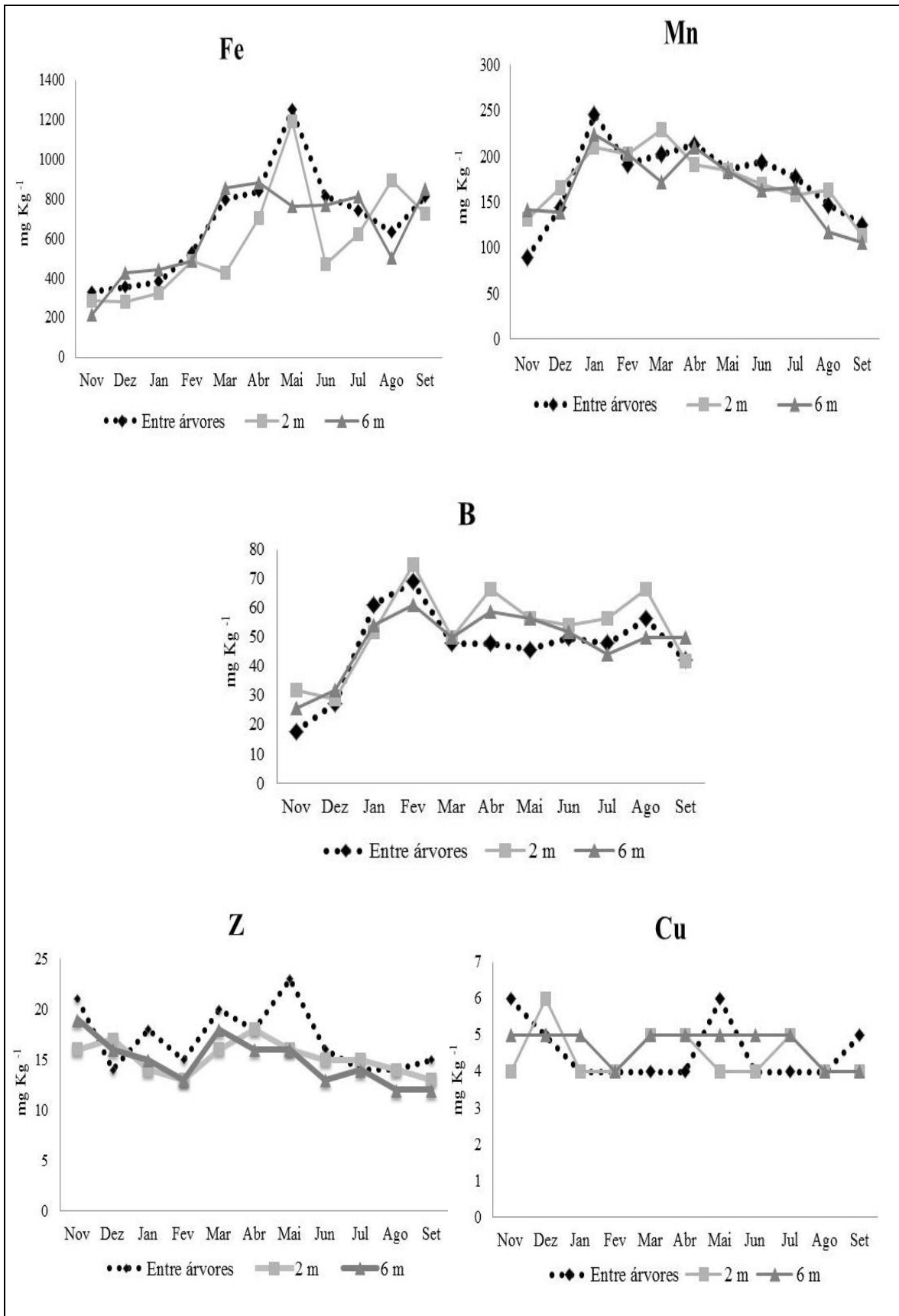


Figura 7 - Teores de micronutrientes (Fe, Mn, B, Zn e Cu) encontrados na deposição na área experimental de ILPF em Planaltina - DF.

### 3.4 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

De modo geral, o solo da área do experimento pode ser caracterizado como distrófico, com saturação por bases (V) menor que 50% (Tabela 7 e 8), de baixa fertilidade, contudo, observa-se uma tendência no aumento dos teores de nutrientes do solo decorrente do efeito residual da adubação do plantio (manutenção), aliado também a decomposição da serapilheira e mineralização da Matéria Orgânica do Solo (MOS).

Os resultados da análise química do solo do ano de 2008, antes da implantação da ILPF e de 2013 encontram-se na Tabela 7. A saturação por alumínio (m) é mais elevada na profundidade de 20-40 cm no ano de 2008 e 2013, indicando ser um solo muito pobre em elementos catiônicos, corroborado pelos valores também baixos da capacidade de troca catiônica total (T) e efetiva (t), e da soma de bases (SB) (SOUSA; LOBATO, 2004; RONQUIM, 2010). Nas profundidades de 0-20 cm para o ano de 2008 e 2013 (Tabela 7) e 0-10 cm entre árvores e entre renques, os valores são considerados moderados às plantas (OSAKI, 1991). Já na profundidade de 20-40 cm para o ano de 2008 e 2013 são considerados suficientes e insuficientes às plantas, respectivamente.

Segundo Bot et al. (2000), pesquisas desenvolvidas pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) revela que a toxidez causada por  $Al^{3+}$  afeta 63% de toda área de solos do Brasil e que 25% do território brasileiro apresenta solos com elevada capacidade de fixação de P.

Em relação ao teor de P disponível no solo antes e após a implantação da ILPF, os valores são baixos (Tabela 7). Segundo Barros e Novais (1999), para manutenção de eucalipto em campo o nível ideal de P seria  $\geq$  que  $4,5 \text{ mg dm}^{-3}$ .

O teor de MO encontrado em 2008 e 2013 nas camadas 0-20 e 20-40 cm e diminui com o aumento de profundidade. Na camada superficial é considerado adequado e na subsuperficial o teor é médio segundo a classificação agronômica (Tabela 7). Em solos intemperizados, como os do Cerrado, a capacidade de troca catiônica (CTC) depende, em essência da MOS. De acordo com Sousa e Lobato (2004), 75 a 93% da CTC dos solos de Cerrado se originam da MOS.

A CTC total contribui entre 20 e 90% nas camadas superficiais de solos minerais, aumentando a disponibilidade de alguns nutrientes, mas, devido à acidez do solo, os valores da CTC efetiva são baixos (SILVA; MENDONÇA, 2007; RONQUIM, 2010). Entretanto, essa limitação é minimizada porque a maioria dos solos do Cerrado apresenta CTC entre  $4,0$  e  $12,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . Os valores do presente trabalho em todos os anos e

profundidades encontram-se nesse intervalo (Tabela 7 e 8). Os teores de K encontrados na Tabela 7 apresentam valores adequados, variando 51,0 a 80,0 mg dm<sup>-3</sup> antes e depois da ILPF, exceto para ano de 2013, na profundidade de 0-20 cm com 86,0 mg dm<sup>-3</sup>, considerado alto teor (ALVAREZ V et al., 1999; SOUSA; LOBATO, 2004).

Tabela 7 - Características químicas do solo de 0-20 e 20-40 cm antes da implantação do sistema de cultivo ILPF em 2008, e depois em 2013.

Ano	Prof. cm	pH (H <sub>2</sub> O)	MO dag kg <sup>-1</sup>	P* - mg dm <sup>-3</sup>	K	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H+Al	SB	CTC		V --- % ---	m
											T	t		
2008	0-20	5,5	2,9	0,5	67,2	0,1	1,5	0,9	4,4	2,6	6,9	2,6	35,7	5,3
	20-40	5,5	2,3	0,6	33,4	0,2	0,9	0,6	4,2	1,7	5,8	1,8	27,4	12,5
2013	0-20	5,7	3,5	3,5	86,0	0,1	2,2	0,9	5,0	3,4	8,3	3,3	41,0	2,9
	20-40	5,1	3,1	1,7	35,5	0,5	1,0	0,4	5,2	1,5	6,7	2,0	22,4	22,5

\* P - Mehlich-1.

O teor de P para coleta entre árvores também apresentou valores baixos,  $\geq$  que 4,5 mg dm<sup>-3</sup> (BARROS; NOVAIS, 1999) em 2011 e 2013, respectivamente, já os valores de P entre renques são considerados ideais para manutenção do eucalipto em campo (Tabela 8).

O índice de pH a ser atingido para uma produção de grãos economicamente viável é de 5,5 a 6,3, pois nesse intervalo as plantas têm boas condições de assimilação dos nutrientes essenciais como: fósforo, potássio, enxofre e nitrogênio (SOUSA; LOBATO, 2004). Na profundidade 20-40 cm da coleta do ano de 2013 (Tabela 7) e 0-10 cm do ano de 2011 entre árvores e entre renques (Tabela 8) o pH foi menor que o intervalo desejável, no entanto, segundo Tomé Júnior (1997), ambos valores encontram-se em um intervalo de média acidez para as plantas (Tabela 7 e Tabela 8).

Os teores Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> trocáveis são considerados adequados para eucalipto em campo (Tabela 7 e 8),  $\geq$  a 0,80 para Ca<sup>2+</sup> e  $\geq$  a 0,19 para Mg<sup>2+</sup> são atendidos bem para manutenção do plantio (BARROS; NOVAIS, 1999).

O teor de MOS entre renques foi superior ao entre árvores no ano de 2011 e 2013; isso pode ser explicado pelo fato de conter maior diversidade de resíduos provenientes da

palhada da soja e demais gramíneas depositada no local (Tabela 8). Houve um aumento da MOS após a ILPF (Tabela 7 e 8). A importância da matéria orgânica nos solos é abrangente, sua atuação ocorre tanto na melhoria das condições físicas, quanto nas propriedades químicas e físico-químicas, no fornecimento de nutrientes às plantas e na maior capacidade de troca catiônica do solo (CTC), além de proporcionar um ambiente adequado ao estabelecimento e à atividade da microbiota (FIGUEIREDO; RAMOS; TOSTES, 2008).

Ocorreu um aumento também no pH, teores de P e  $\text{Ca}^{2+}$  (Tabela 8), diminuindo a acidez e melhorando as condições de fertilidade do solo. O teor de K está abaixo do ideal nos anos de 2011 para 2013, pois o nível considerado adequado para eucalipto  $\geq 80,0 \text{ mg dm}^{-3}$ , (BARROS; NOVAIS, 1999).

Tabela 8 - Características químicas do solo em ILPF de 0-10 cm de profundidade Entres Árvores (EA) e Entres Renques (ER) no município de Planaltina - DF.

Local /ano	Prof. cm	pH (H <sub>2</sub> O)	MO dag kg <sup>-1</sup>	P* mg dm <sup>-3</sup>	K	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H+Al	SB	CTC		V %	m
											T	t		
EA 2011	0-10	5,2	2,8	1,1	66,4	0,2	1,5	1,0	5,2	2,6	7,8	2,9	34,0	7,7
ER 2011	0-10	5,2	2,9	7,0	64,2	1,6	1,5	0,6	6,3	2,3	8,6	3,9	27,0	7,0
EA 2013	0-10	5,6	3,2	3,2	59,0	0	2,4	0,9	5,1	3,5	8,6	3,5	40,0	0
ER 2013	0-10	5,5	3,7	7,5	71,0	0	1,7	0,8	4,8	2,7	7,5	2,7	36,0	0

\* P - Mehlich-1.

O reflexo das propriedades químicas do solo na produção da ILPF no período de dezembro de 2011 a outubro de 2012 foi de  $61 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  para *Eucalyptus urograndis*. Essa produção supera a média nacional, visto que a produtividade média das florestas de *Eucalyptus* sp. tem apresentado uma trajetória ascendente ao longo do tempo. Em 1995, no Brasil, produzia-se cerca de  $10 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , em 2010, passou para valores de produtividade até  $55 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  (WENDLING, 2010). A produção de grãos de soja foi de  $927,5 \text{ kg/ha}$ . A baixa produção de soja se deve ao déficit hídrico no estágio reprodutivo da cultura. Produtividade muito abaixo da média nacional. Já que no Brasil em 2011 e 2012 a produção média anual de soja de foi de  $2.468 \text{ kg/ha}$  (DEMARCHI, 2011; ABRAF, 2012).

Nesse caso as condições ambientes e a da qualidade do solo, podem ter sido mais favoráveis ao desenvolvimento das árvores do que as culturas. Vale lembrar também que a produção da soja no Brasil envolve alta tecnologia, principalmente quando cultivada em monocultivos.

A textura do solo está relacionada com a proporção de tamanho das partículas minerais. E constitui-se no fator mais importante do solo, pois esta característica não é rapidamente modificada com tempo (PADRO, 2010). Foram analisadas as propriedades físicas (textura) apenas da coleta do ano de 2013.

A textura argilosa varia de 36% a 60% (PRADO, 1991). Na área estudada a argila variou de 38% e 44%. Assim, quanto à classificação textural, a fração argila representa a maior parte da fase sólida do solo nas três profundidades entre renques e entre árvores (Tabela 9). Segundo Ronquim (2010), a argila apresentam cargas elétricas negativas responsáveis pela capacidade de troca de cátions (CTC).

Tabela 9 - Análise granulométrica e classificação textural do solo de 0-10, 0-20 e 20-40 cm no sistema de cultivo ILPF em 2013.

Identificação	Prof. cm	Argila	Silte	Areia	Classificação Textural
		----- dag kg <sup>-1</sup> -----			
Entre árvores	0-10	41	15	44	Argila
	0-20	38	16	46	Argila
	20-40	49	10	41	Argila
Entre renques	0-10	38	19	43	Argila
	0-20	39	21	40	Argila
	20-40	44	16	40	Argila

Segundo Lima (1996), os plantios florestais com eucalipto são responsáveis por melhorias nas condições do solo, principalmente no que se refere à matéria orgânica e a atividade microbológica, o que, conseqüentemente, beneficia as suas propriedades físicas, com destaque para a porosidade e agregação das partículas minerais e orgânicas, tornando o solo menos susceptível a degradação.



Portanto, pode-se sugerir que através da ciclagem de nutrientes a vegetação do ILPF vem contribuindo para a recuperação da fertilidade do solo, principalmente da camada superficial.

## **4 CONCLUSÕES**

- O padrão sazonal da deposição de serapilheira no ILPF é típico de sistemas florestais em regiões do Cerrado, com produção máxima no final da estação seca.
- A maior produção de serapilheira foi na coleta realizada entre árvores, seguido da produção a dois metros das árvores e a seis metros das árvores.
- Os teores de macronutrientes e micronutrientes no material depositado da serapilheira apresentam maiores valores entre árvores, a dois metros das árvores e a seis metros das árvores, respectivamente.
- Após cinco anos houve um aumento da Matéria orgânica de 6% e 8% para as profundidades de 0-20 e 20-40 cm respectivamente.

## CAPÍTULO 2

---

# DECOMPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA E TEORES DE NUTRIENTES EM ÁREA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA EM PLANALTINA - DF

## 1 INTRODUÇÃO

Com o aumento da demanda por alimentos e a evolução tecnológica na produção, a atividade agrícola atual passou a se caracterizar por sistemas de cultivo de monoculturas. Esse modelo da produção agropecuária predomina nas propriedades rurais em todo o mundo, entretanto, tem mostrado sinais de saturação, em virtude da elevada demanda por energia e por recursos naturais que o caracteriza.

Já o sistema que envolve integração a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) associando o componente arbóreo às pastagens e às lavouras adquire importância, pois promove a recuperação de áreas de pastagens degradadas agregando, na mesma área de cultivo, diferentes sistemas produtivos, como os de grãos, fibras, carne, leite e agroenergia. Além disso, busca melhorar a fertilidade do solo com a aplicação de técnicas e sistemas de plantio adequados para a otimização e a intensificação de seu uso.

Em relação aos sistemas florestais naturais ou implantados a produção e a decomposição de serapilheira são processos fundamentais à manutenção da ciclagem de nutrientes e a manutenção da sustentabilidade dos sistemas, sendo este, o aspecto mais estudado e geralmente associado com a quantificação dos nutrientes que retornam ao solo pela decomposição. O conhecimento desses processos é fundamental para estudos de diagnose ambiental e de avaliação de impactos naturais ou antrópicos, permitindo a comparação de comunidades por meio de parâmetros quantitativos de seu funcionamento.

Nos plantios comerciais como do gênero de *Eucalyptus* sp. são relatadas baixas taxas de decomposição da serapilheira, acarretando acúmulo de material orgânico e, por conseguinte, aumento da quantidade de nutrientes na interface serapilheira-solo (ADAMS; ATTIWIL, 1986; LOUZADA et al., 1997; GAMA-RODRIGUES; BARROS, 2002). Essa baixa taxa de decomposição seria, em parte, decorrente da eficiente retranslocação de nutrientes (ciclagem bioquímica) pelo eucalipto, produzindo serapilheira com baixo teores de nutrientes, especialmente de N e P (GAMA-RODRIGUES; BARROS, 2002).

A permanência da serapilheira sobre o solo florestal possibilita seu reaproveitamento no ciclo de nutrientes do ecossistema por meio de sua decomposição e mineralização dos resíduos orgânicos, com a liberação dos nutrientes nela contidas, para posterior reabsorção pelas raízes das plantas. A importância desse ciclo que se forma entre a comunidade viva e o seu meio é evidenciada na presença de florestas e áreas de solos com baixa fertilidade.

Diante do exposto, os objetivos deste capítulo são: avaliar entre árvores (EA) e entres renques (ER) a decomposição da serapilheira acondicionada em *litter bags* sob sistema de ILPF durante 11 meses; verificar a taxa e velocidade de decomposição da serrapilheira; e analisar os teores de macronutrientes (N, P, K, S, Ca e Mg) na serapilheira.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

Veja descrição apresentada no Capítulo 1, item 2.1 (página 9).

### **2.2 COLETA DA SERAPILHEIRA**

As coletas de serapilheira foram realizadas no tratamento com linhas duplas de híbrido *Eucalyptus urograndis*, com 12 m de distância entre as linhas e dois metros entre árvores (Figura 8).

Para determinar a decomposição de serapilheira produzida na área experimental de ILPF foram instaladas 44 *litter bags*, sendo coletados quatro por mês, durante 11 meses dois EA no sentido leste e dois ER no sentido oeste (Figura 8).

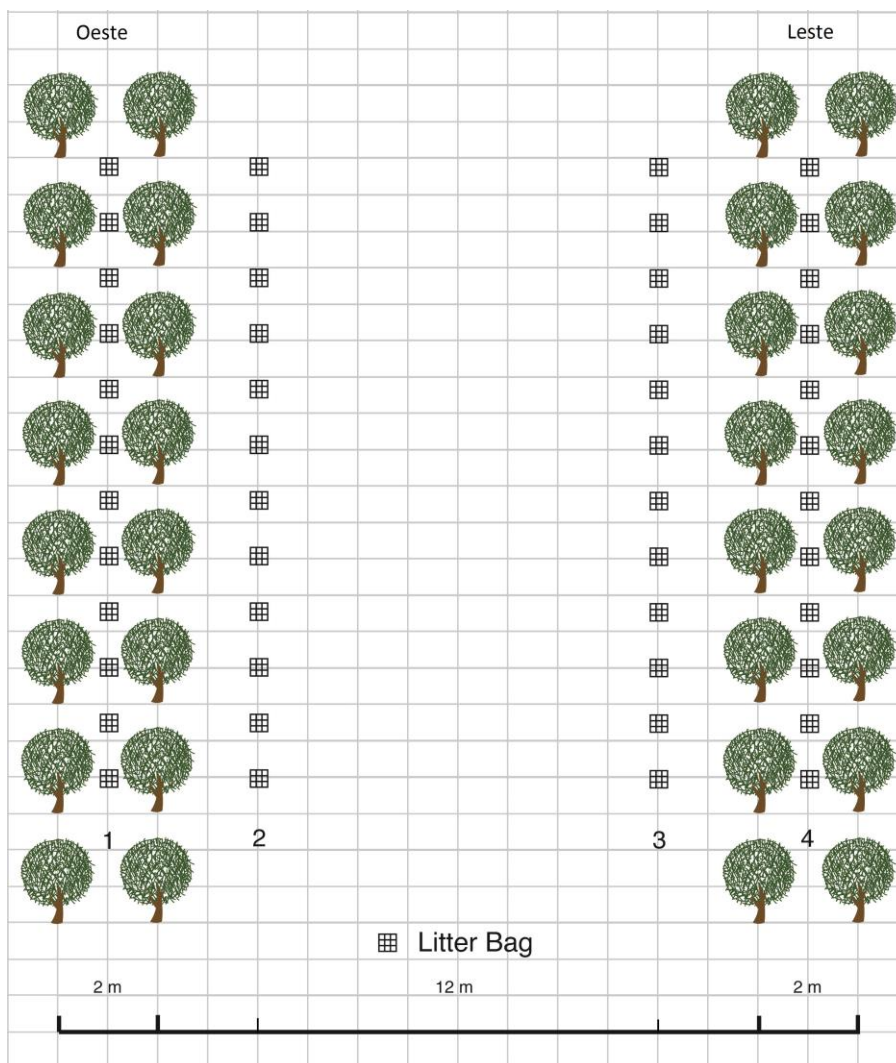


Figura 8- Desenho esquemático das disposições dos litter bags no experimento. 1 e 4 *litter bags* entre árvores; 2 e 3 *litter bags* entre renques.

Entre renque havia o cultivo sorgo e soja. Esses *litter bags* apresentavam as dimensões 20 x 30 cm (saquinhos de nylon com malha de 1 mm). Mensalmente, durante o período de dezembro de 2011 a outubro de 2012, coletou-se o material encontrado nos *litter bags*, que foi lavado e acondicionado em sacos de papel e seco em estufa a 65 °C até obter o peso constante. A última coleta de serapilheira dos *litter bags* seria realizada em novembro de 2012 fechando um ano de observação, mas não ocorreu devido ao incêndio ocorrido na área de estudo ver na Figura 3 Cap. 1. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste de F. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $P < 0.05$ ).

## 2.3 ANÁLISES DE NUTRIENTES DA SERAPILHEIRA

Veja descrição apresentada no Capítulo 1, item 2.4 (página 13).

## 2.4 TAXA DE DECOMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA

Para calcular a taxa de decomposição (k) nesse trabalho foi utilizado o modelo exponencial da soma de dois parâmetros, utilizado por Plante e Parton (2007):

$$y = A e^{-k_A t} + B e^{-k_B t}$$

em que y é a quantidade de matéria seca remanescente em kg ha<sup>-1</sup> após um período de tempo, onde t é tempo em dias; A e B são as constantes, k<sub>A</sub> é a constante de decomposição em um curto período e k<sub>B</sub> é a constante de decomposição recalcitrante, ambas obtidas pelo software Sigma Plot for Windows 12.5 através dos dados de serapilheira contidos nos *litter barg* ao longo do 345 dias.

Outra característica útil na avaliação da decomposição de materiais vegetais é o tempo de meia-vida, que expressa o período de tempo necessário para que metade dos resíduos se decomponha ou para que metade dos nutrientes contidos nesses resíduos seja liberada. De acordo com Rezende et al. (1999); Plante e Parton (2007) é possível calcular os tempos de meia-vida pela equação:

$$t_{1/2} = \ln(2) / k = 0,693/k$$

em que t<sub>1/2</sub> é o tempo de meia-vida de matéria remanescente; ln(2) é um valor constante; e k é a constante de decomposição. As equações matemáticas que melhor representam a decomposição de matéria seca e a liberação de nutrientes foram obtidas por meio da licença do software Sigma Plot.

## 2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA DA SERAPILHEIRA

Veja descrição apresentada no Capítulo 1, item 2.5 (página 13).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 TAXA DE DECOMPOSIÇÃO

O modelo matemático exponencial que descreve a velocidade de decomposição entre árvores (EA) em plantio de *Eucalyptus urograndis* na área experimental de ILPF é representada por  $y = 666,19e^{-0,0701t} + 2667,19e^{-0,0005t}$ , com índice de regressão de 0,99 e significância a 1% (Figura 9). A constante de decomposição de curto período ( $k_A$ ) e recalcitrante ( $k_B$ ) foram, respectivamente de 0,0701 e 0,0005. E o tempo de meia vida da decomposição ( $t_{1/2}$ ) são de 10 e 1.386 dias, respectivamente. E o modelo matemático exponencial entre renques (ER) é representado por  $y = 647,96e^{-0,0687t} + 2685,47e^{-0,0006t}$ , com índice de regressão de 0,98 e significância a 1% (Figura 9). A constante de decomposição de curto período ( $k_A$ ) e recalcitrante ( $k_B$ ) foram, respectivamente, de 0,0687 e 0,0006. E o tempo de meia vida da decomposição ( $t_{1/2}$ ) são de 10 e 1.155 dias, respectivamente. A diferença da taxa de decomposição de longo período EA e ER foi inexpressiva, porém a transformação de serapilheira foi mais lenta entre árvores.

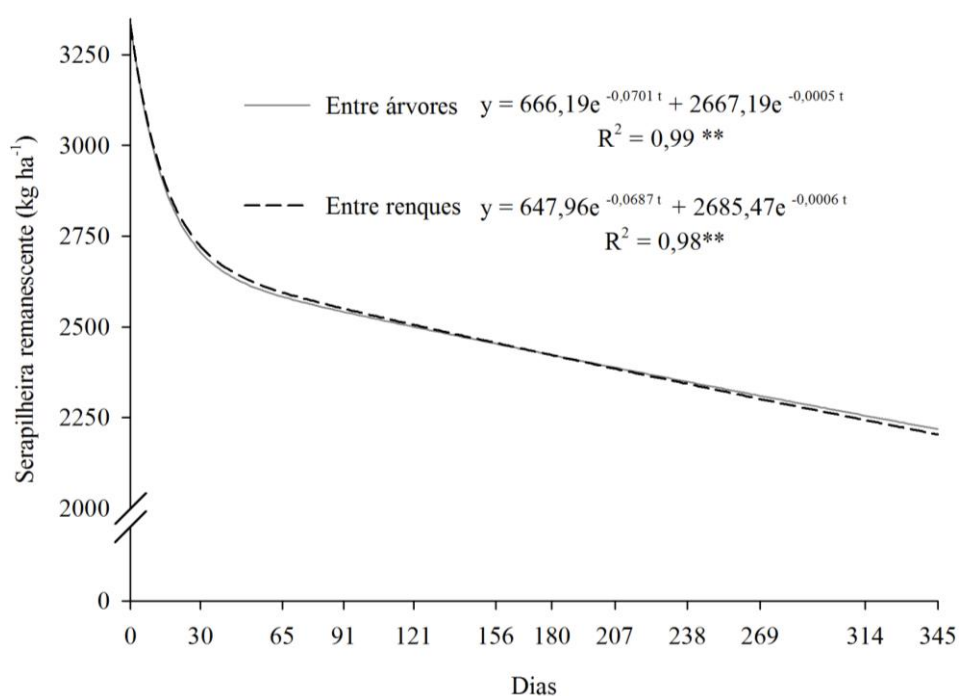


Figura 9 - Curva de decomposição de serapilheira entre árvores e entre renques na área experimental de ILPF em Planaltina - DF.

\*\* = significativo a 1% de probabilidade

A maior transformação de serrapilheira, após a instalação dos *litter bags* na área experimental de ILPF em Planaltina - DF, ocorreu nos primeiros 30 dias (Figura 9). Após esse período, ao longo de 345 dias, esse processo diminui paulatinamente. A ligeira queda no acúmulo de serrapilheira registrada nos primeiros meses pode estar associada à alta atividade decompositora das bactérias e os fungos, que são os principais agentes decompositores presentes no solo, neste período.

Gou e Sims (1999); Portes (2001); Oliveira (2003) e Costa et al. (2005) relatam que a maior decomposição de material ocorre no primeiro trimestre; no segundo há uma diminuição na velocidade de decomposição, independentemente da época do ano.

Nas fases iniciais da decomposição, ocorre a fragmentação de partículas por agentes físicos, pela biota do solo e a liberação de compostos mais solúveis, como açúcares, amido e proteínas, os quais são rapidamente utilizados pelos decompositores. Após esse período, grande parte das estruturas mais resistentes, denominadas recalcitrantes, ricas em lignina, celulose, gorduras, ceras e taninos, como nervuras e pecíolos, ainda permanece, diminuindo a velocidade de decomposição (KHATOUNIAN, 2001; CARVALHO et al., 2009).

A decomposição em apenas 10 dias de meia vida tanto EA quanto ER pode está associada ao material advindo da palhada das gramíneas e principalmente da soja que possui baixa relação C/N. Segundo Perez et al. (2005) a relação C/N comum para soja, é  $\leq 12/1$ . E também, ainda que pequena, a palhada do sorgo e de outras gramíneas existentes na área, aliado às condições favoráveis de temperatura e umidade do solo no período de dezembro de 2011 a fevereiro de 2012.

Mesmo as gramíneas possuindo decomposição mais lenta por apresentar maior relação  $C/N \geq 30/1$  segundo Alvarenga et al. (2006b), ainda assim, contribui para maior modificação de serrapilheira que os compartimentos arbóreos. O gênero *Eucalyptus* sp., em geral, apresenta baixa taxa de decomposição de sua serrapilheira, normalmente inferiores a 50% em um ano, sob diferentes condições de manejo e condições edafoclimáticas (ADAMS; ATTIWIL 1986; LOUZADA et al., 1997; GAMA-RODRIGUES et al., 2002). Isso pode ser evidenciado pelo tempo de meia vida EA, que demorou 231 dias a mais em relação ao ER (área de cultivo de sorgo e soja). De acordo com Louzada et al. (1997); Skorupa, (2001), a serrapilheira de eucalipto apresenta alta relação C/N, variando de 30/1 a 100/1, e também alta relação C/P e C/S, o que contribui para lenta decomposição do resíduo.

O modelo de Olson (1963) é o mais comumente usado para calcular a taxa de decomposição em florestas tropicais. A constante  $k$  tem sido amplamente utilizado por diversos autores em diferentes formações florestais. Porém, algumas críticas têm sido atribuídas ao seu uso indiscriminado em ecossistemas que ainda não atingiram um equilíbrio entre o material que cai e o material que é decomposto (ANDERSON; SWIFT, 1983). Barros e Reis (1990) chegaram à mesma conclusão, que o método da constante  $k$  só pode ser utilizado em povoamentos que se encontram em condições de equilíbrio. Esses autores afirmam que para os povoamentos de eucalipto no Brasil, este equilíbrio não é atingido porque a rotação é curta ( $<$  que 10 anos).

O sistema de ILPF possui diferentes dinâmicas de decomposição para cada planta consorciada, por isso a importância de utilizar o método realizado por Plante e Parton (2007) que propuseram modelos quantitativos da biomassa e dinâmica de nutrientes na tentativa de descrever processos biológicos do sistema, em vez de expressões estritamente matemáticas e procedimentos estatísticos utilizados para encontrar curvas de melhor ajuste.

Apesar dos demais autores utilizar em diferentes formas para calcular a constante  $k$ , e os valores encontrados não serem próximos aos encontrados por esse trabalho, não quer dizer que o comportamento da serrapilheira nas florestas estudadas sejam diferente.

Kolm e Poggiani (2003); Zaia e Gama-Rodrigues (2004); Diniz et al. (2011) estudando ciclagem de nutrientes em plantios de *Eucalyptus grandis*, encontraram a constante decomposição ( $k$ ) de 0,56; 0,0019 e 0,0046, respectivamente e tempo de meia vida 452, 365, 151 dias respectivamente. Melo e Resck (2003) avaliando o retorno ao solo de nutrientes de serrapilheira de três procedências de *Eucalyptus camaldulensis* no Cerrado do Distrito Federal, encontraram constante  $k$  de 0,58, 0,53 e 0,61.

Arato et al. (2003) encontraram tempo de meia-vida de 215 dias num sistema agroflorestal no município de Viçosa - MG.

Oliveira et al. (2003) verificaram maior taxa de decomposição por *litter bags* em consórcio de gramíneas com uma leguminosa herbácea, do que quando comparado à gramínea pura. A introdução da leguminosa herbácea no consórcio com a gramínea acelerou a taxa de decomposição.

Para Cherobini et al. (2005), o valor de  $k$  é variável em função do tempo, porém apresenta uma estabilização a partir de aproximadamente quatro meses, possivelmente correspondendo a fase onde resta somente a fração recalcitrante da serrapilheira. Tal fração apresenta lenta taxa de decomposição, e tende a se acumular com tempos. Entretanto, existem estudos propondo que a matéria orgânica acumulada em ecossistemas terrestres de



decomposição de resíduos continua se degradando após centenas de anos, embora a taxas muito reduzidas (COÛTEAUX, 1998).

A decomposição da serapilheira pode ser explicada também pelas interações do meio, de forma que a Tabela 10 mostra as correlações de Pearson entre as variáveis climatológicas da área de estudo obtidas na estação meteorológica da Embrapa Cerrados (temperatura, vento e precipitação) em relação à decomposição da serapilheira entre árvores e entre renques. Verifica-se que a maior ordem de correlação existente é entre a serapilheira EA x serapilheira ER (0,83), seguida da correlação entre a precipitação x serapilheira EA (0,80).

Tabela 10 - Matriz de Correlação de Pearson entre as variáveis climatológicas em relação à decomposição da serapilheira em área de ILPF em Planaltina - DF.

Elementos	Temperatura	Vento	Precipitação	Serapilheira	
				EA	ER
Temperatura	1	0,35 <sup>ns</sup>	0,49 <sup>ns</sup>	-0,37 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>
Vento		1	0,31 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	0,48 <sup>ns</sup>
Precipitação			1	0,80 <sup>**</sup>	0,60 <sup>*</sup>
Serapilheira EA				1	0,83 <sup>**</sup>
Serapilheira ER					1

ns = não significativo, \* significativo a 5%; \*\* significativo a 1 % de probabilidade pelo teste t de Student.

Não houve correlações significativas para temperatura e vento em relação à decomposição da serapilheira. Contudo, é relatado que os principais fatores que interferem na ciclagem de nutrientes, agindo na decomposição da serapilheira, são: o clima, a composição das espécies vegetais, qualidade de serrapilheira, o status sucessional da floresta, abundância de organismos decompositores e a fertilidade do solo (COÛTEAUX et al., 1995; SMITH; BRADFORD, 2003).

De modo geral, o clima controla o processo de decomposição em escala regional, enquanto a composição química dos resíduos orgânicos depositados sobre o solo domina o processo em escala local (BERG, 2000). A umidade parece ser um dos fatores mais importantes no processo de decomposição. Barros e Reis (1990) observaram taxa de decomposição mais elevada na estação chuvosa.

### 3.2 TEORES DE MACRONUTRIENTES NA DECOMPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA

A análise estatística dos teores de nutrientes encontrados na serapilheira mostrou que não houve diferenças significativas nos teores de nutrientes para coleta EA e ER, exceto para o teor de K. O Ca foi o elemento que apresentou maior retorno ao solo seguido pelo N, S, Mg, K e P (Tabela 11).

Avaliando a ciclagem e balanço de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus grandis*, *E. camaldulensis* e *E. pellita* com idade de seis anos na região norte fluminense, Zaia e Gama-Rodrigues (2004) verificaram que a ordem de acumulação de nutrientes foi: Ca > N > K > Mg > P. Estes teores são similares aos encontrados por Vieira et al. (2009), sendo que o N apresentou maiores teores que o Ca. Estes resultados também são similares aos encontrados por Gama-Rodrigues e Barros (2002), em *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* em Argissolo Amarelo no sul da Bahia.

Os baixos teores de K liberados pela decomposição da serapilheira (Tabela 11), em parte, podem ser explicados pelo fato que os *litter bags* terem sido colocados sobre a superfície do solo e, com tempo, as partículas desse solo ficaram aderidas aos *litter bags*, sendo necessária a lavagem, que pode ter favorecido a perda do K livre, já que segundo Malavolta et al. (1989), a rápida ciclagem do K está relacionada a esse elemento não fazer parte a nenhuma da estrutura da planta e se apresentar na forma iônica K<sup>+</sup> o que facilita sua liberação para solo após o rompimento dos tecidos vegetais.

De acordo com Caldeira (2003), diferentes teores, bem como conteúdos, de macronutrientes na serapilheira acumulada podem estar relacionados com a mobilidade dos bioelementos dentro da planta, por exemplo, o K, tornando-se sujeito à lavagem da copa e do tronco, e no solo sofre lixiviação.

Tabela 11 - Teste de média dos teores de macronutrientes na decomposição da serapilheira na área experimental de ILPF em Planaltina - DF.

Posição	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- g kg <sup>-1</sup> -----					
EA	11,2 a	0,5 a	1,1 a	14,9 a	1,4 a	1,6 a
ER	11,5 a	0,4 a	0,8 b	16,0 a	1,3 a	1,9 a
CV %	9,12	22,4	22,73	11,51	8,53	29,14

Médias pela mesma letra não diferem pelo teste de TuKey (p< 0,05).

A alta variabilidade dos teores de K na serrapilheira, segundo Neves (2000); Pagano e Durigan (2000), entre as épocas de avaliação, guarda relação com a variação da precipitação pluviométrica, o que se explica pela sua alta suscetibilidade à lixiviação via lavagem de folhas e de serrapilheira, que decorrem do fato de o K não participar de compostos orgânicos, ocorrendo na forma solúvel ou adsorvido no suco celular (CALDEIRA, 2007).

O fato do Ca apresentar a maior teor na serrapilheira (Tabela 11) pode estar relacionado com a sua pouca mobilidade nos tecidos vegetais e com a longevidade das folhas. A baixa mobilidade desse macronutriente dentro dos tecidos vegetais é citada como um fator que determina que a sua maior quantidade de ciclagem na natureza seja feita pela queda e decomposição dos tecidos vegetais senescentes (NILSSON et al., 1995).

O N é um dos elementos que apresenta maior teor nas células foliares. Mesmo sendo reciclado, boa parte ainda permanece nos tecidos senescentes das plantas. Apesar do N ser um elemento extremamente móvel na planta, é um dos elementos que apresenta maior retorno ao solo (Tabela 11), isso pode coincidir com a grande dinâmica que esse elemento possui no sistema, a adubação que ocorreu na área, ou até mesmo devido ao teor de matéria orgânica. Segundo Marcelino (2009), grande parte do nitrogênio absorvido pelas plantas é proveniente da matéria orgânica do solo e não dos fertilizantes esse fato pode fazer com que as plantas não manifestem efeitos da adubação nitrogenada caso o aporte de N proveniente da matéria orgânica seja suficiente para suprir as necessidades da planta.

Segundo Rodrigues e Leitão Filho (2001), a concentração de N e P originada pelo processo de decomposição da serrapilheira pode ser diferente em cada ecossistema, de acordo com propriedades do ambiente.

Segundo Campos et al. (2004), a decomposição da serrapilheira é o processo que praticamente controla os teores de N e S que estarão prontamente disponíveis às plantas. A ciclagem de nutrientes é importante para a dinâmica do enxofre em ecossistemas de floresta localizados em solos ácidos e com baixo aporte de S e N pela atmosfera e pelo material de origem.

De acordo com Marcos e Lancho (2002), o aporte de Cl, S, Na e Zn da atmosfera é muito maior que a demanda anual destes elementos pelas árvores, o mesmo não ocorrendo com o N, Ca, P e K, já que a deposição desses nutrientes é menor do que a quantidade requerida pelas plantas.

O P é dos macronutrientes, o que apresenta menores teores na serapilheira (Tabela 11), embora os solos tenham EA  $1,1 \text{ mg dm}^{-3}$  de P e ER  $7,0 \text{ mg dm}^{-3}$  P, (Tabela 8) uma fração pequena foi absorvida pelas plantas. Do fósforo aplicado ao solo, a planta aproveita menos de 40%; o restante é fixado fortemente pela acidez do solo. Isto explica porque as fórmulas de fertilizantes N-P-K apresentam o teor relacionado ao fósforo em maior quantidade, quando as plantas o exigem em pequenas quantidades (NOVAIS et al., 2007).

#### 4 CONCLUSÕES

- Não houve diferença na taxa de decomposição da serapilheira de curto período  $k_A$  e o tempo de meia vida entre árvores e entre renques.
- A taxa de decomposição recalcitrante  $k_B$  entre árvores e entre renques foram similar e o tempo de meia vida entre árvores demorou 231 dias a mais para transformação total da serapilheira.
- Os teores de Ca e N, assim como na deposição foram os que apresentaram maior retorno ao solo no processo de decomposição, seguidos pelos S, M, K e P.
- A precipitação influenciou fortemente a decomposição da serapilheira entre árvores e entre renques, com correlação alta (0,80) e média (0,63) respectivamente.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS - ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2012, ano base 2011**. Brasília: ABRAF, 2012. 150 p.
- ADAMS, M. A.; ATTIWILL, P. M. Nutrient cycling an nitrogen mineralization in eucalypt forests south-eastern Australia. I. Nutrient Cycling and nitrogen turnover. **Plant and Soil**, v. 92, p. 319-339, 1986.
- ALMEIDA, R. G. **Sistemas agrossilvipastoris: benefícios técnicos, econômicos, ambientais e sociais**. In: ENCONTRO SOBRE ZOOTECNIA DE MATO GROSSO DO SUL, 7, Campo Grande: UFMS, 2010. p. 1-10.
- ALVARENGA, R. C.; COBUCCI, T.; KLUTHCOUSKI, J.; WRUCK, F. J.; CRUZ, J. C.; ALVES, A. R.; SOUTO, J. S.; SOUTO, P. C.; HOLANDA, A. C. de. Aporte e decomposição de serrapilheira em área de Caatinga, na Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, n. 2, p. 1-10, 2006a.
- ALVARENGA, R. C.; CRUZ, J. C.; NOVOTNY, E. H. **Sistemas de Produção**. 2 ed. Sete Lagoas: Embrapa, 2006b. 63p.
- ALVARENGA, R. C.; SILVA, V. P. da.; NETO, M. M. G.; VIANA, M. C. M.; VILELA, L. Sistema Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: Acondicionamento do solo e intensificação da produção de lavouras. **Informe Agropecuário**, v. 31, n. 257, p. 59-67, 2010.
- ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. **Interpretação dos resultados das análises de solos**. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T.; ALVAREZ V., V. H. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Viçosa, MG: 1999. p. 25-32.
- ALVAREZ V. V. H.; NOVAIS, R. F.; DIAS, L. E.; OLIVEIRA, J. A. Determinação e uso do fósforo remanescente. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 25:27-32, 2000.
- ALVES, A. R.; SOUTO, J. S.; SOUTO, P.C.; HOLANDA, A. C de.; Aporte e decomposição de serrapilheira em área de Caatinga, na Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, n. 2, p. 194-203, 2006.
- ANDERSON, J. M.; SWIFT, M. J. **Decomposition in tropical forests**. In S. L. Sutton, T. C. Whitmore, and A. C. Chadwick. (Eds.) Tropical rainforest: Ecology and management, Blackwell Scientific Publications, Oxford. p. 287-309. 1983
- ANDRADE, A. G.; COSTA, G. S.; FARIA, S. M. Deposição e decomposição da serapilheira em povoamentos de Mimosa caesalpinifolia, Acacia mangium e Acacia holosericea com quatro anos de idade em planossolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 777-785, 2000.

ARATO, H. D.; MARTINS, S. B.; FERRARI, S. H. S. Produção e decomposição de serrapilheira em um sistema agroflorestal implantado para recuperação de área degradada em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 27, n. 5, p. 751-721. 2003.

ATTIWILL, P. M. **Nutrient cycling in *Eucalyptus* and *Pinus* forests in South-eastern Australia.** In: SYMPOSIUM ON IMPACT OF INTENSIVE HARVESTING ON FORESTNUTRIENT CYCLING, New York. 1979. 234p.

BAER, W. **The Brazilian economy.** 6th edition. Lynne Rienner Publishers: Boulder, 2008. 443p.

BARROS, N. F. de; NOVAIS, R. F. de. Eucalipto. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V.; V. H. (Eds.). **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação.** Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 303-305.

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

BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. de O.; STONE, L. F. **Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF).** Brasília: Embrapa, 2011. 130p.

BALBINO, L. C.; KICHEL, A. N.; BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G. de.; Sistemas de integração: o que são, suas vantagens e limitações. In: BUNGENSTAB, D. **Sistemas de integração a produção sustentável: integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF).** 2 ed. Brasília: Embrapa, 2012. p. 11-18.

BALBINO, L. C.; VILELA, L.; CORDEIRO, L. A. M.; OLIVEIRA, P. de.; PULROLNIK, K.; KLUTHCOUSKI, J.; SILVA, J. L. S. da. **Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) Região Sul.** Curso de Capacitação do Programa ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono). 2013, 83p.

BARBOSA, J. H. C.; FARIA, S. M. de. Aporte de serrapilheira ao solo em estágios sucessionais florestais na reserva biológica de poço das antas, Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Rodriguésia**, 57 (3): 461-476. 2006.

BELLOTE, A. J.; SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P.; OLIVEIRA, G. D. Extração e exportação de nutrientes pelo *E. grandis* Hill ex Maiden em função da idade: Macronutrientes. **IPEF**, Piracicaba, n. 20, p. 1-23, 1980.

BERG, B. Litter decomposition and organic matter turnover in northern forest soil. **Forestry Ecology Management**, v. 133, p. 13-22, 2000.

BOLT, A. J. NACHTERGAELE, F. O.; YOUNG, A. Land resource potencial and constraints at regional and contry levels. regional and contry levels. Rome, Land and Water Development Division, **Food and Agriculture Organization**, 2000. 114p.

CALDEIRA, M. V. W. **Determinação de biomassa e nutrientes em uma Floresta Ombrófila Mista Montana em General Carneiro, Paraná.** 2003. 176f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2003.

CALDEIRA, M. V. W.; SOARES, R. V. BALBINOT, R. Quantificação de serapilheira e de nutrientes floresta ombrófila mista Montana - Paraná. **Revista Acadêmica**, v. 5, n. 2, p. 101-116, 2007.

CALDEIRA, M. V. W.; VITORINO, M. D.; SCHAADT, S. S.; MORAES, E. BALBINOT, R. Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 53-68, 2008.

CAMPOS, M. L.; MARCHI, G.; LIMA D. M.; SILVA, C. A. **Ciclagem de nutrientes em floretas e pastagens**. Lavras: Universidade Federal de Lavras: 2004. 61p. (Boletim Agropecuário, 64).

CARVALHO, W.; CANILHA, L. FERRAZ, A.; MILAGRES, A. M. F.; Uma visão sobre a estrutura, composição e biodegradação da madeira. **Química Nova**, v. 32, n. 8, p. 2191-2195, 2009.

CÉSAR, O. Produção de serapilheira na mata mesófila semidecídua da Fazenda Barreiro Rico, município de Anhembi, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 53, n. 4, p. 671-681, 1993.

CHEROBINI, A.; COELHO, G. C.; BORGES, P. A. P. **Modelagem e simulação da massa de serapilheira durante o crescimento de espécies arbóreas**. 2005. 34p. (Boletim da SBMAC - Série II).

COLE, D.; RAPP, M. Elemental cycling in forestd ecosystems. In: REICHLE, D. E., (Ed.). **Dynamic properties of forest ecosystems**. Cambridge: Cambridge University Press, 1980. p. 341-409.

CORRÊA, R. S.; SCHUMACHER, M. V.; MOMOLLI, D. R. Deposição de serapilheira e macronutrientes em povoamento de *Eucalyptus dunnii* Maiden sobre pastagem natural degradada no Bioma Pampa. **Revista Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 97, p. 65-74, 2013.

CORSI, M.; GOULART, R. O Sistema de produção de carne e as exigências da sociedade moderna. In SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 23, 2006, Piracicaba. As pastagens e o meio ambiente. **Anais...** Piracicaba. FEALQ, p. 7-35. 2006.

COSTA, C. C. A.; CAMACHO, R. G. V.; MACEDO, I. D.; SILVA, P. C. M. Análise comparativa da produção de serrapilheira em fragmentos arbóreos e arbustivos em área de caatinga na Flona de Açu - RN. **Revista Árvore**, v. 2, n. 34, p. 259-265, 2010.

COSTA, G. S.; GAMA-RODRIGUES, A. C. da. CUNHA. G. de M. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em povoamentos de *Eucalyptus grandis* no norte Fluminense. **Revista Árvore**, v. 29, n. 4, p. 563-570, 2005.

COSTA, J. L. da S.; RAVA, C. A. Influência da braquiária no manejo de doenças do feijoeiro com origem no solo. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Eds.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p.523-533.

- COÛTEAUX, M. M.; BOTTNER, P.; BERG, B. Litter decomposition, climate and litter quality. **Tree**, v. 10, n. 2, p. 63-66, 1995.
- COÛTEAUX, M.M.; MCTIERNAN, K. B.; BERG, B.; SZUBERLA, D.; DARDENNE, P.; POTTNER, P. Chemical composition and carbon mineralization potential of scots 84 pine needles at different stages of decomposition. **Soil Biology Biochemistry**, v. 30, n. 5. p. 583-595, 1998.
- CRUZ, C. D. **Programa Genes - Análise multivariada e simulação**. 1. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2006. 175p.
- CRUZ, C. D. REGAZZI, A. J. CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa, Editora UFV, 2004. 480p.
- CUNHA, G. C. C.; GRENDENE, L. A.; DURLO, M. A.; BRESSAN, D. A. Dinâmica nutricional em floresta estacional decidual com ênfase aos minerais provenientes da deposição da serapilheira. **Revista Scientia Florestalis**, v. 3, n. 1, p. 35-64. 1993.
- DELITTI, W. B. C. **Aspectos comparativos da ciclagem de nutrientes minerais na mata ciliar, campo cerrado e na floresta implantada de Pinus elliottii var. elliottii**. 1984. 305f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Instituto de Biociências. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1984.
- DEMARCHI, M. **Análise da conjuntura agropecuária safra 2011/12 – Soja**. 2011. 15 p. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/>> Acesso em: 10 de fev. 2014.
- DINIZ, A. R.; PEREIRA, M. G.; LOSS, A. Aporte de material decíduo e nutrientes para o solo em plantio de eucalipto e floresta secundária. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 31, n. 65, p. 19-26, 2011.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro, 2011. 225p.
- EUCLIDES, V. P. B.; VALLIE, C. B.; MACEDO, M. C. M.; ALMEIDA, R. G.; MONTAGNER, D. B.; BARBOSA, M. A. Brazilian scientific progress in pasture research during the first decade of XXI century. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 151-168, 2010.
- FERNANDES, M. E. B.; NASCIMENTO, A. A. M.; CARVALHO, M. L. Estimativa da produção anual de serapilheira dos bosques de mangue no Furo Grande, Bragança-Pará. **Revista Árvore**, v. 31, n. 5, p. 949-958, 2007.
- FERREIRA, R. L.; NETO, S. N. de. O.; FREITAS, F. C. L. de. TIBÚRCIO, R. A. S.; VIANA, R. G.; MACHADO, M. S. Manejo de plantas daninhas na integração Lavoura-Pecuária-Floresta. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 31, n. 257, p. 37-46, 2010.
- FERREIRA, A. C.; SILVA, H. D. da.; ANDRADE, G. de. C.; BELLOTE, A. F. J. MORO, L. Deposição de material orgânico e nutrientes em plantios de *Eucalyptus grandis* em



diferentes regimes de adubação. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 43, p. 75-86, 2001.

FIGUEIREDO, C. C.; RAMOS, M. L. G.; TOSTES, R. Propriedades físicas e matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob sistemas de manejo e cerrado nativo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 3, p. 24-30, 2008.

FREITAS, E. C. S. de.; NETO, S. N. de. O.; FONSECA, D. M. da.; SANTOS, M. V.; LEITE, H. G.; MACHADO, V. D. Deposição de serapilheira e de nutrientes no solo em Sistema Agrossilvipastoril com eucalipto e acácia. **Revista Árvore**, v. 37, n. 3, p. 409-417, 2013.

FREITAS, R. A.; SCHUMACHER, M. V. CALDEIRA, M. V. W.; SPATHELF, P. Biomassa e conteúdo de nutrientes em povoamento de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden plantado em solo sujeito à arenização, no município de Alegrete-RS. **Biomassa & Energia**, v. 1, n. 1, p. 93-104, 2004.

FURTADO, C. **Formação econômica do Brasil**. 32 ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2005. 256p.

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

GONÇALVES, J. L. de. M. Eucalipto. In: PROCHNOW, L. I; CASARIN, V.; STIPP, S. R. **Boas Práticas para o uso eficientes de fertilizantes**. IPNI. Piracicaba, SP: 2010 v. 3, p. 308-369.

GUO, L. B.; SIMS, R. E. H. Litter decomposition and nutrient release via litter decomposition in the New Zealand eucalypt short rotation forests. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v. 75, p. 133-140, 1999.

INKOTTE, J.; MINATTI, M.; BATISTA, L. G. et al. Deposição da serapilheira em plantio de eucalipto e mata nativa nas regiões oeste e planalto do estado de Santa Catarina. In CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE EM POÇO DE CALDAS, 10., 2013, Poços de Caldas. **Anais...** Minas Gerais: IFSULDEMINAS, p. 1-5. 2013.

JONES JÚNIOR, J. B. **Plant tissue analysis in**. In: Micronutrientes in Agriculture Mortvedt. 2 ed., p. 477-521. 1991.

KABATA-PENDIAS, A. **Trace elements in soil and plants**. 3 ed Boca Raton, Flórida, CRC Pres, 413 p. 2001.

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

KOLM, L.; POGGIANI, F. Ciclagem de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus grandis* submetidos a pratica de desbastes progressivos. **Scientia Forestalis**, n. 63, p. 79-93, 2003.

KONIG, F. G. SCHUMACHER, M. V. BRUN, E. J.; SELING, I. Avaliação da sazonalidade da produção de serapilheira numa Floresta Estacional Decidual no município de Santa Maria - RS. **Revista Árvore**, v. 26, n. 4, p. 429-435, 2002.

LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; MARTIN, A.; MARTIN, S.; SPAIN, A.; TOUTAN, F.; BAROIS, I.; SCHAEFER, R. A hierarchical model for decomposition in terrestrial ecosystems: Application to soils of the humid tropics, **Biotropica**, v. 25, p. 130-150, 1993.

LEITÃO-FILHO, H. F. **Ecologia da Mata Atlântica em Cubatão (SP)**. São Paulo, EDUNESP/EDUNICAMP, SP. 1993. 184p.

LIMA, W. de. P. **Impacto Ambiental do Eucalipto**. 2. ed. São Paulo, SP: USP, 1996. 301p.

LOPES, A. S. **Micronutrientes filosofias de aplicação e eficiência agrônômica**. São Paulo: ANDA, 1999. 58p. (Boletim Técnico, 8).

LOUZADA, J. N. C. SCHOEREDER, J. H. MARCO, D. P. Litter decomposition in semideciduous forest and *Eucalyptus* sp. crop in Brazil: a comparison. **Forest Ecology and Management**, v. 94, p. 31-36, 1997.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura-pecuária-floresta: alternativa de agricultura conservacionista para os diferentes biomas brasileiros. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 18., 2010. Teresina. Novos Caminhos para Agricultura Conservacionista no Brasil: **Anais...** Teresina: Embrapa Meio-Norte; UFPI, 34p. 2010.

MACHADO, L. A. BALBINO, Z. L. CECCON, C. G. **Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: Estruturação dos Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária**. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2011. 46p.

MAIA, G. N. **Caatinga árvores e arbustos e suas utilidades**. São Paulo: D&Z Computação. 2004. 123p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba, POTAFOS, 1989. 201 p.

MARCELINO, R. **Inibidor de nitrificação em fertilizantes nitrogenados e rendimento de milho**. 2009. 81f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical Área de Concentração em Gestão de Recursos Agroambientais) Instituto Agrônomo Campinas, 2009.

MARCOS, G. M.; LANCHO, J. F. G. Atmospheric deposition in oligotrophic *Quercus pyrenaica* forests: implications for Forest nutrition. **Forest Ecology and Management, Amsterdam**, v. 171, p. 17-29, 2002.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. San Diego: Academic, 1997. 203p.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L., SOUSA, D. M. G. **Cerrado: uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. 224p.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. Integração Lavoura-Pecuária. In: PROCHNOW, L. I; CASARIN, V.; STIPP, S. R. **Boas Práticas para o uso eficientes de fertilizantes**. Piracicaba, SP: IPNI, 2010, p. 287-307.

MARTINS, G. de. A. **Estatística geral e Aplicada**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2006. 416p.

MARTINS, S. V.; RODRIGUES, R. R. Produção de serapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecidual no município de Campinas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 22, n. 3, p. 405-412, 1999.

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

MEGURO, M.; VINUEZA, G. N.; DELITTI, W. B. C. Ciclagem de nutrientes minerais na mata mesófila secundária - São Paulo. III – Decomposição do material foliar e liberação dos nutrientes minerais. **Boletim de Botânica**, São Paulo, v. 8, p. 7-20, 1980.

MELO, J. T. de.; RESCK, D. V. S. **Retorno ao solo de nutrientes de serrapilheira de *Eucalyptus camaldulensis* no Cerrado do Distrito Federal**. Planaltina- DF: Embrapa Cerrados, 2003. 17p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 6).

MOÇO, M. K. GAMA-RODRIGUES, E. F. da. GAMA-RODRIGUES, A. C. da. CORREIA, M. E. F. Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região norte fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 4, p. 555-564, 2005.

MONTAGNINI, F.; JORDAN, C. Reciclaje de nutrientes. In: GUARIGUATA, M. R. KATTAN, G. H. (Eds.) **Ecología y conservación de bosques neotropicales**. Cartago: LUR. 2002. p. 591-623.

MORANGHAN, J. T; MASCAGNI, Jr. H. J. Environmental and soil factors affecting micronutrients deficiencies and toxicities. In : *Micronutrients in Agriculture* Mortvedt, J.J. 2 eds. Madison, WI: **Soil Science Society of America**. p. 371-425. 1991.

MOREIRA, P. R.; SILVA, O. A. Produção de serapilheira em área reflorestada. **Revista Árvore**, v. 28, n. 1, p. 49-59, 2004.

NEVES, J. C. L. **Produção e participação de biomassa, aspectos nutricionais e hídricos em plantios clonais de eucalipto na região litorânea do Espírito Santo**. 2000. 191f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Rio de Janeiro. 2000.

NILSSON, L. O.; HÜTTL, R. F.; JOHANSSON, U. T.; JOCHHEIM, H. Nutrient uptake and cycling in forest ecosystems – present status and future research directions. **Plant and Soil**, v. 168/169, n. 1, p. 5-13, 1995.

NUNES, F. P.; PINTO, M. T. C. Produção de serapilheira em mata ciliar nativa e reflorestada no Alto São Francisco, MG. **Biota Neotropica**, v. 7, n. 3, p. 97-102, 2007.

NOVAIS, R. N.; SMYTH, T. J. ; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F. de. FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. L.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa, MG: 2007. p.471-550.

OKI, V. K. **Impactos da colheita de Pinus taeda sobre o balanço hídrico, a qualidade da água em microbacias**. 2002. 71f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

OLIVEIRA, C. A.; MUZZI, M. R. S.; PURCINO, H. A.; MARRIEL, I. E.; SÁ, N. M. H. Decomposition of *Arachis pintoii* and *Hyparrhenia rufa* litters in monoculture and intercropped systems under lowland soil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 9, p. 1089-1095, 2003.

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

OSAKI, F. **Calagem e adubação**. Campinas: Instituto Brasileiro de Ensino Agrícola, 1991. 503 p.

PAGANO, S. N. Produção de folheto em mata mesófila semidecídua no município de Rio Claro, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 49, n. 3, p. 633-639, 1989.

PAGANO, S. N.; DURIGAN, G. Aspectos da ciclagem de nutrientes em matas ciliares do oeste do estado de São Paulo, Brasil. In: RODRIGUES, R. R; LEITÃO FILHO, H. F. (Eds.). *Matas ciliares: conservação e recuperação*. São Paulo: EDUSP:FAPESP, 2000. p. 109-123.

PEREZ, K. S. S.; RAMOS, M. L. G.; MCMANUS C. Nitrogênio da biomassa microbiana em solo cultivado com soja, sob diferentes sistemas de manejo, nos Cerrados. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 40, n. 2, p. 137-144, 2005.

PLANTE, A. F.; PARTON, W. J. The dynamics of soil organic matter and nutriente cycling. In: PAUL, E. A. **Soil Microbiology, Ecology, and Biochemistry**. 3 ed. Burlington: Academic Press, 2007. p. 433- 467.

POGGIANI, F. **Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de plantações florestais de *Eucalyptus* e *Pinus*: implicações silviculturais**. Piracicaba, 1985. 211f. Tese (Livredocência), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz Universidade de São Paulo. 1985.

POGGIANI, F. Florestas para fins energéticos e ciclagem de nutrientes. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 1, n. 2, p.1-11, 1980.

POGGIANI, F.; STAPE, J. L.; GONÇALVES, J. L. de M. Indicadores de sustentabilidade das plantações florestais **Série Técnica IPEF**, v. 12, n. 31, p. 33-44, 1998.

PORTES, M. C. G. de O. **Deposição de serapilheira e decomposição foliar em Floresta Ombrófila Densa Altomontana, Morro Anhangava, Serra da Baitaca, Quatro Barras, PR.** 90f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná Curitiba, 2001.

PRADO, R. B.; TURETTA, A. P. D.; ANDRADE, A. G. de.; **Manejo e conservação do solo e da no água contexto das mudanças ambientais.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos 2010. 486p.

PRADO, H. do. **Manejo do Solo:** descrições pedológicas e suas implicações. São Paulo: Nobel, 1991. 117p.

PRESCOTT, C. Do rates of litter decomposition tell us anything we really need to know? **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 220, n. 1-3, p. 66-74, 2005.

RADOMSKI, M. I.; RIBASKI, J. Produção, conteúdo de nutrientes e estoque de carbono da serapilheira em sistema silvipastoril com *Corymbia citriodora*. VII CONGRESSO LATINOAMERICANO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS PARA A PRODUÇÃO PECUÁRIA SUSTENTÁVEL, 7., 2012, Belém. **Anais...** Belém: Embrapa Floresta, p. 175-178. 2012.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo/ Fundação IAC, 1997. 285p.

REZENDE, C. de. P., CANTARUTTI, R. B.; BRAGA, J. M.; GOMIDE, J. A.; PEREIRA, J. M.; FERREIRA, E.; ARRÉ, R.; MACEDO, T. J. ALVES, R.; URQUIAGA, S.; CADISCH, G.; GILLER K. E.; BODDEY R. M. Litter deposition and disappearance in Brachiaria pastures in the Atlantic Forest region of South of Bahia, Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, 54 (2): 99-112. 1999.

RIBEIRO, L. **Dinâmica de nutrientes na serapilheira, em um trecho de mata ciliar alagável com ninhal de aves do Rio Cuiabá, no Pantanal Barão de Melgaço-MT.** 1998. 53f. (Monografia de Graduação) – Instituto de Biociências, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 1998.

RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. **Matas Ciliares: Conservação e Recuperação.** 2. ed. Fapesp, São Paulo. 2001. 320p.

ROMANO, P. A. Integração Sistema Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: uma estratégia para sustentabilidade **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 31, n. 257, p. 7-15, 2010.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais.** Campinas, SP, Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. 26p. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 8).

ROSANGELA, A.; BORÉM, R. A. T.; RAMOS, D. P. Variação estacional e topográfica de nutrientes na serapilheira de um fragmento de Mata Atlântica. **Cerne**, v. 8, n. 2, p. 042-059, 2002.

SANTOS, G. A.; GAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999. 491p.

SCHEER, M. B. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em um trecho de floresta ombrófila densa aluvial em regeneração, Guaraqueçaba. **Revista Floresta**, v. 38, n. 2, p. 253-266, 2008.

SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E. J.; HERNANDES, J. I.; KÖNIG, F. G. Produção de serapilheira em uma floresta de *Araucária angustifolia* (Bertol) Kuntze no município de Pinhal Grande - RS. **Revista Árvore**, v. 8, n. 1, p. 29-37, 2004.

SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E. J.; RODRIGUES, L. M.; SANTOS, E. M. Retorno de nutrientes via deposição de serapilheira em um povoamento de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, v. 27, n. 6, p. 791-798, 2003.

SCHUMACHER, V. M. **Aspectos da ciclagem de nutrientes e do microclima em talhões de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus toreliana* F. Muell.** 1992. 87f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1992.

SELLE, G. L. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. **Revista Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 4, p. 29-39, 2007.

SILVA, I. R.; MENDOÇA, E. de. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F. de. FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. L.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa, MG: 2007. p. 275-374.

SKORUPA, A. L. A. **Acumulação e decomposição de serapilheira em povoamento de eucalipto, na Região do Baixo do Rio Doce-MG**. 2001. 64f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

SMITH, V. C.; BRADFORD, M. A. Litter quality impacts on grassland litter decomposition are differently dependent on soil fauna across time. **Applied Soil Ecology**, v.24, p.197-203, 2003.

SOUSA, D. M. G de.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2 ed. Brasília, DF, Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416p.

SOUSA, D. M. G. de.; VILELA, L.; REIN, T. A.; LOBATO, E. Eficiência da adubação fosfatada em dois sistemas de cultivo em Latossolo do Cerrado. In: CONGRESSO BARSILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Informação, globalização, uso do solo**. Rio de Janeiro: SBCS, 1997.

SOUZA, J. A.; DAVIDE, A. C. Deposição de serapilheira em uma mata não minerada e em plantações de bracatinga (*Mimosa scabrella*) e de eucalipto (*Eucalyptus saligna*) em áreas de mineração de bauxita. **Revista Cerne, Lavras**, v. 7, n. 1, p. 101-113, 2001.

TOLEDO, L. de O.; PEREIRA, M. G., MENEZES, C. E. G. produção de serapilheira e transferência de nutrientes em florestas secundárias localizadas na região de Pinheiral, RJ. **Rev. Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 9-16, 2002.

TOMÉ JÚNIOR, J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba, SP: Agropecuária, 1997. 274 p.

VALENTINI, C. M. A. **O fluxo de CO<sub>2</sub> do solo de uma área de floresta de transição no noroeste de Mato Grosso**. 2004. 81f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá. 2004.

VIEIRA, J. A. G.; TEIXEIRA, M. B.; LOSS, A.; LIMA, E. ZONTA, E. Produção de Serapilheira e Retorno de Nutrientes ao Solo pela Espécie *Eucalyptus urograndis*. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, n. 2, p. 40-43, 2009.

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

VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V. Deposição de serapilheira e de macronutrientes em um povoamento de acácia-negra (*Acacia mearnsii* de wild.) no Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 2, p. 225-233, 2010.

VILELA, L.; BARCELLOS, A. O.; MARTHA JÚNIOR, G. B. Plantio direto de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 2006, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p. 165-185. 2006.

VILELA, L.; BARCELLOS, A. de O.; SOUSA, D. M. G. de. **Benefícios da integração lavoura e pecuária**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. 21p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 42).

VILELA, L.; MIRANDA, J. C. C.; SHARMA, R. D.; AYARZA, M. A. **Integração lavoura-pecuária**: atividades desenvolvidas pela Embrapa Cerrados. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. 31p. (Embrapa Cerrados. Documento, 9).

VILELA, L.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; MARCHÃO, R. L.; et al. Integração Lavoura-Pecuária. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. **Savanas**: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Planaltina: Embrapa Cerrados; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 931-962.

VITAL, A. R. T.; GUERRINI, I. A.; FRANKEN, W. K.; FONSECA, R. C. B. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 793-800, 2004.

VITOUSEK, P. M.; SANFORD, R. L. Nutrient cycling in most tropical forest. **Annual Review Ecology Science**, Palo Alto, v. 17, p. 137-167, 1986.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F. Produção de mudas de eucalipto por estaquia e miniestaquia. In: WENDLING, I.; DUTRA, L. F. **Produção de mudas de eucalipto**. Colombo: Embrapa Florestas, 2010. p. 50-80.

WIEDER, R. K.; LANG, G. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. **Ecology**, Durham, v. 62, n. 6, 1982.

XAVIER, D. F.; LÉDO, F. J. da. S.; PACIULLO, D. S; de. C.; PIRES, M. de. F. Á.; BODDEY, R, M. Dinâmica da serapilheira em pastagens de braquiária em sistema silvipastoril e monocultura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1214-1219, 2011.

ZAIA F. C.; GAMA-RODRIGUES A. C. Ciclagem e balanço de nutrientes em povoamentos de eucalipto na região norte Fluminense. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 28:843-852, 2004.