

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA E MEIO AMBIENTE

**CONTRIBUIÇÃO DE FOLHAS NA FORMAÇÃO DA  
SERAPILHEIRA E NO RETORNO DE NUTRIENTES  
EM FLORESTA DE TRANSIÇÃO NO NORTE DE  
MATO GROSSO**

**CARLOS JOSÉ DA SILVA**

**Dr. FRANCISCO DE ALMEIDA LOBO**  
**Orientador**

Cuiabá, MT, Fevereiro de 2006

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA E MEIO AMBIENTE

**CONTRIBUIÇÃO DE FOLHAS NA FORMAÇÃO DA  
SERAPILHEIRA E NO RETORNO DE NUTRIENTES  
EM FLORESTA DE TRANSIÇÃO NO NORTE DE  
MATO GROSSO**

**CARLOS JOSÉ DA SILVA**

*Dissertação apresentada ao  
Programa de Pós-  
graduação em Física e Meio  
Ambiente da Universidade  
Federal de Mato Grosso,  
como parte dos requisitos  
para obtenção do título de  
Master Scientiae.*

**Dr. FRANCISCO DE ALMEIDA LOBO**  
**Orientador**

Cuiabá, MT, Fevereiro de 2006

Silva, Carlos José da.

S5861c      Contribuição de Folhas na Formação da Serapilheira e no Retorno de Nutrientes em Floresta de Transição no Norte de Mato Grosso../.. Carlos José da Silva. – Cuiabá, MT 2006 / Instituto de Ciências Exatas e da Terra  
X, 64 f. : il.; 29cm

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso. Instituto de Ciências Exatas e da Terra. Programa de Pós-graduação em Física e Meio Ambiente, 2006.

Orientador: Francisco de Almeida Lobo

Bibliografia: p. 47-56

1. Ciclagem de Nutrientes 2. serapilheira 3. Floresta de Transição.

I. Autor. II. Título.

CDU 504:58

## **DEDICATÓRIA**

*Aos meus pais (Luzia e José), que sempre me apoiaram na conquista dos meus objetivos.*

## AGRADECIMENTOS

- Á Deus por estar presente em todos os momentos dando-me a oportunidade de escolha e de perdão;
- A minha querida Monica, pelo apoio e ajuda sempre que precisei;
- Ao meu prezado orientador Dr Francisco de Almeida Lobo ao qual tenho profunda admiração pela pessoa e o profissional que é, sempre disposto a ajudar a todos;
- Aos meus pais, irmãs e sobrinhos, pelo companheirismo e afeto;
- A Renata Gonçalves Aguiar, pela sugestão do mestrado e ajuda sempre que precisei;
- Ao grande Dr José de Souza Nogueira (Paraná) pela amizade e atenção que sempre me foi dada;
- A Dr<sup>a</sup> Luciana Sanches pela ajuda e atenção desde o início ao término deste trabalho;
- Aos colegas de mestrado Alaíde, Carmen, Vilidiana, Marisa, Marcelo, Ojeda, Nelson, Mauricio, Rebellato, Marlon, pelos momentos de descontração em sala de aula e na fazenda experimental;
- Aos professores do mestrado: Nicolau, Paraná, Chico, Campelo, Serginho e Marta pela atenção e por compartilhar de seus conhecimentos;
- A equipe que trabalhou no sítio experimental em Sinop: Hulk, Jean, Eliane, Carlos, Alaíde, Luciana, Marcelo, Osvaldo, Marina, Márcia Galon, Márcia Klein, Durval, Pedro, Fernando, Wander, Paulino, Suli, Andrea e Carla pela ajuda e companheirismo em campo e laboratório;
- Ao LBA e a CAPES por financiar a minha pesquisa;
- A Soilce pela amizade;
- Ao Laboratório de Limnologia do projeto Ecologia do Pantanal (Instituto de Biociências, UFMT) pelo auxílio e atenção;
- A todos que direta ou indiretamente de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	vii
LISTA DE TABELAS.....	ix
RESUMO .....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUÇÃO .....	01
OBJETIVOS.....	02
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	04
MATERIAL E MÉTODOS .....	14
Descrição da área experimental.....	14
Dinâmica Anual da Produção da Serapilheira Total.....	16
Quantificação da Serapilheira Total acumulada no Solo.....	17
Medição da Taxa Decomposição e do Tempo Médio de Retorno de Nutrientes de Serapilheira Exclusiva de Folhas.....	18
Estimativa do Índice de Área Foliar.....	21
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
Dinâmica Anual da Produção da Serapilheira Total em Floresta de Transição Amazônia-Cerrado.....	23
Quantificação da serapilheira acumulada no solo.....	25
Medição da Taxa Decomposição da Serapilheira Exclusiva de Folhas.....	27
Variação temporal dos teores de Fósforo (P), Nitrogênio (N) e Carbono (C) nas folhas em decomposição durante os períodos seco e chuvoso.....	30
Avaliação das Correlações entre a Fração de Matéria Seca Remanescente da Serapilheira Exclusiva de Folhas e as Respectivas Proporções dos Teores de Fósforo (P), de Nitrogênio (N) e de Carbono (C) Atuais em Relação aos Iniciais Durante os Períodos Seco e Chuvoso.....	39
Medidas do Índice de Área Foliar.....	41
CONCLUSÃO.....	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	46
ANEXOS.....	56

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Entrada e saída de nutrientes em um ecossistema.....	12
Figura 2 – Localização da área em estudo.....	14
Figura 3 - Temperatura média do ar para os anos de 2001, 2002 e 2003 em Floresta de Transição Amazônia-Cerrado.....	15
Figura 4 - Precipitação Mensal (mm) para os anos de 2001, 2002 e 2003 em Floresta de Transição Amazônia-Cerrado.....	15
Figura 5 - Coletores de serapilheira produzida.....	17
Figura 6 - Coletor de serapilheira acumulada no solo.....	18
Figura 7 - Bolsas decompositoras.....	20
Figura 8 - Foto utilizada para calcular o IAF.....	22
Figura 9- Total de serapilheira produzida em Floresta de Transição Amazônia-Cerrado no ano de 2004/2005.....	23
Figura 10 - Frações da serapilheira na Floresta de Transição Amazônia-Cerrado 2004/2005.....	24
Figura 11 - Serapilheira acumulada no solo na Floresta de Transição Amazônia-Cerrado 2004/2005.....	26
Figura 12 - Frações da Serapilheira acumulada no solo na Floresta de Transição Amazônia-Cerrado 2004/2005.....	27
Figura 13 - Decomposição da serapilheira exclusiva de folhas de quatro espécies dominantes de uma Floresta de Transição Amazônia-Cerrado no período seco (A) e chuvoso (B) do ano de 2004/2005.....	30
Figura 14 - Variação temporal nos teores de nitrogênio presente na serapilheira exclusiva de folhas de quatro espécies em Floresta de transição Amazônia-Cerrado nos períodos seco (A) e chuvoso (B) do ano de 2004/2005.....	33
Figura 15 - Variação temporal nos teores de fósforo presente na serapilheira exclusiva de folhas de quatro espécies em Floresta de transição Amazônia-Cerrado	

nos períodos seco (A) e chuvoso (B) do ano de 2004/2005.....	34
Figura 16 - Variação temporal nos teores de carbono presente na serapilheira exclusiva de folhas de quatro espécies em Floresta de transição Amazônia-Cerrado nos períodos seco (A) e chuvoso (B) do ano de 2004/2005.....	35
Figura 17 - Valores médios de IAF para área de floresta de transição Amazônia-Cerrado com angulo a 60° (A) e a 75° (B).....	44



## LISTA DE TABELAS

Tabela1 – Valores estimados da constante de decomposição da serapilheira exclusiva de folhas para quatro espécies da floresta de transição Amazônica/Cerrado, em Sinop, Mato Grosso, durante o período de seca de 2004 e de chuva de 2005.....	29
Tabela 2 - Teores originais de nitrogênio, fósforo e carbono presentes nas folhas de quatro espécies da floresta de transição Amazônia-Cerrado.....	31
Tabela 3 – Valores estimados da constante de retorno de nitrogênio presente na serapilheira exclusiva de folhas para quatro espécies da floresta de transição Amazônica/Cerrado, em Sinop, Mato Grosso, durante o período de seca de 2004, utilizando regressão linear.....	36
Tabela 4 – Parâmetros da regressão linear da dinâmica do fósforo presente na serapilheira exclusiva de folhas para quatro espécies da floresta de transição Amazônica/Cerrado, em Sinop, Mato Grosso, durante o período de seca de 2004.....	36
Tabela 5 – Parâmetros da regressão linear da dinâmica do carbono presente na serapilheira exclusiva de folhas para quatro espécies da floresta de transição Amazônica/Cerrado, em Sinop, Mato Grosso, durante o período de seca de 2004.....	37
Tabela 6 – – Parâmetros da regressão linear da dinâmica do nitrogênio presente na serapilheira exclusiva de folhas para quatro espécies da floresta de transição Amazônica/Cerrado, em Sinop, Mato Grosso, durante o período de chuva de 2005.....	37
Tabela 7 – Parâmetros da regressão linear da dinâmica do fósforo presente na serapilheira exclusiva de folhas para quatro espécies da floresta de transição Amazônica/Cerrado, em Sinop, Mato Grosso, durante o período de chuva de 2005.....	38
Tabela 8 – Parâmetros da regressão linear da dinâmica do carbono presente na	

serapilheira exclusiva de folhas para quatro espécies da floresta de transição Amazônica/Cerrado, em Sinop, Mato Grosso, durante o período de chuva de 2005.....	38
Tabela 9 – Correlação entre a taxa de decomposição e a constante de retorno de fósforo, nitrogênio e carbono presente na serapilheira exclusiva de folhas para quatro espécies da floresta de transição Amazônica/Cerrado, em Sinop, Mato Grosso, durante os períodos seco de 2004 e chuvoso de 2005.....	40

## RESUMO

SILVA, C. J. **Contribuição de folhas na formação da serapilheira e no retorno de nutrientes em floresta de transição no norte de Mato Grosso.** Cuiabá, 2006. 64 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso.

Este estudo foi desenvolvido no norte de Mato Grosso com o objetivo de quantificar as partes constituintes da serapilheira, sua dinâmica sazonal de produção e acúmulo, bem como a participação das folhas no retorno do nitrogênio, fósforo e carbono. Foram coletados mensalmente durante um ano dados de serapilheira total produzida, serapilheira total acumulada e foram tomadas fotografias hemisféricas do dossel da floresta, para obtenção do Índice de Área Foliar (IAF). A produção e o acúmulo de serapilheira apresentaram variações sazonais com maiores valores nas estações seca com predomínio da fração foliar durante todas as estações. A decomposição da serapilheira exclusiva de folhas foi mais entesa no período chuvoso. O potencial de retorno para o nitrogênio foi da ordem de  $70,3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , para o fósforo, de  $76,1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  e para o carbono, de  $3,5 \text{ ton ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Observou-se correlação entre a decomposição exclusiva de folhas e o retorno de nitrogênio e fósforo para todas as espécies, já para o carbono, somente para uma espécie e no período chuvoso foi que se verificou uma correlação significativa. O IAF apresentou uma média anual de  $3,52 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ . A correlação entre IAF e serapilheira produzida apresentou-se com  $r = -0,5522$ ;  $P = 0,0626$  e a acumulada  $r = -0,1370$ ;  $P = 0,6712$ .

**Palavras-chave:** Ciclagem de nutrientes, serapilheira, Floresta de Transição

## ABSTRACT

SILVA, C. J. **Leaves contribution in the formation of litter fall and nutrients input in the transition forest the north of Mato Grosso.** Cuiabá, 2006. 64p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso.

This research was developed in North Mato Grosso, with the goal of numbering the constituting elements of the litter fall, its sazonal dynamics of production and amount, as well as the participation of the leafs in the return of the nitrogen, phosphor and carbon. Were collected monthly for one year data about total litter fall produced, total litter fall amounted and were taken hemispheric photographs of the forest canopy, to obtain the Leaf Area Index (LAF). The production and amount of litter fall show region variations with higher values on the dry season, with predominance of the leaf fraction during all the season. The leaf exclusive decomposition of the litter fall was more intensive in the rainy period. The return potential to the nitrogen was of the order of 70,3 kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>, to the phosphor was 76,1 kg ha<sup>-1</sup> and the to carbon was 3,5 ton ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>. Was noted a correlation of leaf exclusive decomposition and the return of nitrogen and phosphor to all species, but for the carbon, only one specie and on the rainy period was verified a significant correlation. The LAF showed a yearly media of 3,52m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>. The correlation of LAF and produced litter fall had  $r = -0,5522$ ;  $P = 0,0626$  e the amounted  $r = -0,1370$ ;  $P = 0,6712$ .

**Key-words:** Nutrients cycle, Litter Fall, Forest Transition

## 1 - INTRODUÇÃO

A mídia mundial tem mostrado diariamente uma pressão sobre os recursos naturais pela ação antrópica, seja pelo desmatamento para atividades agropecuárias, madeireiras ou pelas queimadas ilegais, que tem contribuído para o desaparecimento destas florestas tornando áreas cheias de vida em desertos, acarretando na perda da biodiversidade e contaminação dos mananciais de água doce. Problemas desta natureza tem levado muitos pesquisadores a buscar compreender o funcionamento dos ecossistemas naturais e seus limites de tolerância a fim de minimizar os impactos.

Mas como explicar a exuberância de uma floresta onde os solos são geralmente pobres em nutrientes?

Os solos sob a floresta de transição Amazônia-Cerrado apresentam uma fertilidade natural muito baixa, de maneira que as espécies vegetais necessitam contar, para o seu pleno desenvolvimento, com a ciclagem de nutrientes que envolve a decomposição da matéria orgânica delas mesmas proveniente. Entretanto, a produção de serapilheira e sua decomposição são fenômenos que apenas recentemente vem sendo estudados nesse ecossistema.

Há, portanto, necessidade de que sejam realizados vários trabalhos para a avaliação da produção de serapilheira, da decomposição da matéria orgânica e da ciclagem de nutrientes em diferentes locais da floresta de transição Amazônia-Cerrado, para que se possa ter uma idéia geral do efeito das condições particulares de composição florística e do microclima sobre esses fenômenos.

Estudos que buscam compreender o funcionamento destes sistemas, os quais são regidos pelo mesmo comportamento climático, são de grande importância para a compreensão e determinação de modelos regionais.

É nesse contexto que o presente trabalho se engaja, com objetivo de gerar informações básicas acerca da dinâmica de produção e decomposição de serapilheira e índice de área foliar na floresta de transição Amazônia-Cerrado no norte de Mato Grosso.

## **1.1 - Objetivos**

### **1.1.1 - Objetivo Geral**

Quantificar a dinâmica sazonal de produção e decomposição da serapilheira e a participação relativa da fração foliar no retorno de nitrogênio, fósforo e carbono em uma floresta de transição Amazônia-Cerrado.

### **1.1.2 - Objetivos Específicos**

- ✓ Verificar a dinâmica anual da produção e acúmulo de serapilheira total;
- ✓ Estimar a taxa de decomposição e tempo de renovação da serapilheira total;
- ✓ Avaliar o efeito das variações sazonais do tempo na dinâmica da taxa de decomposição da serapilheira exclusiva de folhas;
- ✓ Avaliar o efeito das variações sazonais do tempo no retorno de nitrogênio, fósforo e carbono para o solo, provenientes da serapilheira exclusiva de folhas;
- ✓ Analisar a relação entre a taxa de decomposição da serapilheira exclusiva de folhas e a respectiva taxa de retorno de nitrogênio, fósforo e carbono para o solo;
- ✓ Analisar a existência de possíveis correlações entre produção e acúmulo de serapilheira com a decomposição e o índice de área foliar.

### 1.1.3 – Hipóteses

- Existem diferenças sazonais entre a quantidade de serapilheira total produzida e acumulada;
- A fração foliar corresponde á maior porção do total da serapilheira produzida;
- A produção e o acúmulo de serapilheira total estão correlacionados com o índice de área foliar;
- As taxas de decomposição da serapilheira são maiores no período chuvoso do ano;
- Existem diferenças nas taxas de retorno de nitrogênio, fósforo e carbono das folhas em função da espécie e da sazonalidade climática;
- A taxa de retorno de nitrogênio deve ter uma correlação positiva com a taxa de decomposição da folha, ao passo que as de retorno do fósforo e do carbono não devem apresentar qualquer correlação.

## **2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Os primeiros estudos geográficos sobre a vegetação brasileira datam do início do século XIX (WETZEL, 1997). Sendo o Brasil um país de grande extensão, muitas formações vegetais distintas se apresentam, devido a isto vários pesquisadores procuraram definir e nomear estas formações, observando aspectos climáticos, edáficos e de localização (FERNANDES & BACKES, 1998).

O Brasil possui a maior área de Floresta Amazônica do Mundo, localizada em clima tropical, fazendo limites com dois outros biomas, o Cerrado e a Mata Atlântica. A contrastante exuberância da cobertura florestal Amazônica está associada às estratégias de conservação e de reciclagem de nutrientes dentro do próprio sistema. O clima quente e úmido das florestas tropicais condiciona uma grande diversidade de vida vegetal (PRINGLE, 1977).

ALHO (1992) ressalta que o elevado grau de eficiência da utilização de nutrientes num sistema clímax estável da floresta tropical, como nos habitats não perturbados da Amazônia, é relacionado à alta biodiversidade da biota e ao papel biológico da interação entre elos vivos e não vivos do sistema natural.

### **2.1 – Florestas: Amazônica e de Transição Amazônia-Cerrado**

Conhecida como hiléia, a floresta Amazônica é a maior floresta tropical do mundo, com uma área aproximada de sete milhões de quilômetros quadrados, dos quais 60% estão em território brasileiro, nos estados do Acre, de Rondônia, do Amazonas do Pará, de Mato Grosso e do Maranhão. O restante se divide entre as Guianas, o Suriname, a Venezuela, a Colômbia, o Equador, o Peru e a Bolívia. Sujeitas ao clima equatorial, extremamente úmido e com chuvas abundantes, suas matas se dividem em três tipos principais: o igapó, parte da floresta



permanentemente inundada, cujo símbolo é a vitória-régia; a várzea, atingida por inundações periódicas e rica em seringueiras, jatobás e palmeiras; e a mata de terra firme, que corresponde às partes mais elevadas, onde as árvores alcançam até 60 metros de altura. O entrelaçamento de suas copas, em algumas regiões, impede quase totalmente a passagem de luz, o que torna seu interior muito úmido, escuro e pouco ventilado (VALOIS, 2003).

A floresta Amazônica, que já foi famosa pela extração de látex e de castanha-do-Pará e pela cultura do guaraná, hoje é vista pelo mundo como o maior reservatório de diversidade biológica do planeta. Das 100 mil espécies de plantas existentes em toda a América Latina, 30 mil estão na região. Ali há mais de 2,5 mil espécies de árvores, além de uma fauna muito rica. A floresta registra atualmente uma perda de 13,31% da sua área de mata original em virtude da exploração econômica predatória das frentes de expansão agrícola e madeireira (ERWIN, 1997).

Os biomas terrestres não apresentam uma separação nítida entre si. Apresentam em sua interface uma zona transicional denominada ecótono. Nesta zona de transição as duas vegetações coexistem, sobre as mesmas condições climáticas, dentro de um intenso regime de competição, formando um gradiente entre os biomas. A zona de transição entre o Bioma Amazônico e o Bioma Cerrado ocorre ao longo de toda interface da distribuição entre os dois biomas. Esta zona de transição se moveu ao longo do tempo, tendo tanto a floresta quanto o cerrado expandido e contraído os seus domínios em função das condições ambientais, bem como pela ação antrópica no uso da terra. TANNUS (2004) ressalta que a compreensão do funcionamento das áreas de ecótono entre a Floresta Amazônica e o Cerrado, são fundamentais para compreender o mecanismo de deslocamento dos biomas e o destino destes perante as mudanças ambientais.

Segundo IBGE (1997) as florestas de transição cobrem cerca de 129 mil km<sup>2</sup>. Grande parte desta extensão territorial está na bacia Amazônica onde predomina a floresta ombrófila aberta, com transição entre a floresta Amazônia e o Cerrado. As áreas de transição são também conhecidas pela sua grande diversidade de espécies vegetais, uma vez que este tipo de ecossistema apresenta tanto espécies de floresta como de cerrado, porém faltam estudos que possibilitem a compreensão do funcionamento desses ecossistemas (MONTEIRO, 2004).

## 2.2 - A Circulação dos Nutrientes em Ecossistemas Florestais

Muitos estudos têm examinado como a diversidade de plantas influencia as propriedades do ecossistema. Alguns registram que a produção de biomassa vegetal e disponibilidade de nutrientes no solo estão positivamente relacionados com a diversidade de espécies de plantas no ecossistema (NAEEM *et al.*, 1995; TILMAN *et al.*, 1996). Partindo deste princípio a serapilheira tem apresentado grande importância no estudo das propriedades dos ecossistemas.

Segundo DIAS & OLIVEIRA FILHO (1997) dá-se o nome de serapilheira a todo material da biota que se precipita à superfície do solo, como são as folhas, os galhos, os frutos, as flores que senescem e abscindem da copa das plantas, incluindo-se também as raízes que morrem e entram em processo de decomposição no próprio solo, além dos resíduos de origem animal concordando com MASON (1980).

A serapilheira sofre um processo de decomposição, liberando para o solo elementos minerais que compõe a matéria, desempenhando assim um papel fundamental na circulação de nutrientes e nas transferências de energia entre os níveis tróficos (RIBEIRO, 1998; SIOLI, 1991; PERES *et al.*, 1983).

Segundo SWIFT *et al.* (1999), as plantas influenciam as propriedades do ecossistema através da decomposição de sua serapilheira, na determinação do ciclo de nutrientes do solo e fornecem substratos para os microorganismos do solo. Os fatores chaves que afetam a decomposição são: a comunidade decompositora, a qualidade da serapilheira e as características físicas e químicas do ambiente (KING *et al.*, 2002; KOUKOURA *et al.*, 2003). MASON (1977) enfatiza que no processo básico da decomposição estão: a ação biológica, ação por erosão e lixiviação.

Os ecossistemas de florestas tropicais, via de regra, apresentam produção contínua de serapilheira no decorrer do ano, sendo que a quantidade produzida nas diferentes épocas depende do tipo de vegetação considerada (LEITÃO-FILHO *et al.*, 1993; RODRIGUES & LEITÃO FILHO, 2001). Neste contexto, a serapilheira originada pelo material de origem vegetal que se deposita continuamente sobre a superfície do solo assume grande importância, uma vez que representa o estoque potencial de nutrientes para a vegetação (LOUZADA *et al.*, 1995; RICHARD, 1996).

Para VITAL (2004), MARTINS & RODRIGUES, (1999) o estudo da ciclagem de nutrientes minerais, via serapilheira, é fundamental para o conhecimento da estrutura e funcionamento de ecossistemas florestais.

Segundo BORÉM E RAMOS (2002), a serapilheira é a etapa do retorno da matéria orgânica, dos seus nutrientes e dos elementos não essenciais das partes aéreas da comunidade de plantas para a superfície do solo. LUIZÃO (1986), KOEHLER (1989), diz que a principal rota de ciclagem de nutrientes da floresta Amazônica se dá através da decomposição da serapilheira, cuja velocidade depende principalmente da época do ano. ADUAN (2003) diz que a serapilheira é um estoque importante de carbono, acumulando uma quantidade de carbono de duas a três vezes mais alta que a da atmosfera, além disso, sua importância reside no seu papel na regulação do fluxo de carbono e nutrientes entre a vegetação e o solo.

PRINGLE (1997) diz que as condições de clima quente e úmido dos trópicos são ideais para os agentes de decomposição e as folhas que caem no chão da floresta apodrecem muito rapidamente, liberando assim os nutrientes nelas presentes para o solo, contribuindo com o retorno e a manutenção do ciclo de nutrientes na floresta.

Deste modo, o subsistema solo-serapilheira atua como uma válvula de controle que, por meio da razão de ciclagem de nutrientes e do fluxo de energia, condiciona a capacidade de produção dos ecossistemas, principalmente onde os recursos são escassos, ou quando a decomposição é limitada por condições ambientais adversas (MORAES *et al.*, 1993). Em termos de biomassa, as folhas representam uma parcela substancial da produção de serapilheira no solo, apresentando velocidade de decomposição mais elevada que a dos galhos e outros materiais, contribuindo em grande parte com o retorno de nutrientes para o solo (LUSK *et al.*, 2001; AIDAR & JOLY 2003). Da mesma forma COUTINHO & LAMBERTI (1971), atribui-se também, a esse fluxo de nutrientes liberado pelo folheto depositado na superfície do solo de uma importância muito grande para o fornecimento de nutrientes à floresta.

Quanto aos nutrientes, estes são extremamente escassos nos solos amazônicos, bem como na maioria das florestas de transição, encontrando-se, em geral, em maior abundância em uma fina camada superficial que não ultrapassa 20 ou 30 centímetros. Como ressaltado anteriormente, ao contrário do que se é levado a supor pela simples observação da sua riqueza vegetal, os solos da Amazônia são extremamente pobres,

reduzindo-se a sua fertilidade a uma delgada e frágil capa de húmus à flor da terra. Abaixo disso, encontra-se dezenas ou mesmo centenas de metros de areia estéril. A aparente incoerência de uma vegetação tão rica florescendo sobre substrato tão pobre somente pode ser explicada por uma perfeita economia na qual não existem praticamente perdas: os elementos nutrientes são aqui comparáveis a um “capital de giro” do sistema fundamental para o andamento do processo, mas que não pode ser gasto. Efetivamente, observa-se na floresta uma perfeita *reciclagem* dos elementos garantindo seu total e eficaz aproveitamento por todas as partes das plantas (e dos animais que delas se alimentam) e completa restituição ao solo por decomposição das folhas e tecidos mortos (ERWIN, 1997).

Mais uma vez se deve salientar aqui a importância do comportamento em conjunto dos vários elementos desse complexo sistema, a saber: plantas, animais, chuvas, luz, calor, solo, microrganismos, como partes ou engrenagens de uma mesma máquina em contínuo movimento. Nenhum deles pode faltar ou ser modificado sob pena de todo o conjunto entrar em colapso.

A alta eficiência desse sistema no aproveitamento dos nutrientes pode ser bem constatada pela rapidez com que os elementos são absorvidos pela planta. As raízes absorventes, muito ramificadas principalmente nos primeiros 20 a 40 cm da superfície não podem contar, como acontece em outros sistemas vegetais, com um grande reservatório de nutrientes no solo, isso porque, sendo as chuvas muito intensas e contínuas e o solo arenoso muito permeável, os elementos nutritivos são rapidamente lixiviados, isto é, dissolvidos e transportados por infiltração para locais profundos, inacessíveis às raízes. Assim sendo, os nutrientes têm que ser absorvidos logo que atingem o solo. Em parte isso é conseguido diretamente da água da chuva que cai sobre as árvores, lavando-as e transportando para baixo toda o tipo de resíduos e excrementos de pássaros, insetos, e outros animais que povoam as folhas e ramos da planta. Quanto às folhas, dejetos e todo material vegetal ou animal que cai ao solo, tudo isto é decomposto e transformado, com incrível rapidez, em um húmus gelatinoso capaz de manter, durante algum tempo, os nutrientes resultantes da decomposição, junto ao solo superficial, resistindo à lixiviação (HERRERA *et al.*, 1978; JORDAN, 1991).

ALHO (1992) ressalta que em virtude da grande extensão, as florestas tropicais úmidas têm um papel importante no ciclo global do carbono, tanto por conterem 40% do carbono estocado na biomassa terrestre, como por serem responsáveis por 30% a 50% de toda a produtividade primária terrestre. Segundo este autor os estudos que medem diretamente as trocas de carbono entre o ecossistema e a atmosfera têm ignorado o destino do carbono possivelmente seqüestrado pela floresta. Uma parte deste carbono extra pode estar se incorporando no estoque de biomassa do ecossistema.

O carbono que não é acumulado como biomassa poderia estar retornando à atmosfera como CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> ou moléculas orgânicas maiores de compostos voláteis emitidos pelas plantas. O carbono poderia estar ainda acumulando como frações refratárias da matéria orgânica no solo ou mesmo poderia estar deixando o ecossistema dissolvido nas águas de drenagem ou na forma particulada em processos erosivos.

Segundo ADUAN (2003), a biomassa aérea viva é a parte mais visível do ecossistema. Apesar de ter sua importância muitas vezes superdimensionada (na maioria dos casos, esta porção é tomada como todo o ecossistema), não há dúvida de que a parte aérea da vegetação é fundamental na geração e na regulação da maioria dos processos que compõem o ciclo de carbono. Nas folhas está a principal via de entrada de carbono para o ecossistema.

Existem vários fatores que condicionam a produtividade primária (fotossíntese líquida) de um ecossistema de floresta tropical. Dentre estes fatores, cita-se o estado nutricional das plantas que é, em última análise, dependente da quantidade de nutrientes armazenados nos vários compartimentos desse ecossistema, tais como na vegetação, na serapilheira, no solo e na biomassa animal. Isto se dá pelo fato de que, na maioria dos casos, os solos são de baixa fertilidade natural e muito lixiviados. Portanto, a dinâmica da transformação de estruturas químicas complexas, originalmente presentes nos componentes da matéria orgânica depositada no solo, em elementos simples e disponíveis, possibilitando sua assimilação pelas plantas (taxa de decomposição da matéria orgânica), é um dos processos que estão na base dessa produtividade primária (WETZEL, 1997).

Espécies vegetais podem desenvolver mecanismos eficientes de manutenção do metabolismo, para garantir sua sobrevivência em ambientes adversos. A retranslocação de minerais é uma forma de diminuir a perda de nutrientes pelas plantas e permitir a manutenção das atividades metabólicas, principalmente em períodos sujeitos ao estresse nutricional (LEITÃO & SILVA, 2004).

MALAVOLTA (1989) ressalta a importância do nitrogênio ser absorvido pelas plantas superiores dizendo que este elemento é extremamente importante, por possuir função estrutural em proteínas, bases nitrogenadas, ácidos nucléicos, enzimas, vitaminas glicolípicas e lipoproteínas e pigmentos. Participa também dos processos de absorção iônica, fotossíntese, respiração, sínteses, multiplicação e diferenciação celular, e na herança genética. Estimula ainda, a formação e desenvolvimento de gemas frutíferas e floríferas. Não só o nitrogênio mas o fósforo, potássio, cálcio, magnésio também são responsáveis pelo desenvolvimento das plantas como um todo.

Estudos mostram que em florestas tropicais os mecanismos adaptativos de sobrevivência e manutenção do equilíbrio mudam qualitativa e quantitativamente ao longo de gradientes de fertilidade do solo, temperatura, altitude e umidade. Florestas sobre solos mais pobres, altamente intemperizados, têm desenvolvido mecanismos mais eficientes de conservação do estado nutricional, tais como a retranslocação de elementos minerais de órgãos senescentes (TURNER, 1977).

VITOUSEK (1984), diz que em habitats oligotróficos há uma deficiência geral de substâncias nutritivas e este é um fator determinante no crescimento das espécies e no espectro das formas de vida das comunidades vegetais que ocupam estes habitats. Especialmente severa é a deficiência em elementos organogênicos, principalmente nitrogênio e fósforo. Em ambientes extremamente pobres em minerais ocorrem formas de vida altamente especializadas. A existência de florestas em solos considerados de baixa fertilidade está vinculada, entre outros fatores, à eficiência desses ecossistemas em acumular e circular os minerais existentes e a ela essenciais nos seus diferentes compartimentos (MARTINS *et al.*, 2003).

Espécies que ocupam locais permanentemente pobres em nutrientes apresentam estratégias eficientes e, apesar dessa situação de baixa oferta de nutrientes, alcançam a necessária atividade metabólica para manter sua capacidade competitiva. Isso pode ocorrer por meio de um aumento na eficiência da absorção mineral (eficiência de

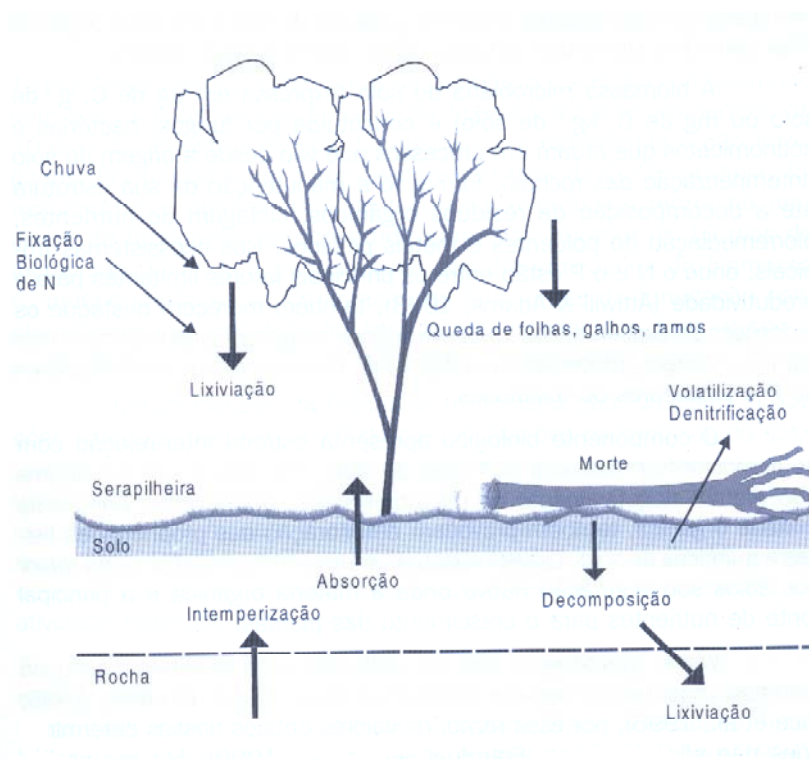
absorção, por exemplo, por meio de um intenso crescimento do sistema radicular ou da formação de células de transferência) ou, ainda, por meio de uma melhora na disponibilidade de nutrientes na rizosfera (eficiência de mobilização: por exemplo, por meio da liberação de ácidos e substâncias formadoras de quelatos pela raiz) (ERNST, 1983).

Sobre os solos com uma deficiência mineral generalizada ou sobre solos ácidos é possível haver uma maior eficiência de utilização dos nutrientes. Essa maior eficiência de utilização é alcançada na constituição de novos órgãos por meio da retranslocação dos minerais absorvidos e que já haviam sido empregados em outras partes da planta. Essa reutilização possibilita, portanto, a conservação dos nutrientes adquiridos no corpo da planta durante um período mais longo (VITOUSEK, 1982).

Exemplo dessa reutilização ocorre durante a formação das sementes em plantas anuais, pois nesse período uma quantidade desproporcional de macronutrientes, especialmente o fósforo, é retranslocada as custas dos órgãos vegetativos para os órgãos reprodutivos. Nas espécies perenes, os bioelementos permanecem temporariamente nos órgãos remanescentes, podendo ser retranslocados e, desta forma, suprir as necessidades básicas dos indivíduos para a sobrevivência em ambientes pobres em nutrientes.

Para MENDES & VIVALDI (2001) e OLIVEIRA (2004), em ecossistemas naturais, os organismos do solo desempenham papel fundamental, constituindo o elo que permite, por exemplo, a manutenção de florestas exuberantes em solos de baixa fertilidade. Isto ocorre porque nesses ecossistemas as entradas anuais de nutrientes, via fontes atmosféricas e intemperização de rochas, são limitadas e a maioria dos nutrientes que é absorvida pelas plantas é derivada da decomposição de resíduos orgânicos (Figura 1).

Os estudos de ciclagem de nutrientes realizados em florestas do mundo inteiro, revelam que os nutrientes presentes na vegetação acima do solo aumenta das florestas de clima frio (boreais), para as de clima quente (tropicais). Por outro lado, a massa de nutrientes acumulados na serapilheira e depositados sobre o solo aumenta de forma contrária, ou seja, das florestas tropicais para as boreais, principalmente devido à baixa atividade dos organismos decompositores, que são inibidos pelas baixas temperaturas (SWIFT *et al*, 1999).



**Figura 1** – Entrada e saída de nutrientes em um ecossistema. Adaptado de: Mendes & Vivaldi (2001).

Nas florestas naturais, o ciclo dos nutrientes ocorre sem perturbações, sendo uma circulação rápida de substâncias nutritivas. Com a exploração, e a conseqüente retirada de nutrientes, logicamente alteram-se as condições do ecossistema, e a produtividade no futuro, principalmente nas regiões tropicais e subtropicais que dependem exclusivamente do processo de circulação de nutrientes para manutenção das florestas.

Segundo ALHO (1992) a parte que entra na circulação (percentagem do total retirada pela árvore) varia de acordo com o elemento, a espécie e sua idade. Então, quanto mais rápida a decomposição, melhor o efeito para o crescimento. Os estudos sobre ciclagem de nutrientes em florestas mostram que o retorno de nutrientes ao solo é maior em florestas com idades mais avançadas. Os nutrientes que retornam ao



solo são novamente fonte de alimentação, e a sua decomposição influencia muito na continuidade do abastecimento.

KLINGE & FITTKAU (1972) destacam que dentro do horizonte edáfico, a água enriquecida em nutrientes, que chega da parte superior, fica também em contato com a microflora, que decompõe a matéria orgânica disposta na superfície do solo. Essa microflora alimenta-se em parte dos nutrientes, ajudando, assim, em mantê-los dentro do ecossistema. De acordo com a hipótese da reciclagem direta de nutrientes, uma parte dessa microflora atua tanto como decompositora da matéria orgânica quanto, também, como veículo dos nutrientes liberados. Liga o sistema radicular fino com a matéria orgânica.

A manutenção do estoque de nutrientes minerais no solo, bem como da produtividade de biomassa das florestas de rápido crescimento, está intimamente relacionada com o processo da ciclagem de nutrientes.

A determinação das características de uma cobertura vegetal é fundamental para um estudo mais detalhado dos processos físicos e fisiológicos que ocorrem em seu interior. O índice de área foliar (IAF) é uma medida de cobertura vegetal importante, porque sabe-se que as folhas são responsáveis pelas trocas de massa e energia no sistema solo-planta-atmosfera (CARUZZO & ROCHA, 2000).

Segundo WANDELLI & MARQUES FILHO (1999), a dinâmica do índice de área foliar de uma cobertura vegetal é resultante de respostas ecofisiológicas das plantas às condições química, físicas e biológicas do solo, às condições bióticas como herbivoria, competição e as interdependências desses fatores dos diferentes estágios sucessionais da vegetação.

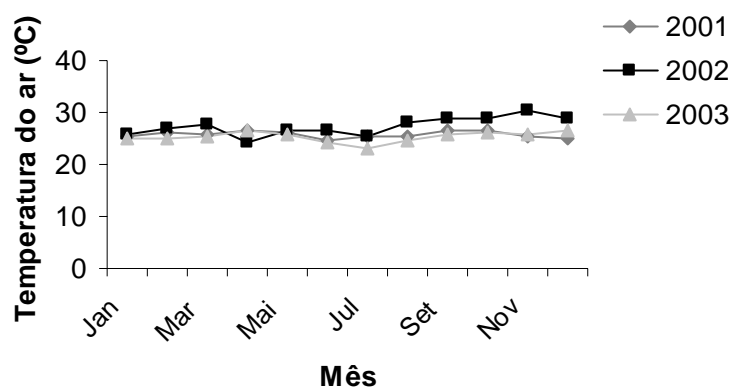
### 3 - MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 – Descrição da Área Experimental

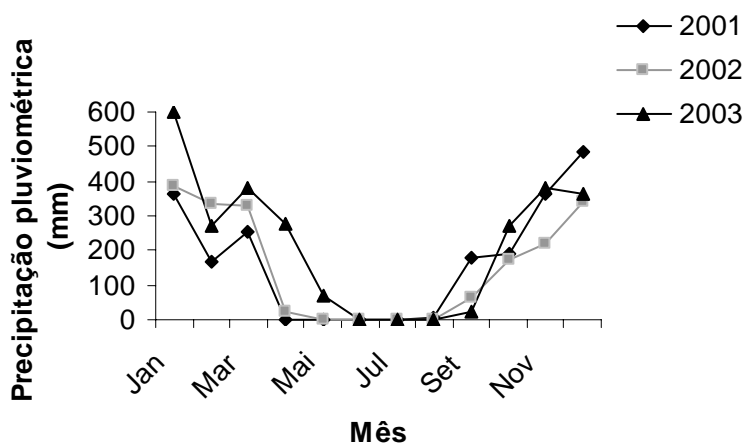
Este estudo foi desenvolvido em uma área localizada a aproximadamente 50 km NE da cidade de Sinop, norte de Mato Grosso, Brasil, com  $11^{\circ}24,75'$  de latitude sul e  $55^{\circ}19,50'$  de longitude oeste e a 423 m sobre o nível do mar (Figura 2). Essa é uma região de transição entre a floresta tropical úmida e o cerrado, que apresenta uma sazonalidade característica, com uma estação seca de junho a setembro, e uma estação chuvosa de dezembro a fevereiro. Segundo SULI, (2004) a temperatura média anual desta floresta nos últimos anos foi de  $24^{\circ}\text{C}$  com pequenas variações nas estações, e uma precipitação média de 2000 mm/ano (Figuras 3 e 4). A altura média do dossel é da ordem de 28 a 30 m (VOURLITIS *et al.*, 2001). Dados meteorológicos não puderam ser coletados durante o ano desta pesquisa devido a problemas nos aparelhos de medições.



**Figura 2** – Localização da área em estudo.



**Figura 3** – Temperatura média do ar para os anos de 2001, 2002 e 2003 em Floresta de Transição Amazônia-Cerrado.



**Figura 4** – Precipitação Mensal (mm) para os anos de 2001, 2002 e 2003 em Floresta de Transição Amazônia-Cerrado.

### 3.2 – Dinâmica Anual da Produção da Serapilheira Total

Para realizar o estudo da produção de serapilheira total pela floresta, foram espalhados 21 coletores ao acaso sob o dossel, de forma que nenhuma espécie particular foi selecionada. Pretendeu-se simular o que de fato ocorre no ambiente natural.

A produção de serapilheira foi avaliada de maio de 2004 a abril de 2005, de acordo com o procedimento empregado por ALMEIDA (2005), VALENTINI (2004), VITAL *et. al* (2004), WIEDER & WRIGHT (1995) e SCHLESINGER (1991), com uso de 21 coletores quadrados de 1 m<sup>2</sup> cada (Figura 5), instalados em uma parcela de 1,0 ha localizada próximo a uma torre de medição micrometeorológica.

As caixas coletoras foram construídas com madeira e no fundo de cada uma delas fixou-se uma tela de nylon com malha de 1 mm de modo a permitir o acúmulo mensal de serapilheira e facilitar o escoamento de água. Foi deixado um espaço de 0,20 m entre o fundo da caixa coletora e o solo para evitar possíveis ações decompositoras no material vegetal.

A serapilheira de cada um desses coletores foi recolhida mensalmente. As amostras foram separadas nas frações folhas, galhos, flores e frutos e em seguida secas em estufa à 70°C por 72 horas, determinando-se posteriormente suas respectivas massas.

O valor médio da massa seca de serapilheira dos 21 coletores foi empregado para avaliar a dinâmica de produção mensal e o total anual produzido.



**Figura 5** - Detalhe dos coletores empregados na quantificação da serapilheira produzida na floresta.

### **3.3 - Quantificação da Serapilheira Total Acumulada no Solo**

Na mesma área experimental, foram tomadas amostras aleatórias de serapilheira total acumulada acima do solo utilizando-se um quadrante de molde vazado, de 0,25 x 0,25 m, como amostradores com uma seqüência de 21 repetições (Figura 6). Este monitoramento foi realizado mensalmente com a finalidade de descobrir o comportamento do estoque de matéria orgânica no solo da floresta. As amostras coletadas foram separadas no laboratório em frações: folhas, galhos, flores, frutos, em seguida secagem em estufa à 70°C por 72 horas determinando posteriormente suas respectivas massas.

O valor médio da massa seca de serapilheira desses 21 quadrantes foi empregado para avaliar a dinâmica de acúmulo mensal e o total anual de serapilheira remanescente no solo.

Para verificar diferenças entre os valores de serapilheira produzida e serapilheira remanescente em função dos períodos de seca e de chuva foi utilizado Teste t.

Para verificar a relação entre os valores de serapilheira total produzida e de serapilheira total remanescente quantificados mensalmente e o IAF, foi realizada uma correlação linear entre os valores acumulados de cada uma das duas primeiras

variáveis com o IAF médio obtido junto à cada ponto de coleta. Neste caso, existiram 21 pares de dados em cada um dos 12 meses em que se realizou a amostragem.



**Figura 6** - Detalhe dos coletores empregados na quantificação da serapilheira acumulada no solo da floresta.

### 3.4 – Estimativa da Taxa de Decomposição e do Tempo de Renovação da Serapilheira Total

Para estimar a taxa de decomposição da serapilheira total sobre o solo utilizou-se a equação proposta por OLSON (1963) e que tem sido empregada em estudos semelhantes (KOLM, 2001; ARATO *et al.*, 2003; VITAL *et al.*, 2004; ALMEIDA, 2005).

Por este método, a taxa de decomposição ( $K_{st}$ ) é calculada pela Equação 1 e o tempo médio de retorno da serapilheira ( $T_{100\%}$ ), pela Equação 2.

$$K_{st} = \frac{L}{X_{ss}} \quad (\text{Equação 1})$$

$$T_{100\%} = \frac{1}{K_{st}} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

$K_{st}$  = constante de decomposição da serapilheira total,

$L$  = produção anual de serapilheira total,

$X_{ss}$  = acúmulo de serapilheira sobre o solo,

$T_{100\%}$  = tempo médio de renovação da serapilheira total.

### 3.5 – Medição da Taxa Decomposição e do Tempo Médio de Retorno de Nutrientes de Serapilheira Exclusiva de Folhas

No estudo da taxa de decomposição das folhas, foram selecionadas quatro espécies, por serem dominantes no local. As espécies foram as seguintes: *Tovomita schomburgkii* (espécie A), *Brosimum lactescens* (espécie B), *Tyrsoodium sp* (espécie C) e *Protium sagotianum* (espécie D).

O estudo da decomposição e retorno de nutrientes foi efetuado considerando apenas a contribuição relativa da serapilheira exclusiva das folhas, empregando-se a técnica de bolsas de nylon de 30 cm x 30 cm com malha de 1-2 mm de diâmetro providas de 3 a 5 gramas de folhas e expostas às condições ambientais. Neste caso, os locais escolhidos foram cinco pontos na área experimental, próximos aos coletores de serapilheira total. As folhas das espécies selecionadas foram colhidas na própria área experimental e em laboratório lavadas com água destilada e levadas à estufa até atingir peso constante para posteriores análises.

As taxas de decomposição das folhas das quatro espécies selecionadas foram avaliadas por meio da dinâmica da perda de massa seca, enquanto que as taxas de retorno de nutrientes, pela dinâmica da perda de nitrogênio, fósforo e carbono destas mesmas amostras após a pesagem (Figura 7).

As bolsas foram colocadas ao acaso em cinco pontos de amostragem, próximas às caixas coletoras de serapilheira, sendo realizadas avaliações tanto no período de seca quanto no de chuvas. Para cada um destes períodos, em cada ponto de amostragem foram colocadas cinco repetições (cinco bolsas) preenchidas com cada uma das espécies analisadas, totalizando vinte bolsas.

Em cada coleta, foi retirada uma amostra de cada material vegetal por ponto, colocadas em sacos de plástico individuais e transportadas ao laboratório. Em seguida, a serapilheira foi lavada em água destilada, seca em estufa à temperatura de

65-70°C, até peso constante, pesada e armazenada para análises químicas posteriores de fósforo, nitrogênio e carbono.

Após a pesagem das amostras, estas foram submetidas às análises de conteúdos de nitrogênio, fósforo e carbono. As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Limnologia do projeto Ecologia do Pantanal (Instituto de Biociências, UFMT) e submetidas às análises descritas por ALLEN (1989), cujos detalhes metodológicos se encontram em anexo.

Foram realizadas cinco coletas durante o período de seca e cinco durante o período de chuva, aos 15, 30, 60, 90 e 120 dias após a colocação as bolsas nos pontos específicos de amostragem. As duas primeiras amostragens tiveram um intervalo de quinze dias para observar o arranque da decomposição; as demais tiveram um intervalo de trinta dias, correspondendo aos dias julianos 197, 210, 244, 274 e 304, para o período seco e 324, 335, 347, 10 e 46, para o período de chuva para o intervalo compreendido entre o final do ano de 2004 e o início do ano de 2005.

A taxa de decomposição foi estimada por meio da perda de massa seca usando um modelo exponencial de decaimento (Equação 3) e o tempo de decomposição da metade do material original foi determinado pela Equação 4, de acordo com o modelo proposto por OLSON (1963).

$$\frac{X}{X_0} = \exp(-K_f \cdot t) \quad (\text{Equação 3})$$

$$T_{f\ 50\%} = \frac{-\ln 0,5}{K_f} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

$X$  = matéria seca da serapilheira exclusiva de folhas no instante  $t$  considerado,

$X_0$  = matéria seca da serapilheira exclusiva de folhas inicial,

$t$  = tempo de permanência em campo,

$K_f$  = constante de decomposição da serapilheira exclusiva de folhas,

$T_{f\ 50\%}$  = tempo de decomposição de 50% da serapilheira exclusiva de folhas.





Figura 7 - Detalhe das bolsas de nylon empregadas no experimento.

A análise da variabilidade dos nutrientes foi feita empregando-se dois tipos de regressão. Inicialmente se considerou o mesmo modelo proposto para a análise de decomposição (Equação 1) e, num segundo momento, com base em uma regressão linear do primeiro grau, considerando a fração da concentração atual do nutriente em relação à original como variável dependente e o tempo de permanência da amostra em campo, como variável independente.

Finalmente foi realizada uma análise de correlação linear entre as concentrações dos nutrientes presentes nas amostras e as respectivas frações de material vegetal remanescente do processo de decomposição das folhas. Esta análise teve por objetivo subsidiar a interpretação do fenômeno da ciclagem de nutrientes originários das folhas bem como da serapilheira produzida, acumulada e o IAF.

### **3.6 - Estimativa do Índice de Área Foliar**

Para a estimativa do índice de área foliar foi empregado o método de fotografias hemisféricas tomadas do dossel da floresta, em intervalos mensais, entre os anos de 2004 e 2005. Para a obtenção das fotografias, utilizou-se uma câmera fotográfica Nikon Coolpix 4.300, com lente hemisférica Nikon FC-E8 Fisheye,

posicionada com a parte superior alinhada com o norte magnético com auxílio de uma bússola. A imagem foi capturada no sentido do solo para o céu (Figura 8). A máquina ficou sobre um tripé ajustável a um metro acima do solo para nivelar horizontalmente e alinhar com o norte. Para o cálculo do índice de área foliar utilizou-se o programa “Gap Light Analyzer” (GLA, versão 2.0, de licença *freeware*), desenvolvido pelo Dr Charles Canham do Institute of Ecosystem Studies (IES), Millbrook, New York (SULI, 2004).

As fotografias foram tomadas próximo aos coletores de serapilheira, em horários onde houvesse pouca incidência de luz solar direta na lente, isto é, no início do período matutino ou final do vespertino de acordo com o método proposto por FRAZER *et al.* (1997) e CARUZZO & ROCHA (2000).

Foram registradas quatro fotos em cada ponto e de cada foto estimou-se um valor de IAF, sendo o valor médio dessa variável empregada para caracterizar esse ponto de amostragem específico.

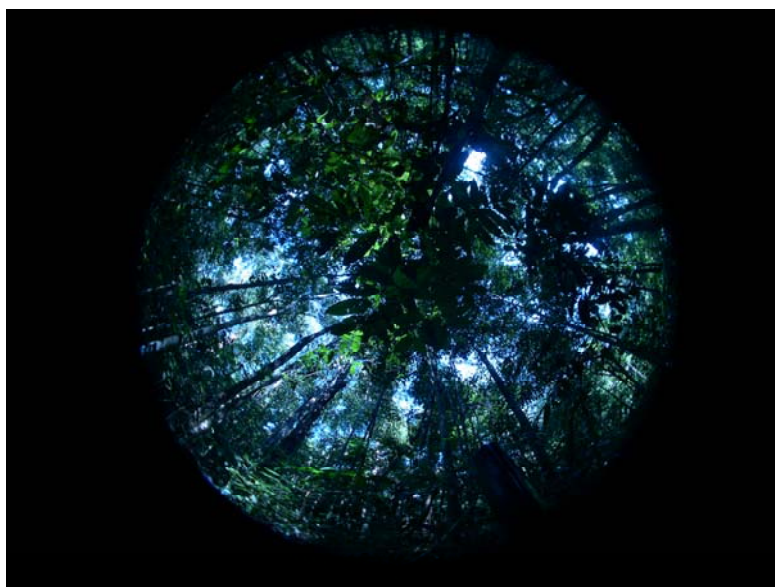
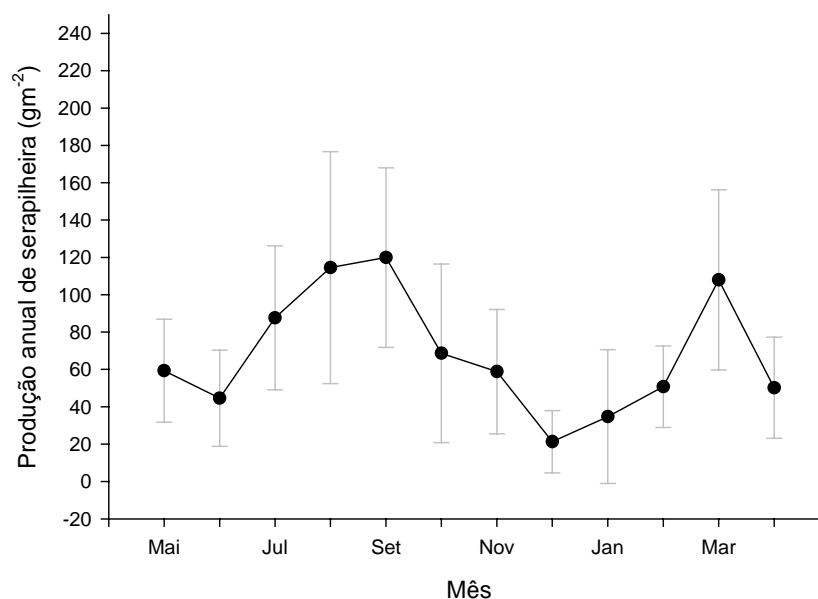


Figura 8 - Exemplo de uma fotografia hemisférica tomada do dossel da floresta e empregada para calcular o IAF.

## 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

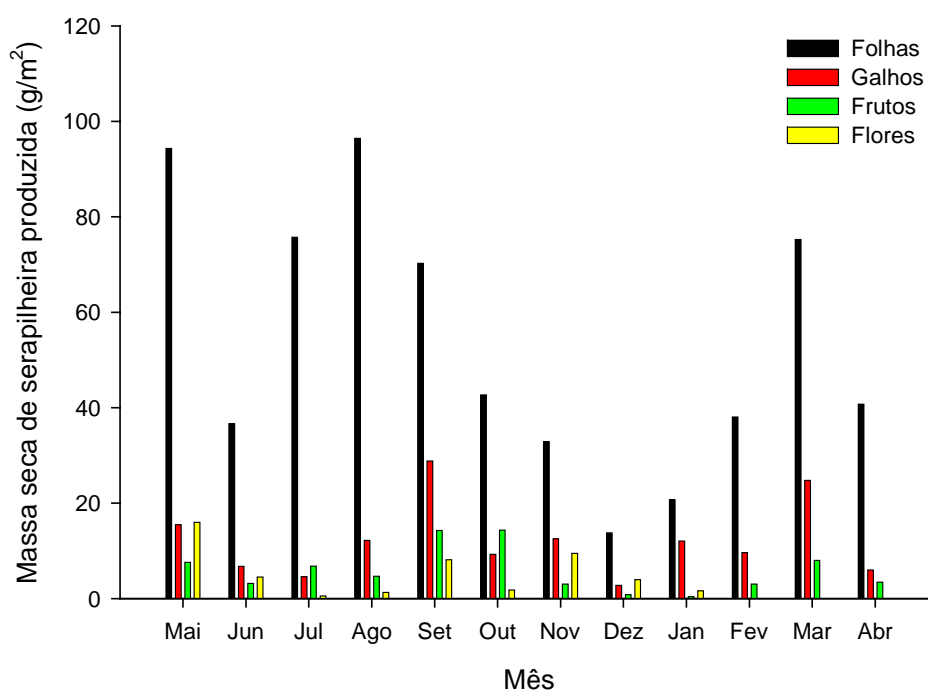
### 4.1 - Dinâmica Anual da Produção da Serapilheira Total em Floresta de Transição Amazônia-Cerrado

A produção média mensal de serapilheira total no ano de coleta foi estimada em  $74,93 \pm 36,93 \text{ g m}^{-2}$  chegando a uma produção anual de  $818,66 \text{ g m}^{-2}$ . Esta apresentou sazonalidade bem definida, com maior produção no período de seca nos meses de maio a outubro, tendo picos nos meses de agosto, com total mensal igual a  $114,57 \pm 62,08 \text{ g m}^{-2}$  e setembro, igual a  $119,95 \pm 48,08 \text{ g m}^{-2}$  (Figura 9). Os valores totais obtidos de produção de serapilheira apresentaram diferença significativa ( $P < 0,0036$ ) entre os períodos de seca (igual  $494,8 \text{ g m}^{-2}$  para o período de maio a outubro) e chuva (igual a  $323,8 \text{ g m}^{-2}$ , para o período de novembro a abril).



**Figura 09** - Total de serapilheira produzida em Floresta de Transição Amazônia-Cerrado no ano de 2004/2005.

A fração mais representativa na composição da serapilheira produzida foi a composta pelas folhas com 70%, sendo seguida pela de galhos 12%, de fruto 12% e de flor com 6%. Em relação a massa total nota-se que, do ponto de vista temporal, há uma constante queda de folhas, galhos e frutos durante todo o ano, ao passo que durante os meses de fevereiro, março e de abril não se observa queda de flores (Figura 10).



**Figura 10** - Frações da serapilheira na Floresta de Transição Amazônia-Cerrado no ano de 2004/2005.

Os maiores valores de produção de serapilheira total e da fração foliar na floresta de transição foram no período de seca. Resultados semelhantes foram encontrados por VITAL (2004) em floresta ripária e também por MARTINS & RODRIGUES (1999) em floresta estacional semidecidual e por ALMEIDA (2005)

na mesma floresta desta pesquisa. Segundo todos estes autores, os ventos fortes e o déficit hídrico devem ter atuado conjuntamente, contribuindo para uma maior deposição de material nesta época. RODRIGUES & LEITÃO FILHO (2001), VITAL *et al.* (2004); ARATO *et al.* (2003); RIBEIRO (2001); KOLM (2001) relatam em seus trabalhos que a fração foliar é o componente principal e quantitativamente determinante de toda a serapilheira produzida. Portanto, o padrão de produção mensal dessa fração acompanha basicamente o padrão de produção mensal da serapilheira total.

LUIZÃO & SCHUBART (1986), LUIZÃO (1989) dizem que a dinâmica da serapilheira em floresta tropical úmida é claramente sazonal com maior queda da serapilheira na estação seca assim como, SOUZA (2004) em área de floresta amazônica, ADUAN (2003) em áreas de cerrado. RODRIGUES & LEITÃO FILHO (2001), ALVIM (1964), MATHES (1980) também encontraram maior produção de serapilheira na estação seca, sugerindo que esta alta produção no período de seca se deve a ocorrência do déficit hídrico e menor fotoperíodo, onde a diminuição do número de horas de brilho solar pode influenciar na queda das folhas.

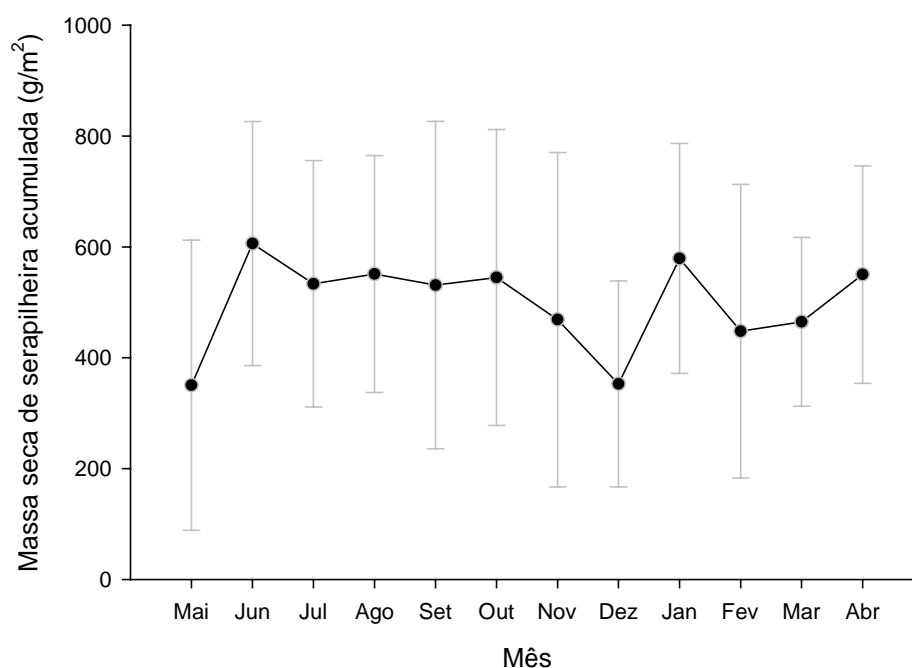
#### **4.2 – Quantificação da Serapilheira Acumulada no Solo**

Para a serapilheira acumulada no solo não se verificou uma variação significativa entre as coletas ( $P = 0,07$ ), durante os períodos de seca (igual  $3116,3 \text{ g m}^{-2}$  para o período de maio a outubro) e de chuva (igual  $2863,2 \text{ g m}^{-2}$  para o período de novembro a abril). O valor médio anual foi igual a  $512,11 \pm 84,11 \text{ g m}^{-2}$ , com pico de acúmulo no período seco, no mês de junho, com valor médio mensal igual a  $649,40 \text{ g m}^{-2}$  e no período de chuva, com pico de acúmulo no mês de janeiro, com valor médio mensal igual a  $579,04 \text{ g m}^{-2}$  (Figura 11).

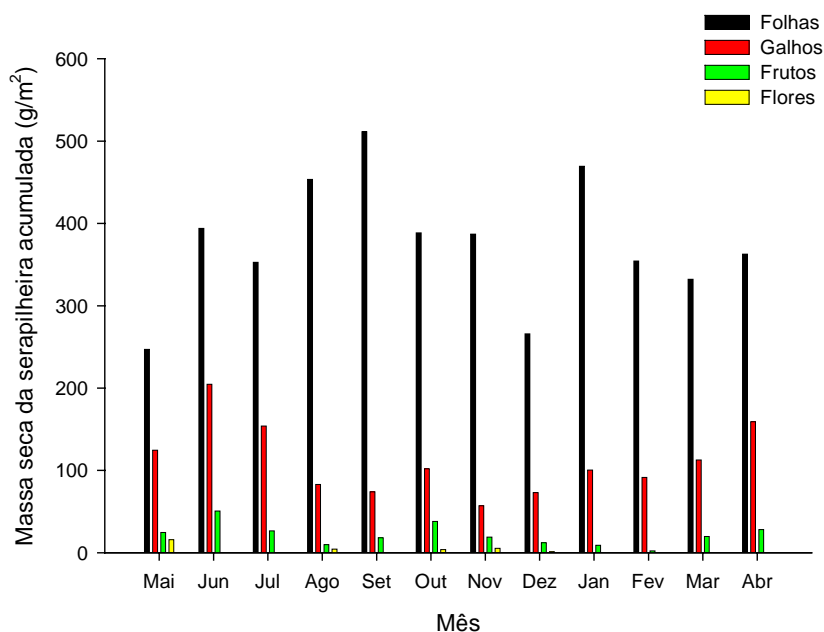
As frações que mais se destacaram na serapilheira acumulada foram as folhas com 60%, presentes em todos os meses de coleta, seguida das frações galhos 30%, fruto 6% e flores 4% (Figura 12), seguindo a mesma tendência observada para a serapilheira total produzida. Resultados semelhantes foram encontrados por BALIEIRO *et al* (2004) em floresta de *Eucalyptus grandis*.

A serapilheira acumulada no solo da floresta apresentou uma ligeira queda no mês de novembro, a qual provavelmente pode estar associada à alta atividade decompositora neste mês, constatada no experimento de decomposição deste trabalho. Os demais meses não apresentaram grandes oscilações. Segundo VALENTINI (2004) o acúmulo de serapilheira no solo é regulado pela quantidade de material que cai da parte aérea das plantas e por sua taxa de decomposição, que vai enriquecendo o solo à medida que vão ocorrendo os processos de decomposição.

A fração galho tanto para serapilheira acumulada como para produzida apresentaram pouca contribuição na conformação da serapilheira total (menos de 30%). RIBEIRO (2001) e COSTA (1999) em estudos feitos no Pantanal também constataram uma baixa representação da fração galhos na serapilheira.



**Figura 11** - Serapilheira acumulada no solo na Floresta de Transição Amazônia-Cerrado no ano de 2004/2005.



**Figura 12** - Frações da serapilheira acumulada no solo na Floresta de Transição Amazônia-Cerrado no ano de 2004/2005.

Quando se tomam os dados de serapilheira produzida e a serapilheira acumulada do solo para todos os meses do ano, ou separado por estações, não se verifica qualquer correlação significativa entre estas variáveis (para todo ano,  $r = 0,2248$ ;  $P = 0,4824$ ; para o período seco,  $r = 0,1357$ ;  $P = 0,7979$  e para o período chuvoso,  $r = 0,1019$ ;  $P = 0,8476$ ). Este padrão já era de se esperar pelo fato de que a variabilidade temporal da serapilheira produzida (C.V. = 47,3%) é muito maior que a variabilidade temporal da serapilheira remanescente (C.V. = 16,6%), indicando dinâmicas distintas para ambos os processos. Nesse sentido, encontram-se dados de serapilheira produzida elevados no período seco do ano e baixos no período chuvoso quando para esses mesmos períodos se observam valores praticamente constantes de serapilheira acumulada.

A taxa de decomposição da serapilheira ( $K_{st}$ ), que indiretamente representa a velocidade com que os nutrientes ligados a ela tornam-se disponíveis, foi de  $1,75 \text{ a}^{-1}$ . Valores bem próximos foram encontrados por ALMEIDA (2005) na mesma floresta de transição  $K_{st} = 1,67 \text{ a}^{-1}$ . Valores de ( $K_{st}$ ) em florestas neotropicais tem variado de  $0,87 \text{ a}^{-1}$  a  $1,77 \text{ a}^{-1}$  de acordo com estudos realizados por ARATO *et al.* (2003); VITAL *et al.* (2004); KOLM (2001); RIBEIRO (2001). O valor calculado para o

tempo de retorno foi de  $0,60 \text{ a}^{-1}$ . ALMEIDA (2005) na mesma floresta encontrou um valor bem próximo ao deste estudo de  $0,59$ . VITAL *et al.* (2004); ARATO *et al.* (2003); RIBEIRO (2001); KOLM (2001), encontraram valores oscilando de  $0,50 \text{ a}^{-1}$  a  $0,81 \text{ a}^{-1}$ .

Quando calculado o valor da taxa de decomposição  $K_{st}$  somente para a fração folha este valor chega a  $2,25 \text{ a}^{-1}$  sendo este bem acima do valor encontrado quando usa-se a serapilheira total o que significa que ocorre uma rápida decomposição destas folhas em relação a serapilheira total que é constituída também de outras frações, confirmando assim a hipótese de PAGANO (1989), que diz que valores altos para constante  $K_{st}$  indicam um rápido reaproveitamento de nutrientes por parte da vegetação. O tempo de retorno foi exatamente o mesmo para serapilheira total  $0,60 \text{ a}^{-1}$ .

#### 4.3 - Medição da Taxa Decomposição da Serapilheira Exclusiva de Folhas

O processo de decomposição das folhas foi mais intenso no período chuvoso, em comparação ao de seca, como pode ser notado na Figura 13, embora tenha existido em ambos os períodos para todas as espécies estudadas.

No período seco, a decomposição foi maior para as espécie *Brosimum lactescens* e *Tyrsodium sp* seguida das espécies *Tovomita schomburgkii* e *Protium sagotianum* o fato da decomposição apresentar-se maior para as primeiras espécies provavelmente pode estar associado à fauna da serapilheira e outros animais de maior porte uma vez que a arquitetura foliar destas espécies é bastante fina quebrando-se com facilidade e com isto acelerando o processo de decomposição. Estes organismos, apesar de apresentarem maior atividade durante o período chuvoso, também ocorrem durante o seco com menor atividade.

No período chuvoso, a decomposição mostrou-se em ordem decrescente para as espécies estudadas *Tovomita schomburgkii*, *Tyrsodium sp*, *Brosimum lactescens* e *Protium sagotianum*. Nota-se que a espécie *Protium sagotianum* tanto no período seco quanto no chuvoso apresentou maior dificuldade para se decompor. Este comportamento provavelmente deve estar associado a características morfo e



fisiológicas desta espécie (tamanho, espessura, presença de lignina), as quais podem dificultar o processo de decomposição.

Na maioria dos casos estudados, a variável  $K_f$  foi estimada com pouca precisão, devido à falta de ajuste entre os dados originais e o modelo de decaimento exponencial utilizado (Tabela 1).

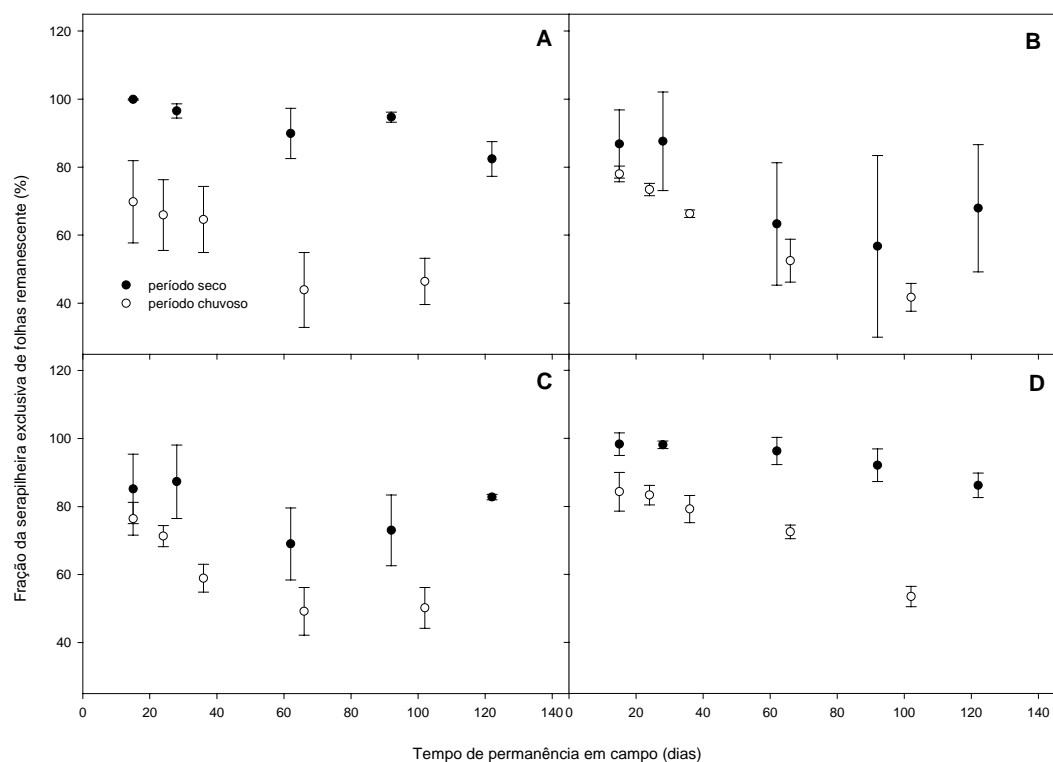
**Tabela 1** – Valores estimados da constante de decomposição da serapilheira exclusiva de folhas para quatro espécies da floresta de transição Amazônica/Cerrado, em Sinop, Mato Grosso, durante o período de seca de 2004 e de chuva de 2005.

Espécie	Período Seco			Período Chuvoso		
	$K_f$ (d <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>	$T_{f50\%}$ (d)	$K_f$ (d <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>	$T_{f50\%}$ (d)
<i>Tovomita schomburgkii</i>	0,0013 ± 0,0003	0,5208	533,2	0,0119 ± 0,0025	0,0446	58,2
<i>Brosimum lactescens</i>	0,0050 ± 0,0017	0,1987	138,6	0,0102 ± 0,0010	0,7961	68,0
<i>Tyrsoodium</i> sp	0,0032 ± 0,0011	0,0000	216,6	0,0102 ± 0,0017	0,2214	68,0
<i>Protium sagotianum</i>	0,0010 ± 0,0002	0,6227	693,1	0,0061 ± 0,0007	0,7720	113,6

Nota:  $K_f$  = constante de decomposição, R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação e  $T_{f50\%}$  = tempo de decomposição de 50% do material. Para a variável  $K_f$ , os valores apresentados são as médias seguidas dos seus respectivos intervalos de confiança a 95% de probabilidade.

Segundo LUIZÃO & SCHUBART (1987) e LUIZÃO (1989) a taxa de decomposição é muito acelerada durante a estação chuvosa, quando a ação de cupins (e de outros invertebrados do solo) e o desenvolvimento de raízes finas são muito mais intensos. Para LUIZÃO & SCHUBART (1986), em seu trabalho na Amazônia central, a intensa atividade de remoção da matéria orgânica por macro-artrópodos principalmente cupins do gênero *Sintermes*, parecem ser os fatores determinantes da diferença da perda de peso da serapilheira na época chuvosa em relação à seca. Estes animais ajudam na quebra de substâncias de difícil degradação, como a lignina e caracterizando-se por cortar e carregar discos bem arredondados das folhas da serapilheira para o interior do solo.

VALENTINI (2004) em seu trabalho com floresta de transição Amazônia-Cerrado diz que o mecanismo da decomposição é regulado principalmente por três grupos de variáveis: a natureza da comunidade decompositoras (macro e microorganismos), pelas características do material orgânico que determinam sua deგრabilidade e pelo ambiente físico-químico que atua em escalas macroclimáticas, edáficas e microclimáticas.



**Figura 13** – Decomposição da serapilheira exclusiva de folhas das espécies *Tovomita schomburgkii* (A), *Brosimum lactescens* (B), *Tyrsodium sp* (C) e *Protium sagotianum* (D), no período seco de 2004 e no chuvoso de 2005, na floresta de transição Amazônia/Cerrado, em Sinop, Mato Grosso.

#### 4.4 – Variação Temporal dos Teores de Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Carbono (C) nas Folhas em Decomposição Durante os Períodos Seco e Chuvoso

Os teores de nitrogênio, fósforo e carbono verificados inicialmente antes do material vegetal ser levado a campo para o início dos experimentos estão identificados na Tabela 2.

**Tabela 2** – Teores originais de nitrogênio, fósforo e carbono presentes nas folhas de quatro espécies da floresta de transição Amazônia-Cerrado antes do início do experimento.

Espécie	Teor Foliar dos Elementos Químicos Segundo a Época do Ano					
	Nitrogênio (mg g <sup>-1</sup> )		Fósforo (mg g <sup>-1</sup> )		Carbono (g kg <sup>-1</sup> )	
	Período de Seca	Período Chuvoso	Período de Seca	Período Chuvoso	Período de Seca	Período Chuvoso
<i>Tovomita schomburgkii</i>	10,7	9,3	7,0	12,1	570,19	580,05
<i>Brosimum lactescens</i>	8,1	8,6	9,4	8,4	499,08	572,03
<i>Tyrsoodium sp</i>	16,6	12,7	27,3	13,1	580,79	580,12
<i>Protium sagotianum</i>	6,3	16,0	9,3	9,0	574,31	584,26

A concentração de nitrogênio presente nas folhas em decomposição das quatro espécies estudadas no período seco apresentou uma queda para última coleta, já no período de chuva as espécies *Tyrsoodium sp* e *Protium sagotianum* apresentaram picos de concentração aos 90 dias de experimento (Figura 14). Segundo RODRIGUES & LEITÃO FILHO (2001), MORAES *et al.*(1999), as concentração de nitrogênio e fósforo originadas pelo processo de decomposição da serapilheira podem ser diferentes em cada ecossistema, de acordo com propriedades do ambiente. A queda e a decomposição de serapilheira fina representam a maior entrada anual de fósforo para o ecossistema, enquanto as chuvas representam a maior fonte de nitrogênio (LUIZÃO, 1989).

Segundo DAVY & TAYLOR (1975); ERNST, (1975); GUHA & MITCHELL (1966) o comportamento nutricional de árvores florestais pode variar apreciavelmente durante seu ciclo, como resultado de mudanças no metabolismo, transporte interno e lavagem causada pela água da chuva.

AIDAR & JOLY (2003) em seu estudo com mata ciliar no estado de São Paulo, sugerem que o decaimento da concentração de nitrogênio pode estar associado aos componentes estruturais do tecido vegetal. LUIZÃO & SCHUBART (1986) constataram que a concentração de nitrogênio nas folhas em decomposição apresentam oscilações conforme vão se passando os dias de permanência do material no solo, podendo aumentar ou diminuir. Estes últimos autores registraram aumentos na concentração de nitrogênio, sendo originado pelos resíduos do solo, juntamente com a excreção dos microorganismos da fauna do solo e da adição pela água da chuva.

Em geral para todas as espécies houve um incremento de fósforo nas folhas em decomposição no período seco por volta dos 60 aos 120 dias de experimento. No período chuvoso a concentração de fósforo apresentou maiores oscilações que no período seco, com um incremento em sua concentração para todas as espécies na última coleta (Figura 15).

Apesar dos dados iniciais de fósforo apresentarem valores que suscitem certa dúvida com relação a sua exatidão, a tendência de eutroficação pode ser considerada como um fato passível de ocorrência. Esta possível eutroficação pode estar associada à ação microbiana, principalmente com as micorrizas.

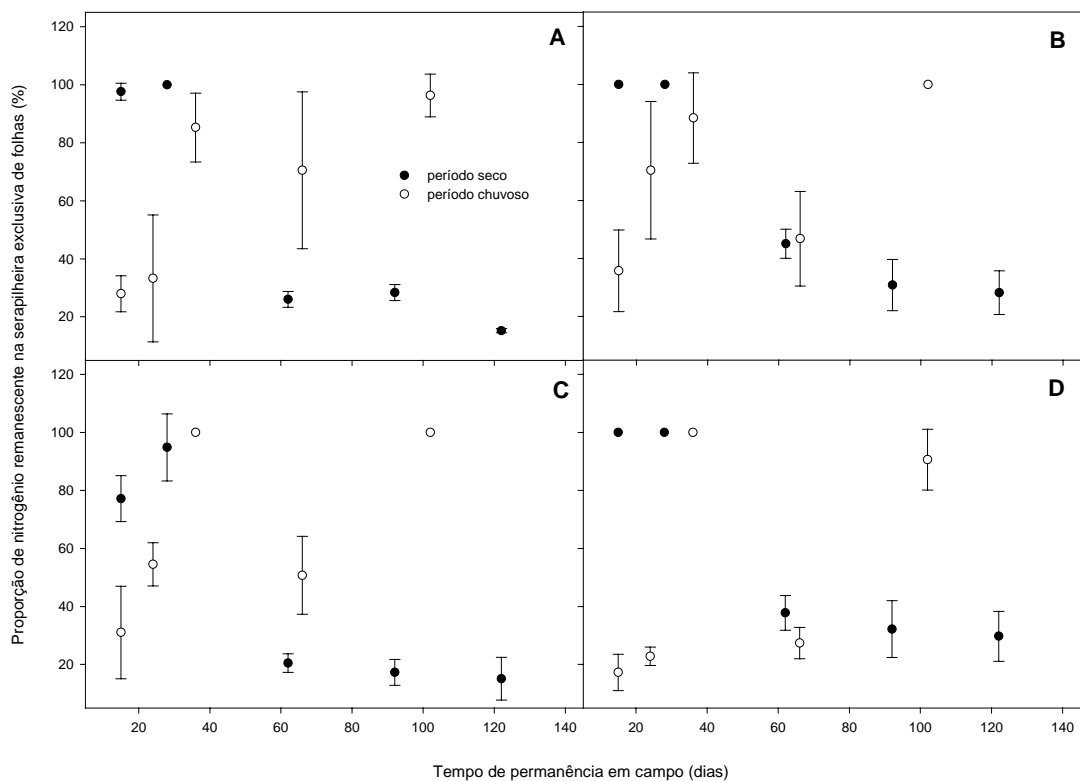
AIDAR & JOLY (2003) evidenciaram em suas pesquisas que o fósforo apresentou um comportamento complexo de difícil compreensão, não caracterizando decaimento. Já RIBEIRO (2001) no Pantanal de MT, constatou um aumento gradativo de concentração de fósforo em seu material ao longo da pesquisa. Para MAYER (1978), o aumento da concentração deste elemento deve estar associado à adsorção nas partículas de argila que se aderiram ao material, e ainda a matéria orgânica que possui uma capacidade de troca iônica que lhe confere a propriedade de reter quantidades substanciais de íons; em outras palavras, dados espúrios devido à contaminação do material de análise.

De acordo com o método utilizado neste trabalho, a lavagem prévia do material vegetal para ser analisado foi empregada justamente para evitar riscos de contaminação. Portanto, pode-se descartar essa hipótese para o presente caso. Considerando que não foi possível realizar qualquer análise da participação relativa de microorganismos na eutroficação do material vegetal analisado, não se pode testar esta hipótese.

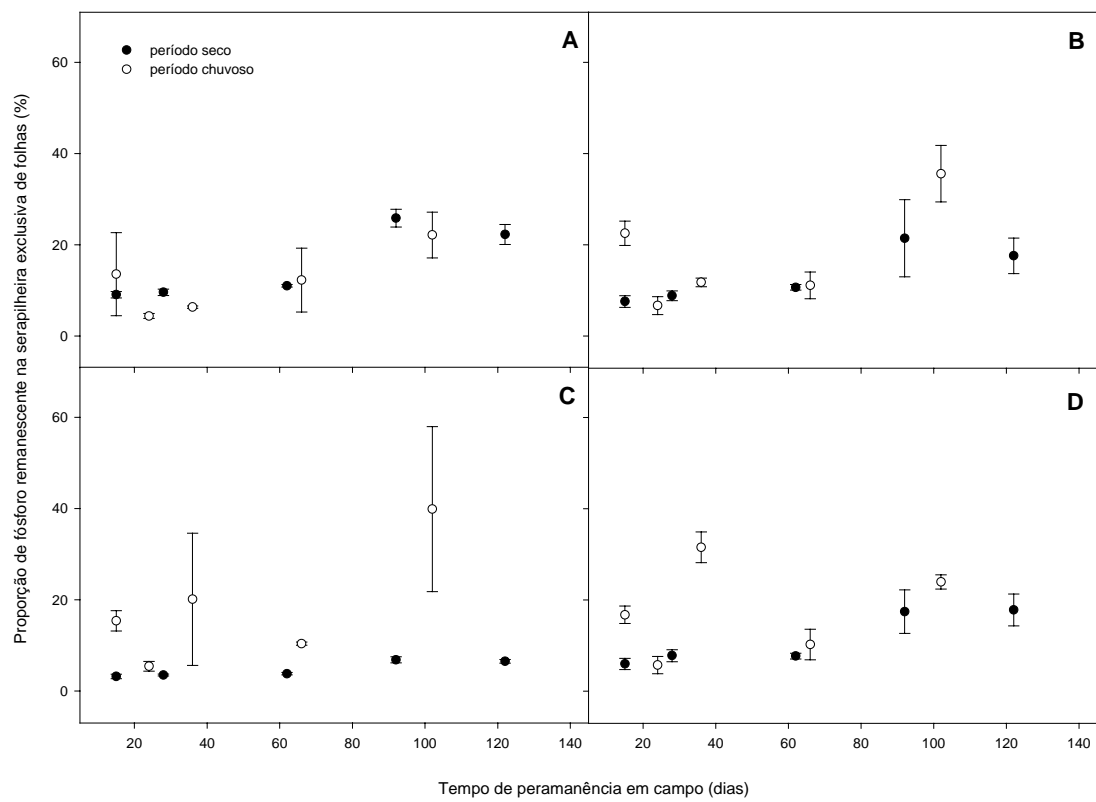
A concentração de carbono no período seco apresentou algumas oscilações durante todo o experimento (Figura 16). Durante o período chuvoso houve uma queda na concentração de carbono nas folhas para as espécies *Tovomita schomburgkii*, *Brosimum lactescens* e *Tyrsoodium sp* exceto para espécie *Protium sagotianum* na qual houve um aumento deste elemento (Figura 16). Este elemento não apresentou diferenças de concentração significativas nos dois períodos estudados. Resultados semelhantes foram evidenciados por BORÉM & RAMOS (2002) em mata atlântica.

Na chuva, para todos os elementos não houve ajuste exponencial. Na seca, só para o nitrogênio houve ajuste exponencial (Tabela 3).

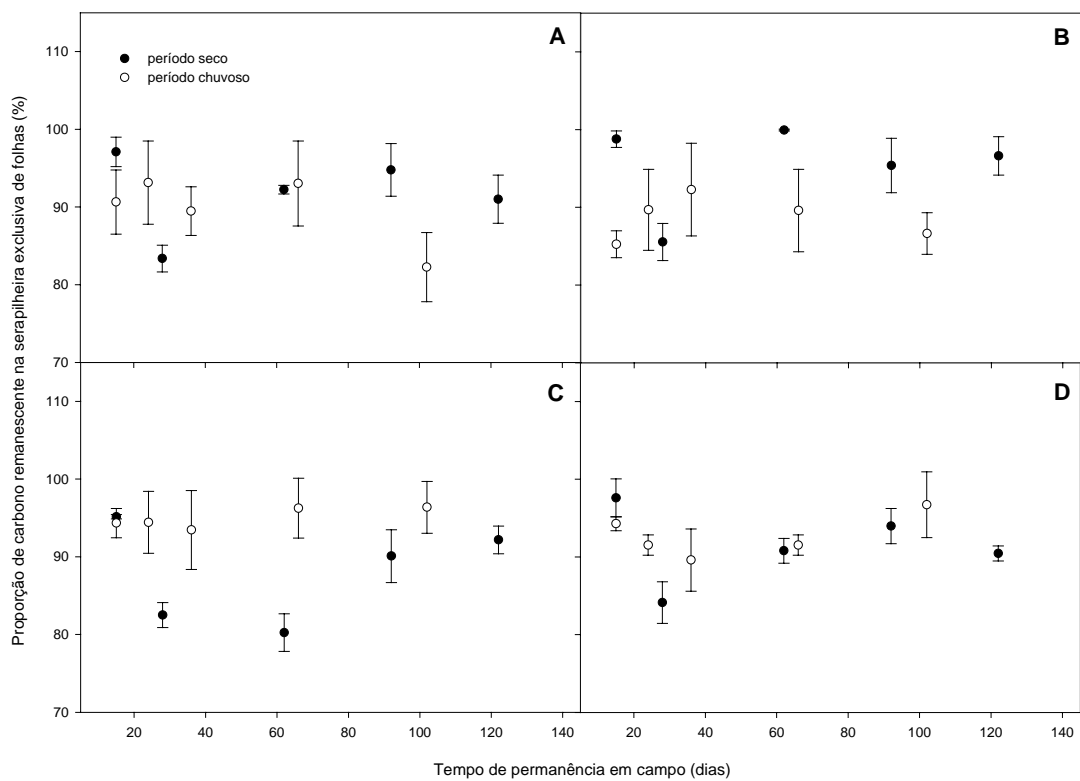
Por outro lado, quando a tendência dos dados originais foi avaliada por meio de um ajuste linear, verificou-se que em alguns casos houve significância para o modelo, ainda que com um  $R^2$  muito baixo, indicando alta variabilidade dos dados (Tabelas 4, 5, 6, 7, e 8).



**Figura 14** – Variação temporal nos teores de nitrogênio presente na serapilheira exclusiva de folhas das espécies *Tovomita schomburgkii* (A), *Brosimum lactescens* (B), *Tyrsoodium sp* (C) e *Protium sagotianum* (D), no período seco de 2004 e no chuvoso de 2005, na floresta de transição Amazônia/Cerrado, em Sinop, Mato Grosso.



**Figura 15** – Variação temporal nos teores de fósforo presente na serapilheira exclusiva de folhas das espécies *Tovomita schomburgkii* (A), *Brosimum lactescens* (B), *Tyrsoodium sp* (C) e *Protium sagotianum* (D), no período seco de 2004 e no chuvoso de 2005, na floresta de transição Amazônia/Cerrado, em Sinop, Mato Grosso.



**Figura 16** – Variação temporal nos teores de carbono presente na serapilheira exclusiva de folhas das espécies *Tovomita schomburgkii* (A), *Brosimum lactescens* (B), *Tyrsodium sp* (C) e *Protium sagotianum* (D), no período seco de 2004 e no chuvoso de 2005, na floresta de transição Amazônia/Cerrado, em Sinop, Mato Grosso.



**Tabela 3** – Valores estimados da constante e do tempo de retorno de nitrogênio presente na serapilheira exclusiva de folhas para quatro espécies da floresta de transição Amazônica/Cerrado, em Sinop, Mato Grosso, durante o período de seca de 2004.

Espécie	$K_r$ (d <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>	$T_{r50\%}$ (d)
<i>Tovomita schomburgkii</i>	0,0127 ± 0,0035	0,7559	54,6
<i>Brosimum lactescens</i>	0,0098 ± 0,0023	0,7918	70,7
<i>Tyrsodium</i> sp	0,0157 ± 0,0038	0,7517	44,1
<i>Protium sagotianum</i>	0,0101 ± 0,0024	0,7694	68,6

Nota:  $K_r$  = constante de retorno, R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação e  $T_{r50\%}$  = tempo de retorno de 50% do material. Para a variável  $K_r$ , os valores apresentados são as médias seguidas dos seus respectivos intervalos de confiança a 95% de probabilidade.

**Tabela 4** – Parâmetros da regressão linear da dinâmica do fósforo presente na serapilheira exclusiva de folhas para quatro espécies da floresta de transição Amazônica/Cerrado, em Sinop, Mato Grosso, durante o período de seca de 2004.

Espécie	Parâmetros da Regressão Linear		R <sup>2</sup>
	Coefficiente Linear	Coefficiente Angular	
<i>Tovomita schomburgkii</i>	5,5205 ± 3,0661	0,1592 ± 0,0423	0,7347
<i>Brosimum lactescens</i>	5,6285 ± 3,5673	0,1174 ± 0,0499	0,5331
<i>Tyrsodium</i> sp	2,4512 ± 0,6682	0,0367 ± 0,0091	0,7717
<i>Protium sagotianum</i>	3,7114 ± 2,5184	0,1180 ± 0,0339	0,7034

Nota: como há, para todos os casos observados, um incremento na concentração de fósforo a medida que o material vegetal fica exposto, o tempo de retorno deixa de existir.

**Tabela 5** – Parâmetros da regressão linear da dinâmica do carbono presente na serapilheira exclusiva de folhas para quatro espécies da floresta de transição Amazônica/Cerrado, em Sinop, Mato Grosso, durante o período de seca de 2004.

Espécie	Parâmetros da Regressão		R <sup>2</sup>	T <sub>r50%</sub>
	Linear			
	Coefficiente Linear	Coefficiente Angular		
<i>Tovomita schomburgkii</i>	90,2140 ± 4,5032	0,0184 ± 0,0584	0,0200	
<i>Brosimum lactescens</i>	93,00055 ± 4,4303	0,0322 ± 0,0586	0,0556	
<i>Tyrsodium</i> sp	87,04150 ± 4,8450	0,0205 ± 0,06409	0,0195	
<i>Protium sagotianum</i>	91,52175 ± 4,0908	-0,0016 ± 0,0564	0,0002	28.600,55

Nota: como há, para os três primeiros casos observados, um incremento na concentração de carbono a medida que o material vegetal fica exposto, o tempo de retorno deixa de existir nesses mesmos casos.

**Tabela 6** – Parâmetros da regressão linear da dinâmica do nitrogênio presente na serapilheira exclusiva de folhas para quatro espécies da floresta de transição Amazônica/Cerrado, em Sinop, Mato Grosso, durante o período de chuva de 2005.

Espécie	Parâmetros da Regressão		R <sup>2</sup>
	Linear		
	Coefficiente Linear	Coefficiente Angular	
<i>Tovomita schomburgkii</i>	28,3078 ± 18,1350	0,7104 ± 0,3269	0,4801
<i>Brosimum lactescens</i>	46,9955 ± 20,4917	0,4065 ± 0,3648	0,2036
<i>Tyrsodium</i> sp	42,8157 ± 19,9941	0,4976 ± 0,3604	0,2715
<i>Protium sagotianum</i>	23,5656 ± 24,7452	0,5770 ± 0,4262	0,2543

Nota: como há, para todos os casos observados, um incremento na concentração de nitrogênio a medida que o material vegetal fica exposto, o tempo de retorno deixa de existir.

**Tabela 7** – Parâmetros da regressão linear da dinâmica do fósforo presente na serapilheira exclusiva de folhas para quatro espécies da floresta de transição Amazônica/Cerrado, em Sinop, Mato Grosso, durante o período de chuva de 2005.

Espécie	Parâmetros da Regressão		R <sup>2</sup>
	Linear		
	Coefficiente Linear	Coefficiente Angular	
<i>Tovomita schomburgkii</i>	4,7431 ± 5,2781	0,14735 ± 0,0898	0,3451
<i>Brosimum lactescens</i>	7,9065 ± 7,1613	0,2012 ± 0,1218	0,3479
<i>Tyrsoodium</i> sp	4,8004 ± 9,6654	0,2878 ± 0,1675	0,3660
<i>Protium sagotianum</i>	14,0438 ± 7,8231	0,0728 ± 0,1322	0,0560

Nota: como há, para todos os casos observados, um incremento na concentração de fósforo a medida que o material vegetal fica exposto, o tempo de retorno deixa de existir.

**Tabela 8** – Parâmetros da regressão linear da dinâmica do carbono presente na serapilheira exclusiva de folhas para quatro espécies da floresta de transição Amazônica/Cerrado, em Sinop, Mato Grosso, durante o período de chuva de 2005.

Espécie	Parâmetros da Regressão		R <sup>2</sup>	T <sub>r50%</sub>
	Linear			
	Coefficiente Linear	Coefficiente Angular		
<i>Tovomita schomburgkii</i>	93,8575 ± 3,9777	-0,0829 ± 0,0717	0,2073	566,09
<i>Brosimum lactescens</i>	89,0306 ± 3,8392	-0,0056 ± 0,0692	0,0013	7.949,16
<i>Tyrsoodium</i> sp	93,4739 ± 2,8504	0,0311 ± 0,0543	0,0633	
<i>Protium sagotianum</i>	90,3910 ± 2,8931	0,0471 ± 0,0482	0,1718	

Nota: como há, para os dois últimos casos observados, um incremento na concentração de carbono a medida que o material vegetal fica exposto, o tempo de retorno deixa de existir.

Considerando uma aproximação na qual as espécies de plantas selecionadas neste trabalho representem a população da floresta de transição analisada, a

contribuição relativa de suas folhas no retorno de nitrogênio, fósforo e carbono para o solo nesse ambiente pode ser estimado considerando a média dos valores originais destes elementos contidos no material vegetal, antes de serem colocados para decompor, e da proporção de folhas contidas na serapilheira produzida total. Assim, tem-se que para o nitrogênio, há um potencial de retorno da ordem de  $70,3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , para o fósforo, de  $76,1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  e para o carbono, de  $3,5 \text{ ton ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ .

Entretanto, cabe ressaltar que estes valores são apenas uma aproximação e que na verdade não ocorrem de fato porque existem ainda outros fatores não considerados como são a perda destes elementos para a atmosfera e a contribuição relativa da chuva no processo de eutrofização.

#### **4.5 – Avaliação das Correlações entre a Fração de Matéria Seca Remanescente da Serapilheira Exclusiva de Folhas e as Respectivas Proporções dos Teores de Nitrogênio (N) de Fósforo (P) e de Carbono (C) Atuais em Relação aos Iniciais Durante os Períodos Seco e Chuvoso**

A correlação entre a fração de matéria seca remanescente da serapilheira exclusiva das folhas e as respectivas proporções dos teores de Nitrogênio de Fósforo e de Carbono durante os períodos seco e chuvoso estão representados na Tabela 9.

**Tabela 9** – Correlação entre a fração de matéria seca remanescente da serapilheira exclusiva de folhas e a proporção dos teores de nitrogênio, fósforo e carbono atuais em relação aos iniciais durante os períodos seco de 2004 e chuvoso de 2005. de uma floresta de transição Amazônica/Cerrado, em Sinop, Mato Grosso.

Variáveis		Fração de Material Vegetal Remanescente no Período Seco de 2004			Fração de Material Vegetal Remanescente no Período Chuvoso de 2005		
Espécie	Proporção do Nutriente Considerado	r	P	n	r	P	n
<i>Tovomita schomburgkii</i>	N/N <sub>0</sub>	0,5515	0,0096	21	-0,4781	0,0181	24
	P/P <sub>0</sub>	-0,6992	0,0002	23	-0,4485	0,0318	23
	C/C <sub>0</sub>	-0,1293	0,5662	22	0,1782	0,4047	24
<i>Brosimum lactescens</i>	N/N <sub>0</sub>	0,8383	0,0000	21	-0,3293	0,1450	21
	P/P <sub>0</sub>	-0,7825	0,0000	21	-0,4450	0,0380	22
	C/C <sub>0</sub>	-0,1247	0,5804	22	-0,0376	0,8682	22
<i>Tyrsoodium sp</i>	N/N <sub>0</sub>	0,8738	0,0000	24	-0,4931	0,0168	23
	P/P <sub>0</sub>	-0,8065	0,0000	22	-0,4739	0,0223	23
	C/C <sub>0</sub>	0,0016	0,9942	23	-0,2503	0,2613	22
<i>Protium sagotianum</i>	N/N <sub>0</sub>	0,6517	0,0010	22	-0,5273	0,0097	23
	P/P <sub>0</sub>	-0,7781	0,0000	22	-0,2947	0,1831	22
	C/C <sub>0</sub>	0,0421	0,8525	22	-0,5052	0,0231	20

Nota: r = coeficiente de correlação linear, P = nível de probabilidade, n = número de dados analisados

Analisando a taxa de decomposição em relação à de retorno do nitrogênio, verifica-se que para este nutriente, há indícios de um processo de lixiviação durante o período seco do ano, ao passo que durante o período chuvoso, há uma eutrofização do material vegetal remanescente. Devido sua mobilidade, provavelmente a umidade do solo durante o período seco seja suficiente para possibilitar a perda desse elemento ao solo, ao passo que durante o período chuvoso, pode haver incorporação do mesmo devido à própria água da chuva (entretanto, não foi feito neste trabalho uma análise da qualidade da água da chuva, impossibilitando qualquer teste dessa hipótese) e da lavagem da copa das plantas.

Nota-se que para o fósforo, ocorre uma eutrofização do material vegetal remanescente a medida que avança o processo de decomposição da matéria orgânica.

Este aspecto se apresenta estatisticamente significativo para todas as espécies e em ambos os períodos do ano analisado, com exceção da espécie *Protium sagotianum* para o período chuvoso (Tabela 9).

Para o carbono, somente para a espécie *Protium sagotianum* e no período chuvoso foi que se verificou uma correlação significativa entre as variáveis analisadas. Neste caso, seria interessante avaliar a natureza bioquímica dos materiais estruturais constitutivos das folhas a fim de se ter alguma idéia acerca de que se devido a isso é que possa existir alguma facilidade com que estes podem ser lixiviados do material vegetal em decomposição.

#### 4.6 - Medidas do Índice de Área Foliar

O valor médio anual do índice de área foliar para floresta de transição foi de  $3,52 \pm 0,33 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ , quando considerado um ângulo de  $60^\circ$ . Optou-se por esse ângulo, pelo fato de que não foi verificada qualquer diferença significativa entre ele e o de  $75^\circ$ , que fazem parte da rotina de processamento padrão do programa utilizado para estimar os valores de IAF.

Os dados mensais são apresentados no Quadro 1. O período seco apresentou picos de área foliar nos meses de junho e julho diminuindo este índice até o início do período chuvoso como mostra o Quadro 1 e a Figura 17. Os valores para estimativa do índice de área foliar na floresta de transição  $3,52 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$  foram inferiores aos encontrados por CARUZZO & ROCHA (2000)  $4,82 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$  em floresta amazônica no estado de Rondônia. SULI (2005), encontrou valores de IAF para os ângulos de  $60^\circ$  e  $75^\circ$  variando entre  $3,55$  a  $5,91 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$  e  $3,45$  a  $5,99 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ , para mesma floresta na qual esta pesquisa foi realizada, entretanto. HONZÁK *et al.* (1996) comparando diferentes metodologias para estimar o IAF em floresta tropical encontrou valores entre  $3,4$  a  $4,8 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$  utilizando a mesma metodologia de fotografias hemisféricas.

O IAF na floresta de transição no período chuvoso apresentou uma queda no mês de dezembro, fenômeno não esperado para este período. Esse comportamento pode estar associado à queda de árvores neste período, ocasionando clareiras, as quais aumentam a quantidade de brilho solar no interior da floresta fazendo com que este dado seja espúrio, assim como o mês de julho onde apresenta uma área foliar

maior que nos demais meses. Embora a floresta de transição não apresente caducifolia para maioria de suas espécies mantendo-se verde durante todo, o mês de julho por ser um período de seca onde não apresenta precipitação deveria acompanhar a tendência dos meses de agosto até o início de outubro, onde a uma diminuição da área foliar devido ao estresse hídrico.

O IAF e a produção de serapilheira não apresentaram correlação significativa a 5% de probabilidade ( $r = -0,5522$ ;  $P = 0,0626$ ). Entretanto, considerando o fato de que as folhas são um dos componentes dessa serapilheira produzida (o maior por sinal), pode-se considerar que os valores obtidos são suficientes para revelar a dinâmica de queda de folhas e a contribuição destas na composição da serapilheira total. SANCHES *et al* (2005) diz que a não correlação entre a serapilheira produzida e o IAF pode estar associado a fatores como o desenvolvimento florístico das espécies.

Quando analisada a correlação entre o IAF e a serapilheira remanescente, nota-se que esta não é significativa ( $r = -0,1370$ ;  $P = 0,6712$ ), justamente porque neste caso o processo de queda das folhas no período seco estão associadas ao acúmulo de serapilheira remanescente no solo, quando o processo de decomposição é incipiente, ao passo que a medida que se incrementa o IAF no período chuvoso, há ainda folhas remanescentes do período seco sobre a superfície do solo e o processo de decomposição que sim ocorre nesse período é insuficientemente elevado para permitir uma correlação negativa entre as variáveis. Este aspecto pode ser observado pela baixa variação sazonal dos valores de serapilheira acumulada, como visto anteriormente no item 4.2.

WANDELLI & MARQUES FILHO (1999) obtiveram um valor médio de IAF de  $3,53 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$  para uma vegetação de floresta intacta por mais de 10 anos. Segundo os autores o incremento médio anual de IAF é maior nos sistemas agroflorestais, indicando uma tendência e um bom potencial desses sistemas para acumular biomassa.

Quadro 1 – Valores de área foliar ( $m^2 m^{-2}$ ) para o intervalo de coletas em floresta de transição Amazônia-Cerrado, calculados pelo software GLA, em 60° e 75°.

<b>Data</b> <b>(mês/ano)</b>	<b>IAF 60°</b> <b>(<math>m^2 m^{-2}</math>)</b>	<b>IAF 75°</b> <b>(<math>m^2 m^{-2}</math>)</b>
Jun/04	4,01 ± 0,41	3,81 ± 0,39
Jul/04	4,12 ± 0,56	4,03 ± 0,60
Ago/04	3,41 ± 0,38	3,28 ± 0,33
Set/04	3,05 ± 0,52	2,68 ± 0,56
Out/04	3,19 ± 0,42	2,83 ± 0,38
Nov/04	3,72 ± 0,66	3,50 ± 0,63
Dez/04	3,31 ± 0,58	3,17 ± 0,69
Jan/05	3,65 ± 0,58	3,37 ± 0,54
Fev/05	3,43 ± 0,56	3,27 ± 0,46
Mar/05	3,34 ± 0,38	3,12 ± 0,42
Abr/05	3,45 ± 0,41	3,29 ± 0,39
Mai/05	3,66 ± 0,48	3,45 ± 0,62
<b>Média</b>	<b>3,52</b>	<b>3,32</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>± 0,31</b>	<b>± 0,37</b>



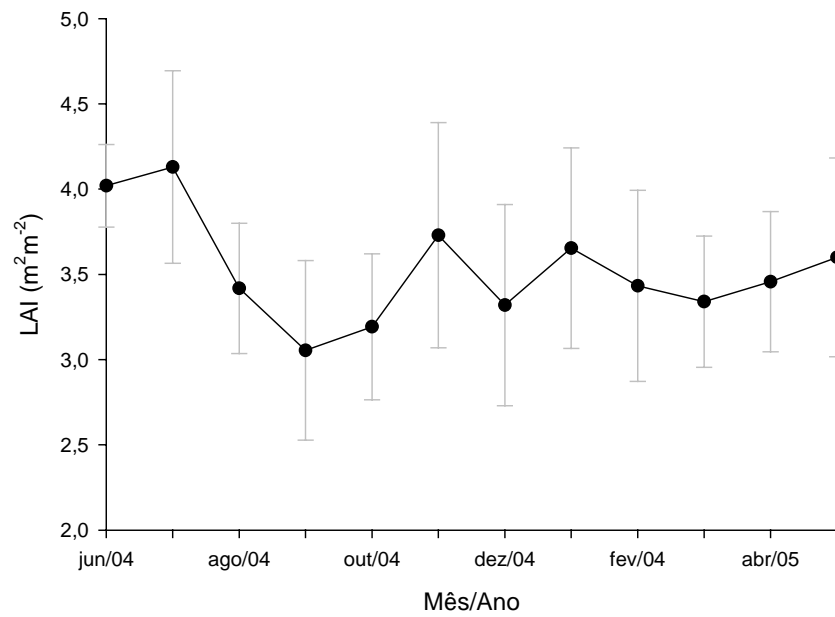


Figura 17 – Valores médios de IAF (LAI) para área de floresta de transição Amazônia-Cerrado utilizando ângulo de 60° .

## 5 – CONCLUSÃO

- ✓ A produção de serapilheira apresentou variações sazonais com maior produção no período de seca, com predomínio da fração foliar em ambos os períodos;
- ✓ A serapilheira acumulada não apresentou diferenças significativas de produção entre o período de seca e chuva;
- ✓ A correlação entre a produção e o acúmulo de serapilheira não foi significativa;
- ✓ A serapilheira exclusiva de folhas apresentou uma maior decomposição no período chuvoso;
- ✓ O potencial de retorno para o nitrogênio, foi da ordem de  $70,3 \text{ kg ha}^{-1}$ , para o fósforo, de  $76,1 \text{ kg ha}^{-1}$  e para o carbono, de  $3,5 \text{ ton ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ;
- ✓ A correlação entre a decomposição exclusiva de folhas e o retorno de nitrogênio e fósforo foi significativa para todas as espécies, já para o carbono esta correlação foi significativa apenas para a espécie *Protium sagotianum* no período chuvoso;
- ✓ O IAF apresentou uma média anual de  $3,52 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ ;
- ✓ A correlação entre o IAF e a serapilheira produzida e acumulada não foi significativa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADUAN, R. E. **Respiração de solos e ciclagem de carbono em cerrado nativo e pastagem no Brasil central**. 2003. 130p. Tese (Doutorado) UNB, Brasília, 2003.

AIDAR, M. P. M. & JOLI, C. A. Dinâmica da produção e decomposição de serapilheira do araribá (*Centrolobium tomentosum* Guill. Ex Benth. – Fabaceae) em uma mata ciliar, Rio Jacaré-Pepira, São Paulo. **Rev. Brasileira de Bot.** v. 26, n. 2. p. 193-202, 2003.

ALHO, C. J. R. **Ateia da vida: uma introdução a ecologia brasileira**. Rio de Janeiro: Objetiva, 1992. 160p.

ALLEN, S. E. **Chemical analysis of ecological materials**. Sec. Ed. London: Blackwell Scientific Publications, 1989. 368p.

ALMEIDA, E. D. **Retorno de nitrogênio e fósforo em floresta de transição no noroeste de Mato Grosso**. 2005. 75p. Dissertação (Mestrado) UFMT, Cuiabá, 2005.

ALVIN, P. T. Periodicidade do crescimento das árvores em climas tropicais. **Anais Congresso SBB**, 15, Porto Alegre: 405-422. 1964.

ARATO, H. D.; MARTINS, S. V.; FERRARI, S. H. S. Produção e decomposição de serapilheira em um sistema agroflorestal implantado para recuperação de área degradada em Viçosa – MG. **Revista Árvore**, v. 27, n. 5, p. 715-721, 2003.

BALEIRO, F. C.; FRANCO, A. A.; PEREIRA, M. G. Dinâmica da serapilheira e transferência de nitrogênio ao solo, em plantios de *Pseudosamanea guachapele* e *Eucalyptus grandis*. **Pesquisa Agropec. Bras**, v. 39, n. 6, p. 597-601. 2004.

BOREM, 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.

COSTA, S. C. **Aspectos da produção e decomposição de serapilheira em um trecho de floresta ripária do Pantanal de Barão de Melgaço-MT**. 1999. 40p. (Monografia), Instituto de Biociências – UFMT. Cuiabá, 1999.

CARUZZO, A. & ROCHA, H. R. Estimativa do índice de área foliar (IAF) em regiões de pastagem e floresta com um método indireto ('gap fraction') durante o experimento AMC/LBA. *In: XI congresso brasileiro de meteorologia*. Rio de Janeiro, p. 2478-2485, 2000.

COUTINHO, L. M. & LAMBERTI, A. Respiração edáfica e produtividade primária numa comunidade amazônica de mata de terra firme. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 23, n. 3, p. 411-418, 1971.

DAVY, A. J. & TAYLOR, K. Seasonal changes in the inorganic nutrient concentrations in *Deschampsia caespitosa* (L.) Beauv. in relation to its tolerance of contrasting soils in the Chiltern Hill. **Journal of Ecology** v. 63, n. 1, p. 27-39, 1975.

DIAS, H. C. T. & OLIVEIRA-FILHO, A. T. Variação temporal e espacial da produção de serapilheira em uma área de floresta estacional semidecídua Montana em Larvas-MG. **Revista Árvore**, v. 21, p. 11-26, 1977.

ERNEST, W. Variation in the mineral contents of leaves of trees in Miombo Woodland in south central Africa. **Journal of Ecology**, v. 63, p. 801-807, 1983.

ERWIN, T. L. A copa da floresta o coração da diversidade biótica. In: WILSON, E. O. **Biodiversidade**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997. p. 158-165.

FERNANDES, A. & BACKES, A. **Produtividade primária em floresta com *Araucária angustifolia* no Rio Grande do Sul**. Iheringia, Ser. Bot., Porto Alegre, v.51, n. 1, p. 63-78, 1998.

FRAZER, G. W.; TROFYMOW, J. A. AND LERTZMAN, K. P. **A method for estimating canopy openness, effective leaf area index, and photosynthetically active photon flux density using hemispherical photography and computerized image analysis techniques**. Canada: Pacific Forest Centre, Victoria, B.C. 1997. 65p.

GUHA, M. M. & MITCHELL, R. L. The trace and major element composition of the leaves of some deciduous trees. II. Seasonal changes. **Plant and Soil** **24**: 90-112, 1966.

HERRERA, R.; C.F. JORDAN; H. KLINGE & E. MEDINA. Amazon ecosystems. Their structure and functioning with particular emphasis on nutrients. **Interciencia** **3**(4): 223-231, 1978.

HONZÁK, M.; LUCAS, R. M.; AMARAL, I. do; CURRAN, P.J.; FOODY, G.M. and AMARAL, S. Estimation of the leaf area index and total biomass of tropical regenerating forest: comparison of methodologies. **Amazonian deforestation and climate**, 1996. p.365-381.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Diagnóstico Ambiental da Amazônia Legal (CD-ROM)*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 1997.

JORDAN, C.F. Nutrient cycling processes and tropical forest management. Pp. 159-180. In: A. Gómez-Pompa; T.C. Whitmore & M. Hadley (eds.). **Rain forest regeneration and management**. Pub. UNESCO & The Parthenon Publ. Group. Man and the Biosphere series v.6. Paris,1991.

KING, R. F.; DROMPH, K. M.; BARDGETT, R. D. **Changes in species evenness of litter have no effect on decomposition processes**. Soil Biology e Biochemistry, 34, 1959-1963. 2002.

KLINGE, H. & E.J. FITTKAU. Filtererfunktionen im ökosystem des zentralamazononischen Regenwaldes. *Mitteilgn. Dtsch.Bodenkundl. Gesellsch.* 16: 130-135. 1972.

KOEHLER, C. W. **Variação estacional da decomposição de serapilheira e de nutrientes em povoamentos de *Pinus taeda* na região de Ponta Grossa-PR**. Curitiba: UFPr, 1989.148 p.

KOLM, L. **“Ciclagem de nutrientes e variações do microclima em plantações de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden manejadas através de debates progressivos”**. 2001. 73p. Dissertação (Mestrado). USP, São Paulo, 2001.

KOUKOURA, Z.; MAMOLOS, A. P.; KALBURTJI, K. L. **Decomposition of dominant plant species litter in a semi-arid grassland**. Applied Soil Ecology 23, 13-23.2003.

LEITÃO, A.C. & SILVA, O. A. Variação sazonal de macronutrientes em uma espécie arbórea de cerrado, na Reserva Biológica e Estação Experimental de Mogi-Guaçu, estado de São Paulo, Brasil. **Rodriguésia** 55 (84): 127-136, 2004.

LEITÃO-FILHO, H. F., PAGANO, S. N., CESAR, O., TIMONI, J. L. & RUEDA, J. **J. Ecologia de mata atlântica em Cubatão, SP.** EDUNESP/EDUNICAMP, São Paulo. 1993.

LOUZADA, M. A. P., QUINTELA, M. F. S. & PENNA L. P. S. Estudo comparativo da produção de serapilheira em áreas de Mata Atlântica: a floresta secundária "antiga" e uma floresta secundária (capoeira). *In*: ESTEVES, F. A. **Oecologia Brasiliensis.** Rio de Janeiro: UFRJ. 1995. p.61-74.

LUIZÃO, F. J. E SCHUBART, H. O. R. **Produção e decomposição de liteira em floresta de terra firme da Amazônia Central.** Acta Limnol Brasil, Vol 1, p 575:600. 1986.

LUIZÃO, F.J. **Litter production and mineral element input to the forest floor in a central Amazonian forest.** Geol. J. 19:407- 417. 1989.

LUIZÃO, F.J. & SCHUBART, .O.R. H. **Litter production and decomposition in a terra-firme forest of Central Amazonia.** Experientia 43:259-265. 1987.

LUSK, C. H.; DONOSO, C.; JIMÉNEZ, M.; MOYA, C.; OYARCE, G. REINOSO, R.; SALDANHA, A.; VILLEGAS, P.; MATUS, F. **Decomposición de hojarasca de *Pinus radiata* y três espécies arbóreas nativas.** Revista Chilena de História Natural, 74:705-710. 2001.

MALAVOLTA, E. et all. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** Associação Brasileira para pesquisa da potassa e do fosfato. Ed. Nagy Ltda. Piracicaba, SP. 1989. 201p.

MARTINS, K. G.; MARQUES, M. C. M.; BRITZ, R. M.; WISNIEWSKI, C. **Deposição e decomposição de serapilheira em uma Floresta Inundável na planície costeira da ilha do mel, PR.** VI congresso de ecologia do Brasil, Fortaleza Ceará, p.543-543. 2003.

MARTINS, S. V. & RODRIGUES, R. R. Produção de Serapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecidual no Município de Campinas, SP. *In: Revista Brasileira de Botânica*. São Paulo: RBB, v. 22, n. 3. p. 405-412. 1999.

MASON, C. F. **Decomposition**. Camelot Press, Southampton, 1977. p. 58.

MASON, C. F. **Decomposição**. Coleção temas de Biologia, São Paulo: E.P.U, v. 18. 1980, 63p.

MATHES, L. A. F. **Composição Florística, Estrutura e Fenologia de uma Floresta Residual do Planalto Paulista**. 1980. 209p. Dissertação (Mestrado), UNICAMP, 1980.

MAYER, M. H. **Considerações sobre características limnológicas de ambientes lóticos**. *Boletim Instituto de Pesca* 5(2), 75-90. 1978.

MENDES, I. C. & VIVALDI, L. A. Dinâmica da biomassa e atividade microbiana em uma área sob Mata de Galeria na região do Distrito Federal. *In: Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria*. Coord. Ribeiro, J.F.; Fonseca, C. E. L.; Souza-Silva, J. C. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. p.665-687.

MONTEIRO, A. L. S.; SOUZA Jr, C. M.; BARRETO, P. G.; PANTOJA, F. L. S.; GERWING, J. J. Impactos da exploração madeireira e do fogo em floresta de transição da Amazônia Legal. *Scientia Forestalis*, n. 65, 2004. p.11-21.

MORAES, R. M.; REBELO, C. F.; DELITI, W. B. C.; VUONO, Y. S. Serapilheira remanescente em um trecho de mata atlântica de encosta, no Parque Estadual da Ilha do Cardoso, São Paulo. *In: III Simpósio de Ecologia da costa Brasileira*, ACIESP. 1993. p. 94-99.



MORAES, R. M. M.; DELETTI, W. B. C. E VUONO. Litterfall and litter nutrient content in two Brazilian Tropical Forests. **Revista Brasileira de Botânica**, V. 22, n. 1. São Paulo. 1999. p.09-16.

NAEEM, S.; THOMPSON, L. J.; LAWLER, S. P.; LAWTON, J. H.; WOODFIN, R. M. Empirical evidence that declining species diversity may alter the performance of terrestrial ecosystems. **philosophical transactions of the Royal Society of London**: B series, 347, 249-262, 1995.

OLIVEIRA, R. R. **Importância das bromélias epífitas na ciclagem de nutrientes da Floresta Atlântica**. Acta Botânica Brasileira 18(4): 793-799. 2004.

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

PAGANO, S.N. Nutrientes minerais no folhedo produzido em mata mesófila semidecídua no município de Rio Claro, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v.49, n.3, p.41-47, 1989.

PERES, J. R. R.; SUHET, A. VARGAS, M. A. T. & DROZDOWICZ, A. **Litter production in of Brazilian “Cerrados”**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 18 (9): 1037-43. 1983.

PRINGLE, L. **Ecologia: a ciência da sobrevivência**. Rio de Janeiro: biblioteca do Exército. 1997. 52p.

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. 53p. (Monografia) CCBS/IB/UFMT, Cuiabá, 1998.

RIBEIRO, L. **O papel da serapilheira na dinâmica de nutrientes do Landi da Moranga, Pantanal Mato-Grossense, Brasil.** 2001. 58p. Dissertação (Mestrado), UFMT, Cuiabá, 2001.

RICHARDS, P. W. **The tropical rain forest.** Cambridge: Cambridge University Press, 1996. 575p.

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

SCHLESINGER, W.H. "Biogeochemistry: An analysis of global change" **Academic Press**, 443 p. 1991.

SANCHES, L.; SULI, G. S.; PRIANTE FILHO, N.; VOURLITIS, G. L. **Índice de área foliar em floresta de transição Amazônia-Cerrado.** 2005

SILVA, C. J. **Produção de Serapilheira em duas fitofisionomias do Cerrado na Reserva Biológica Mario Viana, Nova Xavantina – MT.** 2003. 49p. (Monografia), UNEMAT, Nova Xavantina, 2003.

SIOLI, H. **Amazônia:** fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais. Petrópolis, RJ: Vozes, 1991. 72p.

SOUZA, J. S. **Dinâmica espacial e temporal do fluxo de CO<sub>2</sub> do solo em floresta de terra firme na Amazônia central.** 2004. 62p. Dissertação (Mestrado), INPA, Manaus, 2004.

SULI, G. S. **Comparações empíricas entre medições multiespectrais de sistemas sensores e índice de área foliar verde em floresta amazônica de transição.** 2004. 76p. Dissertação (Mestrado), UFMT, Cuiabá, 2004.

SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M. "Decomposition in terrestrial ecosystems". University of California Press, Berkeley, CA. *In*: Nelson, M. "Litterfall and decomposition rates in Biosphere 2 terrestrial biomes". **Ecological Engineering**. 13, 135-145. 1999.

TANNUS, R.N. **Funcionalidade e sazonalidade sobre Cerrado e sobre ecótono Floresta-Cerrado: uma investigação com dados micrometeorológicos de energia e CO<sub>2</sub>**. 2004. 92p. Dissertação (Mestrado), ESALQ, Piracicaba, 2004.

TILMAN, D.; WEDIN, D.; KNOPS, J. Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems. **Nature**. 379, 718-720, 1996.

TURNER, J. Effect of nitrogen availability on nitrogen cycling in a Douglas-fir stand. **Forest Science** 23: 307-316, 1977.

VALENTINI, C. M. A. **Efluxo de CO<sub>2</sub> do solo de uma área de floresta de transição no noroeste de Mato Grosso**. 2004. 81p. Dissertação (Mestrado), UFMT, Cuiabá, 2004.

VALOIS, A.C.C. **Benefícios e Estratégias de utilização sustentável da Amazônia**. Brasília: Embrapa, 2003, 75p.

VITAL, A. R. T.; GUERRINI, I. A. ; FRANKEN, W. K. e FONSECA, R. C. B. **Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária**. Revista *Árvore*, v. 28, nº 6, p. 793-800. 2004.

VITOUSEK, P. M. Nutrient cycling and nutrient efficiency. **American Naturalist** 119 (4): 553-572, 1982.

VITOUSEK, P. M. Litterfall, nutrient cycling, and nutrient limitation in tropical forests. **Ecology** 65 (1): 285-298, 1984.

VOURLITIS, G. L.; PRIANTE FILHO, N.; HAYASHI, M. M. S.; NOGUEIRA, J. De S.; CASEIRO, F. T. and HOLANDA CAMPELO JR, J. Seasonal variations in the net ecosystem CO<sub>2</sub> exchange of a mature Amazonian transitional tropical Forest (Cerradão). **Functional ecology**: 15, 388-395, 2002.

WANDELLI, E. V. & MARQUES FILHO, A. de O. Medidas de radiação solar e índice de área foliar em coberturas vegetais. **Acta Amazônica** 29(1): 57-78, 1999.

WETZEL, M. M. V. S. **Época de dispersão e fisiologia de sementes do Cerrado**. Tese de Doutorado em ecologia, Brasília, 1997. p.10.

WIEDER, R. K. & WRIGHT, S. J. "Tropical Forest Litter Dynamics and Dry Season Irrigation on Barro Colorado" Island, Panama, **Ecology**, 76: 1971-1979, 1995.

# **Anexos**

## **Metodologia usada para determinação de nitrogênio e fósforo.**

### **Solução digestora:**

- 14g de Sulfato de Lítio ( $\text{Li}_2\text{SO}_4$ )
- 0,42g de Selênio ( $\text{Se}^0$ )
- 350 ml de Perhidrol 30% ( $\text{H}_2\text{O}_2$ )
- 420 ml de Ácido Sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) suprapuro

Em Becker de 1000ml (banho-maria frio) transferir cuidadosamente o sulfato de lítio e o selênio, lavando respectivamente com a água oxigenada (Perhidrol), homogeneizando com bastão de vidro. A seguir adicionar lentamente o ácido sulfúrico homogeneizando a solução. Utilizar a capela com todas as precauções. Para resfriamento rápido utilizar pedras de gelo no banho-maria.

A solução foi guardada na geladeira por no máximo 4 semanas.

### **1° Passo:**

O material vegetal foi seco em estufa a  $60^\circ\text{C}$  até atingir peso constante e triturado em moinho Wiley. Posteriormente foi colocado em tubo digestor (previamente lavado com HCl 10% e água deionizada e secos) 0,2g do material triturado e adicionado 4,4 ml de solução digestora. Os tubos foram tampados com pêras de evaporação e levados ao bloco digestor, em capela, onde permaneceram digerindo por 6 h a  $360^\circ\text{C}$ . Foram usados 3 tubos digestores, somente com a solução para o branco.

### **2° passo:**

Após a digestão, o material de cada um dos tubos digestores foi transferido para um becker de 50 ml e ajustado o pH entre 5 e 8. Posteriormente foi transferido para um balão de 100ml o qual foi completado com água destilada e homogeneizado.

3º passo:

Para a análise do nitrogênio foi retirado 0,5 ml da solução digerida do balão de 100 ml, e para a análise do fósforo foi retirado 1ml da solução ambos foram transferidos para balões de 50 ml, incluindo o branco.

Posteriormente foram adicionados os reagentes específicos para cada uma das análises, nitrogênio pelo método do fenato e fósforo pelo método do ácido ascórbico.

## **Determinação de Fósforo**

Método do ácido ascórbico

Aparatos:

Vidraria lavada com ácido HCl 10%: Use vidraria lavada com ácido para determinar baixas concentrações de fósforo. Contaminação de fosfato é comum por causa de sua absorção na superfície do vidro. não utilizar detergentes comerciais contendo fosfato. Limpe toda vidraria com HCl diluído quente e enxágüe bem com água destilada. Preferencialmente, reserve a vidraria unicamente para determinação de fosfato, e depois do uso, lave e deixe cheia com água até novo uso. Se isto é feito, tratamento com ácido é requerido ocasionalmente.

## **Reagentes**

Ácido sulfúrico,  $H_2SO_4$ , 5 N: Dilua 70 mL de  $H_2SO_4$  concentrado para 430 mL com água destilada.

Solução de tartrato antimônio potássio: Dissolva 1,3715 g de  $K(SbO)C_4H_4O_6 \cdot \frac{1}{2}H_2O$  em 400 mL de água destilada em um frasco volumétrico de 500 mL e dilua para este volume. Estoque em garrafa de vidro fechada.

Solução molibdato de amônio: Dissolva 20 g de  $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$  em 500 mL de água destilada. Estoque em uma garrafa de vidro fechada.

Ácido ascórbico, 0,1 M: Dissolva 1,76 g de ácido ascórbico em 100 mL de água destilada. A solução é estável por quase 1 semana a 4°C.

Reagente combinado: Misture os reagentes nas seguintes proporções para 100 mL do reagente combinado: 50 mL de  $H_2SO_4$  5 N, 5 mL da solução de tartrato antimônio potássio, 15 mL da solução molibdato de amônio e 30 mL da solução de ácido ascórbico. Misture depois da adição de cada reagente. Deixe todos os reagentes alcançar a temperatura ambiente antes de serem misturados e misture na ordem dada. Se formar turbidez no reagente combinado, mexa e deixe repousar por poucos minutos até que a turbidez desapareça antes do procedimento. O reagente é estável por 4 h.

Solução estoque de fosfato ( $50 \text{ mg} \cdot L^{-1}$ ): Seque em estufa a 110°C e deixe resfriar em dessecador. Dissolva em água destilada contendo 2 mL de  $H_2SO_4$  9 N ( $250 \text{ mL} \cdot L^{-1}$ ) 0,2197 g de  $KH_2PO_4$  anidro ou 0,2812 g de  $K_2HPO_4$  anidro e dilua para 1000 mL. Estocada fria em garrafa de vidro, a solução permanece estável por meses (Koroleff, 1983).  $1 \text{ mL} = 0,05 \text{ mg } PO_4^{3-}\text{-P}$ .

Solução intermediária de fosfato ( $1 \text{ mg} \cdot L^{-1}$ ): Dilua 20 mL da solução estoque para 1000 mL com água destilada. Prepare diariamente.  $1 \text{ mL} = 0,001 \text{ mg } PO_4^{3-}\text{-P}$ .

### Procedimento

Tratamento da amostra: Pipete 1 mL da amostra dentro de um limpo e seco balão volumétrico de 50 mL. Adicione 8,0 mL do reagente combinado e misture. Depois



de no mínimo 10 min, mas não mais do que 30 min, meça absorvância de cada amostra em 880 nm, usando branco de reagente como solução referência.

Preparação da curva de calibração: Prepare uma curva de calibração individual de uma série de 6 padrões dentro do alcance de 0,01 mg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P.L<sup>-1</sup> a 6 mg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P.L<sup>-1</sup>. Use um branco com água destilada e o reagente combinado (siga a Tabela 6) e faça a leitura espectrofotométrica para construir uma curva de calibração. Plote a absorvância versos a concentração de fosfato para dar uma linha reta passando através da origem. Teste no mínimo um padrão de fosfato para cada jogo de amostras.

Tabela 6. Preparação da curva padrão de PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P a partir de diluições da solução intermediária de 1 mg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P.L<sup>-1</sup>.

Volume da solução intermediária (mL)	Cálculo vi.ci = vf.cf*	Concentração (mg.L <sup>-1</sup> ) em 100 mL
Branco 1	—	0,00
Branco 2	—	0,00
Branco 3	—	0,00
1	1.1 = 100.cf	0,01
2	2.1 = 100.cf	0,02
4	4.1 = 100.cf	0,04
10	10.1 = 100.cf	0,10
20	20.1 = 100.cf	0,20
50	50.1 = 100.cf	0,50
100	100.1 = 100.cf	1,00
12 (sol. estoque)	vi.50 = 100.6	6,00

\*Onde: vi = volume inicial; ci = concentração inicial; vf = volume final; cf = concentração final.

Cálculos

$\text{mg P.L}^{-1} = \text{mg P (em aproximadamente 58 mL de volume final)} \times 1000 / \text{mL da amostra}$

## Determinação de Nitrogênio

### Método do Fenato

Reagentes

Solução de fenol: Misturar 11,1 mL de fenol ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ ) líquido ( $\geq 89\%$ ) com 95 % v/v de álcool etílico para um volume final de 100 mL. Prepare semanalmente. Precauções: Usar luvas e proteções para os olhos quando estiver manipulando fenol; usar boa ventilação para minimizar toda exposição pessoal a essa substância tóxica e volátil.

Nitroprussiato de sódio, 0,5 % p/v: Dissolver 0,5 g de nitroprussiato disódico dihidratado ( $\text{Na}_2\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) para 100 mL de água deionizada. Estocar em frasco âmbar por mais de 1 mês.

Citrato alcalino: Dissolver 200 g de citrato trisódico dihidratado ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{Na}_3\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) e 10 g de hidróxido de sódio ( $\text{NaOH}$ ) em água deionizada. Diluir para 1000 mL.

Hipoclorito de sódio ( $\text{NaClO}$ ), solução comercial, quase 5 %, ou usar solução alternativa: Dissolver 8,93 g de dicloroisocianurato de sódio ( $\text{NaCl}_2(\text{NCO})_3$ ) contendo 56 % de Cl disponível para 100 mL de uma solução de  $\text{NaOH}$  0,14 N (0,56 g/1000 mL de água deionizada). Estocar frio em frasco âmbar com tampa de plástico. Estável por no mínimo 3 semanas.

Solução oxidante: Misturar 100 mL da solução de citrato alcalino com 25 mL de hipoclorito de sódio. Preparar diariamente.

Solução estoque de cloreto de amônio ( $100 \text{ mg.L}^{-1}$ ): Dissolver 0,3819 g de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  anidro, seco anteriormente a  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  por 24 h, em água e diluir para 1000 mL. Preservar com uma gota de clorofórmio e manter em frasco de vidro no refrigerador. Estável por meses.  $1 \text{ mL} = 0,100 \text{ mg N} = 0,122 \text{ mg NH}_3$ .

Solução intermediária de cloreto de amônio ( $1 \text{ mg.L}^{-1}$ ): Diluir 10 mL da solução estoque de cloreto de amônio para 1000 mL. Estável por 1 dia.  $1 \text{ mL} = 0,00100 \text{ mg N} = 0,00122 \text{ mg NH}_3$ .

### Preparação da curva padrão

Prepare de acordo com o alcance da concentração das amostras e acrescente mais de um branco para minimizar os erros. Pode-se prosseguir com o exemplo abaixo (Tabela 1) utilizando balões volumétricos de 100 mL. Use no mínimo 5 padrões mais os brancos.

Tabela 1. Preparação da curva padrão de N e  $\text{NH}_3$  a partir de diluições da solução intermediária de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  a  $1 \text{ mg N.L}^{-1}$  e  $1,22 \text{ mg NH}_3.\text{L}^{-1}$ .

Volume da solução intermediária (mL)	Cálculo $v_i.c_i = v_f.c_f^*$	Concentração ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) em 100 mL	
		N	$\text{NH}_3$
Branco 1	—	0,000	0,0000
Branco 2	—	0,000	0,0000
Branco 3	—	0,000	0,0000
0,5	$0,5.1 = 100.c_f$	0,005	0,0061
1	$1.1 = 100.c_f$	0,010	0,0122
2	$2.1 = 100.c_f$	0,020	0,0244
3	$3.1 = 100.c_f$	0,030	0,0366
4	$4.1 = 100.c_f$	0,040	0,0488
5	$5.1 = 100.c_f$	0,050	0,0610

10	$10.1 = 100.cf$	0,100	0,1220
15	$15.1 = 100.cf$	0,150	0,1830
20	$20.1 = 100.cf$	0,200	0,2440
25	$25.1 = 100.cf$	0,250	0,3050
50	$50.1 = 100.cf$	0,500	0,6100
100	$100.1 = 100.cf$	1,000	1,2200

---

\*Onde:  $v_i$  = volume inicial;  $c_i$  = concentração inicial;  $v_f$  = volume final;  $c_f$  = concentração final.

### Procedimento

Para 0,5 mL de amostra em um erlenmeyer de 50 mL, adicione, misturando bem depois de cada adição, 1 mL da solução de fenol, 1 mL da solução de nitroprussiato de sódio, e 2,5 mL da solução oxidante. Cobrir as amostras com uma manta de plástico. Deixe a cor desenvolver em sala com temperatura de 22 °C a 27 °C com pouca luz por no mínimo 1 h. A cor é estável por 24 h. Meça em absorbância de 640 nm. Prepare um branco e no mínimo dois outros padrões diluindo a solução estoque de amônia. Trate os padrões da mesma forma que as amostras.

### Cálculos

Prepara uma curva padrão plotando a leitura da absorbância dos padrões contra a concentração dos padrões. Calcule a concentração das amostras comparando a absorbância das amostras com a curva padrão.

## **Metodologia usada para determinação do Carbono**

A concentração de carbono foi determinada no aparelho Multi N/C da Analytik Jena AG.

Foram pesados cerca de 100 mg do material triturado em cadinhos que foram inseridos no aparelho. A amostra é queimada e a concentração de carbono é dada pelo aparelho em g/kg.