

**SANAE NOGUEIRA HAYASHI**

**DINÂMICA DA SERAPILHEIRA EM UMA CRONOSSEQUENCIA DE  
FLORESTAS NO MUNICÍPIO DE CAPITÃO POÇO-PA**

**BELÉM  
2006**

**SANAE NOGUEIRA HAYASHI**

**DINÂMICA DA SERAPILHEIRA EM UMA CRONOSEQUENCIA DE  
FLORESTAS NO MUNICÍPIO DE CAPITÃO POÇO-PA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia e ao Museu Paraense Emílio Goeldi, como parte das exigências do curso de Mestrado em Botânica Tropical, para obtenção do título de **Mestre**.

Orientadora Prof. Dr<sup>a</sup>. Ima Célia G. Vieira

**BELÉM**  
**2006**

Hayashi, Sanae Nogueira

Dinâmica da serrapilheira em uma cronosequência de florestas do município de Capitão Poço / Sanae Nogueira Hayashi. ; orientado por Ima Célia Guimarães Vieira -- Belém, 2006.

61f. : il.

Dissertação de mestrado em Botânica com área de concentração em Botânica Tropical pela Universidade Federal Rural da Amazônia e Museu Paraense Emílio Goeldi.

1.Floresta primária - Nutrientes. 2. Serrapilheira – Dinâmica – Capitão Poço (PA). I. Título. II. Vieira, Ima Célia Guimarães, Orient.

SANAE NOGUEIRA HAYASHI

**DINÂMICA DA SERAPILHEIRA EM UMA CRONOSSEQUENCIA DE FLORESTAS NO MUNICÍPIO DE CAPITÃO POÇO-PA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia e ao Museu Paraense Emílio Goeldi, como parte das exigências do curso de Mestrado em Botânica Tropical, para obtenção do título de **Mestre**.

APROVADA em 15 de Maio de 2006

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr<sup>a</sup>. Ima Célia G. Vieira  
Orientadora  
Museu Paraense Emílio Goeldi – MPEG

---

Dr. Cláudio José Reis Carvalho  
Embrapa Amazônia Oriental – EMBRAPA CPATU

---

Dr<sup>a</sup>. Manoela F. F. Silva  
Museu Paraense Emílio Goeldi – MPEG

---

Dr. Fancisco Assis Oliveira  
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

*A minha filha Maria Luíza, aos meus pais  
Antonia e Naoto Hayashi, e aos meus irmãos Naomi  
e Takeshi.*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, mestre amigo e sempre presente em minha vida.

Ao Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) e a Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), pela oportunidade de fazer o mestrado.

Ao Projeto de Larga Escala da Biosfera-Atmosfera da Amazônia (Projeto LBA), pelo apoio material e instrumental durante a execução de toda a dissertação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de estudo concedida durante o mestrado.

A Dr. Ima C. G. Vieira, pela orientação em todos os momentos, e pela confiança em mim depositada para desenvolver esse trabalho.

Ao Dr. Cláudio José Reis Carvalho, pela orientação e valiosos ensinamentos repassados, bem como pela amizade e companheirismo de um amigo.

A Embrapa Amazônia Oriental, pela oportunidade concedida da utilização de sua infraestrutura de laboratórios e pelo apoio técnico e instrumental.

Ao Laboratório de Análises Químicas da Coordenação de Ciência da Terra e Ecologia do Museu Paraense Emílio Goeldi, em especial a Ieda, pela ajuda nas análises de cálcio e magnésio da serapilheira coletada.

Ao Cléo Marcelo Araújo Souza, meu grande e eterno amigo, sempre do meu lado desde os momentos felizes como nos momentos mais difíceis da minha vida, além da ajuda incontestável durante todo o mestrado.

A Eliane Leal, Mário Junior, Ivan, Seu Marinho e Edson, pela companhia e valiosa ajuda durante as coletas de campo, além da companhia durante as viagens para Capitão Poço.

A Arlete, Ana Paula e Cíntia, por toda ajuda, conselho e amizade durante o mestrado.

Aos professores do curso de Mestrado em Botânica Tropical, pelos ensinamentos.

Aos Pesquisadores, funcionários e estagiários do Laboratório de Ecofisiologia Vegetal e Propagação de Plantas da Embrapa Amazônia Oriental, pela colaboração nas análises químicas, bem como pela colaboração e amizade durante a realização deste trabalho.

E a todos aqueles que me auxiliaram direta e indiretamente para a concretização desta dissertação.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
LISTA DE FIGURAS.....	v
LISTA DE TABELAS.....	vii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	4
2.1. A importância de florestas primárias e secundárias para a recuperação da ciclagem de nutrientes na Amazônia.....	4
2.2. Produção e decomposição de serapilheira.....	6
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	9
3.1. Caracterização da área de estudo.....	9
3.2. Tipo de florestas estudadas.....	12
3.2.1. Floresta primária.....	13
3.2.2. Capoeiras.....	13
3.3. Estoque de serapilheira.....	14
3.2.1. Coleta e tratamento da serapilheira estocada.....	14
3.2.1. Análise dos nutrientes da serapilheira estocada.....	16
3.4. Produção da serapilheira.....	16
3.4.1. Coleta e tratamento da serapilheira .....	16
3.4.2. Análise dos nutrientes da serapilheira produzida.....	17
3.5. Decomposição da serapilheira.....	17
3.5.1. Taxa de decomposição.....	17
3.5.2. Perda de massa da serapilheira em decomposição.....	18
3.5.3. Análise dos nutrientes da serapilheira em decomposição.....	19
3.6. Tratamento estatístico dos dados.....	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
4.1. Estoque da serapilheira.....	21
4.1.1. Serapilheira estocada sobre o solo .....	21
4.2.2. Estoque de nutrientes sobre o solo.....	22
4.2. Produção da serapilheira.....	26

4.2.1.	Produção mensal e anual de serapilheira.....	26
4.2.2.	Concentração de nutrientes na serapilheira produzida.....	30
4.2.3.	Transferência de nutrientes através da serapilheira produzida.....	36
4.3.	Decomposição da serapilheira.....	41
4.3.1.	Taxa da decomposição.....	41
4.3.2.	Curva de perdas de massa da serapilheira em decomposição.....	42
4.3.3.	Remoção dos nutrientes da serapilheira em decomposição.....	44
5.	CONCLUSÕES.....	52
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
Figura 1. Localização da área de estudo, município de Capitão Poço, mesorregião do nordeste do Estado do Pará.....	9
Figura 2. Média mensal de precipitação pluviométrica, e temperatura média mensal máxima e mínima, observada na estação climatológica da CITROPAR- Citros do Pará S/A, em Capitão Poço-PA, no período de fevereiro de 2004 à janeiro de 2005.....	11
Figura 3. Totais anuais de precipitação pluviométrica observados na estação climatológica da CITROPAR- Citros do Pará S/A, em Capitão Poço-PA, no período de 1995 à 2004.....	11
Figura 4. Localização da floresta primária e capoeiras de 6, 10, 20 e 40 anos, na região sul do município de Capitão Poço-PA.....	12
Figura 5. Coleta da serapilheira estocada sobre o solo das capoeiras de 6, 10, 20, 40 anos, e da floresta primária no município de Capitão Poço-Pa: (A) Molde vazado de ferro com 0,25 m <sup>2</sup> limitando a serapilheira acumulada a ser coletada; (B) Molde vazado de ferro sem o material que foi coletado.....	15
Figura 6. Coletor permanente de serapilheira com 2,5m <sup>2</sup> instalados nas capoeiras de 6, 10, 20, 40anos e floresta primária no município de Capitão Poço-PA.....	17
Figura 7. Saco de malha de nylon contendo 10g de folhas secas, com medidas de 20 cm x 30 cm, e malha de 2 mm para permissão da entrada de meso e micro-decompositores.....	18
Figura 8. Exemplo do método de saco de malha de nylon para estudos de perda de peso das folhas da serapilheira em decomposição: (A) vista do grupo com 5 sacos com folhas de serapilheira recém caídas no solo; (B) disposição dos sacos sobre o solo e cobertos com a serapilheira.....	19
Figura 9. Estoque de serapilheira sobre o solo das capoeiras de 6, 10, 20, 40 anos e da floresta primária no município de Capitão Poço-PA.....	22
Figura 10. Concentração (g.Kg <sup>-1</sup> ) de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na serapilheira estocada sobre o solo nas capoeiras de 6, 10, 20, 40 anos e na floresta primária no município de Capitão Poço-PA.....	25

Figura 11.	Deposição mensal ( $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) de serapilheira no período de fevereiro 2004 a janeiro 2005, nas capoeiras de 6, 10, 20, 40 anos e na floresta primária, localizadas no município de Capitão Poço-PA.....	27
Figura 12.	Produção anual de serapilheira durante os meses de fevereiro 2004 a janeiro 2005 nas capoeiras de 6, 10, 20, 40 anos e na floresta primária no município de Capitão Poço-PA.....	29
Figura 13.	Média mensal da concentração ( $\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$ ) de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na serapilheira produzida, durante o período de fevereiro de 2004 a janeiro de 2005, nas capoeiras de 6, 10, 20, 40 anos e na floresta primária, localizadas no município de Capitão Poço-PA.....	31
Figura 14.	Quantidade ( $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio transferidos através da serapilheira produzida, durante o período de fevereiro de 2004 a janeiro de 2005, nas capoeiras de 6, 10, 20, 40 anos e na floresta primária, localizadas no município de Capitão Poço-PA.....	38
Figura 15.	Relação entre as capoeiras de 6, 10, 20, 40 anos e a floresta primária com o estoque de serapilheira sobre os seus solos, e com a taxa de decomposição (K) determinada pelo modelo de Olson (1963).....	42
Figura 16.	Curva exponencial com coeficientes de regressão, relacionados com a perda mensal de peso do material remanescente da serapilheira coletadas nas capoeiras de 6, 10, 20, 40 e na floresta primária durante o período de 270 dias no município de Capitão Poço-PA.....	43
Figura 17.	Conteúdo (%) de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na serapilheira remanescente, em relação ao inicial, após cada período de permanência sobre o solo das capoeiras de 10, 20, 40 anos e da floresta primária no município de Capitão Poço-PA.....	46

## LISTA DE TABELAS

		<b>Página</b>
Tabela 1.	Histórico de uso das capoeiras de 6, 10, 20 e 40 anos, município de Capitão Poço-PA.....	13
Tabela 2.	Espécies mais abundantes nas capoeiras de 6, 10, 20 e 40 anos, município de Capitão Poço-PA.....	14
Tabela 3.	Famílias mais abundantes nas capoeiras de 6, 10, 20 e 40 anos, município de Capitão Poço-PA.....	14
Tabela 4.	Produção anual de serapilheira, estoque da serapilheira sobre o solo, e taxa de decomposição da serapilheira (K) em diferentes florestas tropicais.....	23
Tabela 5.	Estoque de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na serapilheira acumulada sobre o solo ( $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) e seus respectivos desvios padrões nas capoeiras de 6, 10, 20, 40 anos e na floresta primária no município de Capitão Poço-PA.....	26
Tabela 6.	Coeficiente de correlação entre produção mensal de serapilheira e precipitação pluviométrica.....	29
Tabela 7.	Médias anuais e seus respectivos desvios padrões das concentrações de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) da serapilheira das capoeiras de 6, 10, 20, 40 anos e da floresta primária, durante o período de fevereiro de 2004 a janeiro de 2005, no município de Capitão Poço-PA.....	30
Tabela 8.	Concentração ( $\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$ ) e quantidade ( $\text{kg}\cdot\text{ha}\cdot\text{ano}^{-1}$ ) de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (k), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na serapilheira total em algumas florestas tropicais.....	32
Tabela 9	Quantidades totais ( $\text{Kg}\cdot\text{ha}\cdot\text{ano}^{-1}$ ) de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio que retornam ao solo através da serapilheira das capoeiras de 6, 10, 20, 40 anos e da floresta primária, durante o período de fevereiro de 2004 a janeiro de 2005, no município de Capitão Poço-PA.....	39
Tabela 10	Média ( $\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$ ), desvio padrão e percentual remanescente da concentração de N na serapilheira em decomposição das capoeiras de 10, 20, 40 anos e na floresta primária no município de Capitão Poço-PA.....	45

	Média ( $\text{g.Kg}^{-1}$ ), desvio padrão e percentual remanescente da concentração de	
Tabela 11	P na serapilheira em decomposição das capoeiras de 10, 20, 40 anos e na floresta primária no município de Capitão Poço-PA.....	47
	Média ( $\text{g.Kg}^{-1}$ ), desvio padrão e percentual remanescente da concentração de	
Tabela 12	K na serapilheira em decomposição das capoeiras de 10, 20, 40 anos e na floresta primária no município de Capitão Poço-PA.....	49
	Média ( $\text{g.Kg}^{-1}$ ), desvio padrão e percentual remanescente da concentração de	
Tabela 13	Ca na serapilheira em decomposição das capoeiras de 10, 20, 40 anos e na floresta primária no município de Capitão Poço-PA.....	50
	Média ( $\text{g.Kg}^{-1}$ ), desvio padrão e percentual remanescente da concentração de	
Tabela 14	Mg na serapilheira em decomposição das capoeiras de 10, 20, 40 anos e na floresta primária no município de Capitão Poço-PA.....	51

## RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido no município de Capitão Poço, mesorregião do nordeste paraense, microrregião do Guamá, com o objetivo de estudar a dinâmica da serapilheira em uma cronossequência de florestas com ênfase na avaliação do estoque, produção e decomposição da serapilheira. Para tanto, foram selecionados diferentes tipos de florestas: uma floresta primária e quatro florestas secundárias (capoeiras) de 6, 10, 20 e 40 anos de idade. Para as análises da serapilheira estocada sobre o solo, foi utilizado um molde vazado de ferro com  $0,25 \text{ m}^2$ , na qual se coletou todo o material contido dentro do mesmo. Para a produção da serapilheira, foram alocados, durante 12 meses, 30 coletores também medindo  $0,25 \text{ m}^2$ , com coletas feitas quinzenalmente. Na análise da decomposição da serapilheira foi utilizado o método do saco de malha de nylon ( $20 \times 30 \text{ cm}$ ), com 20 sacos em cada floresta, preenchidos com 10 g de mistura de folhas secas recém caídas na serapilheira, os quais foram alocados sobre o solo, e retirados após 30, 60, 120, 180 e 270 dias. O maior acúmulo de serapilheira sobre o solo, foi encontrado nas capoeiras mais novas de 6 anos ( $6,70 \text{ Mg.ha}^{-1}$ ), de 10 anos ( $5,63 \text{ Mg.ha}^{-1}$ ) e 20 anos ( $5,65 \text{ Mg.ha}^{-1}$ ) em relação a capoeira de 40 anos ( $3,73 \text{ Mg.ha}^{-1}$ ), e a floresta primária ( $3,57 \text{ Mg.ha}^{-1}$ ), devido a menor taxa de decomposição da serapilheira nas florestas mais novas, que se encontram no início da sucessão florestal. O N e o Mg da serapilheira estocada, também foram maiores na capoeira de 40 anos e na floresta primária, ao contrário do Ca que se apresentou em menor quantidade nestas florestas. Somente o P e K não apresentaram diferenças estatísticas entre todas as florestas analisadas. A maior produção anual de serapilheira foi encontrada na floresta primária ( $9,81 \text{ Mg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ ) diferindo-se das capoeiras de 6 ( $7,37 \text{ Mg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ ), de 10 anos ( $8,39 \text{ Mg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ ), de 20 anos ( $7,88 \text{ Mg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ ) e de 40 anos ( $8,06 \text{ Mg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ ), as quais não apresentaram diferença estatística entre si, ao nível 5%. Já, a produção mensal foi ininterrupta em todas as florestas, além de que as maiores produções ocorreram durante o período mais seco do ano, e durante o início do período chuvoso. Outrossim, houve correlação negativa entre a produção de serapilheira e a pluviosidade em todas as florestas, sendo que as maiores correlações foram detectadas nas capoeiras de 6 e 10 anos, apresentando, ambas, maior sensibilidade ao regime de chuvas. A maior taxa de decomposição foi encontrada na floresta (2,89), seguida das capoeiras de 40 anos (2,33), 10 anos (1,52), 20 anos (1,43) e 6 anos (1,15), indicando que à medida que a floresta envelhece, a sua taxa de decomposição aumenta e conseqüentemente sua serapilheira estocada sobre o solo diminui. Isso, provavelmente, está relacionado com a maior atividade dos organismos que participam da quebra, da decomposição e da remoção da matéria orgânica nas florestas mais maduras, necessitando de menos tempo para a renovação da serapilheira estocada.

**PALAVRAS-CHAVES:** Serapilheira, nutrientes, floresta primária, capoeiras.

## ABSTRACT

This study was conducted in the municipality of Capitão Poço, mesoregion of the northeast of Pará, microregion of Guamá, with the objective of studying the dynamics of litter in a chronosequence of forests with emphasis on the evaluation of litter stock, production and decomposition. For this purpose, different types of forests were selected: four secondary forests of 6, 10, 20 and 40 years of age, and a primary forest. For the analyses of the litter stocked on the soil, an iron mold of 0,25 m<sup>2</sup> was used, in which the whole litter material contained inside was collected. For the litter production, 30 traps also measuring 0,25 m<sup>2</sup> were used for bi-weekly collection over 12 months. For the analysis of the litter decomposition it was the litterbag method. Twenty bags (20 x30 cm) were filled with 10 g of mixture of dry leaves recently shed, who were placed on the soil and retrieved after 30, 60, 120, 180 and 270 days. The largest litter accumulation on the soil was found in the six year-old youngest secondary forests (6,70 Mg.ha<sup>-1</sup>), of 10 years (5,63 Mg.ha<sup>-1</sup>) and of 20 years (5,65 Mg.ha<sup>-1</sup>) in relation to the 40 year-old secondary forest (3,73 Mg.ha<sup>-1</sup>) and the primary forest (3,57 Mg.ha<sup>-1</sup>), due to smaller litter decomposition rate in the youngest forests that are in the first stages of forest succession. N and Mg of the stocked litter were also larger in the 40 year-old secondary forest and in the primary forest, unlike Ca, that had smaller amount in these forests. However, only P and K did not present statistical differences among all of the analyzed forests. The largest annual production of litter was found at the primary forest (9,81 Mg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>), which differed from the secondary forests of 6 years (7,37 Mg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>), 10 years (8,39 Mg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>), 20 years (7,88 Mg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>) and 40 years (8,06 Mg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>), which did not present statistical difference amongst themselves, at the level of 5%. Litter monthly production was continuous in all of the forests, and the largest rates occurred during the driest period of the year, and during the beginning of the rainy season. Likewise, there was negative correlation between the litter production and rainfall in all of the forests, and the largest correlations were detected in secondary forest of 6 and 10 years, presenting both, larger sensitivity to the regime of rains. The largest decomposition rate was found at the old-growth forest (2,89), following by the 40 year-old secondary forests (2,33), 10 years (1,52), 20 years (1,43) and 6 years (1,15). These results indicate that as the forest ages, its decomposition rate increases and, consequently, the stock of litter on the soil decreases. This is related to higher activity of the organisms that participate in the breakdown, decomposition and removal of organic matter in more mature forests, needing less time for the renewal of the stocked litter.

**KEYWORDS:** Litter, nutrients, primary forest, secondary forest.

## 1. INTRODUÇÃO

O equilíbrio de nutrientes da floresta amazônica é de fundamental importância para o seu desenvolvimento, já que seu solo é caracteristicamente ácido, com reduzidos níveis de fertilidade (SANTANA *et al.*, 2003). Esse tipo de ecossistema criou mecanismos de conservação que permitem a sua sobrevivência e seu crescimento, através da ciclagem dos nutrientes. Esse processo é a fonte mais importante de transferência de elementos químicos da vegetação para o solo, que ocorre através da queda de detritos, os quais vão constituir a serapilheira, considerada de vital importância na manutenção da fertilidade do solo da região (MARTIUS *et al.*, 2004).

A produção da serapilheira pode variar com o tipo de ecossistema (natural ou cultivado) e com o estágio de desenvolvimento do mesmo (HAA, 1987). Uma vez depositada sobre o solo, a quantidade e o tempo de residência serão regulados pelo processo de decomposição e mineralização, ou seja, com a liberação eventual dos elementos químicos retidos nos compostos orgânicos (LUIZÃO, 1982).

O tempo de decomposição da serapilheira dura de poucos meses a vários anos para o completo desaparecimento do material. Entretanto, a velocidade de decomposição será regulada pelas condições climática e edáfica do ambiente, pela composição específica e numérica da comunidade decompositora (macro e microfauna) e pela qualidade e diversidade da matéria orgânica (DENICH *et al.*, 1986).

Em decorrência da acelerada ocupação da Amazônia, grande parte de suas florestas vem sendo convertidas para o uso agrícola e pastoril (ALENCAR *et al.*, 2004). Somente no ano de 2003 à 2004, 26.130 Km<sup>2</sup> de florestas foram desmatadas, sendo a segunda maior taxa já registrada para a Amazônia, ficando atrás somente do ano de 1994 à 1995 que alcançou 29.059 Km<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> (INPE, 2005). O processo de desmatamento contribui para a transformação das florestas em pequenos fragmentos, ou seja, o cenário amazônico passa a ser considerado como verdadeiro mosaico, formado por manchas de florestas remanescentes, capoeiras (florestas secundárias), e áreas de cultivo e pastagem (ALENCAR *et al.*, 1996; ALMEIDA, 2000). Em virtude disso, essa transformação ocasiona uma série de alterações na biodiversidade, alterações estruturais e funcionais das florestas. Dessa forma, quando essas florestas são perturbadas, os mecanismos de

retenção de nutrientes alteram-se, diminuindo ainda mais a fertilidade naturalmente baixa dos solos, representando-se como um dos principais problemas dessa conversão (MESQUITA *et al.*, 1998).

Grande parte das florestas convertidas para o uso agropecuário são abandonadas, surgindo florestas secundárias (capoeiras) em diferentes estádios sucessionais, ou seja, em diferentes idades de pousio (VIEIRA, 1996; DAVIDSON *et al.*, 2004). No nordeste paraense, as capoeiras representam o pousio da vegetação na agricultura de corte e queima, sendo o principal fertilizante para a terra, já que as cinzas proporcionam a correção da acidez do solo para os próximos cultivos agrícolas (PEREIRA e VIEIRA, 2001; DAVIDSON *et al.*, 2004; WISSEMULLER, 2004).

Segundo Vieira *et al.* (2003), essa nova vegetação acumula estoques de nutrientes, e de certa forma, repõem parte da biodiversidade perdida com o desmatamento. Para tanto, em todas as áreas de fronteira agrícola na Amazônia, a capoeira é o ecossistema em expansão, e representa 20 à 50% das áreas ocupadas com atividades agropecuárias (PEREIRA e VIEIRA, 2001).

Neste contexto, a grande extensão de área de capoeiras na Amazônia, aliada ao pouco conhecimento científico desse tipo de vegetação, justifica a necessidade de gerar informações básicas sobre a produtividade e a dinâmica das capoeiras na medida em que elas se desenvolvem para a maturidade, ou seja, determinar como essa vegetação vem recuperando suas funções ecológicas.

Este trabalho faz parte do Projeto de Larga Escala da Biosfera-Atmosfera da Amazônia-LBA, e está inserido ao projeto “Dinâmica Biogeoquímica em Áreas Secundárias da Amazônia”, delineado por um grupo de pesquisadores do The Woods Hole R. Center, Museu Paraense Emílio Goeldi, EMBRAPA-CPATU, e Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (Projeto ND02). Este projeto procura avaliar como as mudanças na vegetação ocasionam alterações nos ciclos da água, do carbono, e dos outros nutrientes. Está dividido nos seguintes subcomponentes: 1) Estudo de limitações de nutrientes em vegetação secundária; 2) Estudo de sensoriamento remoto e detecção de mudanças na vegetação; 3) Química de canais de água e influência da zona ripária; 4) Gases traços no solo; 5) Papel das formigas na ciclagem de nutrientes em vegetação secundária. Como parte do 1º subcomponente, este trabalho tem como principal objetivo estudar

a dinâmica da serapilheira em uma cronosequência de florestas formada por capoeiras em diferentes estádios sucessionais (capoeiras de 6, 10, 20 e 40 anos) e uma floresta primária no município de Capitão Poço, Estado do Pará, avaliando os seguintes aspectos:

- Estoque da serapilheira e acúmulo de nutrientes sobre o solo;
- Produção anual e mensal de serapilheira e nutrientes nela contidos;
- Correlação entre as condições climáticas e a produção de serapilheira;
- Taxa de decomposição da serapilheira e remoção dos nutrientes;

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 A importância das florestas primária e secundária (capoeiras) para os processos biogeoquímicos na Amazônia.**

Grande parte das áreas desmatadas anualmente na Amazônia são abandonadas, ocorrendo a regeneração florestal nos anos seguintes, ou seja, promovendo o crescimento de capoeiras ou florestas secundárias. Esse tipo de vegetação está aumentando em extensão e importância, já que 20% da zona úmida da Amazônia está constituída por áreas de vegetação secundária (SCHENEIDER *et al.*, 2000).

Segundo Brown e Lugo (1990) as capoeiras são caracterizadas como vegetações arbóreo-arbustivas que se desenvolvem após um distúrbio, na qual 90% da flora da vegetação primária é removida. Para Pereira e Vieira (2001) as capoeiras se caracterizam como áreas de crescimento espontâneo de vegetação secundária proveniente do processo de substituição dos ecossistemas florestais por outros usos da terra. Os principais exemplos de ecossistemas de capoeiras na Amazônia são as áreas de pousio no sistema agrícola de corte e queima, a vegetação formada após o abandono de áreas de pastagens degradadas e as áreas abandonadas após cultivos agrícolas perenes e semi-perenes (PEREIRA e VIEIRA, 2001).

Segundo Wiesemuller (2004), essa conversão é ainda resultado do sistema tradicional do uso da terra, o qual é baseado na agricultura migratória com uso de fogo, haja vista que a floresta é derrubada, queimada e utilizada para plantio por um período de 1 a 2 anos. Assim, após a colheita, os plantios são abandonados, e nas áreas utilizadas desenvolve-se um novo tipo de vegetação, que depois de uma fase de pousio, será novamente utilizada dando início a uma outra rotação do ciclo produtivo.

No entanto, Vieira *et al.* (1993) mencionam que apesar das capoeiras serem o tipo mais comum de ecossistema degradado na Amazônia, felizmente, também são consideradas as mais fáceis de recuperar, pois a medida que se desenvolvem, recuperam algumas de suas principais funções, anteriormente exercidas pelas florestas primárias. Dessa forma, são capazes de desempenhar importantes serviços ecológicos. No entanto, a trajetória da recuperação destas áreas, depende da história de uso das áreas que foram abandonadas.

Dentre as principais funções das capoeiras estão: estabelecimento das funções orgânicas do solo, reserva de sementes e frutos de espécies nativas regionais que possibilitam a manutenção da diversidade florística, sustentação da fauna silvestre da região (VIEIRA, 1996) e redução da inflamabilidade da paisagem (NEPSTAD *et al.*, 2001). Outrossim, durante o tempo de pousio, esse tipo de floresta recupera as funções biogeoquímicas do ecossistema através da acumulação dos nutrientes na biomassa vegetal durante o tempo de pousio, além de armazena carbono (VIEIRA *et al.*, 1993).

Logo, os ciclos biogeoquímicos são os processos pelos quais os elementos químicos, tendem a circular na biosfera através do ambiente aos organismos e destes, novamente, ao ambiente. O movimento desses elementos e compostos inorgânicos, que são essenciais para a vida, podem ser adequadamente denominadas ciclagem de nutrientes (ODUM, 1983). Essa ciclagem, engloba a quantificação de nutrientes que entram no ecossistema (importação), e dos que saem (exportação), além daqueles que permanecem estocados nos diversos compartimentos do ecossistema e dos fluxos de transferência entre esses compartimentos (TOLEDO, 2003). Pritchett<sup>1</sup> (1987, citado por KOLM, 2001) relata que os principais mecanismos de entrada de nutrientes no ecossistema são a precipitação atmosférica, o intemperismo da rocha matriz e a adubação, e a saída pode ser através de erosão, lixiviação e exportação dos nutrientes principalmente pela serapilheira.

Na Amazônia, as florestas primárias e as capoeiras criaram mecanismos de conservação de nutrientes bastante eficientes para se desenvolverem em solos pobres, como é o caso do solo da região. Este solo é caracteristicamente ácido, com reduzidos níveis de fertilidade, decorrentes dos efeitos das altas temperaturas e fortes chuvas que ocorrem na região, além do alto intemperismo (BARBOSA, 2000). Porém, dentre os mecanismos utilizados pelas florestas primárias e capoeiras, o mais importante para a sua produtividade, é a ciclagem eficiente dos nutrientes, sendo uma fonte de transferência de nutrientes, da vegetação para o solo, através da queda de detritos formadores da serapilheira (ODUM, 1983; SANTANA *et al.*, 2003).

---

<sup>1</sup> PRITCHETT, W. L. 1987. **Properties and management of forest soils**. New York: John Wiley and Sons. 500p

## 2.2 Produção e decomposição de serapilheira em florestas tropicais

A serapilheira, também conhecida como liteira ou manta, é responsável pela liberação dos nutrientes que serão reutilizados pela própria floresta para o seu desenvolvimento, e desempenha um papel fundamental na circulação desses nutrientes e na transferência de energia entre as plantas e o solo (DANTAS, 1986). Ela é formada pelo material decíduo ou detritos vegetais que são depositados na superfície do solo florestal, tais como: folhas, gravetos, flores, frutos, sementes, cascas, galhos, troncos, fragmentos vegetais não identificáveis, bem como restos de animais e material fecal (BORÉM e RAMOS, 2002; NETO, 2001).

Entre os componentes desse material vegetal depositado no solo, as folhas e os galhos finos são os maiores responsáveis pela fertilidade da camada superficial do solo (DRUMOND *et al.*, 1997), na qual a taxa de deposição da folha situa-se em 58-79% em relação ao total da serapilheira (BRAY e GORHAM, 1964), se tornando a fração mais estudada e utilizada para comparações entre os diferentes trabalhos (SILVA, 1984).

Smith *et al.* (1998) avaliando a produção de serapilheira em diferentes ecossistemas florestais localizados na Reserva Florestal do Curuá-Una, no Estado do Pará, observaram que aproximadamente 70% da serapilheira fina depositada sob o solo, estavam representados por folhas. Já nos estudos de Martius *et al.* (2004), em ecossistemas de floresta primária, capoeiras e floresta plantada na Amazônia central, 67-82% da serapilheira estavam composta por folhas, que foi a fração que apresentou a menor variação entre esses ecossistemas analisados.

Vários fatores influenciam na produção da serapilheira dos ecossistemas florestais tropicais, tais como: o microclima, o solo, a composição das espécies, além do tipo e estágio sucessional da floresta e a fertilidade do solo (VITOUSEK e SANFORD, 1986; SUNDARAPANDIAN e SWAMY, 1999; KOLM, 2001). No entanto, o seu acúmulo sobre o solo é regulado pela qualidade do material que cai da parte aérea das plantas e por sua decomposição, haja vista que quanto maior a deposição do material vegetal no solo, maior será a camada de serapilheira acumulada (KOLM, 2001).

Em florestas da Jamaica, McDonald e Healey (2000), estudaram a produção de serapilheira em floresta primária e em capoeira de 20 anos, e observaram que a maior produção de

serapilheira fina foi na floresta primária. Na Amazônia oriental, no município de Capitão Poço-PA, Dantas (1986) também encontrou maior produção anual de serapilheira em uma floresta primária em relação a uma capoeira de 3 anos de idade, e os valores obtidos para cada ecossistema foram de 8,04 e de 5,04 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, respectivamente. Martius *et al.* (2004) após dois anos de estudo na Amazônia central, encontraram maior produção de serapilheira em floresta primária (7,93-9,50 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>), seguida de capoeira de 8 anos (7,19-7,57 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>).

Luizão *et al.* (2004) avaliaram a produção de serapilheira num gradiente topográfico na Amazônia Central, e relataram que em áreas de platô, a produção de serapilheira foi significativamente maior em relação às áreas de baixio, apresentando 8,9 t.ha<sup>-1</sup> e 6,6 t.ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Neste estudo, os autores concluíram que a baixa produção de serapilheira em áreas de baixio provavelmente estava relacionada com a baixa biomassa florestal desta área, ou seja, devido a baixa densidade de árvores de grande porte, além do baixo dossel encontrado nas áreas de baixio.

Nas florestas tropicais, a produção e a decomposição da serapilheira seguem padrões sazonais em função das condições climáticas ao longo do ano (LUIZÃO, 1982; KOLM, 2001). Os maiores valores da produção de serapilheira geralmente ocorrem na estação seca (GOLLEY, 1983), devido a resposta da vegetação ao estresse hídrico, já que a perda das folhas reduz a perda de água por transpiração (MARTINS e RODRIGUES, 1999). Já a velocidade da decomposição decai nesse período, retornando aos maiores valores com a chegada do período chuvoso (LUIZÃO e LUIZÃO, 1991). A maior velocidade de decomposição da serapilheira no período mais úmido ocorre em virtude da maior atividade dos organismos que participam da quebra, decomposição e remoção dessa matéria orgânica acumulada sobre o solo (LUIZÃO, 1982).

Outros fatores também influenciam nesse processo, tais como: lixiviação, intemperismo, composição específica e numérica da comunidade de decompositores, e da qualidade do substrato a ser decomposto (DENICH, 1986; MONTEIRO e LUIZÃO, 2003). Além desses, o teor de lignina, polifenóis, carbono, nitrogênio, fósforo e enxofre, entre outros, também podem influenciar na velocidade de decomposição (SIQUEIRA e MOREIRA, 2001).

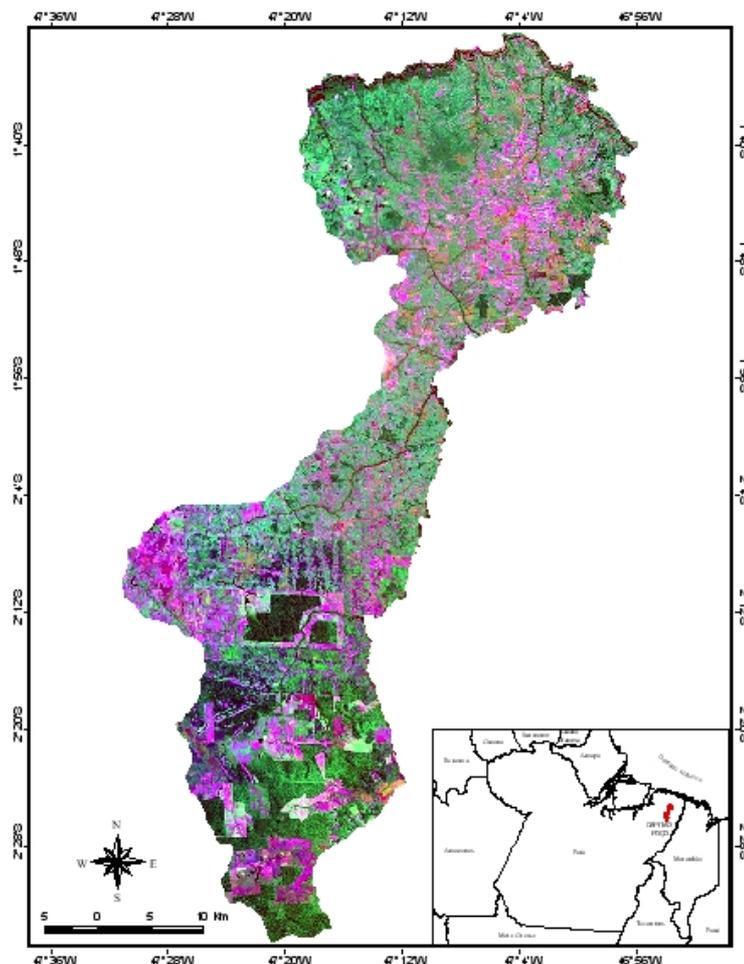
De acordo com Siqueira e Moreira (2001), no processo de decomposição, os microorganismos atuam como transformadores, enquanto os macro organismos, representados especialmente por invertebrados macroscópicos, atuam como reguladores (operários) do processo. Já os fungos, bactérias e actinomicetos são essencialmente os decompositores primários, portanto responsáveis pela maior parte da decomposição. Estima-se que em condições normais, estes últimos seres decompõem em torno de 95% do total, tendo a meso e a macrofauna uma participação muito pequena no processo.

Numa visão mais ampla, Mesquita *et al.* (1998) relatam que a variação das taxas de decomposição podem ser utilizados para avaliar os efeitos das diferentes mudanças da cobertura do solo, ou seja, nas funções ambientais dos diferentes ecossistemas. Os autores também mencionam que com a prática de corte e queima das florestas na região amazônica, há aumento da área de solo exposto, bem como, o aumento da temperatura. Logo, esse procedimento reduz a umidade do solo, influenciando no processo de decomposição da serapilheira. No entanto, as taxas de decomposição também podem ser um bom indicador do uso sustentado do solo. Dessa forma, é de grande importância entender esses mecanismos que regulam a dinâmica da serapilheira, pelos quais a entrada de material (através da produção) e a saída ou transformação (via decomposição), acontecem quase que simultaneamente nos ecossistemas florestais.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado na região sul do município de Capitão Poço, na mesorregião do nordeste paraense, microrregião do Guamá, localizado entre as coordenadas geográficas 47°04' de longitude oeste e 46°01' de latitude sul (Figura 1).



**Figura 1:** Localização da área de estudo, município de Capitão Poço, mesorregião do nordeste do Estado do Pará

O clima do município enquadra-se na classificação Am de Köppen e Br2Aa de Thornthwaite, ambos representando clima tropical chuvoso com curta estação seca. A temperatura média anual é de aproximadamente 26,0°C com poucas variações durante os meses (DINIZ, 1986; PACHECO e BASTOS, 2001). Os dados meteorológicos da Estação pluviométrica da CITROPAR-Citros do Pará S/A, localizada no município de Capitão Poço, no

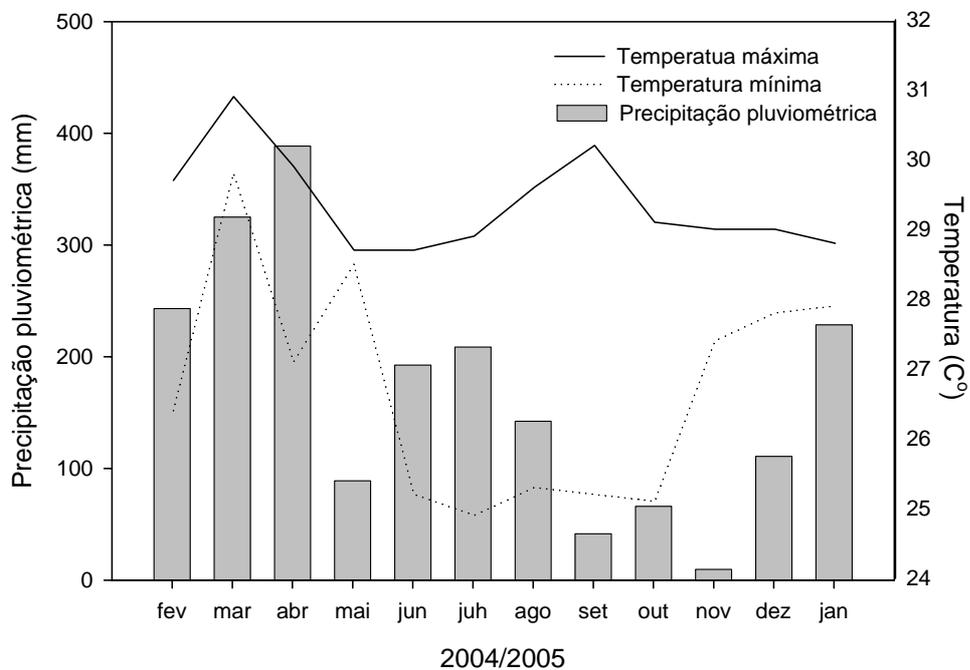
período de fevereiro de 2004 à janeiro de 2005 mostram que as temperaturas máximas médias anuais oscilam entre 28,7°C e 30,2°C, enquanto que as mínimas médias anuais variam de 24,9°C a 29,8°C (Figura 2).

Ao contrário da temperatura, a precipitação pluviométrica apresenta grande variação durante o ano. A figura 2, mostra que no período de 10 anos (1995 à 2004), a variação média dos totais mensais de pluviosidade variou de 413,8 mm (março) à 39,4 mm (outubro). Os maiores índices ocorreram nos meses de janeiro a maio, e os menores de setembro a dezembro. Já a média total anual variou de 1938,4 mm a 2568,5 mm (Figura 3). A média anual do período em questão situou-se em torno de 2259,9 mm. Esse comportamento caracteriza bem os períodos que apresentam chuvas elevadas e os períodos que se caracterizam com baixo índice pluviométrico. Em consequência disso, a umidade relativa também é elevada, tendo como médias anuais valores de 70% a 85% (TEIXEIRA *et al.*, 2001; PACHECO e BASTOS, 2001).

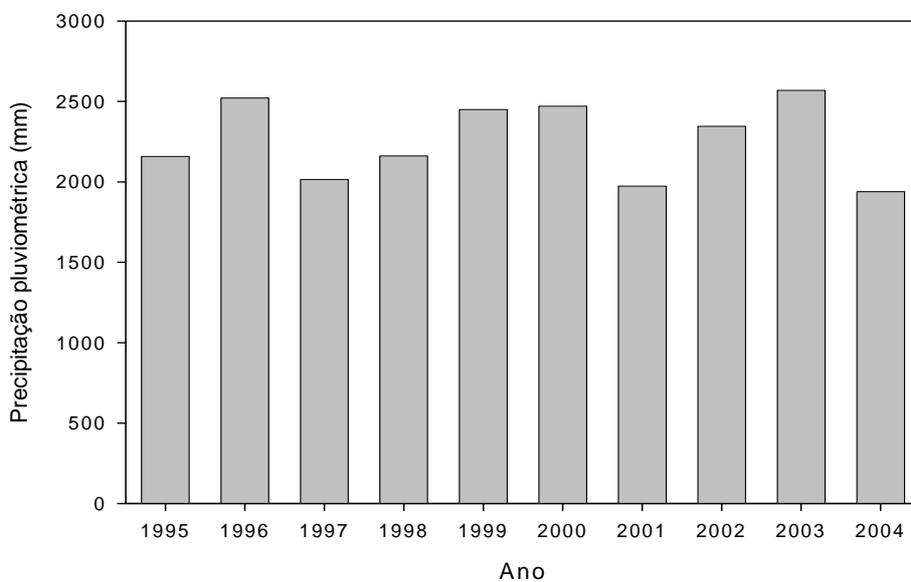
Os tipos de solos encontrados no município são: Latossolos Amarelos e Vermelhos (oxisols) e Podzólicos Amarelos e Vermelhos (Ultisols) em áreas de terra firme; solos Geieutróficos (Ultisols) e Areias Quartzosas (Entisols) próximos das drenagens (WISENMULLE, 2004). Em geral, esses solos apresentam textura entre média e argilosa e, na maior parte, livres de concreções lateríticas ou rochas.

Segundo Silva *et al.* (1999) o município é constituído principalmente por capoeiras, em diferentes estágios de desenvolvimento, utilizados muitas vezes após um período de pousio no sistema tradicional de culturas anuais. Essas capoeiras podem ser encontradas principalmente na região sul do município, provavelmente devido à estrutura fundiária lá estabelecida. Outrossim, essa região é caracterizada por constituir as maiores áreas de vegetação primária e de floresta alta explorada não fragmentada do município.

Wiesenmuler (2004) analisando a classificação da cobertura vegetal de Capitão Poço através de imagens de satélite, constatou que no ano de 2000, 95% da cobertura vegetal foi alterada. Entretanto, as capoeiras novas e médias, até nove anos de idade, representaram 69% da vegetação. Já as florestas primárias contribuíram com somente 6% da vegetação florestal e vegetação alta como capoeiras grossas, e os 25% restantes foram representados pelas matas de galeria e florestas exploradas.



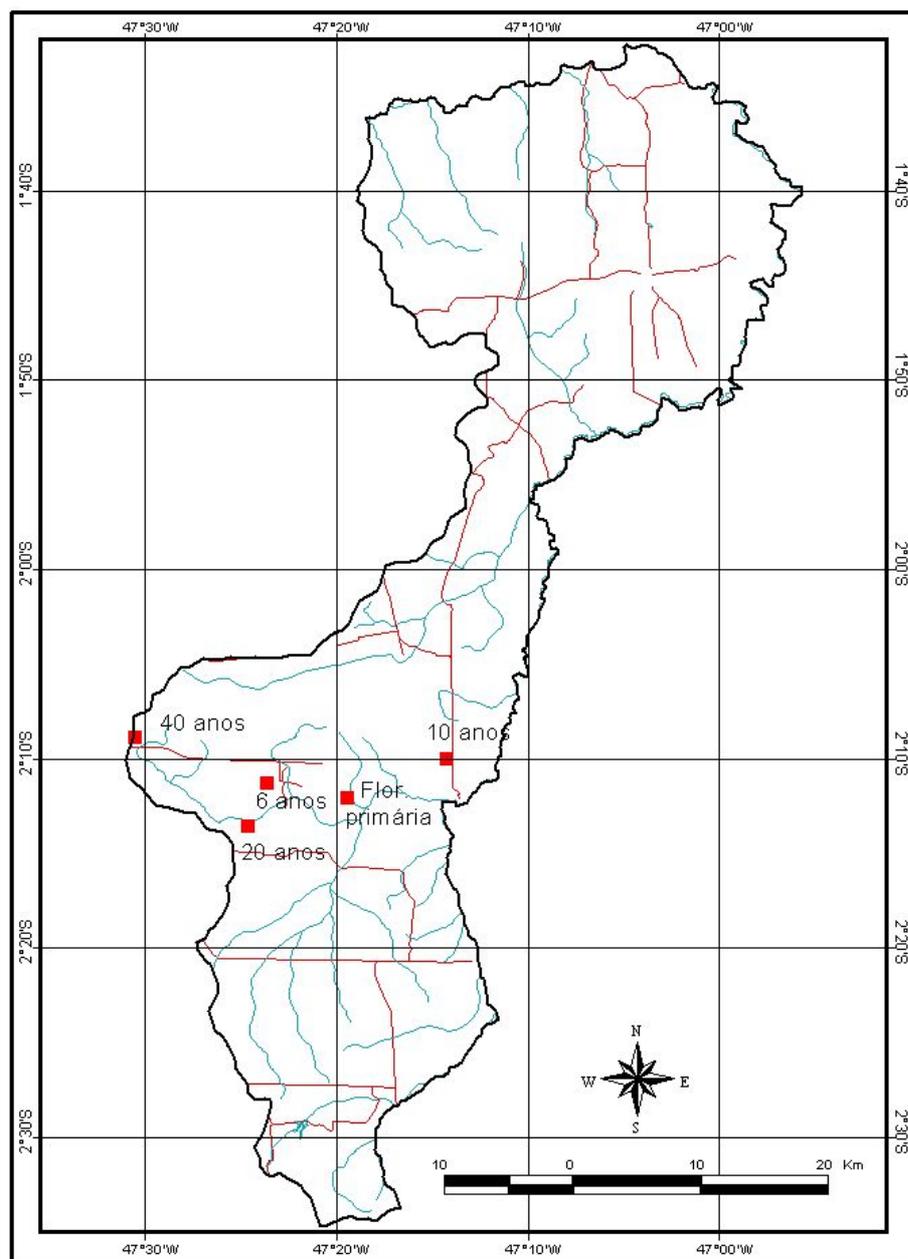
**Figura 2:** Média mensal de precipitação pluviométrica, e temperatura média mensal máxima e mínima, observada na estação climatológica da CITROPAR- Citros do Pará S/A, em Capitão Poço-PA, no período de fevereiro de 2004 à janeiro de 2005.



**Figura 3:** Totais anuais de precipitação pluviométrica observados na estação climatológica da CITROPAR- Citros do Pará S/A, em Capitão Poço-PA, no período de 1995 à 2004.

### 3.2. Tipos de florestas estudadas

O estudo foi realizado em diferentes tipos de floresta: uma floresta primária e capoeiras de 6, 10, 20, e 40 anos de idade (Figura 4).



**Figura 4:** Localização da floresta primária e das capoeiras de 6, 10, 20 e 40 anos, na região sul do município de Capitão Poço-PA.

### 3.2.1. Floresta Primária

Foi selecionado um fragmento de floresta primária do tipo Ombrófila Densa com aproximadamente 3800 ha, representando uma área ambiental com uma elevada pressão em seu entorno. Esta pressão foi verificada através de uma análise ecológica da paisagem do município de Capitão Poço realizada por Almeida *et al.*, (2005), os quais avaliaram uma área de entorno, de aproximadamente 20.923 ha, do mesmo fragmento de floresta primária selecionado para este trabalho, e detectaram que 47% correspondiam à cobertura vegetal e 53% a diferentes uso da terra. A cobertura vegetal estava dividida entre florestas secundárias (capoeiras) e florestas primárias que representaram os menores valores em porcentagem, caracterizando uma considerável perda de vegetação ao redor desse fragmento. Leal e Vieira (2004), estudando os padrões de estrutura e florística da área em questão, encontraram indivíduos com DAP > 10 cm de diâmetro, sendo as seguintes espécies mais abundantes: *Eschweilera coriacea* (A.DC.) Samori, *Lecythis idatimon* Aubl., *Theobroma subincanum* Mart, *Micropholis guyanensis* (A.DC.) Pierre e *Diospyros dukei* Sandwith. E as famílias mais representativas foram: Lecythidaceae, Sapotaceae, Burseraceae, Sterculiaceae e Euphobiaceae.

### 3.2.2. Capoeiras

Dentre as capoeiras estudadas no projeto ND-02, selecionou-se apenas uma área de capoeira para cada idade, pertencente a diferentes produtores rurais que apresentaram históricos de uso semelhante, e não receberam adição de adubos químicos (Tabela 01).

**Tabela 1:** Histórico de uso das capoeiras de 6, 10, 20 e 40 anos, município de Capitão Poço-PA

<b>Idade</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Ciclo de cortes</b>	<b>Plantio anterior ao abandono</b>
6	12,5	6	Milho, madioca e feijão
10	6,6	1	Pasto
20	-	1	Milho, madioca, malva, feijão
40	1,65	1	Mandioca

Nos estudos de Leal e Vieira (2004) para as mesmas capoeiras utilizadas neste trabalho, o maior número de espécies foi encontrada nas capoeiras mais velhas de 20 e 40 anos, em relação a capoeira de 6 anos. Isto provavelmente está relacionado com o maior tempo de sucessão das

florestas, ou seja, aproximação do seu estágio maduro, além de conter espécies tanto pioneiras quanto espécies com característica de estágio mais tardio.

As espécies mais abundantes nas capoeiras de 6, 10, 20 e 40 anos estão descritas na Tabela 2. Dentre elas, estão as que ocorreram tanto nas capoeiras mais novas quanto nas capoeiras mais velhas que foram *Croton matourensis* Aubl. e *Tapirira guianensis* Aubl. (espécies pioneiras). Já as famílias mais abundantes estão descritas na Tabela 3.

**Tabela 2:** Espécies mais abundantes nas capoeiras de 6, 10, 20 e 40 anos, município de Capitão Poço-PA.

6 anos	10 anos	20 anos	40 anos
<i>Cecropia palmata</i> Willd.	<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy	<i>Inga alba</i> (Sw) Willd.	<i>Poecilanthe effusa</i> (Huber) Ducke
<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy	<i>Banara guianensis</i> Aubl.	<i>Cecropia palmata</i> Wild.	<i>Guatteria poeppigiana</i> Mart.
<i>Rollinia exsucca</i> (DC. Ex Dunal) A.DC.	<i>Rollinia exsucca</i> (DC. Ex Dunal) A.DC.	<i>Croton matourensis</i> Aubl.	<i>Xylopia nítida</i> Dunal.
<i>Banara guianensis</i> Aubl.	<i>Cecropia palmata</i> Wild.	<i>Guatteria poeppigiana</i> Mart.	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.
<i>Croton matourensis</i> Aubl.	<i>Inga flagelliformes</i> (Vell. Conc.) Martius	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	<i>Croton matourensis</i> Aubl.

**Tabela 3:** Famílias mais abundantes nas capoeiras de 6, 10, 20 e 40 anos, município de Capitão Poço-PA.

6 anos	10 anos	20 anos	40 anos
Cecropiaceae	Clusiaceae	Mimosaceae	Fabaceae
Mimosaceae	Flacourtiaceae	Annonaceae	Annonaceae
Euphorbiaceae	Annonaceae	Cecropiaceae	Mimosaceae
Clusiaceae	Mimosaceae	Lauraceae	Caesalpiniaceae

### 3.3. Estoque da serapilheira

#### 3.3.1. Coleta e tratamento da serapilheira estocada

Para a coleta da serapilheira estocada sobre o solo foi utilizado um molde vazado de ferro de 0,25m<sup>2</sup> (0,5m x 0,50 m), o qual foi colocado aleatoriamente sobre a superfície da floresta primária e capoeiras de 6, 10, 20 e 40 anos, retirando-se todo o material vegetal contido na área

delimitada pelo molde (Figura 5). Como serapilheira, considerou-se todo material vegetal composto por folhas e ramos finos com menos de 2 cm de diâmetro (serapilheira fina). Em cada área foram coletadas, no mês de janeiro de 2004, 6 amostras da serapilheira estocada. O material coletado foi seco em estufa de ventilação forçada a 65° C, até atingir o peso constante, no Laboratório de Ecofisiologia Vegetal e Propagação de Plantas da Embrapa Amazônia Oriental. Com os valores do peso seco estimou-se a biomassa da serapilheira acumulada sobre o solo de cada área estudada em Mg.ha<sup>-1</sup>.



**Figura 5:** Coleta da serapilheira estocada sobre o solo das capoeiras de 6, 10, 20, 40 anos, e da floresta primária no município de Capitão Poço-PA: (A) Molde vazado de ferro com 0,25 m<sup>2</sup> limitando a serapilheira acumulada a ser coletada; (B) Molde vazado de ferro sem o material que foi coletado.

Após a secagem e pesagem, a serapilheira foi moída em moinho tipo “Wiley” com malha de 1 mm, e o material resultante foi utilizado para a correção de sílica e para as análises dos nutrientes nela contidos. Na correção da sílica foi utilizado 1g da amostra seca e moída, e posteriormente incinerada em mufla a 550°C, na qual foi possível fazer a correção dos dados da serapilheira estocada através da porcentagem da sílica contida em 1g.

### **3.3.2. Análise dos nutrientes**

Foram pesadas amostras de aproximadamente 0,1g para análises dos nutrientes, N (nitrogênio), P (fósforo), K (potássio), Ca (cálcio), e Mg (magnésio), onde foram submetidas a digestão sulfúrica ( $H_2SO_4/H_2O_2$ ) em bloco digestor a 280°C (EMBRAPA, 1999). Após obtenção do digerido límpido, essas amostras foram diluídas com água destilada, constituindo o extrato para quantificação nutricional.

O N foi determinado segundo o método colorimétrico de Mulvaney (1996). O P foi quantificado colorimetricamente segundo Murphy-Riley (1962), o K por fotometria de chama (EMBRAPA, 1999), e o Ca e Mg por espectrometria de absorção atômica (EMBRAPA, 1999). Esses dois últimos elementos foram analisados no Laboratório de Análises Químicas da Coordenação de Ciência da Terra e Ecologia do Museu Paraense Emílio Goeldi. Assim, através dos dados do estoque de serapilheira e a sua concentração de nutrientes, foi possível calcular o estoque de nutrientes na serapilheira acumulada.

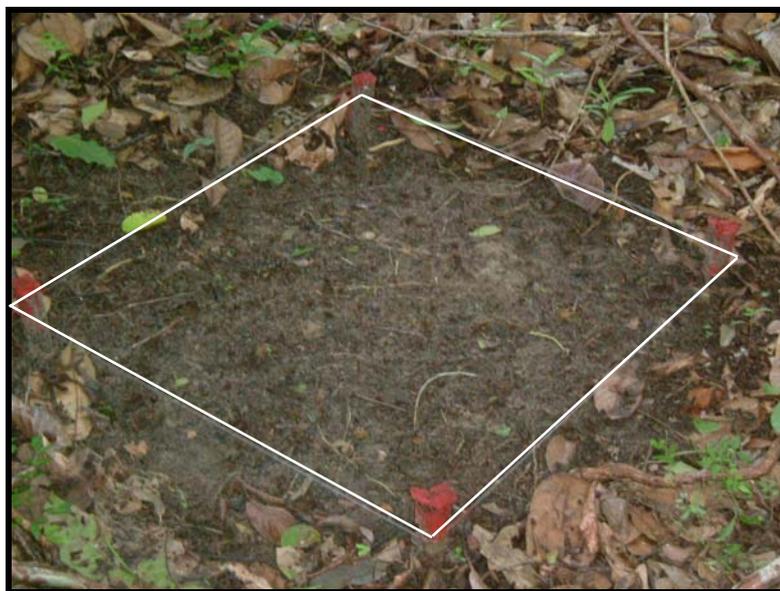
### **3.4. Produção de serapilheira**

#### **3.4.1. Coleta e tratamento da serapilheira**

Após a coleta da serapilheira estocada, foram instalados 6 coletores de serapilheira permanentes, rente ao solo, com 0,25m<sup>2</sup> de superfície (0,50m x 0,50m) (Figura 6). A serapilheira depositada nos coletores foi recolhida quinzenalmente, durante 12 meses, de fevereiro de 2004 a janeiro de 2005. Essas coletas eram quinzenais para que se evitasse a excessiva lavagem do material pelas chuvas, porém cada duas amostras quinzenais eram agrupadas em uma amostra mensal.

Como serapilheira considerou-se o material vegetal descrito no item 3.3.1. Estas amostras eram levadas ao Laboratório de Ecofisiologia Vegetal e Propagação de Plantas da Embrapa Amazônia Oriental, para secagem em estufa a 65°C com ventilação forçada, até alcançarem o peso constante. Após a secagem, as amostras foram moídas e pesadas para posteriormente analisar a produção mensal e anual de serapilheira fina em Mg.ha<sup>-1</sup> e Mg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>,

respectivamente. Após a secagem e pesagem, para todas as amostras foi realizada a correção de sílica descrita no item 3.3.1.



**Figura 6:** Coletor permanente de serapilheira com 2,5m<sup>2</sup> instalados nas capoeiras de 6, 10, 20, 40anos e floresta primária no município de Capitão Poço-PA.

### **3.4.2. Análise dos nutrientes**

As amostras do item 3.4.1 após secagem foram moídas em moinho tipo “Wiley” para as análises da concentração dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, através da mesma metodologia descrita no item 3.3.2. Com os valores das concentrações de cada um dos nutrientes analisados e os valores mensais de serapilheira depositada por hectare, estimou-se a quantidade de nutrientes transferidos mensalmente ao solo pela serapilheira.

## **3.5. Decomposição da serapilheira**

### **3.5.1. Taxas de decomposição**

Para estimar a taxa de decomposição (K) da serapilheira para cada área utilizou-se o método proposto por Olson (1963), através dos valores de produção anual de serapilheira (L) e de seu estoque sobre o solo (X<sub>ss</sub>).

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

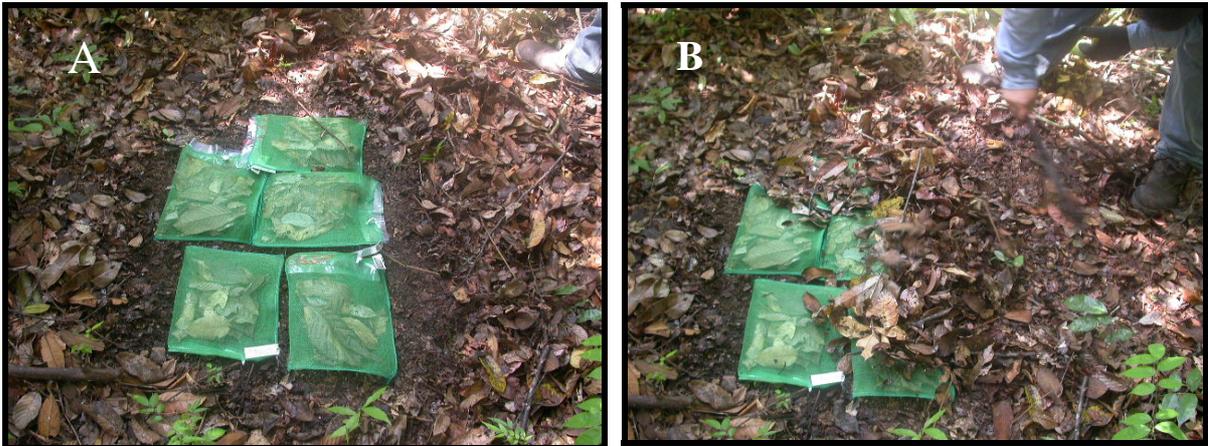
### 3.5.2. Curva de perdas de massa da serapilheira em decomposição

Para o estudo da decomposição das folhas da serapilheira foi utilizado o método do saco de malha de nylon, descrito por Bocock e Gilbert (1957). Para tanto, foram utilizadas misturas de folhas da serapilheira recém caídas no solo das capoeiras de 6, 10, 20, 40 e da floresta primária. As folhas coletadas no campo foram acondicionadas em sacos de papel e levadas ao Laboratório de Ecofisiologia Vegetal e Propagação de Plantas da Embrapa Amazônia Oriental para serem secas em estufa com ventilação forçada a 65°C, até atingir o peso constante. Logo após, foram pesados 10g de folhas secas para cada saco, os quais continham as seguintes medidas: 20 cm x 30 cm, com malha de 2 mm para permissão da entrada de meso e micro-decompositores (Figura 7).



**Figura 7:** Saco de malha de nylon contendo 10g de folhas secas, com medidas de 20 cm x 30 cm, e malha de 2 mm para permissão da entrada de meso e micro-decompositores.

Em cada área estudada foram alocadas 4 grupos com 5 sacos cada, sobre o solo e cobertos com a serapilheira (Figura 8). Esses sacos foram retirados após períodos de permanência de 30, 60, 120, 180 e 270 dias cobrindo as estações seca e chuvosa, já que o experimento teve início no mês de setembro (2004) e terminou no mês de junho (2005).



**Figura 8:** Exemplo do método de saco de malha de nylon para estudos de perda de peso das folhas da serapilheira em decomposição: (A) vista do grupo com 5 sacos com folhas de serapilheira recém caídas no solo; (B) disposição dos sacos sobre o solo e cobertos com a serapilheira.

Após cada período de permanência no campo os sacos eram secos em estufa de 65°C durante 48 horas, abertos e retirados todo o material vegetal (procurando eliminar os resíduos do solo e macrofauna). Outrossim, foi realizada a análise de sílica utilizando-se a mesma metodologia no item 3.3.1. Assim, foi feito o cálculo da percentagem da serapilheira remanescente, após cada período de permanência no campo:

$$\text{Serapilheira remanescente} = \frac{\text{Peso seco inicial} \times 100}{\text{Peso seco final}}$$

### 3.5.3. Análise dos nutrientes das folhas da serapilheira em decomposição

Foram analisados os seguintes nutrientes: N, P, K, Ca e Mg. As análises desses nutrientes seguiram os métodos do item 3.3.2. Com os dados da serapilheira remanescente e a sua concentração de nutrientes, foi possível calcular a quantidade de nutrientes remanescente contidos neste material após a permanência no campo.

### 3.6. Tratamento estatístico dos dados

Para a floresta primária e as capoeiras de 6, 10, 20 e 40 anos, foram calculados os coeficientes de correlação entre os dados mensais de precipitação pluviométrica e os de produção de serapilheira. Outrossim, foram efetuados ANOVAs simples (de um só fator), seguidas pelo teste de Tukey, para estabelecer diferença nas seguintes análises: produção anual de serapilheira; serapilheira acumulada sobre o solo; teores e quantidade de nutrientes acumulados sobre o solo.

Além disso, os resultados de cada período de decomposição das folhas da serapilheira foram submetidos a uma análise de regressão exponencial simples, com três parâmetros  $[y=a*\exp(b/(x+c))]$ , determinando-se o coeficiente de regressão ( $R^2$ ) e a significância através do teste F. Para todos os tratamentos estatísticos foi utilizado o SigmaStat 3.1.

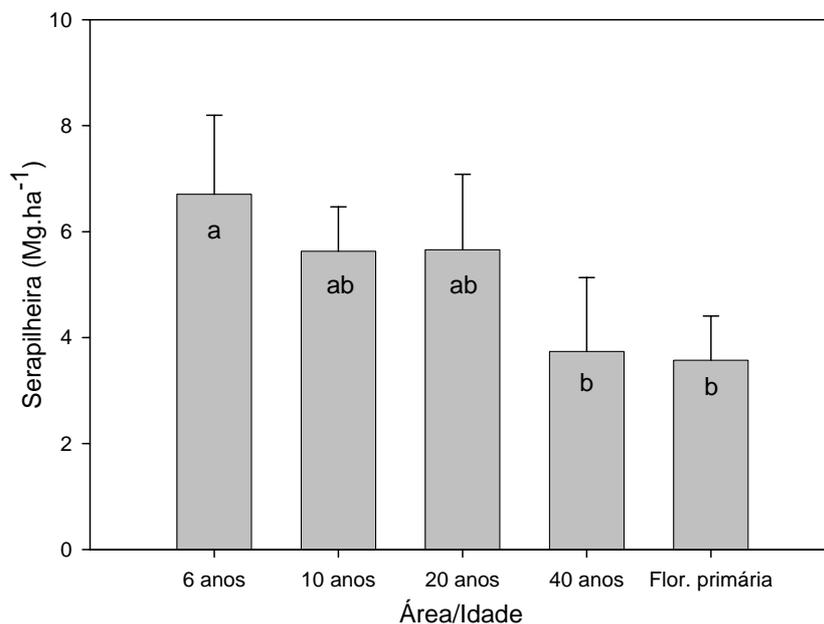
## 4. RESULTADOS E DISCUSÃO

### 4.1. Estoque de serapilheira

#### 4.1.1. Serapilheira estocada sobre o solo

O maior acúmulo de serapilheira sobre o solo foi encontrado nas capoeiras mais novas de 6, 10 e 20 anos (6,70; 5,63; 5,65 Mg.ha<sup>-1</sup>) em relação a capoeira de 40 anos e a floresta primária (3,73 e 3,57 Mg.ha<sup>-1</sup>). Estas duas florestas mais velhas apresentaram estoque de serapilheira semelhantes entre si, porém diferenciaram estatisticamente da capoeira mais nova, na qual encontra-se no início da sucessão florestal (Figura 9). Este resultado foi contrário ao encontrado por Teixeira *et al.* (2001), também em Capitão Poço, na qual a floresta primária apresentou o maior estoque em relação a capoeira de 13 anos (Tabela 4). Por outro lado, Martius *et al.* (2004) encontraram maior estoque de serapilheira numa capoeira também com 8 anos em relação a uma floresta primária na Amazônia central. A mesma relação também foi observada por McDonald e Healey (2000) para uma capoeira de 20 anos e uma floresta primária na Jamaica. Avalia-se que o menor estoque de serapilheira nas florestas mais velhas, deve-se provavelmente às maiores taxas de decomposição, conforme discutido no item 4.3.1.

Os valores da serapilheira estocada nas capoeiras do presente trabalho foram mais baixos do que os valores encontrados por Mesquita *et al.* (1998), Campos e Vázquez-Yanes (2004), Martius *et al.* (2004), porém foram mais altos do que a capoeira de 20 anos estudada por McDonald e Hearly (2002) (Tabela 4). A floresta primária e a capoeira de 40 anos apresentaram estoques semelhantes com florestas encontradas por Sundarapadian e Swamy (1999) na Índia, e McDonald e Hearly (2002) na Jamaica. Entretanto, seus valores foram menores do que aqueles encontrados nas florestas primárias estudadas na Amazônia brasileira, já que para esse estudo foi utilizado apenas a serapilheira fina, conforme descrito no item 3.3.1. Um exemplo claro da diferença da composição da serapilheira utilizada, foi observado na Reserva Florestal de Curuá-Una, na Amazônia oriental, na qual Smitih *et al.* (1998) encontraram 7,2 Mg.ha<sup>-1</sup> de serapilheira estocada sobre o solo da floresta, sendo que ao analisar somente as folhas da serapilheira o valor do seu estoque passou para 3,4 Mg.ha<sup>-1</sup> semelhante aos valores encontrados na floresta primária e na capoeira de 40 anos do presente trabalho.



**Figura 9:** Estoque de serapilheira sobre o solo das capoeiras de 6, 10, 20, 40 anos e da floresta primária no município de Capitão Poço-PA. Médias seguidas das mesmas letras, não diferem entre si pelo teste de “Tukey” ao nível de 5%.

#### 4.1.2. Estoque de nutrientes sobre o solo

Na Figura 10, encontram-se as concentrações dos nutrientes na serapilheira acumulada sobre o solo das capoeiras de 6, 10, 20, 40 anos e na floresta primária. Observou-se que houve maiores concentrações de nitrogênio (N) nas florestas mais velhas (capoeira de 40 anos e floresta primária) diferindo estatisticamente das capoeiras mais novas. O magnésio (Mg) também apresentou o mesmo comportamento do N, porém só apresentou diferença estatística entre a floresta primária e a capoeira de 20 anos. Já o cálcio (Ca) foi significativamente menor na floresta primária do que nas demais florestas. Somente o fósforo (P) e o potássio (K) não apresentaram diferenças estatísticas entre as florestas estudadas, além de que foram os nutrientes com as menores concentrações.

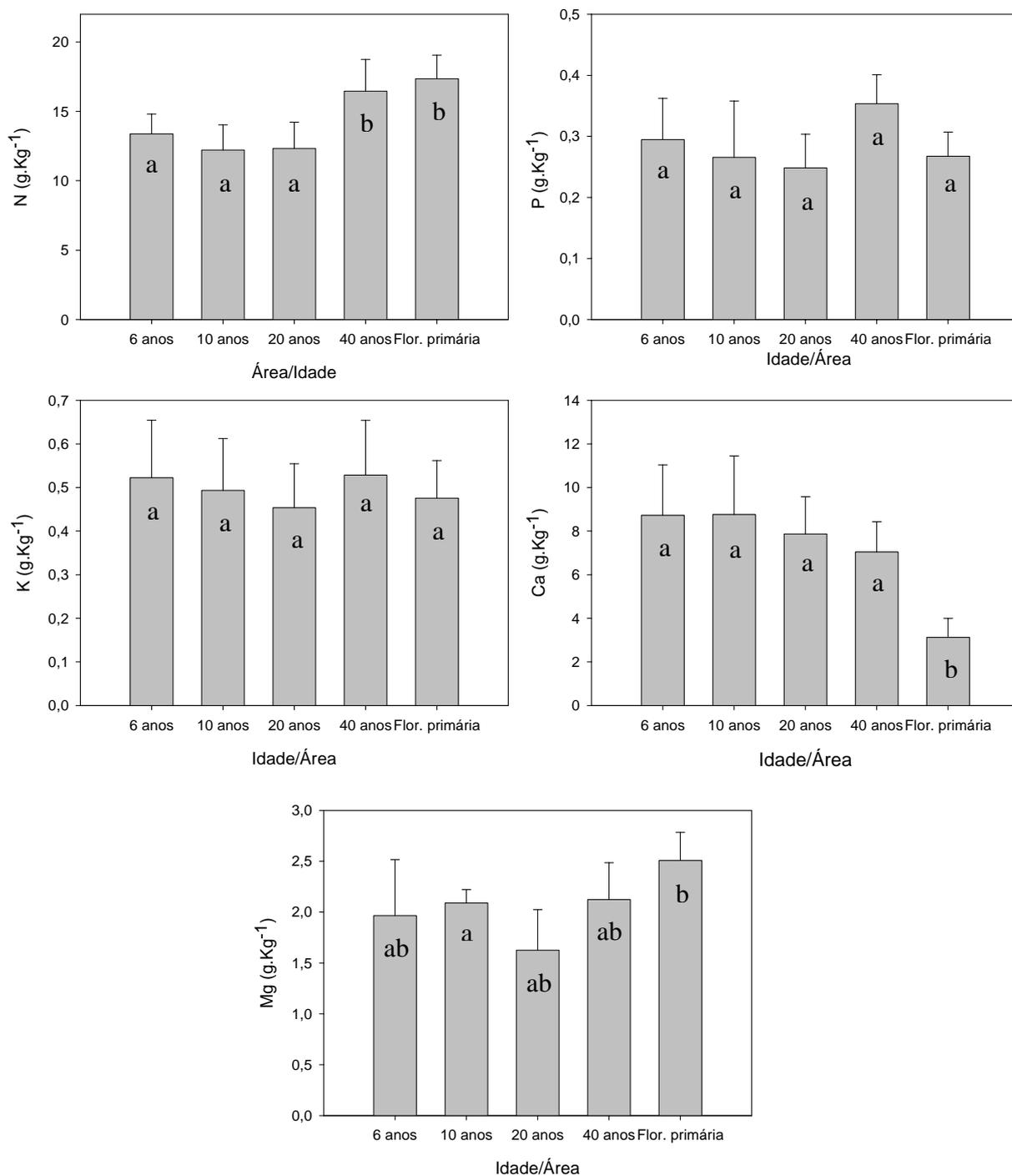
Na Tabela 5, encontram-se os estoques de nutrientes na serapilheira estocada sobre o solo, na qual só não houve diferença estatística entre as florestas para o N. Entretanto, o estoque dos demais nutrientes foram superiores nas capoeiras mais novas, predominantemente na capoeira de 6 anos, devido apresentar maior estoque de serapilheira sobre o solo e uma decomposição mais lenta, favorecendo a imobilização dos nutrientes.

**Tabela 4:** Produção anual de serapilheira, estoque da serapilheira sobre o solo, e taxa de decomposição da serapilheira (K) em diferentes florestas tropicais.

Local	Tipo de florestas	Fase ou Idade	Prod. Anual (Mg.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )	Estoque (Mg.ha <sup>-1</sup> )	K	Referência
Brasil						
Capitão Poço-PA	Capoeira	6 anos	7,37	6,70	1,15	Presente estudo
	Capoeira	10 anos	8,39	5,63	1,52	Presente estudo
	Capoeira	20 anos	7,88	5,65	1,43	Presente estudo
	Capoeira	40 anos	8,06	3,73	2,33	Presente estudo
	Floresta	Primária	9,84	3,57	2,89	Presente estudo
	Capoeira	3 anos	5,04	-	-	Dantas, 1986
	Floresta	Primária	8,04	-	-	Dantas, 1986
	Capoeira	11 anos	7,20	-	-	Muller, 1987
	Floresta	Primária	-	5,81	-	Teixeira <i>et al.</i> , 2001
	Capoeira	14 anos	-	3,83	-	Teixeira <i>et al.</i> , 2001
Marituba-PA	Capoeira	45 anos	9,33	-	-	Santana <i>et al.</i> , 2003
Santarém-PA	Floresta primária	Primária	9,7	7,2	1,34	Smith <i>et al.</i> , 1998
Tucuruí-PA	Floresta primária	Primária	6,65	-	-	Silva, 1984
Manaus-AM	Floresta de baixio	Primária	6,48	-	0,65 - 1,3	Luizão, 1982
	Floresta de platô	Primária	7,42	-	1,15 - 2,26	Luizão, 1982
	Capoeira	3 anos	6,07	-	0,83 - 2,94	Luizão, 1982
	Floresta	Primária	7,04	-	2,39 - 4,11	Kato, 1995
	Capoeira	3 anos	6,9	10,3	0,61	Mesquita <i>et al.</i> , 1998
	Floresta	Primária	7,93 - 9,50	11,98	-	Martius <i>et al.</i> , 2004
	Capoeira	8 anos	7,19 - 7,57	24,70	-	Martius <i>et al.</i> , 2004
Maracá-RR	Floresta sempre verde	Primária	4,6	9,3	2,02	Scott <i>et al.</i> , 1992
	Floresta semi-decídua	Primária	3,1	6,9	2,22	Scott <i>et al.</i> , 1994
	Floresta rica em <i>Peltogyne</i>	Primária	7,9	-	-	Villela, 1997
	Floresta pobre em <i>Peltogyne</i>	Primária	9,1	-	-	Villela, 1997
	Floresta sempre verde	Primária	8,6	-	-	Villela, 1997
Floresta	Primária	-	-	0,61 - 2,58	Luizão <i>et al.</i> , 1998	

**Tabela 4:** produção anual de serapilheira, estoque da serapilheira sobre o solo, e taxa de decomposição da serapilheira (K) em diferentes florestas tropicais. Continuação.....

Local	Tipo de florestas	Fase ou Idade	Prod. Anual (Mg.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )	Estoque (Mg.ha <sup>-1</sup> )	K	Referência
Maracá-RR	Floresta rica em <i>Peltogyne</i>	Primária	-	-	0,51 – 10,81	Villela e Proctor, 2002
	Floresta pobre em <i>Peltogyne</i>	Primária	-	-	0,64 - 1,20	Villela e Proctor, 2002
	Floresta sem <i>Peltogyne</i>	Primária	-	-	0,64 - 0,82	Villela e Proctor, 2002
	Floresta de platô	Primária	8,9	6,0	1,5	Luizão <i>et al.</i> , 2004
	Floresta de declive	Primária	7,6	6,3	1,2	Luizão <i>et al.</i> , 2004
	Floresta de baixio	Primária	6,6	5,4	1,2	Luizão <i>et al.</i> , 2004
México	Capoeira	10 anos	9,2	16,5	-	Campos e Vazquez-Yanes, 2004
	Capoeira	60 anos	8,5	12,6	-	Campos e Vazquez-Yanes, 2004
Jamaica	Floresta	Primária	7,42	3,45	-	McDonald e Hearly, 2000
	Capoeira	20 anos	8,55	4,18	-	McDonald e Hearly, 2000
Índia	Floresta decídua	Primária	5,76 – 8,56	3,8 – 4,4	-	Sundarapadian e Swamy, 1999
	Floresta sempre verde	Primária	5,63 – 7,84	5,2 – 5,5	-	Sundarapadian e Swamy, 1999
Indonésia	Floresta	Primária	7,3	6,9	0,95	Hermansah <i>et al.</i> , 2002
Porto Rico	Floresta	Primária	5,09	3,37	1,59	Zou <i>et al.</i> , 1995
	Capoeira	50 anos	5,08	3,46	1,42	Zou <i>et al.</i> , 1995



**Figura 10:** Concentração (g.Kg<sup>-1</sup>) de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na serapielha estocada sobre o solo nas capoeiras de 6, 10, 20, 40 anos e na floresta primária no município de Capitão Poço-PA.

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de “Tukey” ao nível de 5%.

**Tabela 5:** Estoque de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na serapilheira acumulada sobre o solo ( $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) e seus respectivos desvios padrões nas capoeiras de 6, 10, 20, 40 anos e na floresta primária no município de Capitão Poço-PA.

	Cap. 6 anos	Cap. 10 anos	Cap. 20 anos	Cap. 40 anos	Flor. primária
N	90,14 ( $\pm 23,70$ ) a	68,92 ( $\pm 14,54$ ) a	98,60 ( $\pm 14,24$ ) a	62,38 ( $\pm 24,19$ ) a	60,95 ( $\pm 10,54$ ) a
P	2,01 ( $\pm 0,68$ ) a	1,51 ( $\pm 0,64$ ) ab	1,37 ( $\pm 0,33$ ) ab	1,29 ( $\pm 0,42$ ) ab	0,93 ( $\pm 0,16$ ) b
K	3,51 ( $\pm 1,18$ ) a	2,81 ( $\pm 0,88$ ) ab	2,63 ( $\pm 1,22$ ) ab	2,02 ( $\pm 0,91$ ) ab	1,65 ( $\pm 0,27$ ) b
Ca	57,44 ( $\pm 17,68$ ) a	48,41 ( $\pm 11,51$ ) a	42,95 ( $\pm 7,72$ ) a	24,82 ( $\pm 6,61$ ) b	10,79 ( $\pm 2,47$ ) b
Mg	13,59 ( $\pm 5,55$ ) a	11,68 ( $\pm 1,13$ ) ab	9,01 ( $\pm 2,37$ ) ab	7,71 ( $\pm 2,72$ ) b	8,98 ( $\pm 2,53$ ) ab

Médias seguidas das mesmas letras, na horizontal, ao diferem entre si pelo teste de “Tukey” ao nível de 5 %.

## 4.2. Produção da serapilheira

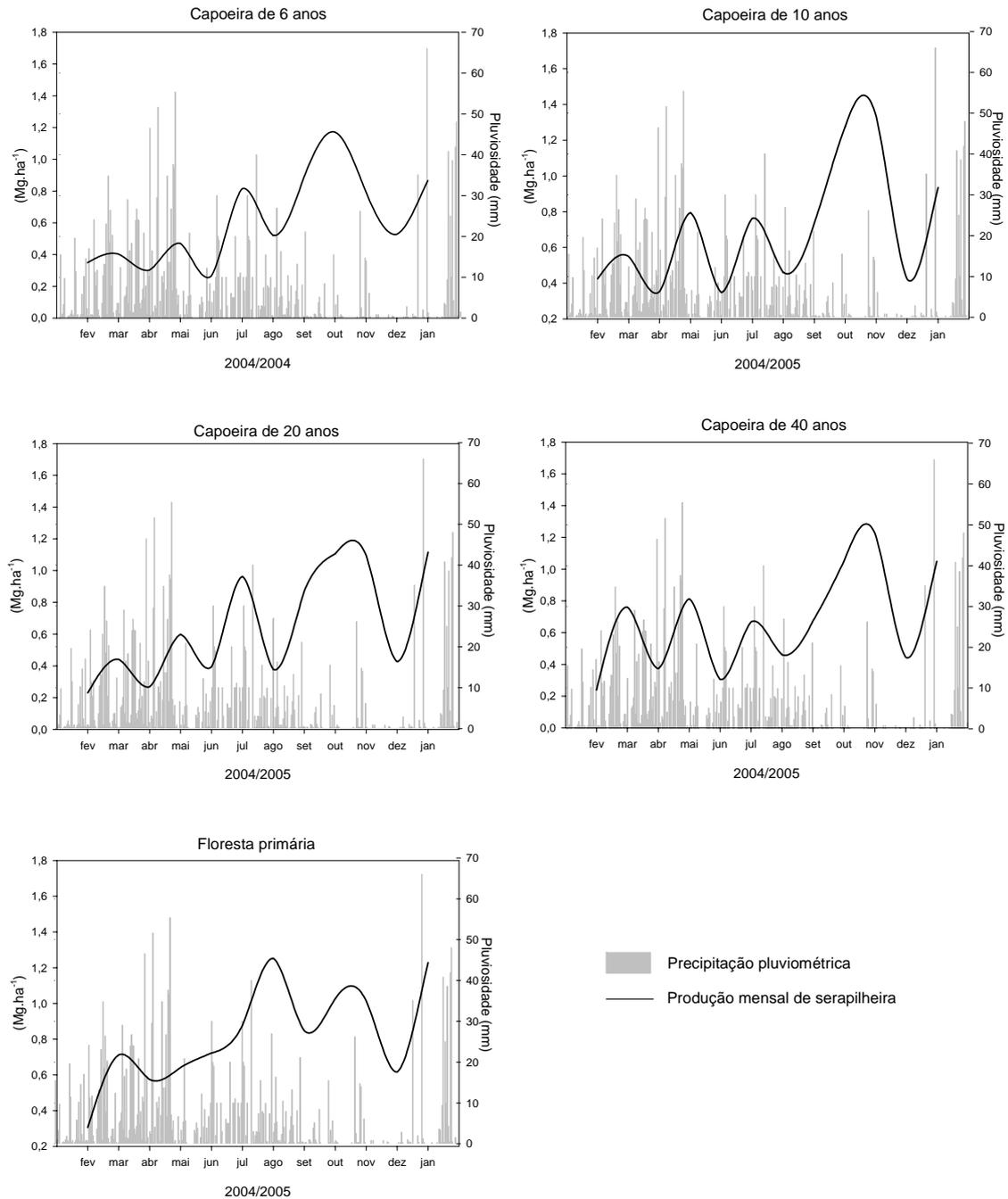
### 4.2.1. Produção mensal e anual da serapilheira

Observou-se que o processo de produção da serapilheira foi ininterrupto durante todo o período de coleta em todas as áreas estudadas (Figura 11). Este padrão da produção de serapilheira durante todo o ano também ocorreu em vários levantamentos realizados em outras florestas tropicais (LUIZÃO, 1982; SILVA, 1984; DANTAS, 1986; SMITH *et al*, 1998; SUNDARAPADIAN e SWAMY, 1999; McDONALD e HEARLY, 2000; TEIXEIRA *et al*, 2001; HERMANSAH *et al*, 2002; SANTANA, 2003; CAMPO e VÁZQUEZ-YANES, MARTIUS *et al*, 2004).

Segundo Sundarapadian e Swamy (1999), a produção de serapilheira em florestas tropicais é determinada por vários fatores como diferenças no microclima, composição das espécies, e estágio sucessional de desenvolvimento. Neste trabalho, observou-se que apesar das espécies pioneiras<sup>2</sup> terem um rápido crescimento e um curto ciclo de vida, investindo bastante na produção de biomassa em curto espaço de tempo, a maior produção anual de serapilheira foi encontrada na floresta primária ( $9,81 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ ), diferindo das capoeiras de 6, 10, 20 e 40 anos ( $7,37$ ;  $8,39$ ;  $7,88$  e  $8,06 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ ), os quais não apresentaram diferença estatística ao nível de 5 % entre si (Figura 12). Outros trabalhos (Tabela 4),

<sup>2</sup> Espécies dominantes nos primeiros estádios da sucessão da floresta

relataram resultados semelhantes a este em florestas com estádios sucessionais na Amazônia (LUIZÃO,1982; DANTAS,1986; e MARTIUS *et al.*, 2004), e na Jamaica (McDONALD e HEARLY, 2000). O maior valor encontrado na floresta primária pode estar relacionado com o seu dossel mais fechado, com a maior diversidade da vegetação, estratos mais complexos, além de maior biomassa.



**Figura 11:** Deposição mensal ( $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) de serapiheira no período de fevereiro 2004 a janeiro 2005, nas capoeiras de 6, 10, 20, 40 anos e na floresta primária, localizadas no município de Capitão Poço-PA.

As capoeiras apresentaram a maior variação na produção mensal da serapilheira em relação à floresta primária, sendo que todas as florestas apresentaram uma nítida sazonalidade (Figura 11). Nas capoeiras, os maiores picos de produção de serapilheira ocorreram nos meses de setembro a novembro, coincidindo com o período de menor pluviosidade registrado durante o ano de estudo, havendo depois uma redução progressiva até dezembro, aumentando novamente em janeiro, início do período chuvoso. No entanto, entre essas capoeiras não houve diferenças notáveis na produção de serapilheira, mesmo a capoeira mais velha, de 40 anos, ainda apresentou comportamento semelhante em relação às mais novas. Este comportamento pode estar relacionado com o tamanho da área das capoeiras, já que são considerados fragmentos muito pequenos, ocasionando um intenso efeito de borda, tornando essas florestas vulneráveis a qualquer variação climática. A floresta primária refletiu uma sazonalidade mais acentuada, apresentando os maiores picos de produção da serapilheira na transição do período chuvoso e o seco (julho-agosto), seguido por outro em pleno período seco, e finalmente, um outro pico na retomada das chuvas (janeiro-fevereiro).

No município de São Francisco do Pará, região bragantina do Estado do Pará, Pantoja *et al.* (2002) estudando o comportamento da produção de serapilheira em uma cronosequência incluindo uma área de pimental abandonado, capoeiras de 3, 6, 10, 20, 40 e 70 anos e em uma floresta primária, encontraram resultados semelhantes ao presente trabalho, porém a sazonalidade foi mais nítida e acentuada à medida que a floresta envelhecia.

Segundo Martins e Rodrigues (1999), a maior produção de serapilheira (fração folha) na estação seca pode ser uma resposta da vegetação ao estresse hídrico, já que a perda das folhas reduziria a perda de água por transpiração. Medeiros e Almeida (2003) estudando o efeito da exclusão da água na dinâmica da serapilheira em Melgaço, Pará, observaram que após a exclusão de água, a floresta apresentou uma acentuada redução na produção da serapilheira, devido a vegetação não renovar suas folhas durante esse período, uma vez que as mesmas encontravam-se sob forte estresse hídrico, acarretando a redução de 28% da serapilheira fina. Em geral, a maior produção de serapilheira durante os períodos mais secos pode ser atribuída a vários fatores como: disponibilidade de água (CÉSAR, 1993; MARTINS e RODRIGUES, 1993; POGGIANE e MONTEIRO JUNIOR, 1999; MEDEIROS e ALMEIDA, 2003), nutrientes (MORELLATO 1992), e incidência de ventos (MARTINS e RODRIGUES, 1999).

Apesar da floresta primária ter apresentado sazonalidade mais nítida na produção da serapilheira, não apresentou correlação significativa com a pluviosidade, ao contrário das

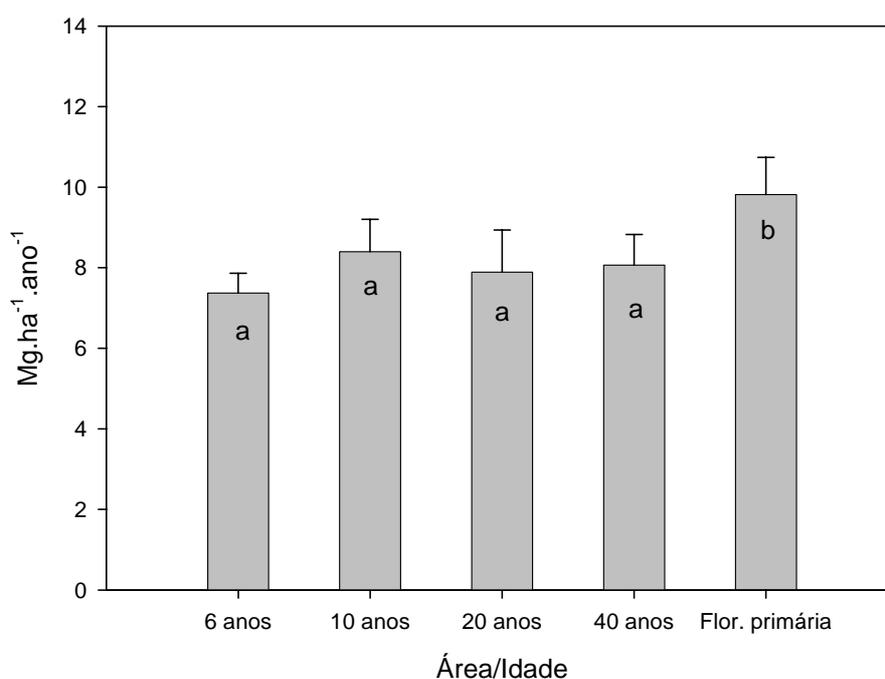
capoeiras (Tabela 6). As correlações entre a produção de serapilheira e a pluviosidade foram negativas em todas as florestas, porém as maiores correlações foram detectadas nas capoeiras de 6 e 10 anos, apresentando maior sensibilidade ao regime de chuvas. Estes resultados são concordantes com os obtidos por Kato (1995) durante estudos da dinâmica da serapilheira conduzidos na Fazenda Aruanã, na Amazônia Central, que evidenciaram correlações não significativas em floresta primária, e maiores correlações negativas em áreas de plantios de *Bertholletia excelsa* H.B.K. em pastagem com 5 e 10 anos. Hermansah *et al.* (2002) estudando a produção de serapilheira de uma floresta primária na Indonésia, encontraram correlações positivas entre esta floresta e a temperatura, porém em relação a pluviosidade, houve baixa correlação negativa semelhante ao presente trabalho.

**Tabela 6:** Coeficiente de correlação entre produção mensal de serapilheira e precipitação pluviométrica.

Área/Idade	r	n	p	T1 (0,01)
Capoeira 6 anos	- 0.4907	72	0.0000	*
Capoeira 10 anos	- 0.5543	72	0.0000	*
Capoeira 20 anos	- 0.4865	72	0.0000	*
Capoeira 40 anos	- 0.4235	72	0.0002	*
Floresta primária	- 0.961	72	0.0109	ns

ns – correlação negativa ao nível de T1

\* - correlação significativa ao nível de T1



**Figura 12:** Produção anual de serapilheira durante os meses de fevereiro 2004 a janeiro 2005 nas capoeiras de 6, 10, 20, 40 anos e na floresta primária no município de Capitão Poço-PA. Médias seguidas das mesmas letras, não diferem entre si pelo teste de “Tukey” ao nível de 5%.

#### 4.2.2. Concentração de nutrientes na serapilheira produzida

Entre todos os nutrientes, o nitrogênio (N) apresentou as concentrações mais elevadas variando de 10,52 g.Kg<sup>-1</sup> até 15,02 g.Kg<sup>-1</sup> (Tabela 7). Nas concentrações mensais, houve nítida diferença entre as florestas mais novas (capoeira de 6, 10 e 20 anos) e as florestas mais velhas (capoeira de 40 anos e a floresta primária), sendo que estas duas últimas florestas apresentaram os valores mais altos durante todo o período de estudo, destacando-se os meses de abril e julho (18,20 e 17,98 g.Kg<sup>-1</sup>) para a capoeira de 40 anos, e os meses de maio e setembro (16,40 e 16,33 g.Kg<sup>-1</sup>) para a floresta primária, correspondendo ao período mais chuvoso e ao período de transição entre o período chuvoso e seco, respectivamente (Figura 13).

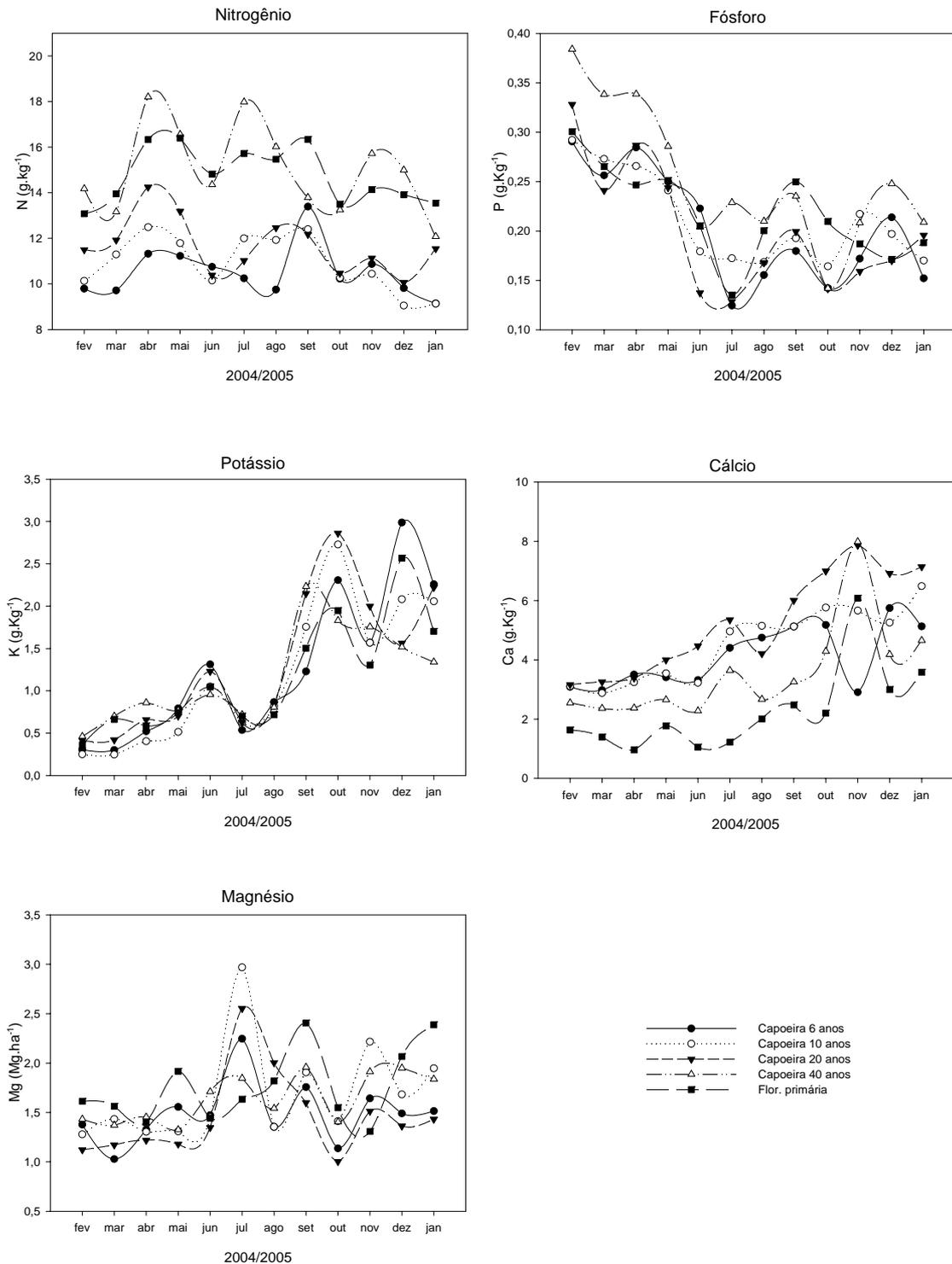
**Tabela 7:** Médias anuais e seus respectivos desvios padrões das concentrações de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) da serapilheira das capoeiras de 6, 10, 20, 40 anos e da floresta primária, durante o período de fevereiro de 2004 a janeiro de 2005, no município de Capitão Poço-PA

Área/Idade	N g.Kg <sup>-1</sup> (dp)	P g.Kg <sup>-1</sup> (dp)	K g.Kg <sup>-1</sup> (dp)	Ca g.Kg <sup>-1</sup> (dp)	Mg g.Kg <sup>-1</sup> (dp)
Capoeira 6 anos	10,52 (±0,61) a	0,20 (±0,05) a	1,25 (±0,18) a	4,13 (±0,81) ac	1,49 (±0,15) a
Capoeira 10 anos	10,92 (±1,11) a	0,21 (±0,05) a	1,17 (±0,38) a	4,53 (±0,89) ac	1,69 (±0,20) a
Capoeira 20 anos	11,68 (±1,24) a	0,20 (±0,05) a	1,31 (±0,37) a	5,23 (±1,19) c	1,46 (±0,30) a
Capoeira 40 anos	15,02 (±0,98) b	0,25 (±0,02) a	1,16 (±0,15) a	3,57 (±0,34) ab	1,64 (±0,15) a
Flor. primária	14,77 (±0,97) b	0,22 (±0,02) a	1,15 (±0,19) a	2,28 ±0,46) b	1,76 (±0,26) a

Média seguidas da mesma letra, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%

A diferença entre as florestas mais novas e as mais velhas foi confirmada nas análises estatísticas das médias anuais do N, identificando que a capoeira de 40 anos encontra-se num estágio de sucessão próximo a floresta primária em termos de aquisição de N. (Tabela 7). Resultado semelhante a esse foi encontrado por Read e Lawrence (2003), que através de estudos da dinâmica de nutrientes da serapilheira durante a sucessão florestal em México, observaram maiores concentrações anuais de N em florestas mais velhas (capoeiras de 12 à 25 anos e floresta primária), em relação as mais novas (capoeiras de 2 à 10 anos), mesmo não havendo diferenças estatística entre elas. O valor médio anual determinado para floresta, está

próximo daquele encontrado por Hermansah *et al.* (2002) na Indonésia (Tabela 8). Todavia, este valor ficou acima daqueles encontrados em Santarém por Smith *et al.* (1998), e em Maracá por Scot *et al.* (1992), Scot *et al.* (1994), Villela (1997).



**Figura 13:** Média mensal da concentração ( $\text{g.Kg}^{-1}$ ) de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na serapiheira produzida, durante o período de fevereiro de 2004 a janeiro de 2005, nas capoeiras de 6, 10, 20, 40 anos e na floresta primária, localizadas no município de Capitão Poço-PA.

**Tabela 8:** Concentração (g.Kg<sup>-1</sup>) e quantidade (kg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>) de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (k), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na serapilheira total em algumas florestas tropicais.

	Concentração (g.Kg <sup>-1</sup> )					Quantidades (Kg.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )					Referência
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg	
Brasil											
Capitão Poço-PA											
Capoeira 6 anos	10,5	0,2	1,2	4,1	1,6	77,5	1,3	10,6	31,5	11,2	Presente estudo
Capoeira 10 anos	10,9	0,2	1,2	4,5	1,7	93,9	1,7	12,1	42,0	15,2	Presente estudo
Capoeira 20 anos	11,7	0,2	1,3	5,2	1,5	89,7	1,4	12,5	46,4	11,8	Presente estudo
Capoeira 40 anos	15,0	0,2	1,1	3,5	1,6	120,0	1,9	10,5	33,4	13,4	Presente estudo
Floresta primária	14,7	0,2	1,1	2,2	1,7	143,1	2,0	11,7	23,8	17,3	Presente estudo
Capoeira 3 anos	-	-	-	-	-	76,1	3,9	37,1	106,4	12,6	Dantas, 1986
Floresta primária	-	-	-	-	-	115,0	3,6	28,5	114,2	15,9	Dantas, 1986
Santarém-PA											
Floresta primária	13,9	-	-	-	-	115,0	-	-	-	-	Smith <i>et al.</i> ,1998
Tucuruí-PA											
Floresta primária	17,8	0,5	4,3	9,8	2,5	-	-	-	-	-	Silva, 1984
Manaus-Am											
Floresta primária	16,6	0,29	2,0	3,0	2,2	111,55	2,0	13,44	20,77	15,13	Kato, 1995
Maracá-RR											
FMSV <sup>a</sup>	13	0,6	4,7	7,4	2,7	118	6,7	48,5	63,7	23,8	Scott <i>et al.</i> , 1992
FMSD <sup>b</sup>	12	0,7	6,6	11,5	3,5	85,2	5,8	47,5	76,8	23,0	Scott <i>et a.</i> , 1994
FRP <sup>c</sup>	10	0,4	6,6	9,3	4,2	86,1	3,9	49,2	75,4	28,1	Villela, 1997
FPP <sup>d</sup>	10	0,4	7,2	7,3	3,2	98,0	4,2	54,2	61,9	23,2	Villela, 1997
FMSV <sup>a</sup>	10	0,3	5,4	5,7	1,8	90,2	3,6	47,3	62,6	15,6	Villela, 1997
Indonésia											
Sumatra	14,1	0,5	2,5	14,0	1,6	92,0	3,0	17,0	91,0	10,0	Hermansah et al, 2002

<sup>a</sup> Floresta sempre verde

<sup>b</sup> Floresta semi-decídua

<sup>c</sup> Floresta rica em *Peltogyne*

<sup>d</sup> Floresta pobre em *Peltogyne*

**Tabela 8:** Concentração ( $\text{g.Kg}^{-1}$ ) e quantidade ( $\text{kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ ) de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (k), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na serapilheira total em algumas florestas tropicais.

Continuação...

	Concentração ( $\text{g.Kg}^{-1}$ )					Quantidades ( $\text{Kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ )					Referência
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg	
Guatemala											
Capoeira 1 ano	-	-	-	-	-	74,0 <sup>e</sup>	3,2 <sup>e</sup>	11 <sup>e</sup>	71 <sup>e</sup>	40 <sup>e</sup>	Dantas, 1986
Capoeira 3 anos	-	-	-	-	-	97,0 <sup>e</sup>	3,7 <sup>e</sup>	17 <sup>e</sup>	81 <sup>e</sup>	53 <sup>e</sup>	Dantas, 1986
Capoeira 4 anos	-	-	-	-	-	103,0 <sup>e</sup>	4,1 <sup>e</sup>	11 <sup>ee</sup>	40 <sup>e</sup>	50 <sup>e</sup>	Dantas, 1986
Capoeira 5 anos	-	-	-	-	-	89,0 <sup>e</sup>	3,0 <sup>e</sup>	12 <sup>e</sup>	56 <sup>e</sup>	55 <sup>e</sup>	Dantas, 1986
Capoeira 6 anos	-	-	-	-	-	142,0 <sup>e</sup>	5,9 <sup>e</sup>	20 <sup>e</sup>	151 <sup>e</sup>	35 <sup>e</sup>	Dantas, 1986
Capoeira 9 anos	-	-	-	-	-	144,0 <sup>e</sup>	4,8 <sup>e</sup>	12 <sup>e</sup>	55 <sup>e</sup>	94 <sup>e</sup>	Dantas, 1986
Capoeira 14 anos	-	-	-	-	-	144,0 <sup>e</sup>	6,6 <sup>e</sup>	24 <sup>e</sup>	212 <sup>e</sup>	35 <sup>e</sup>	Dantas, 1986
Floresta primária	-	-	-	-	-	169,0 <sup>e</sup>	5,8 <sup>e</sup>	20,0 <sup>e</sup>	88,0 <sup>e</sup>	64,0 <sup>e</sup>	Dantas, 1986
México											
El Refugio											
Capoeira 1-5 anos	-	-	-	-	-	-	3,65 <sup>f</sup>	52,75 <sup>f</sup>	-	-	Read e Lawrence, 2003
Capoeira 6-10 anos	-	-	-	-	-	-	3,94 <sup>f</sup>	10,306 <sup>f</sup>	-	-	Read e Lawrence, 2003
Capoeira 12-25 anos	-	-	-	-	-	-	5,86 <sup>f</sup>	155,15 <sup>f</sup>	-	-	Read e Lawrence, 2003
Floresta primária	-	-	-	-	-	-	5,83 <sup>f</sup>	138,16 <sup>f</sup>	-	-	Read e Lawrence, 2003
Nicolas Bravo											
Capoeira 1-5 anos	-	-	-	-	-	-	3,68 <sup>f</sup>	84,61 <sup>f</sup>	-	-	Read e Lawrence, 2003
Capoeira 6-10 anos	-	-	-	-	-	-	4,55 <sup>f</sup>	175,85 <sup>f</sup>	-	-	Read e Lawrence, 2003
Capoeira 12-25 anos	-	-	-	-	-	-	5,83 <sup>f</sup>	141,24 <sup>f</sup>	-	-	Read e Lawrence, 2003
Floresta primária	-	-	-	-	-	-	4,95 <sup>f</sup>	150,35 <sup>f</sup>	-	-	Read e Lawrence, 2003
Arroyo Negro											
Capoeira 1-5 anos	-	-	-	-	-	-	10,74 <sup>f</sup>	163,56 <sup>f</sup>	-	-	Read e Lawrence, 2003
Capoeira 6-10 anos	-	-	-	-	-	-	10,97 <sup>f</sup>	128,30 <sup>f</sup>	-	-	Read e Lawrence, 2003
Capoeira 12-25 anos	-	-	-	-	-	-	7,2 <sup>f</sup>	91,66 <sup>f</sup>	-	-	Read e Lawrence, 2003
Floresta primária	-	-	-	-	-	-	9,55 <sup>f</sup>	160,75 <sup>f</sup>	-	-	Read e Lawrence, 2003

<sup>e</sup> Dados de Ewell (1976)

<sup>f</sup> Médias das quantidades dos nutrientes no intervalo das idades especificadas de cada região.

Ao contrário do N, o fósforo (P) foi o nutriente que apresentou as menores concentrações, dentre todos os outros, oscilando entre 0,12 à 0,38 g.Kg<sup>-1</sup> (Figura 13). As baixas concentrações de P confirmam o papel chave da indisponibilidade deste nutriente como limitante do crescimento das florestas, cujos componentes deverão contar com outros mecanismos para a aquisição do P, tais como: associação micorrízica (fungos micorrízicos arbusculares-FMA) e fosfatase ácida (SIQUEIRA e MOREIRA, 2001). Segundo Vitousek (1984) a pouca disponibilidade do P, é responsável pela menor produção de serapilheira em florestas tropicais de terra firme, principalmente para a serapilheira fina.

Na figura 13, observa-se que em todas as florestas houve uma nítida variação com relação às concentrações de P, na qual os maiores valores foram encontrados no período mais chuvoso, haja vista que, nesse período, o solo encontra-se mais úmido, logo o fosfato está mais solúvel, ou seja, mais disponível para as plantas. Entretanto, a análise estatística das médias anuais, pelo teste de “Tukey” mostrou que não houve diferença significativa entre as florestas estudadas (Tabela 7). Este resultado difere daqueles encontrados por Read e Lawrence (2003), os quais observaram que as médias anuais de P diminuam com o avanço da idade, de 0,65 g.Kg<sup>-1</sup> nas florestas mais novas (2-5 anos) para 0,55 g.Kg<sup>-1</sup> na floresta primária. Além disso, as concentrações de P obtidos no presente trabalho encontram-se abaixo daqueles encontrados por outros autores na região tropical (Tabela 8).

O potássio (K) também apresentou concentrações baixas na serapilheira de todas as florestas, além de variar bastante entre o período chuvoso e seco (Figura 13). As maiores variações ocorreram nas capoeiras mais novas, onde as menores concentrações foram detectadas nas capoeiras de 6 anos (0,30 g.Kg<sup>-1</sup>) e de 10 anos (0,25 g.Kg<sup>-1</sup>) tanto no mês de fevereiro quanto no mês de março, correspondendo ao período de maior ocorrência de chuvas. Já as maiores concentrações ocorreram nas capoeiras de 20 anos (2,86 g.Kg<sup>-1</sup>) e de 6 anos (2,99 g.Kg<sup>-1</sup>) durante os meses mais secos (outubro e dezembro), respectivamente. As menores concentrações de P durante o período chuvoso está relacionado com o fato deste nutriente ser bastante solúvel, ou seja, facilmente lixiviado. No período chuvoso, as concentrações não apresentaram muitas variações entre as florestas, ao contrário do período seco, que apresentou variações mais nítidas. Apesar das grandes variações entre os períodos do ano, as florestas não diferiram entre si, confirmado pelas análises estatísticas das médias anuais (Tabela 7). Dessa forma, assim como o

P, os valores de K foram mais baixos em relação àqueles encontrados em outras florestas tropicais, indicando a limitação desse nutriente para as áreas estudadas (Tabela 8).

O cálcio (Ca) foi o segundo nutriente com maior concentração na serapilheira, vindo logo após o nitrogênio. Vitousek (1984) relata que na maioria das florestas tropicais são observados altos valores de Ca na serapilheira. Entretanto, este nutriente apresentou bastante variação entre as florestas durante todo ano de estudo. As menores concentrações foram sempre encontradas na floresta primária seguida da capoeira de 40 anos, principalmente do período chuvoso (Figura 13). Outrossim, durante este período as capoeiras de 10, 20 e 40 anos não apresentaram muita variação entre si. Estas diferenças foram confirmadas através das médias anuais, que apresentaram decréscimo de concentração com o avanço da idade das florestas, ou seja, observou-se maior concentração de Ca nas florestas mais novas, capoeira de 6, 10, e 20 anos, que não apresentaram diferença estatística entre si, porém diferiram da floresta primária. Johnson *et al.* (2001) mostraram que o declínio das concentrações de Ca com o avanço da idade das florestas está relacionado com a imobilização deste nutriente na vegetação lenhosa durante a sucessão florestal. Apesar das florestas mais novas terem apresentado concentrações mais elevadas em relação às florestas mais velhas, os valores de Ca foram mais baixos do que aqueles encontrados na literatura (Tabela 8).

O magnésio apresentou altas variações mensais, com os maiores picos no período seco, destacando-se o mês de julho para as capoeiras de 6, 10 e 20 anos (2,24 ; 2,96; 2,55 g.Kg<sup>-1</sup>), agosto para a floresta primária (2,40 g.Kg<sup>-1</sup>) e dezembro para a capoeira de 40 anos (1,94 g.Kg<sup>-1</sup>) (Figura 13). Apesar das variações mensais, este nutriente não apresentou diferenças significativas entre as idades das florestas, o que foi confirmado pela comparação das médias anuais pelo teste de “Tukey”, após a análise de variância (ANOVA) (Tabela 7). Em geral, os valores médios anuais foram mais baixos do que aqueles encontrados nas florestas tropicais, com exceção da floresta na Ilha de Maracá (VILLELA, 1997) que apresentou valor semelhante à floresta primária, e a floresta da Indonésia com valor próximo ao valor encontrado na capoeira de 40 anos (Tabela 8).

#### 4.2.2. Transferência de nutrientes através da serapilheira produzida

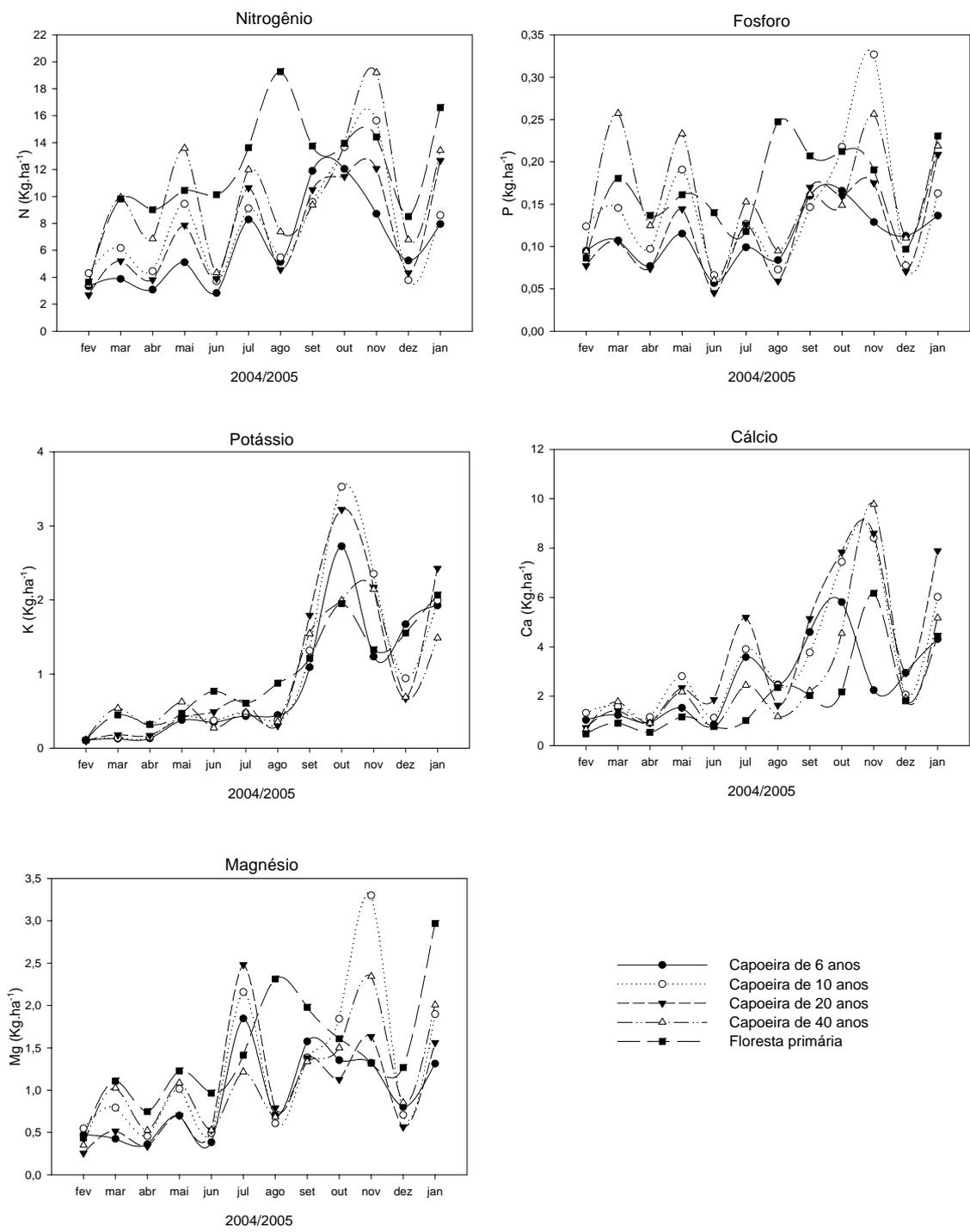
Em geral, a distribuição mensal da quantidade de nutrientes transferidos através da serapilheira acompanhou a quantidade de serapilheira produzida, sendo determinada por sua sazonalidade. A maior quantidade de nutrientes ocorreu no período seco, para todas as florestas, época que houve maior produção da serapilheira (Figura 14).

A maior transferência de nitrogênio (N) foi encontrada na floresta primária durante a maior parte do ano, com destaque nos meses de agosto (19,28 Kg.ha<sup>-1</sup>), outubro (13,96 Kg.ha<sup>-1</sup>) novembro (14,42 Kg.ha<sup>-1</sup>), e janeiro (16,60 Kg.ha<sup>-1</sup>), correspondendo respectivamente ao início do período seco, pleno período seco, e início do período chuvoso (Figura 14). As capoeiras apresentaram comportamentos semelhantes entre si, com maior quantidade de N transferido em pleno período seco e outro no início do período chuvoso. Durante o período seco, a capoeira de 6 anos obteve o maior valor no mês de outubro (12,04 Kg.ha<sup>-1</sup>), já a capoeira de 20 anos apresentou os maiores valores nos meses de setembro (10,50 Kg.ha<sup>-1</sup>), outubro (11,50 Kg.ha<sup>-1</sup>) e novembro (12,08 Kg.ha<sup>-1</sup>), e as capoeiras de 10 e 40 anos tiveram os maiores valores no mês de novembro com 13,63 Kg.ha<sup>-1</sup> e 19,19 Kg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente. As quantidades anuais foram de 77,50 Kg.ha<sup>-1</sup> na capoeira de 6 anos, 93,90 Kg.ha<sup>-1</sup> na capoeira de 10 anos, 98,77 Kg.ha<sup>-1</sup> na capoeira de 20 anos, 126,03 Kg.ha<sup>-1</sup> na capoeira de 40 anos, e 143,18 Kg.ha<sup>-1</sup> na floresta primária, que apresentou diferenças significativas às florestas mais novas (capoeiras de 6, 10 e 20 anos) (Tabela 9).

Entre todos os nutrientes analisados, o fósforo (P) foi o que apresentou as menores quantidades na serapilheira produzida. Outrossim, apresentou um leve aumento no período mais seco, porém em virtude das altas concentrações durante os meses chuvosos, as quantidades de P não foram tão baixas quanto à dos outros nutrientes, principalmente para a capoeira de 40 anos (Figura 14). Observou-se pelas médias anuais, que a quantidade de P transferidos através da serapilheira, tende a aumentar conforme o avanço da idade, sendo que a floresta primária apresentou o maior valor (2,01 Kg.ha<sup>-1</sup>) diferindo-se das capoeiras de 6, 10 e 20 anos (1,34; 1,75 e 1,42 Kg.ha<sup>-1</sup>), e a capoeira de 40 anos (1,91 Kg.ha<sup>-1</sup>) só obteve diferença significativa com a capoeira mais nova com 6 anos (Tabela 9).

O potássio (K) apresentou uma nítida sazonalidade com altos valores durante o período seco, e baixíssimos valores durante o chuvoso (Figura 14). A grande variação entre os dois períodos do ano está relacionada com as elevadas concentrações de K e maior produção de serapilheira durante o período mais seco, já no período chuvoso este nutriente é bastante lixiviado. Este fato ocasionou a pouca variação da quantidade de K entre as florestas no período mais chuvoso, haja vista que no período seco, as capoeiras de 6,10 e 20 anos apresentaram as maiores quantidades de K, com destaque ao mês de outubro com 2,72; 3,53 e 3,22  $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , respectivamente. A capoeira de 40 anos apresentou o maior valor no mês de novembro com 2,14  $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , e a floresta primária durante o mês de outubro com 1,95  $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  e um pico em janeiro com 2,14  $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . As quantidades anuais de K não apresentaram diferenças significativas entre as florestas (Tabela 9).

Assim como o K, a maior quantidade e a maior variação de cálcio (Ca) entre as florestas ocorreu durante os meses mais secos do ano, e início do período chuvoso (Figura 14). As capoeiras apresentaram os maiores valores durante todo o ano em relação a floresta primária. O mês com maior quantidade de Ca foi o mês de outubro para a capoeira de 6 anos (5,81  $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), e o mês de novembro para as capoeiras de 10, 20 40 anos e floresta primária (8,41; 8,60; 9,77 e 6,17  $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), respectivamente. Já as menores quantidades de K foram verificadas no mês de abril para a floresta primária e capoeira de 20 anos (0,54 e 0,92  $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), respectivamente. Já para as capoeiras de 6, 10 e 40 anos, as menores quantidades de K transferidos foram verificadas no mês de junho com 0,86; 1,13 e 0,76  $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , respectivamente. Em relação às médias anuais, a floresta primária apresentou menor quantidade de K dentre todas as florestas, diferenciando-se das capoeiras de 10 e 20 anos (Tabela 9).



**Figura 14:** Quantidade ( $\text{Kg.ha}^{-1}$ ) de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) transferidos através da serapilheira produzida, durante o período de fevereiro de 2004 a janeiro de 2005, nas capoeiras de 6, 10, 20, 40 anos e na floresta primária, localizadas no município de Capitão Poço-PA.

**Tabela 9:** Quantidades totais (Kg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>) de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio que retornam ao solo através da serapilheira das capoeiras de 6, 10, 20, 40 anos e da floresta primária, durante o período de fevereiro de 2004 a janeiro de 2005, no município de Capitão Poço-PA.

Área/Idade	N Kg.ha <sup>-1</sup> . ano <sup>-1</sup> (dp)	P Kg.ha <sup>-1</sup> . ano <sup>-1</sup> (dp)	K Kg.ha <sup>-1</sup> . ano <sup>-1</sup> (dp)	Ca Kg.ha <sup>-1</sup> . ano <sup>-1</sup> (dp)	Mg Kg.ha <sup>-1</sup> . ano <sup>-1</sup> (dp)
Capoeira 6 anos	77,50 (±14,92) a	1,34 (±0,33) a	10,60 (±2,95) a	31,51 (±5,68) ab	11,26 (±2,26) a
Capoeira 10 anos	93,90 (±16,63) ab	1,75 (±0,44) ab	12,17 (±4,09) a	42,03 (±8,30) a	15,20 (±1,10) abc
Capoeira 20 anos	89,77 (±9,61) ab	1,42 (±0,37) ab	12,56 (±3,83) a	46,49 (±11,83) c	11,88 (±3,29) a
Capoeira 40 anos	126,03 (±17,09) bc	1,91 (±0,14) bc	10,53 (±1,97) a	33,47 (±6,41) abc	13,45 (±2,24) abc
Flor. primária	143,18 (±15,84) c	2,01 (±0,26) c	11,70 (±1,71) a	23,83 (±4,70) b	17,36 (±2,80) c

Média seguidas da mesma letra, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%

O magnésio (Mg) também apresentou padrões semelhantes aos demais nutrientes, ou seja, maiores quantidades na floresta primária e tendências de elevação na estação seca e no início do período chuvoso (Figura 14). A floresta primária apresentou as maiores quantidades mensais de Mg transferidos durante todo o ano, com exceção dos meses de julho e novembro, nos quais as capoeiras obtiveram os maiores valores. A maior quantidade de P na serapilheira produzida foi confirmada pela análise estatística das médias anuais, na qual diferiu-se das capoeiras de 6 anos e de 20 anos. Entretanto, não houve diferença estatística entre as capoeiras (Tabela 9).

Os retornos anuais de N, P, e Mg foram diretamente proporcionais ao avanço da idade da floresta, ou seja, os menores valores foram encontrados nas capoeiras mais novas de 6, 10 e 20 anos, e os maiores valores, na capoeira de 40 anos e na floresta primária, com exceção do magnésio, que na capoeira de 10 anos apresentou-se mais elevado do que na capoeira de 40 anos. Isto pode ser atribuído ao fato das florestas mais velhas apresentarem maiores taxas de

decomposição da serapilheira (ver item 4.3.) e conseqüentemente, apresentam uma ciclagem mais rápida desses nutrientes. Ewell<sup>3</sup> (1976, citado por DANTAS, 1996) estudando sucessão florestal com capoeiras de 1 a 14 anos e uma floresta primária, na Guatemala, também encontrou uma tendência de aumento do N com o avanço da idade das florestas. Já o Ca, apresentou uma tendência de diminuição como aumento da idade das florestas, devido as maiores concentrações relatadas nas capoeiras mais novas. No entanto, o potássio não diferiu entre as capoeiras e com a floresta primária devido ser um nutriente de alta mobilidade nas plantas e no ecossistema florestal.

As quantidades anuais de nutrientes que retornam ao solo através da serapilheira, de algumas florestas tropicais estão apresentados na Tabela 8. Em geral, as quantidades de nutrientes encontradas neste trabalho foram consideradas baixas em relação à literatura. As quantidades de P, K, Ca e Mg, ficaram abaixo das médias das outras florestas, principalmente o P. Entretanto, o N foi o único nutriente que se apresentou com altas quantidades na serapilheira. Assim, o retorno de nutrientes da serapilheira para o solo ocorreu na ordem: N>Ca>Mg>K>P, em todas as florestas. Somente a transferência de N + Ca correspondeu com 59,65%, 57,97%, 56,30%, 68,02% e 73,32% do total de nutrientes nas capoeiras de 6, 10, 20, 40 anos e na floresta primária, respectivamente. Os demais nutrientes apresentaram-se como elementos limitantes para as florestas estudadas. Na Amazônia central, Kato (1995) observou a mesma tendência de valores decrescente para os nutrientes em uma floresta primária. Por outro lado, Dantas (1986) também em Capitão Poço, Scott *et al.* (1992 e 1994), Villela (1997) em Maracá, e Hermansah *et al.* (2002) na Indonésia, encontraram tendência semelhante ao presente estudo.

---

<sup>3</sup> EWELL, J.J. 1976. Litterfall and leaf decomposition in tropical forest succession in eastern guatemala. **Journal Ecology**, 64:293-308.

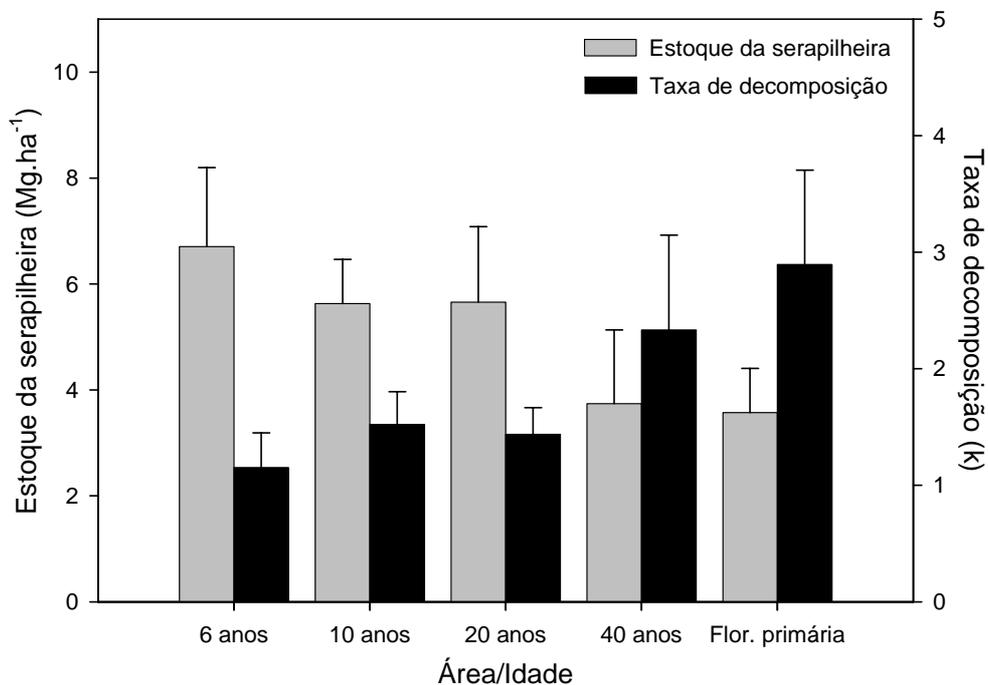
### 4.3. Decomposição da serapilheira

#### 4.3.1. Taxa de decomposição

Nos itens 4.1.1 e 4.2., observou-se que a floresta primária apresentou o menor valor de serapilheira estocada sobre o solo ( $3,57 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), porém obteve a maior produção anual de serapilheira ( $9,82 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ ), respectivamente. Ao contrário dessa floresta, a capoeira de 6 anos teve a menor produção anual ( $7,36 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ ), porém apresentou alto valor de serapilheira estocada ( $5,63 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Já as capoeiras de 10, 20 e 40 anos obtiveram valores intermediários tanto de produção anual ( $8,39$ ;  $7,88$ ;  $8,06 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ ) quanto de estoque ( $5,63$ ;  $5,65$ ;  $3,73 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Essa diferença entre a produção anual de serapilheira e o seu estoque sobre o solo são decorrentes das diferenças das taxas de decomposição (K), que podem ser calculadas através da fórmula de Olson (1963).

Na Figura 15, observa-se que em virtude dessas diferenças, a floresta primária apresentou a maior taxa de decomposição (2,89), seguida das capoeiras de 40 anos (2,33), 10 anos (1,52), 20 anos (1,43) e 6 anos (1,15). Este resultado demonstra que com o avanço da idade das florestas, a taxa de decomposição de sua serapilheira aumenta, e conseqüentemente a serapilheira estocada sobre o solo diminui, provavelmente, devido as atividades dos organismos que participam da quebra, decomposição e remoção da matéria orgânica serem mais intensas nas florestas mais desenvolvidas. Logo, as florestas mais velhas necessitam de menos tempo para a renovação da serapilheira estocada. Porém, outros fatores também são responsáveis pela diferença na taxa de decomposição da serapilheira entre as florestas tropicais, tais como: a qualidade do material, às condições ambientais, especialmente a temperatura e umidade, e a relação C/N (LUIZÃO, 1982; CÉSAR, 1993; MESQUITA, 1998; GUAMA-RODRIGUES *et al.*, 2003).

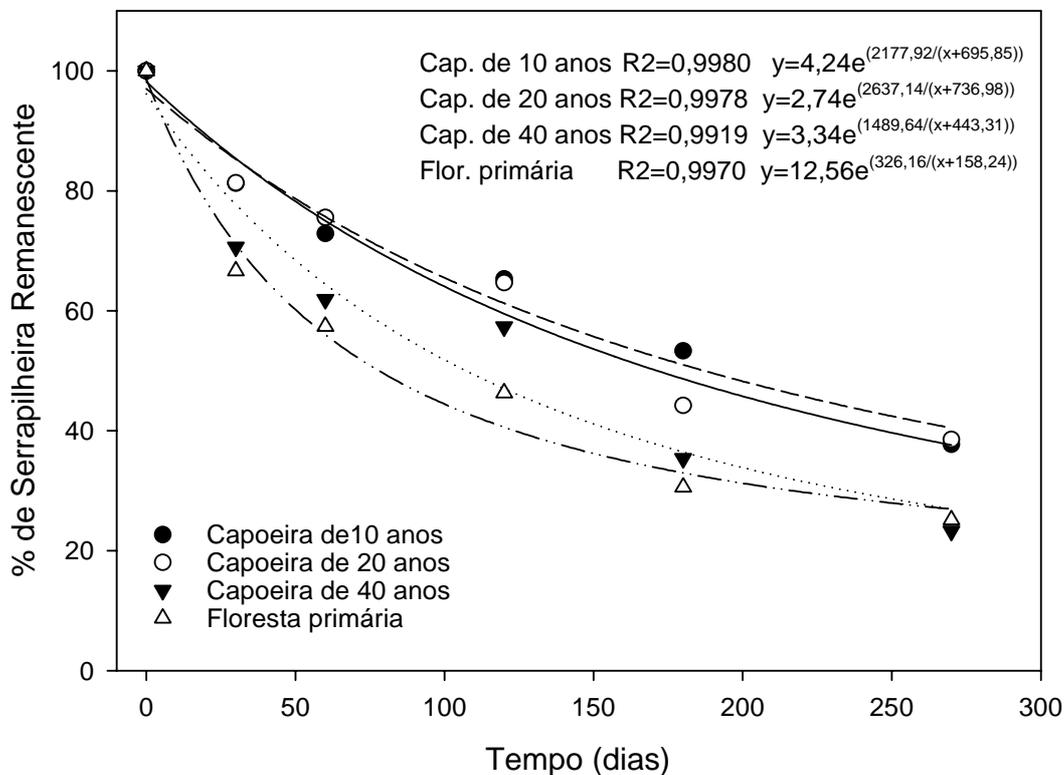
Olson (1963) relata que as médias das taxas de decomposição para ecossistemas florestais geralmente apresentam-se maiores que 2,0, concordando com os resultados acima para a capoeira de 40 anos e para a floresta primária. Estes valores também foram próximos aos encontrados por outros autores em florestas na Amazônia (Tabela 4). No entanto, os valores encontrados no presente trabalho para as capoeiras foram considerados altos quando comparados com o valor encontrado por Mesquita *et al.* (1998), porém próximos aos obtidos por Luizão (1982) na Amazônia Central.



**Figura 15:** Relação entre as capoeiras de 6, 10, 20, 40 anos e a floresta primária com o estoque de serapilheira sobre os seus solos, e com a taxa de decomposição (K) determinada pelo modelo de Olson (1963)

#### 4.3.2. Curva de perdas de massa da serapilheira em decomposição

Na Figura 16, observou-se que houve correlação significativa entre o tempo de decomposição das folhas de serapilheira e a percentagem de material remanescente para todas as florestas estudadas. As perdas de peso das folhas em decomposição foram maiores na floresta primária em quase todas as coletas, seguidas da capoeira de 40, 20 e 10 anos. Somente nos primeiros 30 dias de experimento houve uma acentuada queda da percentagem média do material remanescente para a capoeira de 40 anos (23%) e para a floresta primária (29%), haja vista que para as capoeiras de 20 e 10 anos a queda ficou em torno de 19% para cada uma. No entanto, a perda de peso das folhas em decomposição apresentou-se gradativa nos períodos seguintes, principalmente para a floresta primária. Estes resultados mostram que nesta floresta, as folhas da serapilheira decompõem mais rápido em relação às capoeiras, principalmente em relação as mais novas.



**Figura 16:** Curva exponencial com coeficientes de regressão, relacionados com a perda mensal de peso do material remanescente da serapilheira coletadas nas capoeiras de 10, 20, 40 e na floresta primária durante o período de 270 dias no município de Capitão Poço-PA.

Segundo Coley<sup>4</sup> (1987, citado por MESQUITA *et al.*, 1998) a decomposição de folhas de espécies pioneiras, ou seja, espécies tipicamente de capoeiras deveriam ser mais rápidas do que nas folhas de espécies de florestas primária, já que essas plantas investem menos em defesas químicas e estrutura de carboidratos. Este comportamento foi verificado nos estudos de Zou *et al.* (1995) em Porto Rico, na qual uma capoeira com 50 anos dominada por *Casearia arborea* e *Cecropia schreberiana* apresentou a maior percentagem de decomposição, em relação a floresta primária dominada por *Dacryodes exelsa*, conhecida como floresta de “tabonuco”. Entretanto, Mesquita *et al.* (1998) estudando a decomposição da serapilheira em capoeiras dominadas por *Cecropia sciadophylla* e *Cecropia purpurascens* na Amazônia central, encontraram uma menor velocidade de decomposição nas folhas de espécies de capoeiras do que nas de floresta primária,

<sup>4</sup> COLEY, P. D. 1987. Interspecific variation in plant anti-herbivore properties: the role of habitat quality and rate of disturbance. *New phytologist*. 1106, 251-263.

concordando com os resultados deste trabalho. Os autores também relataram que independentemente do material das folhas em decomposição, outros fatores afetam diretamente as suas taxas, como por exemplo, o ambiente das florestas.

Um dos fatores determinantes para a rápida decomposição no período inicial do processo (15-30 dias), é a lixiviação, principalmente pela água das chuvas, conseqüentemente a decomposição é mais intensa na estação mais úmida do ano (Luizão e Luizão,1991). Porém, esse não é o principal responsável pela remoção dos constituintes minerais da serapilheira, já que a atividade biológica sobre o material em decomposição também exerce papel fundamental nesse processo (LUIZÃO, 1982). Entre essas atividades biológicas, destacam-se a penetração das raízes finas superficiais no material e a atividade de remoção das macro e micro fauna do solo e da serapilheira, especialmente dos cupins (LUIZÃO, 1982).

A rápida decomposição no período inicial do processo também foi verificada por Mota (2003) em análises da decomposição de folhas (*Carapa guianensis* Aubl, *Hevea brasiliensis* Muell. Arg., *Vismia guianensis* (Aubl.) Choisy, e a mistura das três espécies) em capoeiras de 6 anos dominadas por *Vismia guianenses* e várias espécies do gênero *Miconia*, no nordeste de Manaus-AM. No final do primeiro mês de experimento aproximadamente 20% do peso das folhas foram perdidos na decomposição, havendo uma perda gradativa ao longo do tempo.

#### **4.3.3. Remoção de nutrientes na serapilheira em decomposição**

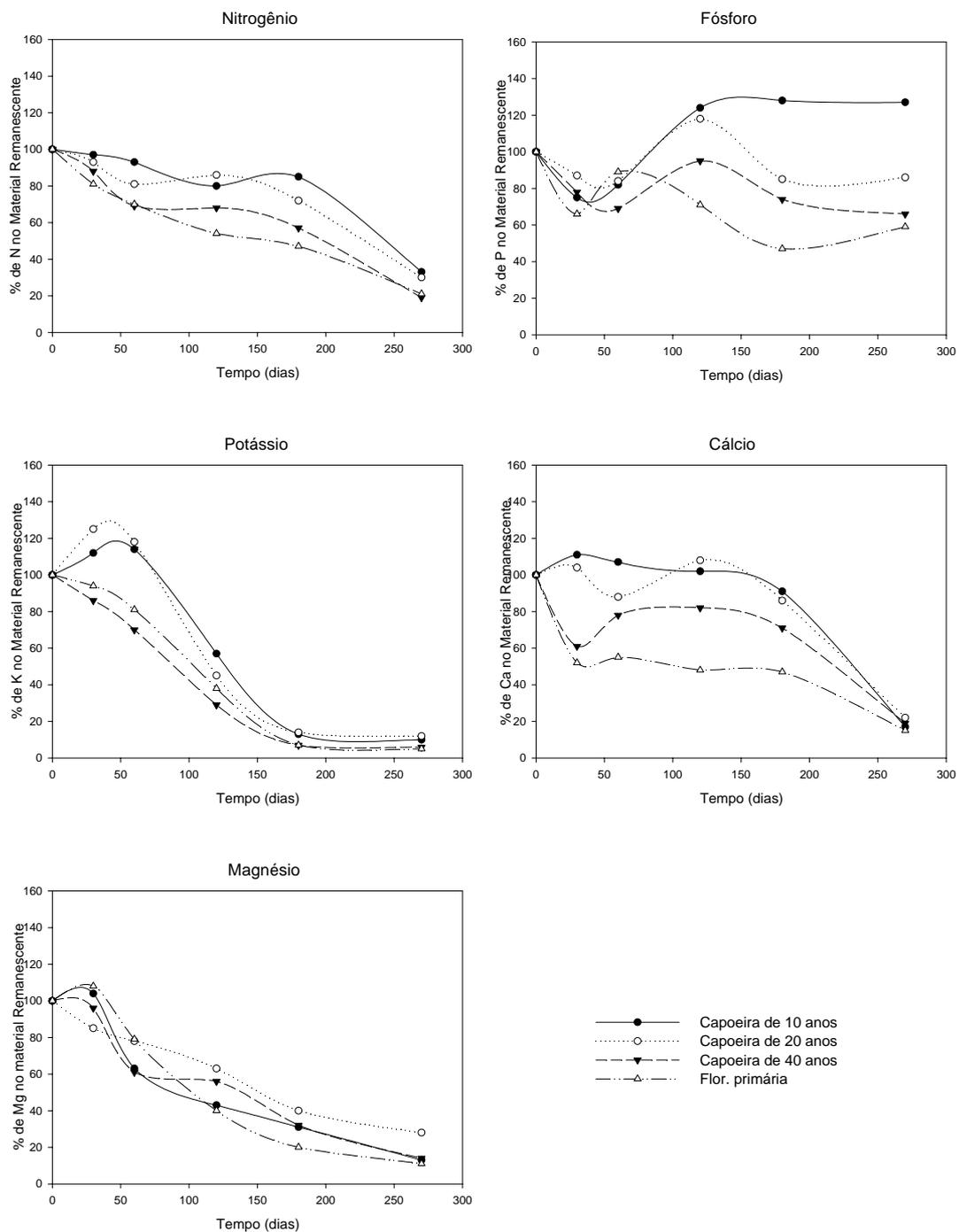
A floresta primária e a capoeira de 40 anos apresentaram as maiores concentrações de nitrogênio (N) em todas as coletas, enquanto que as concentrações mais baixas ocorreram nas capoeiras de 10 e de 20 anos (Tabela 10). O N apresentou nítida tendência de acumulação até os 180 dias de permanência no campo, sendo que após 270 dias de experimento, este nutriente diminui sensivelmente em todas os tipos de florestas. Este aumento na concentração de N na maior parte dos períodos do experimento está relacionado com a baixa lixiviação deste elemento, concordando com o padrão observado por outros autores na região amazônica. Luizão *et al.* (1998) estudando a decomposição de folhas em resposta a clareiras no dossel da floresta, verificaram um acúmulo de N logo nos primeiros 61 dias de decomposição, seguido de uma fase de liberação deste nutriente, apresentando imobilização do mesmo por microorganismos. Por outro lado, Mota (2003) utilizando folhas de *Carapa guianensis* Aubl, *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. e *Vismia*

*guianensis* (Aulb.) Choisy, constatou um aumento na concentração de N ao longo dos períodos de decomposição devido a baixa qualidade das diferentes serapilheiras utilizadas, bem como pela baixa lixiviação deste elemento.

**Tabela 10:** Média ( $\text{g.Kg}^{-1}$ ), desvio padrão e percentual remanescente da concentração de N na serapilheira em decomposição das capoeiras de 10, 20, 40 anos e na floresta primária no município de Capitão Poço-PA.

Tempo	Cap. 10 anos	Cap. 20 anos	Cap. 40 anos	Flor. primária
0 dias	11,65 ( $\pm 1,23$ )	13,96 ( $\pm 1,96$ )	17,97 ( $\pm 2,21$ )	18,11 ( $\pm 1,12$ )
%	100	100	100	100
30 dias	13,67 ( $\pm 1,90$ )	15,05 ( $\pm 2,02$ )	21,39 ( $\pm 1,46$ )	21,36 ( $\pm 1,79$ )
%	117	108	119	118
60 dias	14,13 ( $\pm 1,09$ )	14,13 ( $\pm 1,91$ )	18,93 ( $\pm 2,99$ )	20,92 ( $\pm 1,19$ )
%	121	101	105	117
120 dias	14,12 ( $\pm 2,22$ )	17,78 ( $\pm 1,06$ )	20,31 ( $\pm 1,66$ )	20,00 ( $\pm 1,92$ )
%	121	127	113	110
180 dias	17,71 ( $\pm 2,24$ )	21,33 ( $\pm 2,75$ )	27,15 ( $\pm 2,65$ )	26,87 ( $\pm 4,85$ )
%	152	153	151	148
270 dias	9,08 ( $\pm 0,91$ )	9,76 ( $\pm 1,78$ )	12,38 ( $\pm 1,35$ )	11,78 ( $\pm 1,56$ )
%	78	70	69	65

Na Figura 17, pode-se observar que o N residual das folhas em decomposição da capoeira de 10 anos manteve-se pouco alterado nos primeiros 60 dias de permanência no campo, sendo que após este período apresentou, juntamente com a capoeira de 20 anos, oscilações até os 180 dias, diferenciando-se sempre da capoeira de 40 anos e da floresta primária. Essas duas últimas florestas obtiveram as maiores perdas de N durante todo o processo de decomposição, principalmente a floresta primária. Porém, nos estudos de Zou *et al.* (1995) em duas florestas de Porto Rico, a perda de N da serapilheira do material remanescente foi maior em uma capoeira de 50 anos em relação à floresta primária.



**Figura 17:** Conteúdo (%) de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na serapilheira remanescente, em relação ao inicial, após cada período de permanência sobre o solo das capoeiras de 10, 20, 40 anos e da floresta primária no município de Capitão Poço-PA.

Dentre os nutrientes, o fósforo (P) foi o que apresentou a menor concentração durante todo o processo de decomposição (Tabela 11). No período inicial, as folhas da floresta primária e da capoeira de 40 anos tiveram as maiores concentrações de P, porém ao final de 270 dias de decomposição, a floresta primária obteve a menor concentração em relação às capoeiras. Entretanto, ao longo da decomposição o P apresentou nítida tendência de acumulação em todas as florestas, principalmente na capoeira de 10 anos, que alcançou o dobro da concentração inicial de P no final do processo. Este resultado foi semelhante ao encontrado por Songue *et al.* (1995) numa Reserva florestal em Camarões, na qual estudou a decomposição de folhas de *Cetis zenkeri*, *Cola lepidota*, *Desbordesea glaucescens*, *Ceiba pentandra* e *Terminalia superba*. Luizão *et al.* (1998) verificou um uma forte retenção de P na serapilheira durante os primeiros estágios da decomposição em uma floresta na ilha de Maracá, em Roraima. Mota (2003) também encontrou um ligeiro acúmulo de P na decomposição de folhas de *Vismia guianensis* (Aubl.) Choisy, espécie pioneira, em capoeira de 8 anos na Amazônia central. Resultados contrários a esses, foram encontrados por Luizão (1982) e Kato (1995), na qual relatam rápida liberação inicial para esse nutriente, sendo este o comportamento considerado normal para o P (SWIFT *et al.*, 1981), já que são bastante lixiviados, além de serem absorvidos por raízes finas, micorrízicas que penetram nas folhas em decomposição (LUIZÃO e LUIZÃO, 1991).

**Tabela 11:** Média (g.Kg<sup>-1</sup>), desvio padrão e percentual remanescente da concentração de P na serapilheira em decomposição das capoeiras de 10, 20, 40 anos e na floresta primária, localizadas no município de Capitão Poço-PA.

Tempo	Cap. 10 anos	Cap. 20 anos	Cap. 40 anos	Flor. primária
0 dias	0,19 (± 0,05)	0,20 (± 0,05)	0,25 (± 0,05)	0,21 (± 0,02)
%	100	100	100	100
30 dias	0,18 (± 0,08)	0,21 (± 0,11)	0,26 (± 0,04)	0,21 (± 0,02)
%	92	103	103	97
60 dias	0,21 (± 0,02)	0,22 (± 0,05)	0,26 (± 0,05)	0,31 (± 0,06)
%	108	107	105	114
120 dias	0,36 (± 0,06)	0,36 (± 0,07)	0,39 (± 0,03)	0,32 (± 0,03)
%	187	178	157	149
180 dias	0,44 (± 0,07)	0,37 (± 0,07)	0,50 (± 0,03)	0,32 (± 0,04)
%	226	181	199	150
270 dias	0,45 (± 0,09)	0,38 (± 0,07)	0,51 (± 0,10)	0,30 (± 0,11)
%	230	189	204	140

As percentagens de P na serapilheira remanescente foram semelhantes durante o período inicial da decomposição em todas as florestas, haja vista que, a partir dos 120 dias houve uma nítida distinção desses valores permanecendo até o final. No entanto, neste período as capoeiras

de 20, 40 anos e a floresta primária apresentaram pouca redução de P na serapilheira remanescente, ao contrário da capoeira de 10 anos que apresentou um aumento de P na decomposição da sua serapilheira, devido às altas concentrações deste nutriente. Mesmo com pequenas reduções, a floresta primária apresentou as menores perdas de P na serapilheira durante a decomposição, seguida da capoeira de 40, 20 e 10 anos (Figura 17).

No período inicial, as maiores concentrações de potássio (K) foram encontradas na floresta primária e na capoeira de 40 anos, porém ao final dos 270 dias as concentrações foram as mais baixas atingindo 17% e 20%, respectivamente (Tabela 12). No período de 30 e 60 dias houve um pequeno aumento na concentração deste nutriente em todas as florestas, devido coincidir com o final do período seco, decaindo nos intervalos subsequentes, ou seja, mais úmidos. Luizão (1982) menciona que o K é o nutriente que desaparece mais rápido da serapilheira em decomposição, principalmente por lixiviação, embora haja certa ação biológica, por exemplo, as raízes finas que penetram nas folhas em decomposição também absorvem um pouco deste nutriente. A rápida lixiviação desse nutriente está relacionada com o fato de que o K é extremamente móvel nos tecidos vivos, ou seja, é altamente permeável nas membranas celulares (MENGEL e KIRBY, 1987).

Na Figura 17, observou-se que a capoeira de 40 anos e a floresta primária apresentaram os menores valores de K durante todos os períodos analisados. As capoeiras mais novas de 10 e 20 anos, tiveram um pequeno acúmulo no início da decomposição, porém após 60 dias os valores de K decaíram abruptamente até os 180 dias, mantendo-se constante até o final do experimento com 10% na capoeira de 10 anos, 12% na capoeira de 20 anos, 6% na capoeira de 40 anos e 5% na floresta primária. Logo, no presente trabalho, o K apresentou-se como um nutriente de fácil lixiviação, com perda muito rápida de seu conteúdo, e este resultado concorda com a literatura consultada. Na Amazônia central, Kato (1995) verificou que a maior parte do K da serapilheira de *Bertholletia excelsa* foi liberada logo nos primeiros 30 dias da decomposição, tanto em floresta primária quanto na área de pastagem. A rápida liberação de K também foi observada por Villela e Proctor (2002) na ilha fluvial de Maracá em Roraima, utilizando folhas de *Ecclinusa guianensis* e *Peltogyne gracilipes* em florestas dominadas por *Peltogyne*, florestas pobres em *Peltogyne* e florestas sem *Peltogyne*, na qual somente nos primeiros 150 dias de decomposição o K já havia sido removido quase totalmente.

**Tabela 12:** Média ( $\text{g.Kg}^{-1}$ ), desvio padrão e percentual remanescente da concentração de K na serapilheira em decomposição das capoeiras de 10, 20, 40 anos e na floresta primária, localizadas no município de Capitão Poço-PA..

<b>Tempo</b>	<b>Cap. 10 anos</b>	<b>Cap. 20 anos</b>	<b>Cap. 40 anos</b>	<b>Flor. primária</b>
0 dias	0,77 ( $\pm 0,36$ )	0,75 ( $\pm 0,16$ )	1,07 ( $\pm 0,26$ )	1,03 ( $\pm 0,19$ )
%	100	100	100	100
30 dias	1,05 ( $\pm 0,18$ )	1,08 ( $\pm 0,20$ )	1,25 ( $\pm 0,10$ )	1,42 ( $\pm 0,28$ )
%	136	145	116	138
60 dias	1,15 ( $\pm 0,39$ )	1,09 ( $\pm 0,26$ )	1,16 ( $\pm 0,18$ )	1,37 ( $\pm 0,29$ )
%	149	146	109	133
120 dias	0,71 ( $\pm 0,40$ )	0,50 ( $\pm 0,04$ )	0,51 ( $\pm 0,04$ )	0,81 ( $\pm 0,10$ )
%	92	67	48	79
180 dias	0,18 ( $\pm 0,05$ )	0,22 ( $\pm 0,09$ )	0,21 ( $\pm 0,02$ )	0,23 ( $\pm 0,04$ )
%	23	30	19	22
270 dias	0,21 ( $\pm 0,06$ )	0,27 ( $\pm 0,08$ )	0,21 ( $\pm 0,07$ )	0,17 ( $\pm 0,02$ )
%	27	36	20	17

No início do experimento, a capoeira de 40 anos e a floresta primária apresentaram as maiores concentrações de cálcio (Ca), porém ao final de 270 dias, estas florestas obtiveram os menores valores em relação às capoeiras mais novas (Figura 13). Outrossim, houve uma tendência de acumulação de Ca em todas as florestas até o período de 180 dias, sendo liberado no último período de decomposição. A mesma retenção deste nutriente no material remanescente durante o processo de decomposição foi observado por Kato (1995), Monteiro e Luizão (2003), Mota (2003). Segundo Luizão e Schubart (1986), o Ca concentra-se no material remanescente durante a estação seca, e na estação chuvosa desaparece da serapilheira com velocidade pouco inferior a taxa de decomposição. Outro fator relacionado com o aumento de Ca no material remanescente pode ser atribuído a translocação deste elemento pelas hifas e fungos encontradas no solo, principalmente em sacos de náilon de decomposição que permanecem em contato direto com o solo e com a serapilheira original durante muito tempo, sendo possível visualizar hifas e micélios de fungos nas folhas em decomposição (MOTA, 2003). Além disso, a concentração de Ca em componentes resistentes do material foliar, como por exemplo, a celulose também pode ocasionar o acúmulo de Ca durante o processo de decomposição (SCHLESINGER, 1985).

**Tabela 13:** Média ( $\text{g.Kg}^{-1}$ ), desvio padrão e percentual remanescente da concentração de Ca na serapilheira em decomposição das capoeiras de 10, 20, 40 anos e na floresta primária, localizadas no município de Capitão Poço-PA.

<b>Tempo</b>	<b>Cap. 10 anos</b>	<b>Cap. 20 anos</b>	<b>Cap. 40 anos</b>	<b>Flor. primária</b>
0 dias	4,67 ( $\pm 0,76$ )	4,53 ( $\pm 0,96$ )	5,61 ( $\pm 1,36$ )	5,17 ( $\pm 2,34$ )
%	100	100	100	100
30 dias	6,27 ( $\pm 1,29$ )	5,47 ( $\pm 1,38$ )	4,62 ( $\pm 1,14$ )	3,91 ( $\pm 1,16$ )
%	134	121	82	76
60 dias	6,70 ( $\pm 1,63$ )	5,00 ( $\pm 1,42$ )	6,63 ( $\pm 1,82$ )	4,84 ( $\pm 0,82$ )
%	143	110	118	94
120 dias	7,21 ( $\pm 1,72$ )	7,28 ( $\pm 1,27$ )	7,65 ( $\pm 1,12$ )	5,26 ( $\pm 1,52$ )
%	159	161	136	102
180 dias	7,74 ( $\pm 3,09$ )	8,19 ( $\pm 2,78$ )	10,83 ( $\pm 1,13$ )	7,84 ( $\pm 0,98$ )
%	165	181	193	152
270 dias	2,32 ( $\pm 1,04$ )	2,77 ( $\pm 1,20$ )	2,54 ( $\pm 1,16$ )	1,63 ( $\pm 0,80$ )
%	50	61	45	32

A floresta primária apresentou uma liberação de Ca mais rápida durante a decomposição, seguida das capoeiras de 40 anos, 20 anos, e 10 anos (Figura 17). No início da decomposição, a floresta primária e a capoeira de 40 anos apresentaram baixas percentagens de Ca na serapilheira remanescente, ao contrário das capoeiras de 10 e 20 anos. Após esse período inicial, em todas as florestas, exceto a capoeira de 20 anos, o Ca contido nas folhas da serapilheira manteve-se constante até os 180 dias de decomposição, com 91% na capoeira de 10 anos, 86% na capoeira de 20 anos, 71% na capoeira de 40 anos e 47% na floresta primária. Entretanto, após este período o Ca decaiu abruptamente, finalizando com 17%, 22%, 19% e 15% na capoeira de 10, 20, 40 anos e na floresta primária, respectivamente.

O magnésio (Mg) apresentou um pequeno acúmulo no período inicial da decomposição, principalmente nas florestas mais velhas, capoeira de 40 anos e floresta primária, seguindo de uma queda gradativa na sua concentração durante os períodos subsequentes (Tabela 14). Na figura 16, observou-se que as capoeiras de 10 e 20 anos apresentaram redução das percentagens de Mg no material remanescente logo nos primeiros trinta dias, ao contrário da capoeira de 40 anos e da floresta primária, haja vista que nos períodos seguintes este elemento teve uma boa redução especialmente na capoeira de 10 anos acompanhando as curvas de perdas de peso das folhas em decomposição. Alguns trabalhos na região amazônica relatam uma boa redução de Mg

logo nas etapas iniciais do processo de decomposição como é o caso de Luizão (1982), Kato (1995), Mota (2003), já que assim como o K, o Mg também se encontra na fração facilmente solúvel das folhas, apresentando lixiviação principalmente no início do processo de decomposição (SWIFT *et al.*, 1981).

**Tabela 14:** Média ( $\text{g.Kg}^{-1}$ ), desvio padrão e percentual remanescente da concentração de Mg na serapilheira em decomposição das capoeiras de 10, 20, 40 anos e na floresta primária, localizadas no município de Capitão Poço-PA.

<b>Tempo</b>	<b>Cap. 10 anos</b>	<b>Cap. 20 anos</b>	<b>Cap. 40 anos</b>	<b>Flor. primária</b>
0 dias	1,72 ( $\pm 0,85$ )	1,37( $\pm 0,41$ )	1,54 ( $\pm 0,31$ )	1,95 ( $\pm 0,46$ )
%	100	100	100	100
30 dias	2,18 ( $\pm 1,13$ )	1,31( $\pm 0,76$ )	2,02 ( $\pm 0,37$ )	3,08 ( $\pm 0,69$ )
%	127	96	131	157
60 dias	1,46 ( $\pm 0,60$ )	1,36 ( $\pm 0,21$ )	1,45 ( $\pm 0,19$ )	2,61 ( $\pm 0,92$ )
%	85	100	94	133
120 dias	1,09 ( $\pm 0,21$ )	1,26( $\pm 0,32$ )	1,43 ( $\pm 0,06$ )	1,63 ( $\pm 0,16$ )
%	64	92	93	83
180 dias	0,93 ( $\pm 0,35$ )	1,16 ( $\pm 0,51$ )	1,28 ( $\pm 0,31$ )	1,27 ( $\pm 0,64$ )
%	54	84	83	65
270 dias	0,61 ( $\pm 0,48$ )	0,88 ( $\pm 0,39$ )	0,92 ( $\pm 0,40$ )	0,85 ( $\pm 0,24$ )
%	35	64	59	44

## 5. CONCLUSÕES

- Nas capoeiras mais novas de 6, 10 e 20 anos, a quantidade de serapilheira estocada sobre o solo, bem como nutrientes nela contidos foram superiores aos da capoeira de 40 anos e da floresta primária, provavelmente devido as menores taxas de decomposição encontradas nas florestas mais novas, favorecendo a imobilização dos nutrientes estocados na serapilheira;
- A produção anual de serapilheira foi maior na floresta primária, diferindo das capoeiras de 6, 10, 20 e 40 anos, caracterizando o estágio atual de pouco desenvolvimento das capoeiras em relação à floresta primária;
- A quantidade total anual de N, P e Mg, foram maiores na floresta primária do que nas capoeiras, porém o Ca apresentou comportamento contrário a estes e apenas o K não apresentou diferença entre nenhuma floresta analisada;
- Em todas as florestas, a produção de serapilheira foi maior durante o período seco, provavelmente devido à resposta das florestas ao estresse hídrico;

A maior taxa de decomposição foi encontrado na capoeira de 40 anos e na floresta primária, o que indica a mais rápida liberação e conseqüentemente o reaproveitamento dos nutrientes por parte do sistema radicular destas florestas;

## 6. REFERÊNCIABIBLIOGRÁFICA

- ALENCAR, A. A. C.; VIEIRA, F. C. G.; NEPSTAD, D. C.; LEFEBVRE, P. **Análise multitemporal do uso do solo e mudança da cobertura vegetal em antiga área agrícola da Amazônia oriental**. Anais do VIII Simpósio Internacional de Sensoriamento Remoto, Salvador-BA, 1996.
- ALENCAR, A. A. C.; NEPSTAD, D.; McGRATH, D.; MOUTINHO, P.; PACHECO, P.; DIAZ, M. D. C. V.; FILHO, B. S. **Desmatamento na Amazônia: indo além da “emergência crônica”**. Belém: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, 2004, 85p.
- ALMEIDA, A. S. de. **Dinâmica da paisagem e ecologia de florestas primárias remanescentes do município de São Francisco do Pará**. Belém: Faculdade de Ciências Agrárias do Pará. 100p, 2000. (Dissertação de Mestrado).
- ALMEIDA, A. S. de; VIEIRA, I. C. G.; TRANCRENI, N. S. H. **Análise ecológica da paisagem do leste do Pará**. Anais XII do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, INPE, p.1415-1422, 2005.
- BARBOSA, J. H. C. **Dinâmica de serapilheira sucessionais de Floresta Atlântica (Reserva Biológica de Poço das Antas – RJ)**. Rio de Janeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2000, 202p. (Dissertação de Mestrado).
- BOCOCK, K.L.; GILBERT, O.J.W. The disappearance of leaf litter under different woodland conditions. **Plant and Soil**, v 9, p. 197-185, 1957.
- BORÉM, R. A. T.; RAMOS, D. P. Variação Estacional e Topográfica de nutrientes na serapilheira de um fragmento de Mata Atlântica. **Cerne**, v.8, n.2, p. 042-4259, 2002.
- BOWN, S.; LUGO, A. E. Tropical secondary forests. **Journal Tropical Ecology**. 6, p.1-32. 1990.

- BRAY, J.R.; GORAHAN, F. Litter production in forests of the world. **Advances in Ecological Research**, n.2. p.101-157. 1964.
- CAMPOS, J.; VÁZQUEZ-YANES. Effects of nutrient limitation on aboveground carbon dynamics during tropical dry Forest regeneration in yucatán, Mexico. **Ecosystems**.7, p.311-319. 2004.
- CÉSAR, O. Produção de serapilheira na mata mesófila semidecídua da Fazenda Barreiro Rico, município de Anhembi, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, 53; p. 671-681. 1993.
- DANTAS, M. Produção de “litter” e seu conteúdo de nutrientes em floresta primária e capoeira da Amazônia Oriental. In: EMBRAPA/CPATU. **Pesquisas sobre utilização e conservação do solo na Amazônia Oriental**; relatório final do convênio EMBRAPA/CPATU-GTZ. Belém. 147-162p. 1986.
- DAVDSON, E. A; CARVALHO, C. J. R. de; VIEIRA, I. C. G.; FIGUEIREDO, R. de O.; MOUTINHO, P; ISHIDA, F. Y.; SANTOS, M. T. P.; GUERREIRO J. B.; KALIF, K.; SABÁ, R. T. Nitrogen and phosphorus limitation of biomass growth in a tropical secondary forest. **Ecological Applications**, 14 (4), p. 150-163, 2004.
- DENICH, M.; BRADINO, Z. G.; BLUM, E. A decomposição da matéria orgânica. In: EMBRAPA/CPATU. **Pesquisas sobre utilização e conservação do solo na Amazônia Oriental**; relatório final do convênio EMBRAPA/CPATU-GTZ. Belém. p. 163-186, 1986.
- DINIZ, T. D. de A. S. **Caracterização climática da Amazônia Oriental**. Pesquisa sobre utilização e conservação do solo na Amazônia Oriental. EMBRAPA – CPATU, p.3-13. 1986.
- DRUMOND, M. A. D.; BARROS, N. F. de; SOUZA, A. L. de; SOUZA e SILVA, A. F. da. Distribuição de biomassa e de nutrientes em diferentes coberturas florestais e pastagem na região do Médio rio Doce-MG. **Revista Árvore**. Viçosa-MG. v.21, n.2, p.187-199. 1997.
- EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes** / CNPS, CNPTIA. 1º ed – Brasília, 1999. 370p.

- GAMA-RODRIGUES, A.C.; BARROS, N. F.; SANTOS, M. L. Decomposição e liberação de nutrientes do folheto de espécies florestais nativas em plantios puros e mistos no sudeste da Bahia. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 27, p.1021-1031, 2003.
- GOLLEY, F.B. **Tropical rain Forest ecosystems: structure and function**. Amsterdam: Elsevier, 1983. 392p.
- HAAG, H. P. A nutrição mineral e o ecossistema. In: CASTRO, P. R. C.; FERREIRA, S. O. e YAMADA, T. **Ecofisiologia da Produção Agrícola**. Piracicaba; Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do fosfato, p.49-52, 1987.
- HERMANSAH, A. Z.; TSUGIYUKI, M.; TOSHIYUKI, W. **Litterfall and nutrient flux in tropical rain forest, West Sumatra, Indonesia**. In Symposium No.14, Soil fertility as an ecosystem concept, the 17th World Congress of Soil Science, Bangkok, Abstracts Vol.II, 2002, p.502, Paper No.1125:1-9
- INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). **Desflorestamento**. São Paulo, Brasil: São José dos Campos, 2005.
- JOHNSON, C. M.; VIEIRA, I.C.G.; ZARIN, D. J.; FRIZANO, J.; JOHNSON, A. H. Carbon and nutrient storage in primary and secondary forest in eastern Amazônia. **Forest Ecology and Management**. 147, p.245-252. 2001.
- KATO, A. K. **Dinâmica da entrada de nutrientes via liteira em plantios de Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) em ecossistemas de pastagens degradadas e de floresta primária**. INPA/UFAM, Manaus. 174p, 1995. (Tese de Doutorado).
- KOLM, L. **Ciclagem de nutrientes e variação do microclima em plantações de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden manejadas através de desbastes progressivos**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 62p. 2001. (Dissertação de Mestrado).
- LEAL, E. C.; VIEIRA, I. C. G. **Dinâmica da Paisagem e ecologia de florestas secundárias e remanescentes no município de Capitão Poço, Amazônia oriental**. Relatório Parcial do

- projeto Ciclos biogeoquímicos em áreas degradadas. Programa LBA-Ecologia. Belém, 2004, 29p.
- LUIZÃO, F. J. **Produção e decomposição da liteira em floresta de terra firme da Amazônia Central: aspectos químicos e biológicos da lixiviação e remoção dos nutrientes da liteira.** INPA/UFAM, Manaus, 1982. 107p. (Dissertação de Mestrado).
- LUIZÃO, F. J.; SCHUNART, H. O. R. Produção e decomposição de liteira em florestas de terra firme da Amazônia Central. **Acta Limnology**. Brasil., 1, p.574-600, 1986.
- LUIZÃO, R.C.C.; LUIZÃO, F.J. Liteira e biomassa microbiana do solo no ciclo da matéria orgânica e nutrientes em terra-firme na Amazônia central. (A.L. Val, R. Figliuolo e E. Fedberg, eds.). *In Bases Científicas para Estratégias de Preservação e Desenvolvimento da Amazônia*. Secretaria de Ciência e Tecnologia, INPA, Manaus, v. 1, p.65-75, 1991.
- LUIZÃO, F. J.; PROCTOR, J.; THOMPSON, J.; LUIZÃO, R. C. C.; MARRS, R. H.; SCOTT, D. A.; VIANA, V. Rain forest on Maracá Island, Roraima, Brazil: soil and litter process response to artificial gaps. **Forest Ecology and Management**, 102, p. 291-303, 1998.
- LUIZÃO, R.C.C.; LUIZÃO, F. J.; PAIVA, R. Q.; MOTEIRO, T. F.; SOUSA, L. S.; KRUIJT, B. Variation of carbon and nitrogen cycling processes along a topographic gradient in a central Amazonian Forest. **Global Change Biology**, 10, p.592-600, 2004.
- MARTINS, S.V.; RODRIGUES, R. R. Produção de serapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecidual no município de Campinas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**. São Paulo, V.22, n.3, p.405-412, 1999.
- MARTIUS, C.; HOFER, H.; GARCIA, M. V. B.; ROMBKE, J.; HANAGARTH, W. Litter fall, litter stocks and decomposition rates in rainforest and agroforestry sites in Central Amazônia. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**. 68, p.137-154, 2004.
- McDONALD, M.A.; HEALEY, J. R. Nutrient cycling in secondary forest in the Blue Mountains of Jamaica. **Forest Ecology and Management**. 139, p.257-278, 2000.

- MEDEIROS, R.; ALMEIDA, S. S. **Queda de liteira e a exclusão de água numa floresta densa de terra firme da Estação Científica Ferreira Penna – ECPn, Caixuanã, município de Melgaço-PA.** Estação Científica Ferreira Penna- dez anos de pesquisa na Amazônia. Disponível em <[http://www.museu-goeldi.br/semicax/CBO\\_006.pdf](http://www.museu-goeldi.br/semicax/CBO_006.pdf).> Data de acesso 27/02/2006
- MEGEL, K.; KIRBBY, E. A. **Principles of Plant Nutriention.** 4a. Ed. Internat. Potash Institute, Bern, Switzerland, 1987, 687p.
- MESQUITA, R. de C. G.; WORKMAN, S. W.; NEELY, C. L. Slow litter decomposition in a cecropia-dominated secondary forest of central Amazônia. **Soil Biology and Biochemistry**, 30 (2), p. 167-175, 1998.
- MONTEIRO, M. T. F.; LUIZÃO, F. J. **Decomposição da liteira fina em uma topossequência na Amazônia Central.** In Anais do VI Congresso de Ecologia do Brasil, Fortaleza. p.107-108, 2003.
- MORELLATO, L.P.C. **Sazonalidade e dinâmica de ecossistemas florestais na Serra do Japi.** In: História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil. (L.P.C. Morrellato, ed.). Editora UNICAMP, Campinas, p.98-109, 1992.
- MOTA, M. do S. S. da. **Relação entre a qualidade nutricional da liteira e a disponibilidade de nutrientes para as plantas em sucessão secundária na Amazônia central.** INPA/UFAM, Manaus, 2003, 82p. (Tese de Doutorado)
- MULLER, A. A. A. **Produção de liteira e retorno de fósforo, potássio, cálcio e magnésio ao solo em agrossistemas de cacau e em regeneração natural.** INPA/FUA, Manaus, 1987, 71p. (Dissertação de Mestrado).
- MURPHY, J., RILEY, J. P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. **Anal. Chem. Acta**, v. 27, p. 31-36, 1962.

- NEPSTAD, D. C.; MOUTINHO, P. R. S.; MARKEWITZ, D. 2001. The recovery of biomass, nutrients stocks, and deep soil functions in secondary forests. IN: M Mc Clain; R. Victoria; J. Richey. (Org.). **Biogeochemistry of the Amazon**. New York, 2001, v., p.139-155.
- NETO, T. de A. C.; PEREIRA, M. G.; CORREA, M. E. F.; ANJOS, L. H. C. dos. Deposição de serrapilheira e mesofauna edáfica em áreas de eucalipto e floresta secundária. **Floresta e Ambiente**, 8 (1), p. 70-75, 2001.
- OLSON, J. S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. **Ecology**, 44 (2), p.322-331, 1963.
- ODUM, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1983, 434p.
- PACHECO, N. A.; BASTOS, T. X. **Caracterização climática do município de Capitão Poço – PA**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. 17p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 79).
- PANTOJA, K. de F. R.; CARVALHO, C. J. R.; VIEIRA, I. C. G.; SANTOS, M. T. P. dos. **Avaliação dos estoques de N e P na camada de litter produzida em cronosequência de florestas na Região Bragantina, leste do Estado do Pará**. In: I Congresso de Estudante e Bolsistas do Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA), Belém-Pará. Resumos. Cachoeira Paulista-SP:CPETC/INPE, 2002, 28p.
- PEREIRA, C. A., VIEIRA, I. C. G. A importância das florestas secundárias e os impactos de sua substituição por plantios mecanizados de grãos na Amazônia. **Interciência**, 26 (8), p. 337-341, 2001.
- POGGIANI, F.; MONTEIRO JÚNIOR, E.S. **Deposição de folheto e retorno de nutrientes ao solo numa floresta estacional semidecídua, em Piracicaba (Estado de SP)**. In: Anais do VI Congresso Florestal Brasileiro. Sociedade Brasileira de Silvicultura, Campos do Jordão. p.596-602, 1999.
- READ, L.; LAWRENCE, D. Litter nutrient dynamics during succession in dry tropical forest of the Yucatan: regional and seasonal effects. **Ecosystems**. 6, p.747-761, 2003.

- SANTANA, J. A . da S.; SOUSA, L. K. V dos S.; ALMEIDA, W. C. Produção Anual de serapilheira em floresta secundária na Amazônia Oriental. **Revista de Ciências Agrária**, Belém, 40, p. 119-132, 2003.
- SCHLESINGER, W., Decomposition of chaparral shrub foliage. **Ecology**, 66, p.1353-1359, 1985.
- SCHNEIDER, R.; ARIMA, E.; VERÍSSIMO, A; BARRETO, P.; SOUZA Jr.,C. **Amazônia sustentável: limites e oportunidades para o desenvolvimento rural**. Banco Mundial, Brasília, 2000.
- SCOTT, D. A.; PROCTOR, J.; THOMPSON, J. Ecological studies on a lowland evergreen rain forest on Maracá Island, Roraima, Brazil. II. Litter and nutrient cycling. **Journal of Ecology**, 80, p.705-717, 1992.
- SCOTT, D. A.; PROCTOR, J.; THOMPSON, J. A semi-evergreen forest on Maracá Island II. Litter and nutrient cycling, In: Hemming, J. (Ed.) **The rainforest edger. Plant and Soil Ecology of Maracá Island, Brazil**. Manchester Universty Press, Manchester, p. 30-44, 1994.
- SILVA, M. F. F. da. Produção anual de serrapilheira e seu conteúdo mineralógico em mata tropical de terra firme. Tucuruí-PA. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Botânica, Vol 1 (1/2), p.111-118, 1984.
- SILVA, B. N. R.; SILVA, L. G. T.; ROCHA, A M. A.; SAMPAIO, S. M. N. **Interação Biofísica do uso da terra na dinâmica da paisagem do município de Capitão Poço, em sistemas de Informação geográfica**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. 42p. (Documentos 10).
- SMITH, K.; GHOLZ, H. L.; OLIVEIRA, F. de A. Litterfall and nitrogen-use efficiency of plantations and primary forest in the eastern Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, 109, p.209-220, 1998.
- SIQUEIRA, J.O. e MOREIRA, F. M. de S. **Biologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001, 291p.

- SOUGUE, N. C.; OKALI, D. U. U.; FASEHUM, F. E. Litter decomposition and nutrient release in a tropical Rainforest, Southern Bakundu Forest Reserve, Cameroon. **Journal of Tropical Ecology**, 11, p.333-350, 1995.
- SUDARAPADIAN, S. M. e SWAMY, P. S. Litter production and leaf-litter decomposition os selected tree species in tropical forests at Kodayar in the Western Ghats, India. **Forest Ecology and Management**, 123, p.231-244, 1999.
- SWIFT, M. J.; HEAL, O. W. A. e J. M. Decomposition in terrestrial ecosystems. In: D. J. Anderson, P. Greig – Smith Ma e F. A. Pitelka (eds.). Smith Ma e F. A. Pitelka (eds.). **Studies in Ecology**. Vol. 5. University of Califórnia Press, Berkeley, Califórnia, USA, 1981, 372p.
- TEIXEIRA, L. B.; OLIVEIRA, R. F. de; MARTINS, P. F. da S. Ciclagem de nutrientes através da liteira em floresta, capoeira e consórcios com plantas perenes. **Revista Ciências Agrárias**. Belém, n.36, p.19-27, 2001.
- TOLEDO, L. de O. **Aporte de serapilheira, fauna edáfica e taxa de decomposição em áreas de floresta secundária no município de Pinheiral, RJ**. UFRJ. Rio de Janeiro, 2003, 80p. (Dissertação de Mestrado)
- VIEIRA, I. C. G.; NEPSTAD, D.; JUNIOR, S. B.; PEREIRA, C. A importância de áreas degradadas no contexto agrícola e ecológico da Amazônia. In: Ferreira, E. J. G.; Santos, G. M.; Leão, E. L. M.; Oliveira, L. A.A .1993. **Bases Científicas para Estratégias de Preservação e Desenvolvimento da Amazônia**. Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus, Vol.2, p.43-53, 1993.
- VIEIRA, I. C. G. **Forest succession after shifting cultivation in eastern Amazônia**. University of Stirling, Escócia, 1996, 205p. (Tese de Doutorado).
- VIEIRA, I. C. G.; ALMEIDA, S. A.; DAVIDSON, E. A.; STONE, T. A.; CARVALHO, C. J. R. e GUERRERO, J. B. Classifying sucessional forest using Landsat Spectral properties and ecology characteristics to evaluate recent trends in land cover and arbon loss in eastern Amazônia. SER-LBA. Ecology. **Remote Sensing of Environment**, 87, p. 470-481, 2003.

- VILLELA, D. M. Ciclagem de nutrientes em florestas de terra firme na Ilha de Maracá. (Barbosa, R.I.; Ferreira, E. J. G.; Castellón, E.G.; eds). In: **Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima**.INPA, Manaus, p.381-399, 1997.
- VILLELA, D. M.; PROCTOR, J. Leaf litter decomposition and monodominance in the Peltogyne Forest of Maracá island, Brasil. **Biotropica**, 34 (3), p. 334-347, 2002.
- VITOUSEK, P.M. Litterfall, nutrient cycling, and nutrient limitation in tropical forest. **Ecology**. 65 (1) p.285-898, 1984.
- VITOUSEK, P.M., SANFORD, R.L. Nutrient cycling in moist tropical forest. **Ann. Rev. of Ecol. Systematics** 17, p. 137-167, 1986.
- ZOU, X.; ZUCCA, C. P.; WAIDE, R. B.; McDOWELL, W. H. Long-term influence of deforestation on tree species composition and litter dynamics of a tropical rain forest in Puerto Rico. **Forest Ecology and Management**, 78, p. 147-157, 1995.
- WIESENMULLER, J. **Sistemas de produção e manejo dos recursos naturais da agricultura familiar no nordeste paraense, o caso de Capitão Poço**. Belém, UFPA. Cadernos do NAEA, 2004, 35p.