

DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA E DE NUTRIENTES DE DUAS ESPÉCIES DA AMAZÔNIA

Edinelson J. M. Neves¹
Emerson G. Martins²
Carlos Bruno Reissmann³

RESUMO

A capacidade da Floresta Amazônica em desenvolver-se sobre solos com baixa disponibilidade de nutrientes e com grande produção de biomassa deve-se à eficiente deposição e rápida liberação dos elementos minerais mediante a decomposição da serapilheira e reabsorção através de raízes superficiais. Considerando a necessidade de obter-se conhecimentos sobre a ciclagem de nutrientes de espécies da Amazônia, plantadas em ecossistema de terra firme, no presente trabalho, avaliou-se, entre as idades de 43 e 55 meses, a deposição de serapilheira, a concentração, o conteúdo e as variações mensais de N, P, K, Ca, Mg e S de *Ceiba pentandra* e de *Virola surinamensis*, plantadas em solo classificado como Latossolo Amarelo. Para tanto, coletores de 2,40 m de largura por 3,00 m de comprimento foram instalados no centro de cada parcela das espécies estudadas. Os resultados permitiram as seguintes conclusões: 1) No período de 12 meses, *Ceiba pentandra* depositou o dobro de serapilheira quando comparada à *Virola surinamensis*. 2) A concentração e o conteúdo de N, P, K, Ca, Mg e S foram maiores na serapilheira de *Ceiba* do que na de *Virola*. 3) As maiores deposições deste nutrientes na serapilheira dessas espécies ocorreram na estação seca, com exceção de Ca na serapilheira de *Virola*, o qual ocorreu na estação chuvosa.

PALAVRAS CHAVE: *Ceiba pentandra*, *Virola surinamensis*, ciclagem de nutrientes.

¹ Engenheiro Florestal, Doutor, Pesquisador da *Embrapa Florestas*

² Engenheiro-agrônomo, Doutor, Pesquisador da *Embrapa Florestas*

³ Engenheiro Florestal, Doutor, Professor do Departamento de Solos UFPR.

LITTER AND NUTRIENT DEPOSITION IN TWO FOREST TREE SPECIES FROM THE AMAZON

ABSTRACT

The ability of the Amazon Forest to strive and to produce large amounts of biomass on soils with low nutrient availability is due to efficient litter deposition and fast release of mineral elements and absorption through an efficient net of superficial roots. This study was carried out to gather more information on nutrient cycling in Amazon Forest tree species planted in a "terra firme" ecosystem. Litter deposition and concentration and contents of N, P, K, Ca, Mg and S as well as their monthly fluctuations were assessed under *Ceiba pentandra* and *Virola surinamensis* planted on Yellow Latosol. Litter collectors measuring 2.4 m X 3.0 m were placed in the center of each plot. The results showed that: 1) *Ceiba* deposited twice as much litter than *Virola* in a 12-month period; 2) The concentration and contents of N, P, K, Ca, Mg and S were higher in the litter of *Ceiba* than of *Virola*; 3) The largest amount of nutrient deposition by litterfall occurred during the dry season, except for Ca in the litterfall of *Virola*, which was larger during the rainy season.

KEY WORDS: *Ceiba pentandra*; *Virola surinamensis*; nutrient cycling

1. INTRODUÇÃO

Nas árvores da Floresta Amazônica, grande parte dos elementos minerais está armazenada nas folhas, galhos, casca e lenho. Nessa floresta, a exploração de produtos madeireiros pode levar à remoção de nutrientes, contribuindo para o esgotamento do solo. Segundo Brünig (1977), a exploração de madeira, em florestas tropicais, envolvendo somente espécies selecionadas, leva à remoção, em média, de 30 t.ha⁻¹ de matéria seca, contendo aproximadamente, 180 kg de N, 12 kg de P, 90 kg de K, 240 kg de Ca e 30 kg de Mg.

A ciclagem dos nutrientes depende de vários fatores, dentre os quais, a sua mobilidade no interior da planta. N, P, K e Mg são considerados elementos móveis e o Ca imóvel, enquanto que o S é considerado de mobilidade variável (Mengel e Kirkby, 1982).

A senescência e a abscisão das folhas são partes do processo através do qual os ciclos bioquímico e biogeoquímico, respectivamente, se completam. Segundo Mengel e Kirkby (1982), o ciclo bioquímico, que representa o movimento de translocação de nutrientes dos tecidos velhos para os novos da planta, é de fundamental importância para nutrientes de alta mobilidade. Porém, é de menor significado para aqueles de redistribuição limitada como o Ca. O ciclo biogeoquímico compreende os

processos de transferência dos nutrientes dentro do sistema solo-planta. O processo inicia-se com a absorção dos elementos pelas raízes após a decomposição da serapilheira e, também, com o escoamento da água pelos diferentes compartimentos da planta, concluindo-se com o retorno dos mesmos ao solo, via deposição da serapilheira (Reis e Barros, 1990).

A capacidade da Floresta Amazônica em desenvolver-se sobre solos ácidos, em sua maioria, intemperizados e com baixa disponibilidade de nutrientes, produzindo grande quantidade de biomassa e alta diversidade de espécies, deve-se à eficiente deposição e rápida liberação dos elementos minerais mediante a decomposição da serapilheira e reabsorção através da rede de raízes superficiais (Stark, 1971a ; Stark e Jordan, 1978). Entretanto, existe pouca informação sobre a concentração e o conteúdo de nutrientes na serapilheira dessa floresta. A maioria delas refere-se a trabalhos com espécies estabelecidas em floresta de terra firme, de várzea e de igapó (Klinge e Rodrigues, 1968; Stark, 1971; Klinge 1977; Luisão, 1982 e Furch et al., 1989) . Em povoamentos com espécies florestais nativas da região, destacam-se os trabalhos de Freitas et al. (1997) e de Dünisch et al. (1998).

A concentração e o conteúdo de nutrientes na serapilheira variam em função do tipo de solo, da vegetação, da densidade populacional, da habilidade da espécie em absorver, utilizar e redistribuir os nutrientes, do habitat natural e da idade das árvores.

Ceiba pentandra (L.) Gaertn e *Virola surinamensis* (Rol.) Warb como são espécies nativas do ecossistema natural de várzea da Amazônia, com potencial para produção de compensado, laminado, celulose e madeira para desdobro, fortalece-se a hipótese de que o conhecimento sobre a ciclagem de seus nutrientes, quando plantadas em ecossistema de terra firme, é de fundamental importância para o manejo sustentável, destinado à produção intensiva de madeira de boa qualidade.

Este trabalho teve como objetivos: 1- quantificar a biomassa da serapilheira depositada por ceiba e virola, entre as idades de 43 e 55 meses ; 2- quantificar a concentração e o conteúdo de N; P; K; Ca; Mg e S na serapilheira dessas espécies e 3- determinar, dentro do período estudado, as estações do ano em que ocorrem as maiores deposições desses nutrientes, em relação à serapilheira depositada.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área experimental situa-se no km 24 da rodovia AM – 010, que liga a cidade de Manaus à Itacoatiara, no Estado do Amazonas, entre as coordenadas 03° 00'00" e 03° 08'00" de latitude sul e 59° 52'40" e 59° 58'00" de longitude oeste, a uma altitude de 50 msnm. No sistema de classificação climática de Köppen (1948), o clima da região é do tipo Af_i que se caracteriza por chuvas abundantes durante todo o ano e ausência de período seco. Dados fornecidos

pela estação climatológica da Embrapa-Amazônia Ocidental, referentes ao período de janeiro/1992 a dezembro/1996, indicam média das temperaturas máximas e mínimas de 34,1° C e 20,3° C, respectivamente, com precipitação média anual de 2.720,9 mm. A umidade relativa média no período foi de 86,7%. Segundo Rodrigues et al. (1972), o relevo da área experimental é plano e o solo do tipo Latossolo Amarelo textura muito argilosa, com pH em torno de 4,3 e baixos teores de nutrientes (Tabela 1).

TABELA 1 - pH e teores de macronutrientes no solo sob plantios de *Ceiba pentandra* e *Virola surinamensis* na região de Terra Firme em Manaus.

| Espécie | Idade (meses) | Prof. (cm) | pH (CaCl ₂) | P Mg.dm ³ | Cmolc.dm ³ | | |
|---------|---------------|------------|-------------------------|----------------------|-----------------------|------|------|
| | | | | | K | Ca | Mg |
| Ceiba | 43 | 0-10 | 4,5 | 6 | 0,08 | 0,49 | 0,46 |
| " | 55 | 0-10 | 4,2 | 5 | 0,05 | 0,47 | 0,34 |
| Virola | 43 | 0-10 | 4,3 | 6 | 0,11 | 0,35 | 0,53 |
| " | 55 | 0-10 | 4,5 | 3 | 0,06 | 0,45 | 0,34 |

Fonte: Neves (1999).

O experimento foi instalado em junho de 1992, em parcelas quadradas de 25 plantas (5 x 5), a pelo sol, com área de 225 m² (15 m X 15 m). As nove plantas centrais foram consideradas para as avaliações. O espaçamento utilizado foi de 3 m x 3 m, com quatro repetições. Por ocasião do plantio, foram aplicados 100g de superfosfato triplo na cova.

A coleta da serapilheira foi iniciada na segunda quinzena de janeiro de 1996 e concluída na primeira quinzena de janeiro de 1997, perfazendo um período de 12 meses. Para tanto, um coletor em forma retangular com 2,40 m de largura e 3,00 m de comprimento foi instalado no centro de cada parcela, fixado a aproximadamente 60 cm acima da superfície do solo, sobre estacas de madeira.

A serapilheira depositada, constituída basicamente por folhas, foi coletada semanalmente. Esse material foi seco em estufa com circulação forçada a 60° C. Após este procedimento, determinou-se o peso seco de todas as amostras. Todo o material coletado durante o mês foi agrupado para formar uma amostra mensal.

A determinação do N foi realizada utilizando-se o processo micro Kjeldahl. O preparo e a digestão das amostras foram via úmida, pesando-se 0,20g da amostra e seguindo-se as descrições de Sarruge e Haag (1974). As determinações de P, K, Ca, Mg e S foram realizadas pelo método de ICP-OES (Optical Emission Spectrometry with Inductively Coupled Plasma Flame), após digestão com HNO₃, conforme descrito por Kenkel (1991). O conteúdo de cada nutriente foi calculado multiplicando-se sua concentração pelo peso da biomassa depositada.

Para a análise dos dados coletados, no período de 43 a 55 meses de idade, foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado. Para construir

a identidade algébrica, foi utilizada a estrutura hierarquizada, com o efeito período dentro do efeito espécie. A análise foi efetuada seguindo-se o modelo:

$$X_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_{j(i)} + \varepsilon_{(ij)}$$

Onde:

X_{ijk} = variável dependente;

μ = média geral;

α_i = efeito das i 's espécies ($i = 1, 2$);

$\beta_{j(i)}$ = efeito das j 1s meses encaixados nas i 's espécies ($j = 1, 2, \dots, 12$);

$\varepsilon_{(ij)}$ = erro experimental.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período estudado, a serapilheira depositada por ceiba apresentou diferença significativa quanto a biomassa, N, P, K, Ca e S, em relação à virola (Tabela 2). A diferença entre a serapilheira depositada por ceiba e virola está associada ao fato de que, nas idades de 43 e 55 meses, a produção de biomassa seca de folhas de ceiba foi de 5,39 kg e 6,95 kg enquanto que a de virola foi de 1,81 kg e 4,07 kg, respectivamente (Neves, 1999).

TABELA 2. Biomassa (g) e teores (g/kg) de nutrientes retornados com a serapilheira de *C. pentandra* e *V. surinamensis* (média mensal referente a quatro coletores).

| Fonte de Variação | G.L | Q.M | | | | | | |
|-------------------|-----|----------|-------------|----------|----------|--------|---------|---------|
| | | Biomassa | N | P | K | Ca | Mg | S |
| Espécie | 1 | 119.01** | 90.87* * | 334.62** | 203.53** | 0.18ns | 28,66** | 49,72** |
| Período (Ceiba) | 11 | 23.89** | 3.84** | 6.03** | 12.46** | 5.46** | 0,94ns | 3,65** |
| Período (Virola) | 11 | 3.46** | 1.30ns | 0.62ns | 0.42ns | 0.82ns | 0,34ns | 0,73ns |
| Média Ceiba | | 70.77 | 14.18 | 0.93 | 3.27 | 13,04 | 2,96 | 1,52 |
| Média Virola | | 34.71 | 12.05 | 0.31 | 1.49 | 10,05 | 1,91 | 1,38 |
| C.V(%) | | 14.55 | 4.17 | 6.30 | 13.23 | 8.73 | 19,88 | 3,53 |

*significativo para $P < 0.05$ pelo teste F de Snedecor

** significativo para $P < 0.01$ pelo teste F

ns não significativo pelo teste F

Em ceiba, a maior deposição de folhas ocorreu no período de junho até setembro, atingindo a máxima em julho. Em virola, a maior deposição ocorreu durante os meses de agosto a outubro. Porém, em menor intensidade que a de ceiba (Figura 1). Na Amazônia Ocidental, particularmente na Região de Manaus, esses meses caracterizam-se por baixa precipitação e elevadas temperaturas. Portanto, pode-se considerar que ceiba é uma espécie caducifolia, cuja maior intensidade de queda de folhas está, possivelmente, relacionada às variações climáticas durante o período. Kroll e Rios (1992) citaram que, na Amazônia peruana, a ceiba é decídua no período de floração e frutificação que, no Panamá, segundo Murawski e Hamrick (1992), ocorrem durante os meses de novembro a dezembro.

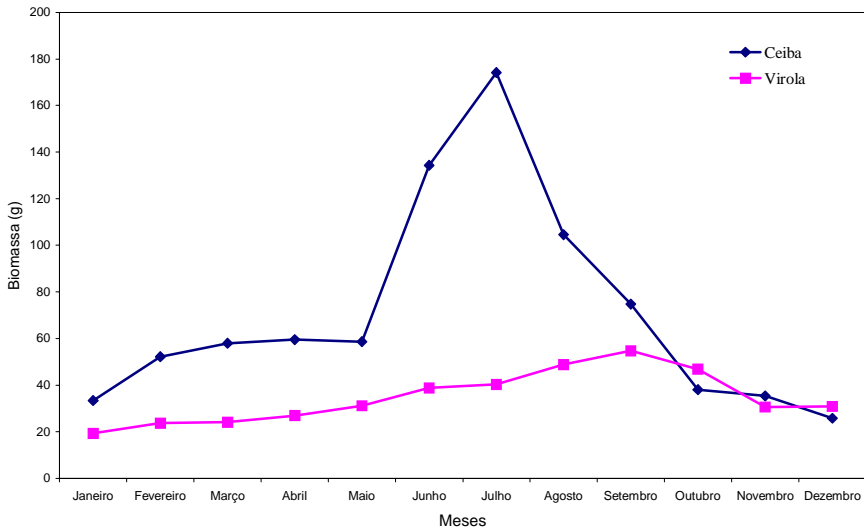


FIGURA 1. Deposição mensal de serapilheira de ceiba e virola na região de Manaus, AM.

As deposições médias mensais de serapilheira de ceiba e virola foram de 70,77g e de 34,71g, respectivamente (Tabela 2). Isso corresponde às deposições médias anuais de 849,24g e 416,52g, respectivamente, em uma área de 7,20 m², correspondente à dos coletores. Supondo-se plantios homogêneos de cada uma dessas espécies, as quantidades de serapilheira depositadas equivalem a uma produção média de aproximadamente 1.180 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ no povoamento de ceiba e de 579 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ no de virola. A quantidade de serapilheira depositada pela virola foi similar à mencionada por Freitas et al. (1997), com a mesma espécie, plantada na região do estuário Guajarino, município de Icoaraci, Estado do Pará.

A deposição de serapilheira varia conforme a espécie, idade das árvores e o tipo de floresta (plantada ou natural), entre outros fatores. Por exemplo, segundo Lundgren (1978), a deposição de serapilheira em florestas plantadas é, em média,

70% menor do que em florestas naturais. No presente trabalho, as variações observadas deveram-se às diferenças entre as espécies em questão.

Houve diferença estatisticamente significativa entre ceiba e virola, quanto aos teores de N, P, K, Mg e S na serapilheira depositada (Tabelas 2 e 3). Tendo em vista que ambas as espécies foram plantadas em solos com disponibilidade semelhante de macronutrientes (Tabela 1), o menor teor desses elementos na serapilheira de virola pode ser atribuído à sua menor capacidade de absorção.

TABELA 3. Concentrações médias dos macronutrientes (g/kg) na serapilheira depositada por *Ceiba pentandra* e *Virola surinamensis* em Manaus, durante 12 meses.

| Espécie | N | P | K | Ca | Mg | S |
|---------------|-------|------|-------|-------|-------|------|
| <i>Ceiba</i> | 14,18 | 0,93 | 3,27 | 13,04 | 2,96 | 1,52 |
| <i>Virola</i> | 12,05 | 0,31 | 1,49 | 10,05 | 1,91 | 1,38 |
| C.V (%) | 4,17 | 6,30 | 13,23 | 8,73 | 19,88 | 3,53 |

De maneira geral, os teores de N e Ca na serapilheira dessas espécies foram mais elevados do que os de P, K, Mg e S. O alto teor de nitrogênio pode ser atribuído, em grande parte, à entrada deste nutriente no sistema através das precipitações. Segundo Jordan et al. (1982), na Amazônia venezuelana, a entrada de N no sistema, via precipitação, é de 11,3 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ na forma de N – NH₄⁺ e de 0,2 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ na forma de N – NO₃⁻. Por outro lado, Franken et al. (1985) estimaram que a água das chuvas caídas sobre a floresta de terra firme, próxima de Manaus, deposita 6,6 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ de N – NH₄⁺. Com referência ao Ca, como é um elemento imóvel na planta, grande parte permanece nas folhas que sofrem abscisão. Além disso, na Amazônia, o Ca é um elemento encontrado em altas concentrações nas precipitações pluviométricas. Jordan (1982) reportou que a água das chuvas que caem sobre a Floresta Amazônica venezuelana aportam 11,82 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ de Ca.

Na serapilheira depositada por ambas espécies, P foi o elemento que apresentou o menor retorno. Isto reflete a condição de baixa fertilidade do solo em que as espécies foram estabelecidas, onde os teores médios disponível deste elemento variaram de 6 a 5 mg.dm⁻³ nas parcelas com ceiba e de 6 a 3 mg.dm⁻³ nas de virola (Tabela 1). Além disso, como é um nutriente de elevada redistribuição interna, grande parte do mesmo se encontra nas folhas, em plena atividade metabólica.

As concentrações dos nutrientes foram mais elevadas nas folhas depositadas pela ceiba do que pela virola, na seguinte ordem de grandeza: N > Ca > K > Mg > S > P. Nas folhas depositadas pela virola, a concentração mais elevada foi de N, seguida de Ca > Mg > K > S > P.

Nitrogênio foi o elemento mineral retornado em maior quantidade ao solo, com 16,73 kg.ha⁻¹ na serapilheira de ceiba e 6,98 kg.ha⁻¹ na de virola. O menor retorno observado foi de P, com 1,10 kg.ha⁻¹ na serapilheira de ceiba e 0,18 kg.ha⁻¹ na de virola (Tabela 4).

TABELA 4. Conteúdo médio anual de N, P, K, Ca, Mg, S (kg.ha⁻¹) retornados com a serapilheira (kg/ha) de *Ceiba pentandra* e *Virola surinamensis* em Terra Firme na Região de Manaus.

| Espécie | Serapilheira | N | P | K | Ca | Mg | S |
|---------------|--------------|-------|------|------|-------|------|------|
| <i>Ceiba</i> | 1180 | 16,73 | 1,10 | 3,86 | 15,39 | 3,49 | 1,79 |
| <i>Virola</i> | 579 | 6,98 | 0,18 | 0,86 | 5,82 | 1,11 | 0,80 |
| C.V (%) | 14,55 | - | - | - | - | - | - |

As quantidades de N, P, K, Ca, Mg e S retornadas com a serapilheira depositada por ceiba e virola foram inferiores às observadas, em floresta natural de terra firme, por Klinge e Rodrigues (1968) e por Klinge (1977), com exceção de Ca na serapilheira de ceiba. As mesmas, quando comparadas com os resultados obtidos por Furch et al. (1989), em Floresta de Várzea e Igapó são, também, inferiores, com exceção das quantidades de N e Ca na serapilheira de virola.

Sob o plantio de ceiba, a maior deposição de Ca ocorreu no mês de julho, quando houve a maior deposição de folhas, enquanto que a de N ocorreu no mês de agosto (Figura 2). No povoamento de virola, a maior deposição de serapilheira foi registrada no mês de setembro (Figura 3), enquanto que as maiores quantidades de N foram depositadas a partir de outubro, atingindo a máxima em janeiro. As maiores quantidades de Ca foram depositadas nos meses de abril, maio e julho.

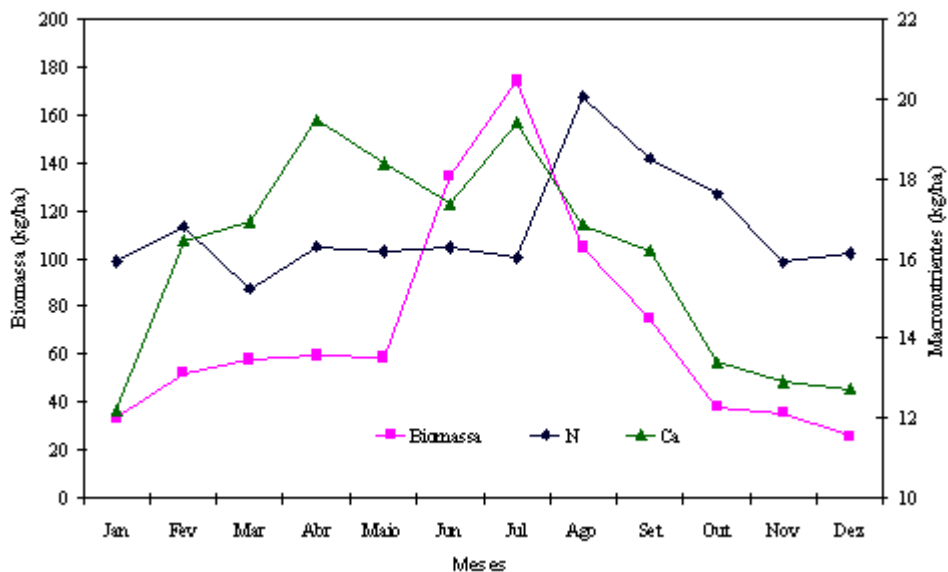


FIGURA 2. Conteúdo de N e Ca na serapilheira de ceiba plantada próxima a Manaus, AM.

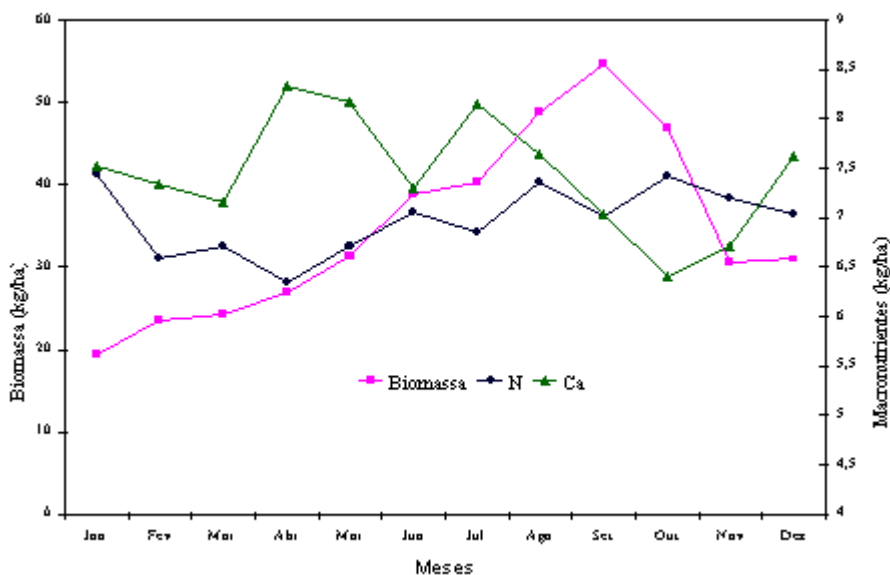


FIGURA 3. Conteúdo de N e Ca na serapilheira de virola plantada próxima a Manaus, AM.

Nas regiões de clima tropical como a Amazônia, a influência exercida pela pluviosidade é de fundamental importância para o acúmulo, velocidade de decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira. Na estação seca, a velocidade de decomposição da serapilheira é lenta. Em média, são necessários 216 dias nas áreas de floresta de terra firme, sob ação predominantemente dos microorganismos. A atividade dos macro-artrópodos (cupins) é baixa e a penetração das raízes é limitada. Portanto, nesta estação, quando ocorre maior deposição de serapilheira e menor velocidade de decomposição, ocorre o acúmulo temporário de detritos no solo. Na estação chuvosa, é grande a velocidade de decomposição e o tempo necessário para a serapilheira ser reduzida à metade é muito curto (apenas 37 dias nas florestas de terra firme). Os fatores que contribuem para essa dinâmica são, principalmente, a rápida e eficiente ação dos macro-artrópodos, bem como a intensa penetração das raízes no material em decomposição, além da intensa atividades dos microorganismos (Luisão, 1982).

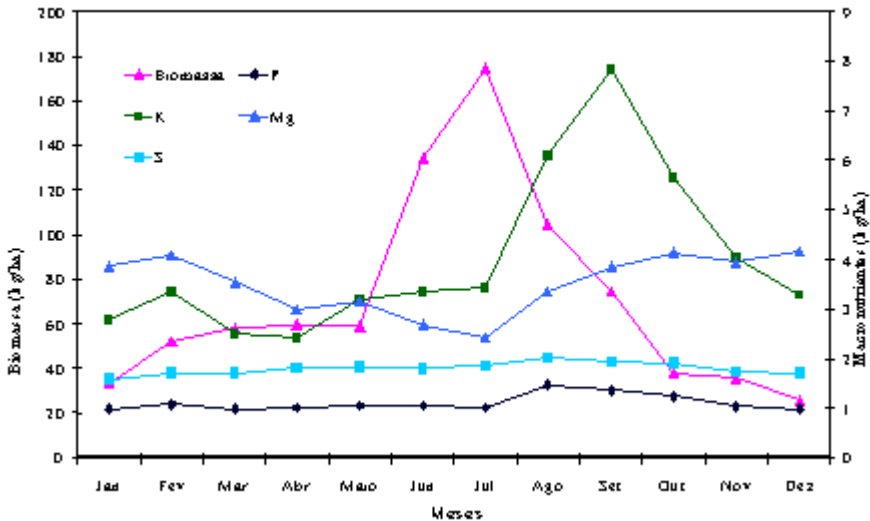


FIGURA 4. Conteúdo de P, K, Mg e S na serapilheira de ceiba plantada em Terra Firme próxima a Manaus, AM.

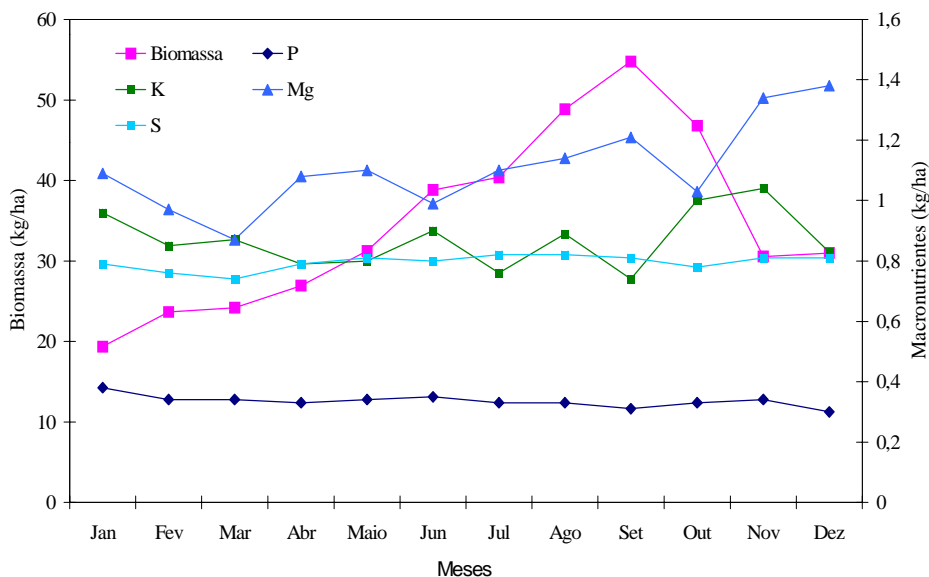


FIGURA 5. Conteúdo de P, K, Mg e S na serapilheira de virola plantada em Terra Firme próxima a Manaus, AM.

No povoamento de ceiba, as maiores deposições de K ocorreram em setembro; de Mg em outubro e dezembro; e as de S e P, no mês de agosto (Figura 4). No povoamento de virola, a maior quantidade de Mg retornou com as folhas caídas em dezembro e a de K com as caídas em novembro, enquanto que as de P e S foram praticamente constante, durante o período monitorado (Figura 5).

Considerando-se que a máxima deposição de folhas, tanto de ceiba quanto de virola, ocorreu, respectivamente, nos meses de julho e setembro (Figura 1), pode-se considerar que essas espécies reagem de maneira semelhante às mudanças climáticas estacionais. Tanto em ceiba quanto em virola, as maiores quantidades dos nutrientes foram depositadas durante a estação seca, com exceção de cálcio em virola (Fig. 2 a 5).

Quanto ao fato do Ca na serapilheira de virola ter sido depositado em maiores quantidades na estação chuvosa, pode-se supor que seja uma reação nutricional da espécie, que possibilita a disponibilização deste elemento na superfície do solo. A princípio, durante a estação chuvosa, as plantas tendem a crescer mais quando comparado com a estação de menor pluviosidade. Dessa forma, elas ciclaram e renovam suas folhas mais intensamente. Assim, as folhas que caem na estação chuvosa são mais velhas e, conseqüentemente, com maiores conteúdo de Ca. Por conseguinte, os resultados obtidos neste trabalho, fazem supor que o padrão de ciclagem biogeoquímica, tanto da ceiba quanto da virola, é caracterizado

pelo acúmulo de serapilheira no solo durante o período seco e a disponibilização dos nutrientes, mediante atividades biológicas, no início e durante a estação chuvosa, quando ocorre o seu maior crescimento. Essa dinâmica possibilita reduzir a perda de nutrientes importantes para o equilíbrio nutricional dessas espécies como P e K. Esses elementos, devido aos baixos teores disponíveis no solo (Tabela 1), podem se tornar limitantes aos seus respectivos crescimentos.

4. CONCLUSÕES

- A deposição de serapilheira sob povoamento de *Ceiba pentandra*, no período de 12 meses, foi o dobro da deposição no povoamento de *Virola surinamensis*.
- A concentração e o conteúdo de N, P, K, Ca, Mg e S foram maiores na serapilheira de ceiba do que na de virola.
- As maiores deposições destes nutrientes, na serapilheira de ceiba e de virola ocorreram na estação seca, com exceção de Ca na serapilheira de virola, que ocorreu na estação chuvosa.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRÜNIG, E. The tropical rain Forest: a wasted asset or an essential biospheric resource. *Ambio*, v. 6, n. 4, p. 187-191, 1977.

DÜNISCH, O.; BAUCH, J.; GASPAROTTO, L.; NEVES, E.; AZEVEDO, C. de; LIMA, R. de; MORAIS, R. de. Environment-tree growth relationships of plantation grown tropical tree species as a basis for sustainable timber production in mixed culture systems in Central Amazonia. In: LIEBEREI, R.; BIANCHI, H.; VOB, K., (Ed.). *Proceedings of the third SHIFT-Workshop, Manaus march 15-19, 1998*. Bonn: Bundesministerium für Bildung und Forschung, 1998. p. 399-411.

FRANKEN, W.; LEOPOLDO, P. R.; BERGAMIN FILHO, H. Nutrient flow through natural waters in "Terra Firme" Forest in Central Amazon. In: WORKSHOP ON BIOGEOCHEMISTRY OF TROPICAL RAIN FORESTS: problems for research, 1985, Piracicaba. *Proceedings...* São Paulo: Universidade de São Paulo / CENA / World Wildlife Fund, 1985. p. 29-37.

FREITAS, R. S.; BARROS, P. L. C.; OLIVEIRA, F. de O. Biogeoquímica comparada de ecossistema florestais monoespecíficos e floresta secundária na Amazônia Oriental: processo de fluxo de biomassa deposicional. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA FCAP, 7; SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, 1., 1997, Belém. *Resumos*. Belém: FCAP, 1997. p. 171. Resumo.

FURCH, K. ; JUNK, W. J. e CAMPOS, Z. E. S. Nutrient dynamics of decomposing leaves from Amazonian floodplain forest species in water. *Amazoniana, Manaus*. v. 11, n. 1, p. 91-116, 1989.

- JORDAN, C. F. The nutrient balance of an Amazonian Rain Forest. *Ecology*, v. 63, n. 3, p. 647-654, 1982.
- JORDAN, C. F.; CASKEY, W.; ESCALANTE, G.; HERRERA, R.; MONTAGNINI, F.; TODD, R.; UHL, C. The nitrogen cycle in a "Terra Firme" rainforest on oxisol in the Amazon territory of Venezuela. *Plant and Soil*, v. 67, p. 325-332, 1982.
- KENKEL, J. *Analytical chemistry for technicians*. Boca Raton: Levn's Publ., 1991. 541 p.
- KLINGE, H.; RODRIGUES, W. Litter production in an area of Amazonian terra firme forest: part II - Mineral Nutrient Content of the Litter. *Amazoniana, Manaus*, v. 1, n. 4, p. 303-310, 1968.
- JORDAN, C. F. Preliminary data on nutrient release from decomposing leaf litter in a neotropical rain forest. *Amazoniana*, v. 6, n. 2, p. 193-202, 1977.
- KÖPPEN, W. *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. México: [s.n.], 1948. 479 p.
- KROLL, B.; RÍOS, J. Las bombacaceas arboreas del Dantas. *Revista Forestal del Peru*, v. 19, n. 1, p. 35-68, 1992.
- LUISÃO, F. J. *Produção e decomposição de liteira em floresta de terra firme da Amazônia Central. Aspectos químicos e biológicos da lixiviação e remoção de nutrientes da liteira*. 1982. 107 f. Dissertação (Mestrado) - INPA / FUA, Manaus.
- LUNDRÉN, B. Soil conditions and nutrient cycling under natural and plantation forests in Tanzanian Highlands. *Reports in Forest Ecology and Forest Soils*, v. 31, p. 1-426, 1978.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. *Principles of plant nutrition*. Bern: International Potash Institute, 1982. 655 p.
- MURAWSKI, D. A.; HAMRICK, J. L. Mating system and phenology of *Ceiba pentandra* (Bombacaceae) in Central Panama. *The Journal of Heredity*, v. 83, n. 6, p. 401-404, 1992.
- NEVES, E. J. M. *Biomassa e acúmulo de nutrientes nos diferentes compartimentos de Ceiba pentandra (L.) GAERTN E Virola surinamensis (ROL.) Wrb plantadas na Amazônia Ocidental Brasileira*. 1999. 189 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- REIS, M. G. F.; BARROS, N. F. Ciclagem de nutrientes em plantios de eucalipto. In : BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. *Relação solo-eucalipto*. Viçosa : Ed. Folha de Viçosa, p. 265-302. 1990.
- RODRIGUES, T. E.; REIS, R. S. dos; MORIKAWA, I. K.; FALES, I. C.; SILVA, B. N. R. da. *Levantamento detalhado dos solos IPEAAOc*. Manaus: IPEAAOc, 1972. 64 p. (Boletim Técnico, 1).
- SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. *Análise química em plantas*. Piracicaba: ESALQ, 1974. 56 p.

STARK, N. Nutrient cycling I. Nutrient distribution in some amazonian soils. *Tropical Ecology*, v. 12, n. 1, p. 24-50, 1971a.

STARK, N. Nutrient cycling II : nutrient distribution in amazonian vegetation. *Tropical Ecology*, v. 12, n. 2, p. 177-201, 1971b.

STARK, N.; JORDAN, C. F. Nutrient retention in the root mat of an amazonian rain forest. *Ecology*, v. 59, n. 4, p. 434-437, 1978.