

Distribuição de Raízes e Acúmulo de Macronutrientes e AL^{+++} em Espécies Florestais Plantadas em Latossolo Amarelo da Amazônia Brasileira



República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva

Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Roberto Rodrigues

Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa

Conselho de Administração

José Amauri Dimázio

Presidente

Clayton Campanhola

Vice-Presidente

Nome dos membros

Dietrich Gerhard Quast

Alexandre Kalil Pires

Sérgio Fausto

Urbano Campos Ribeiral

Diretoria Executiva da Embrapa

Clayton Campanhola

Diretor-Presidente

Gustavo Kauark Chianca

Hebert Cavalcante de Lima

Mariza Marilena Tanajura Luz Barbosa

Diretores-Executivos

Embrapa Florestas

Vitor Afonso Hoeflich

Chefe-Geral

João Antonio Pereira Fowler

Chefe Adjunto de Administração

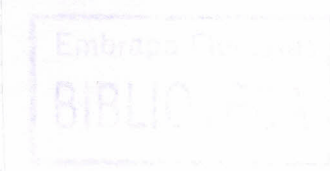
Moacir José Sales Medrado

Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Moacir José Sales Medrado

Chefe Adjunto de Comunicação, Negócios e Apoio

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 13



Distribuição de Raízes e Acúmulo de Macronutrientes e AL⁺⁺⁺ em Espécies Florestais Plantadas em Latossolo Amarelo da Amazônia Brasileira

Edinelson José Maciel Neves
Carlos Bruno Reissmann
Oliver Dünisch

Colombo, PR
2003

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Florestas

Estrada da Ribeira km 111 - CP 319

83411-000 - Colombo, PR - Brasil

Fone: (41) 666-1313 / Fax: (41) 666-1276

Home page: www.cnpf.embrapa.br

E-mail (sac): sac@cnpf.embrapa.br

“Para reclamações e sugestões *Fale com o Ouvidor*”

ouvidoria@sede.embrapa.com.br / www.embrapa.br/ouvidoria

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Moacir José Sales Medrado

Secretária-Executiva: Guiomar Moreira Braguinha

Membros: Antônio Maciel Botelho, Edilson B. de Oliveira, Jarbas Y.

Shimizu, José Alfredo Sturion, Patricia P. de Mattos, Susete do

Rocio C. Penteado

Supervisor editorial: Moacir José Sales Medrado

Normalização bibliográfica: Elizabeth Câmara Trevisan

Lidia Woronkoff

Tratamento de ilustrações: Cleide Fernandes de Oliveira

Foto(s) da capa: Edinelson José Maciel Neves

Revisão gramatical: Glaci Kokuka

Editoração eletrônica: Cleide Fernandes de Oliveira

1ª impressão (2003): 500 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

CIP-Brasil. Catalogação-na-publicação.

Embrapa Florestas

Neves, Edinelson José Maciel

Distribuição de raízes e acúmulo de macronutrientes e AL⁺⁺⁺ em espécies florestais plantadas em latossolo amarelo da Amazônia Brasileira / Edinelson José Maciel Neves, Carlos Bruno Reissmann e Oliver Dünisch. Colombo : Embrapa Florestas, 2003.

20 p. (Embrapa Florestas. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 13).

ISSN 1676-9449

1. Raiz - Espécie florestal - Amazônia. 2. Nutrição mineral. 3. *Ceiba pentandra*. 4. *Virola surinamensis*. I. Reissmann, Carlos Bruno. II. Dünisch, Oliver. III. Título. IV Série.

CDD 575.76

© Embrapa 2003

Sumário

RESUMO	5
1. INTRODUÇÃO	7
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	8
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	9
3.1. Produção e distribuição de biomassa das raízes	9
3.2. Acúmulo de N; P; K; Ca; Mg; S e Al.....	12
4. CONCLUSÕES	16
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	16

Distribuição de Raízes e Acúmulo de Macronutrientes e Al^{+++} em Espécies Florestais Plantadas em Latossolo Amarelo da Amazônia Brasileira

Edinelson José Maciel Neves¹

Calos Bruno Reissmann²

Oliver Dünisch³

RESUMO

A formação e distribuição de raízes bem como o conteúdo de macronutrientes e Al foram estudadas em *Ceiba pentandra* e *Virola surinamensis*. As raízes foram separadas em raízes finas (< 2 mm); casca e madeira das raízes grossas (> 2 mm) e casca e madeira da raiz pivotante. *C. pentandra* produziu 11,82 kg de biomassa seca de raízes, enquanto *V. surinamensis* 2,53 kg. Em *C. pentandra* estas distribuíram-se na seguinte ordem decrescente: madeira da raiz pivotante (6,66 kg); casca da raiz pivotante (2,98 kg); madeira da raiz grossa (1,49 kg); casca da raiz grossa (0,63 kg) e raiz fina (0,06 kg), enquanto em *V. surinamensis* a distribuição foi: madeira da raiz grossa (1,00 kg); madeira da raiz pivotante (0,82 kg); casca da raiz grossa (0,29 kg); raiz fina (0,25 kg) e casca da raiz pivotante (0,17 kg). Quanto aos elementos minerais, em *C. pentandra* os maiores acúmulos foram para: N nas raízes finas; K na casca e madeira das raízes grossas; Ca na casca e K na madeira da raiz pivotante. Em *V. surinamensis* estes foram promovidos por K nas raízes finas; Al na casca e K na madeira das raízes grossas; Al na casca e N na madeira da raiz pivotante.

PALAVRAS-CHAVE: raiz; ceiba, virola, latossolo amarelo, Amazônia.

¹ Engenheiro Florestal, Doutor, Pesquisador da Embrapa Florestas. eneves@cnpf.embrapa.br.

² Engenheiro Florestal, Doutor, Professor do Departamento de Solos - UFPR

³ Biólogo, Doutor, Instituto de Biologia da Madeira -Universidade de Hamburgo - Alemanha

Root Biomass Formation and Macronutrients and Al^{+++} in Trees Planted on Yellow Latosol in the Brazilian Amazon Region

ABSTRACT

The formation and root distribution, and the content of macronutrients and Al were studied in *Ceiba pentandra* and *Virola surinamensis* plantations. The root system were separated into fine roots (<2mm); bark and woody tissue of thick roots (>2mm) and bark and woody tissue of the tap-root. The total biomass produced by *Ceiba* on a D.W. basis was of 11,82 kg distributed as follows: wood tissue of tap-root (6,66 kg); bark of the tap-root (2,98 kg); wood tissue of thick roots (1,49 kg); bark of thick roots (0,63kg) and total fine roots biomass (0,06 kg). The total biomass produced by *Virola* was 2,53 kg distributed as: wood tissue of thick roots (1,00 kg); bark of thick roots (0,29 kg); woody tissue of the tap-root (0,82 kg); bark of the tap-root (0,17 kg) and total fine roots biomass (0,25 kg). In relation to the mineral components, *Ceiba* accumulated the elements in greater amounts as follows: N in fine roots; K in the bark and the woody tissue of thick roots and in the woody tissue of the tap-root; Ca in the bark of the tap-root. In *Virola* the greater amounts were observed as follows: K in the fine roots; Al in bark and K in the woody tissue of thick roots; Al in the bark and N in the woody tissue of the tap root.

KEY WORDS: root; ceiba; virola; yellow latosol; amazon region.

1. INTRODUÇÃO

A sobrevivência da Floresta Amazônica, em grande parte localizada em solos ácidos, altamente intemperizados e com baixa disponibilidade de nutrientes, deve-se a vários mecanismos entre os quais o desenvolvimento de uma eficiente rede de raízes que nos Latossolos estão distribuídas na sua superfície (Klinge, 1973 e Stark & Spratt, 1977). Segundo estes autores, em alguns lugares, estas formam uma camada que varia de 10 a 30 cm de espessura acima do solo mineral, de onde absorvem os nutrientes recém-liberados da serapilheira.

Na mencionada camada, principalmente as raízes finas, encontram-se bastante adensadas e competindo fortemente por água e nutrientes, possivelmente no meio de associações micorrízicas (Büttner & Leuschner, 1994). Por outro lado, na rizosfera, as raízes produzem exudados caracterizados por misturas de compostos orgânicos que podem desenvolver importantes funções no funcionamento do solo (Lavelle, 1987).

Quanto a sua compartimentação, as raízes podem ser classificadas em quatro diferentes classes de diâmetro: raízes muito finas (< 1mm); raízes finas (1-2mm); raízes médias (2-5mm) e raízes grossas (5-50mm) (Cavelier, 1992).

Nos diferentes ecossistemas da Amazônia, a biomassa total das raízes, tanto das florestas nativas como das plantadas, é de difícil avaliação. Esse fato, provavelmente, constituiu-se no principal motivo para os poucos resultados de pesquisa sobre o assunto. Dentro do contexto, destacam-se os trabalhos de Fittkau & Klinge (1973) que reportam ser de aproximadamente 255 ton/ha a biomassa fresca total das raízes nas florestas nativas de terra firme próxima de Manaus e os de Jordan & Escalante (1980), que citam que nas floresta nativas da Amazônia venezuelana a média da biomassa seca produzida pelas raízes é de 117g.m⁻².ano⁻¹, o que corresponde a 1170 kg.ha⁻¹.ano⁻¹.

Com referência a concentração de elementos minerais, o conhecimento dos teores existentes na biomassa radicular é de fundamental importância para a manutenção a médio e longo prazo da produtividade dos plantios florestais. A esse respeito, Golley *et al.* (1980) mencionam que nas raízes das florestas de terra firme sobre Latossolo Amarelo próximas de Manaus, as mais altas médias

das concentrações encontradas foram para Al, Fe, Ni e Cr. Já nas florestas de São Carlos de Rio Negro – Venezuela, Golley et al.(1980) mencionam que os maiores teores encontradas nas raízes foram para $K = Al > Ca > P > Mg > Fe$.

Este trabalho teve como objetivo: 1- Quantificar a produção e distribuição de biomassa das raízes e 2- Determinar o acúmulo de nitrogênio (N); fósforo (P); potássio (K); cálcio (Ca); magnésio (Mg); enxofre (S) e alumínio (Al) nas diferentes classes de raízes de *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn e de *Virola surinamensis* (Rol.) Warb aos 43 meses de idade, plantadas em ecossistema de terra firme da Amazônia Ocidental brasileira.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no km 24 da rodovia AM – 010 que liga Manaus à cidade de Itacoatiara - Amazonas, em área situada 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, pertencente ao Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Ocidental/Embrapa - Amazônia Ocidental.

Nessa área, o clima segundo a classificação de Köppen é do tipo Afi com média de temperatura máxima e mínima de 34,1°C e 20,3°C, respectivamente, precipitação média anual de 2720,9 mm e média de umidade relativa em torno 87%. O relevo é plano e o solo é do tipo Latossolo Amarelo textura muito argilosa, com as seguintes características químicas e físicas: $pH_{(H_2O)}$ 3,8; N = 0,18%; P = 0,12 e K = 0,05 mg.kg⁻¹; Ca = 0,21, Mg = 0,14 e Al = 2,2 cmol_c.kg⁻¹; M.O = 35 g/dm³; Areia grossa = 8; Areia fina = 1 e Argila = 81% (Rodrigues *et al.*, 1972).

O experimento foi instalado em junho de 1992, com 10 espécies em parcelas de 225 m² (15 m X 15 m), inteiramente casualizadas, com 25 plantas, espaçadas de 3 m X 3 m, com quatro repetições, plantadas a pleno sol. Por ocasião do plantio, aplicou-se 100g de superfosfato triplo na cova. Desse ensaio, foram selecionadas as espécies *Ceiba pentandra* e *Virola surinamensis* para a realização do presente trabalho.

Tendo as árvores 43 meses de idade, de cada espécie trabalhada coletou-se o sistema radicular de uma árvore, das quatro selecionadas para o estudo da

caracterização de biomassa e de nutrientes conduzido por Neves (1999). Este, foi separado nas seguintes classes de diâmetro: raízes finas (< 2 mm); casca e madeira das raízes grossas (> 2 mm) e casca e madeira da raiz pivotante.

A amostragem foi realizada através de escavações feitas com ferramentas manuais que partiram do tronco da árvore/espécie derrubada. As escavações seguiram o comprimento das raízes principais no sentido vertical e horizontal, até uma profundidade de aproximadamente 70 cm. Com relação à raiz pivotante, as escavações seguiram o seu comprimento vertical até chegar ao final. Todo o procedimento seguiu a metodologia proposta por Rademacher (1986).

Em seguida, as diferentes classes de raízes foram lavadas e isentas de partículas grosseiras, das quais se tomou o respectivo peso fresco total. Posteriormente, de cada classe, retirou-se uma amostra para a obtenção do seu peso fresco. Devidamente identificadas, as mesmas foram colocadas em estufa a 60°C, até peso constante. Após este procedimento, tomou-se o peso seco das respectivas amostras e calculou-se a biomassa seca para cada classe de raiz.

Em seguida, as amostras das diferentes classes de raízes foram analisadas para determinar os teores de N; P; K; Ca; Mg; S e Al. As determinações foram realizadas no laboratório do Instituto de Biologia da Madeira pertencente a Universidade de Hamburgo/Alemanha, através do método de ICP-OES (Optical Emission Spectrometry with Inductively Coupled Plasma Flame). A metodologia seguida foi a proposta por Kenkel (1991).

O acúmulo dos elementos minerais nas diferentes classes de raízes foi calculado multiplicando-se o teor de cada um destes nutrientes nos respectivos compartimentos pelo valor de sua biomassa seca produzida.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Produção e distribuição de biomassa das raízes

Os resultados referentes à produção e distribuição de biomassa das raízes feitas pelas espécies estudadas, são apresentados na Tabela 1. Nas Figuras 1 e 2

apresenta-se em percentuais, com base nos resultados mostrados na Tabela 1, a distribuição das diferentes classes de raízes estudadas.

Observa-se na Tabela 1 que a produção de biomassa seca total de raízes de *Ceiba pentandra* foi de 11,82 kg, enquanto que a de *Virola surinamensis* foi de 2,53 kg. Tal fato demonstra que a produção de raízes feita por *Ceiba* foi 4,67 vezes superior à de *Virola*. Esses resultados podem ser atribuídos a fatores genéticos e fisiológicos de cada espécie.

A Figura 1 mostra que os 11,82 kg de biomassa seca total das raízes produzidas por *C. pentandra* distribuíram-se na seguinte ordem decrescente: madeira da raiz pivotante (6,66 kg; 56,35%); casca da raiz pivotante (2,98 kg; 25,21%); madeira da raiz grossa (1,49 kg; 12,61%) casca da raiz grossa (0,63 kg; 5,33%) e raiz fina (0,06 kg; 0,50%). Por outro lado, em *V. surinamensis* esta distribuição obedeceu a seguinte ordem: madeira da raiz grossa (1,00 kg; 39,53%); madeira da raiz pivotante (0,82 kg; 32,41%); casca da raiz grossa (0,29 kg; 11,46%); raiz fina (0,25 kg; 9,88%) e casca da raiz pivotante (0,17 kg; 6,72%) (Figura 2).

Tabela 1. Biomassa seca (kg) nas diferentes classes de raízes de *Ceiba pentandra* e *Virola surinamensis* aos 43 meses de idade após o plantio.

Espécie	Classe de raiz	Biomassa seca
<i>Ceiba pentandra</i>	Raiz fina	0,06
	Casca da raiz grossa	0,63
	Madeira da raiz grossa	1,49
	Casca da raiz pivotante	2,98
	Madeira da raiz pivotante	6,66
	Total	11,82
<i>Virola surinamensis</i>	Raiz fina	0,25
	Casca da raiz grossa	0,29
	Madeira da raiz grossa	1,00
	Casca da raiz pivotante	0,17
	Madeira da raiz pivotante	0,82
	Total	2,53

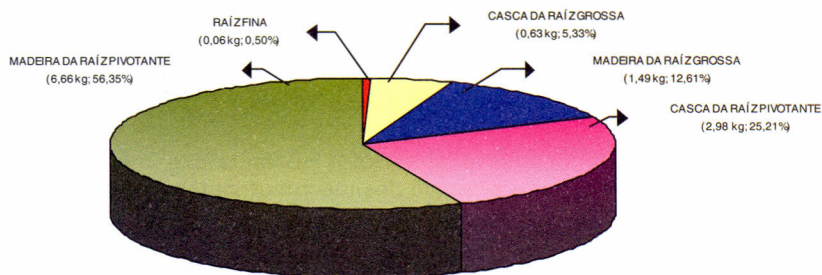


Fig. 1. Distribuição de biomassa nas diferentes classes de raízes de *Ceiba pentandra*.

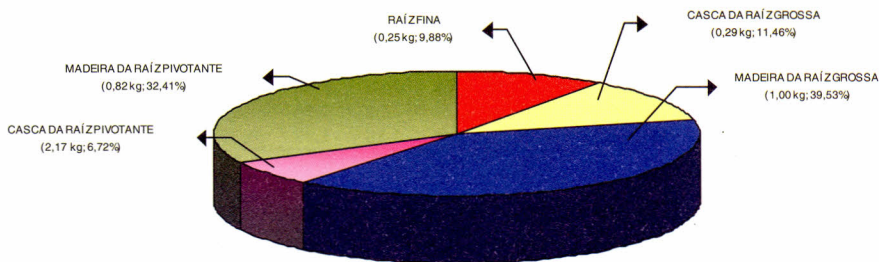


Fig. 2. Distribuição de biomassa nas diferentes classes de raízes de *Virola surinamensis*.

Com base na Tabela 1 e nas Figuras 1 e 2, observa-se que as raízes finas produzidas por *Virola* foram aproximadamente 4,17 vezes superior à de *Ceiba*, fato que lhe proporcionou maior conteúdo para todos os nutrientes estudados. Este resultado demonstra que, apesar de uma produção total de raízes bem menor, *Virola surinamensis* tem maior capacidade de expansão das raízes finas, o que lhe credenciou a explorar um maior volume de solo. Durante as atividades de campo, observou-se que a distribuição destas raízes, em ambas as espécies estudadas, ocupavam preferencialmente a camada de 0 – 20 cm do solo. Sobre este tipo de raiz, Stark & Jordan (1978) comentam que as mesmas, em associação com fungos micorrízicos, constituem-se no mais importante mecanismo para a absorção dos nutrientes liberados da matéria orgânica em decomposição evitando, dessa forma, que os mesmos sejam lixiviados a camadas mais profundas do solo mineral.

3.2. Acúmulo de N; P; K; Ca; Mg; S e Al

Os resultados referentes ao acúmulo dos elementos minerais alocados nas diferentes classes de raízes, são apresentados na Tabela 2.

TABELA 2. Biomassa seca (kg) e acúmulo dos macronutrientes e alumínio (g) nas raízes de *Ceiba pentandra* e *Virola surinamensis*.

Espécie	Classe de raiz	Biomassa seca	N	P	K	Ca	Mg	S	Al
<i>Ceiba</i>	Raiz fina	0,06	0,88	0,03	0,32	0,20	0,18	0,03	0,38
	Casca da raiz grossa	0,63	4,95	0,24	8,76	5,35	1,30	0,19	3,53
	Madeira da raiz grossa	1,49	3,90	0,48	13,35	1,32	1,75	0,20	0,20
	Casca da raiz pivotante	2,98	16,43	0,84	25,25	38,68	3,04	0,77	2,92
	Madeira da raiz pivotante	6,66	21,31	2,68	70,60	12,15	10,59	1,05	4,06
	Total	11,82	47,47	4,27	118,28	57,70	16,86	2,24	11,09
<i>Virola</i>	Raiz fina	0,25	1,19	0,15	2,37	0,93	1,04	0,50	2,16
	Casca da raiz grossa	0,29	3,04	0,12	2,42	1,11	0,50	0,14	4,68
	Madeira da raiz grossa	1,00	2,68	0,13	3,15	0,56	0,27	0,19	0,61
	Casca da raiz pivotante	0,17	1,48	0,06	0,56	1,03	0,20	0,07	4,37
	Madeira da raiz pivotante	0,82	1,98	0,16	1,97	0,36	0,20	0,16	0,12
	Total	2,53	10,37	0,62	10,47	3,99	2,21	1,06	11,94

Observa-se que nos 11,82 kg de biomassa seca total de raízes produzidas por *Ceiba*, a distribuição dos nutrientes estudados apresenta K como o elemento mineral de maior acúmulo. Dibb & Thompson (1985), mencionam que esse nutriente no desempenho de suas funções nos processos metabólicos da planta, interage com outros nutrientes podendo segundo Usherwood (1982), influenciar no aumento ou na redução da absorção de vários íons.

Os maiores acúmulos de N; P; K; Ca; Mg e S ocorreram nas raízes de *Ceiba*. Estes foram respectivamente, 4,57; 6,88; 11,29; 14,46; 7,62 e 2,11 vezes superior aos apresentados por *Virola*. Já nessa espécie ocorreu o maior acúmulo para Al. Esse foi 1,07 vezes superior ao demonstrado por *Ceiba* (Tabela 2).

Em *Virola*, nos 2,53 kg de biomassa seca total de raízes produzida, alumínio foi o elemento mineral de maior acúmulo. Concentrações excessivas deste elemento no solo podem promover toxidez em diferentes espécies (Fox, 1974; Sanchez et al., 1982 e Novais et al., 1990), além de interferir na absorção de cálcio, fósforo, magnésio, potássio, nitrogênio, enxofre e zinco (Jackson, 1963; Fox, 1974; Novais et al., 1990 e Marschner, 1995) e restringir o crescimento

de raízes (Evans & Kamprath, 1970). Entretanto, trabalhos existentes na literatura como os de Grimm & Fassbender (1981); Haridasan (1982); Oliveira & Machado (1982) e Brites (1994), mencionam várias espécies como sendo acumuladoras deste elemento.

A esse respeito, explicando as razões que levam uma espécie ser Al tolerante, Fox (1974) menciona que nas espécies Al tolerantes a absorção de fósforo e/ou de cálcio é inalterada diante do mencionado elemento; Mullette et al. (1974) citam haver redução na atividade do Al através de sua complexação feita por ácidos orgânicos exudados das raízes. Wheeler et al. (1992) mencionam aumento na concentração de P nas raízes de gramíneas diante de doses crescentes de Al e Marschner et al. (1986) comenta haver, através da absorção de $N - NH_4^+$ ou $N - NO_3^-$, alterações do pH da rizosfera na presença do alumínio. No caso da espécie absorver $N - NO_3^-$, pelo processo de redução haverá a liberação do radical OH^- , o qual contribuirá para a elevação do pH. Por outro lado, no caso da planta absorver $N - NH_4^+$, mediante o mesmo processo, haverá a liberação do íon H^+ , fato que promoverá a diminuição do pH (Van Beusichem et al., 1988).

Mesmo apresentando elevado conteúdo de Al em suas raízes, durante a condução dos trabalhos de campo não se observou atrofiamento aparente do sistema radicular de *Virola*. Tal fato levanta a hipótese da espécie ser Al tolerante, o que poderá ser comprovado através de pesquisas futuras.

Mediante uma análise individualizada nos diferentes compartimentos de *Ceiba pentandra*, a Figura 3 mostra que entre os macronutrientes e alumínio as maiores quantidades acumuladas foram para: N nas raízes finas; K na casca e madeira das raízes grossas; Ca na casca e K na madeira da raiz pivotante. Por outro lado, a Figura 4 mostra que em *Virola*, os maiores acúmulos foram promovidos por: K nas raízes finas; Al na casca e K na madeira das raízes grossas; Al na casca e N na madeira da raiz pivotante.

Com referência ao N, o conteúdo deste nutriente nas raízes finas de *Ceiba* e na madeira da raiz pivotante de *Virola* foi 0,88 g e 1,98 g, respectivamente (Tabela 2). A concentração deste elemento na solução do solo é freqüentemente muito baixa sendo que o mesmo é absorvido pelas plantas nas formas de $N - NH_4^+$ e/ou $N - NO_3^-$ após a decomposição da matéria orgânica feita por microorganismos do solo. Quando absorvido como $N - NH_4^+$

é incorporado pelas raízes sob a forma de compostos orgânicos enquanto, quando absorvido na forma de $N - NO_3^-$, por ser móvel no xilema, pode ser estocado nos vacúolos das raízes, nas partes aéreas das plantas e em órgãos com deficiência do mesmo. Estocado como $N - NO_3^-$, exerce importante função no balanço entre cátions e ânions, devido a alcalinização da rizosfera (Marschner et al., 1986 e Marschner, 1995).

Na casca e madeira das raízes grossas e madeira da raiz pivotante de *Ceiba* e nas raízes finas e madeira das raízes grossas de *Virola*, o nutriente mais acumulado foi K (Figura 3 e 4). Além de ser um dos elementos minerais mais absorvidos pelas plantas, o K é também um nutriente com grande diversidade de funções nos processos metabólicos (Marschner, 1995). Entretanto, a habilidade das raízes em absorvê-lo depende não somente de sua quantidade em solução, mas também da quantidade e tipo de outros íons presentes na mesma. Elementos como Al e Mn, freqüentemente presentes em elevados teores em solos ácidos, podem interferir na absorção de potássio (Ritchey, 1982).

Estes resultados sugerem que, possivelmente, as espécies estudadas durante a fase juvenil, usam como estratégia de estabelecimento a retenção de K nas mencionadas classes de raízes, ao invés de distribuí-lo para a parte aérea devido, possivelmente, à reduzida oferta do nutriente promovida pelo solo em estudo.

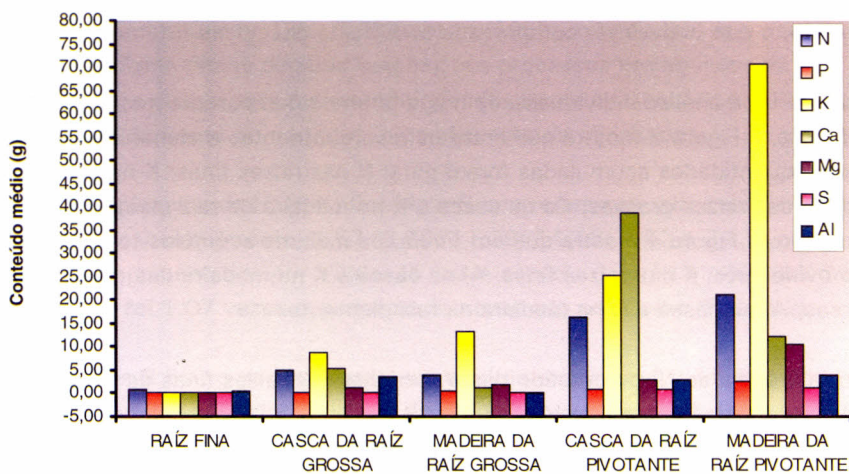


Fig. 3. Acúmulo de N; P; K; Ca; Mg; S e Al nas raízes de *Ceiba pentandra*.

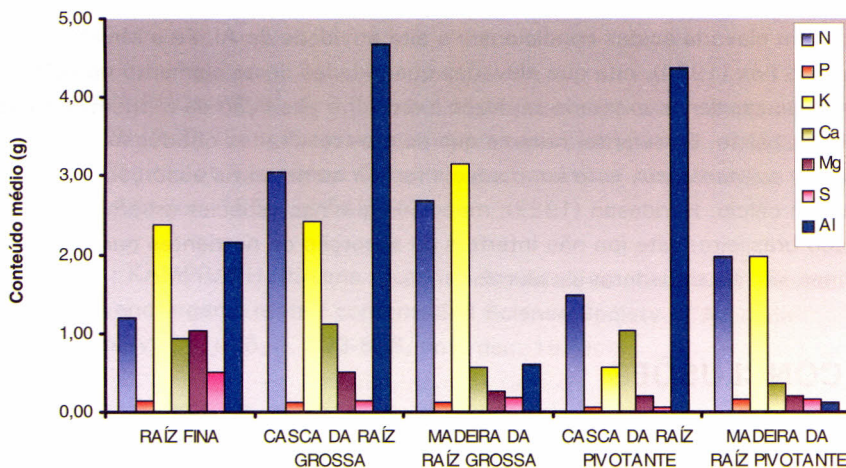


Figura 4. Acúmulo de N; P; K; Ca; Mg; S e Al nas raízes de *Virola surinamensis*

A Figura 3 mostra que na casca da raiz pivotante de *Ceiba*, Ca foi o nutriente que apresentou o maior acúmulo. Tal resultado pode-se atribuir às quantidades do nutriente que são acumuladas tanto nos vacúolos como também em volta da lamela média da parede celular, devido o mesmo ser um nutriente de baixa mobilidade no floema (Marschner, 1995). Quando acumulado nos vacúolos, o Ca encontra-se na forma de oxalato de cálcio, enquanto, quando acumulado na parede celular, encontra-se na forma de pectato de cálcio (Waring & Schlesinger, 1985). Quanto à sua absorção, esta é feita tanto por espécies de plantas calcícolas como também pelas calcífugas. Nas espécies calcícolas, adaptadas a solos calcários, a concentração de cálcio pode atingir mais de 10% do peso da matéria seca sem causar sintomas de toxidez ou inibição de crescimento, enquanto que nas espécies calcífugas, adaptadas a solos ácidos, sua concentração é baixa. A variação na concentração do elemento é decorrente da diferença que existe entre as espécies, no que diz respeito a capacidade de troca de cátions na parede celular. Portanto, o uso de cálcio pelas plantas é mais uma função de suas necessidades metabólicas do que dos acúmulos existente nos seus diferentes tecidos (Hanson, 1984 e Marschner, 1995).

A Figura 4 mostra que na casca das raízes grossas e da raiz pivotante de *Virola*, alumínio foi o elemento mais acumulado. Novais et al. (1990), mencionam que solos com elevada acidez condicionam a alta atividade de Al, Fe e Mn, enquanto Fox (1974), cita que elevadas quantidades deste elemento no solo podem causar danos externos às raízes e reduzir a absorção de nutrientes como fósforo e cálcio. Entretanto, nota-se que com os resultados obtidos nas raízes de *Virola surinamensis*, este íon parece interferir somente na absorção de fósforo e cálcio. Haridasan (1982), menciona que nas espécies arbóreas do cerrado brasileiro, este íon não interfere na absorção de nutrientes quando as mesmas são acumuladoras de alumínio.

4. CONCLUSÕES

Em função dos objetivos propostos, os resultados obtidos neste trabalho permitem as seguintes conclusões:

- 1) As raízes de *Ceiba* apresentaram maior biomassa do que as de *Virola*, com exceção da biomassa obtida para as raízes finas.
- 2) Nas raízes de *Ceiba*, os maiores acúmulos foram para: N nas raízes finas; K na casca e madeira das raízes grossas; Ca na casca e K na madeira da raiz pivotante.
- 3) Nas de *Virola*, os maiores acúmulos foram para: K nas raízes finas; Al na casca e K na madeira das raízes grossas; Al na casca e N na madeira da raiz pivotante.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRITEZ, R. M. de. **Ciclagem de nutrientes minerais em duas florestas da Planície Litorânea da Ilha do Mel, Paranaguá, PR.** 1994. 240 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994.

BÜTTNER, V.; LEUSCHNER, C. Spatial and temporal patterns of fine root abundance in a mixed oak-beech forest. **Forest Ecology and Management**, v. 70, n. 1-3, p.11-21, dec. 1994

CAVELIER, J. Fine-root biomass and soil properties in a semideciduous and a lower montane rain forest in Panama. **Plant and Soil**, v. 142, n. 2, p.187-201, may 1992.

DIBB, D. W.; THOMPSON, J. R. Interaction of potassium with other nutrients. In: MUNSON, R. D. (Ed.). **Potassium in agriculture**: proceedings... Madison: American Society of Agronomy: Crop Science Society of America: Soil Science Society of America, 1985. p. 515-543.

EVANS, C.; KAMPRATH, E. Lime response as related to percent Al saturation, solution Al and organic matter content. **Soil Science Society of America Proceedings**, v. 34, n. 6, p. 893-896, nov./dec. 1970.

FITTKAU, E. J.; KLINGE, H. On biomass and trophic structure of the Central Amazonian Rain Forest Ecosystem. **Biotropica**, v. 5, n. 1, p. 2-14, 1973.

FOX, C. D. Effects of aluminium on plant growth. In: CARSON, E. W. (Ed.). **The plant root and its environment**. Charlottesville: University Press of Virginia, 1974. p. 601-642.

GOLLEY, F. B.; YANTKO, J.; RICHARDSON, T.; KLINGE, H. Biogeochemistry of tropical forests: 1. the frequency distribution and mean concentration of selected elements in a forest near Manaus, Brazil. **Tropical Ecology**, v. 21, n. 1, p. 59-70, summer 1980a.

GOLLEY, F. B.; YANTKO, J.; JORDAN, C. Biogeochemistry of tropical forests: 2. the frequency distribution and mean concentration of selected elements near San Carlos de Rio Negro Venezuela. **Tropical Ecology**, v. 21, n. 1, p. 71-80, summer 1980b.

GRIMM, U.; FASSBENDER, H. W. Ciclos bioquímicos en un ecosistema forestal de los Andes Occidentales de Venezuela. I. Inventario de las reservas orgánicas y minerales (N, P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Al, Na). **Turrialba**: Revista Interamericana de Ciencias Agrícolas, v. 31, n. 1, p. 27-36, ene./mar. 1981.

HANSON, J. B. The functions of calcium in plant nutrition. In: TINKER, P. B.; LAUCHLI, A. (Ed.). **Advances in plant nutrition**. New York: Praeger, 1984. p. 149-208.

HARIDASAN, M. Aluminium accumulation by some cerrado native species of central Brazil. **Plant and Soil**, v. 65, n. 2, p. 265-273, 1982.

JACKSON, M. L. Aluminium bonding in soils, a unifying principle in soil science. **Soil Science Society of America Proceedings**, v. 27, n. 1, p. 1-10, jan./feb. 1963.

JORDAN, C. F.; ESCALANTE, G. Root productivity in Amazonian Rain Forest. **Ecology**, v. 61, n. 1, p. 14-18, feb. 1980.

KENKEL, J. **Analytical chemistry for technicians**. Boca Raton: Levn 's Publ., 1991. 541 p.

KLINGE, H. Root mass estimation in lowland tropical rain forest of Central Amazonia Brazil: I. fine roots masses of a pale yellow latosol and a giant humus podzol. **Tropical Ecology**, v. 14, n. 1, p. 29-38, 1973.

LAVELLE, P. **Biological processes and productivity of soils in the humid tropics**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CLIMATIC, BIOTIC, AND HUMAN INTERACTIONS IN THE HUMID TROPICS WITH EMPHASIS ON THE VEGETATION AND CLIMATE INTERACTIONS IN AMAZONIA, 1985, Sao José dos Campos. **The geophysiology of Amazonia vegetation and climate interactions**. New York: J. Wiley: The United Nations University, 1987. p. 175-214. (Wiley Series in Climate and the Biosphere).

MARSCHNER, H.; RÖMHELD, V.; HORST, W. J.; MARTIN, P. Root-induced changes in the rhizosphere: importance for the mineral nutrition of plants. **Zeitschrift für Pflanzenernahrung und Bodenkunde**, v. 149, p. 441-456, 1986.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press, 889 p. 1995.

MULLETTE, K. J.; HANNON, N. J.; ELLIOTT, A. G. L. Insoluble phosphorus usage by *Eucalyptus*. **Plant and Soil**, v. 41, n. 1, p. 199-205, 1974.

NEVES, E. J. M. **Biomassa e acúmulo de nutrientes nos diferentes compartimentos de *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn e *Virola surinamensis* (Rol.) Warb plantadas na Amazônia Ocidental Brasileira**. 1999. 189 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1999.

NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. Nutrição mineral do Eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: Folha de Viçosa, 1990. p. 25-98.

OLIVEIRA, S. A. de; MACHADO, J. W. B. Avaliação do estado nutricional de espécies nativas do cerrado na área do Distrito Federal. **Boletim Técnico**, n. 7, p. 19-24, dez. 1982. Publicação vinculada ao periódico Brasil Florestal, do IBDF.

RADEMACHER, P. **Morphologische und physiologische Eigenschaften von Fichten (*Picea abies* (L.) Karst.), TanneN (*Abies alba* Mill.), Kiefern (*Pinus sylvestris* L.) und Buchen (*Fagus sylvatica* L.) Gesunder und erkrankter**. Waldstandorte: Gkss-Forschungszentrum Geesthacht GmbH, 1986. 274 p. Gkss 86/E/10.

RITCHEY, K. D. (Ed.). **O potássio nos oxissolos e ultissolos dos trópicos úmidos**. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, 1982. 67 p. (Instituto da Potassa & Fosfato. Boletim Técnico, 7).

RODRIGUES, T. E.; REIS, R. S. dos; MORIKAWA, I. K.; FALESI, I. C.; SILVA, B. N. R. de; GUIMARAES, G. de A.; LOPES, E. de C.; BASTOS, J. B. Levantamento detalhado dos solos do IPEAAOc. Manaus: IPEAAOc, 1972. 63 p. (IPEAAOc. Boletim Técnico, 1).

SANCHEZ, P. A.; BANDY, D. E.; VILLACHICA, J. H.; NICHOLAIDES, J. J. Amazon basin soils: management for continuous crop production. **Science**, v. 216, n. 4548, p. 821-827, may 1982.

STARK, N.; SPRATT, M. Root biomass and nutrient storage in rain forest oxisols near São Carlos de Rio Negro. **Tropical Ecology**, v. 18, p. 1-9, 1977.

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.

USHERWOOD, N. R. Interação do potássio com outros íons. In: SIMPOSIO SOBRE POTASSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA. Londrina, 1982. **Anais...** Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato; Londrina: IAPAR, 1982. p. 227-247.

VAN BEUSICHEM, M. L.; KIRKBY, E. A.; BAAS, R. Influence of nitrate and ammonium nutrition on the uptake, assimilation and distribution of nutrients in *Ricinus communis*. **Plant Physiology**, v. 86, n. 3, p. 914-921, mar. 1988.

WARING, R. H.; SCHLESINGER, W. H. **Forest ecosystems: concepts and management**. Florida: Academic Press, 1985. 340 p.

WHEELER, D. M.; EDMEADES, D. C.; CHRISTIE, R. A. Effect of aluminium on plant chemical concentrations in some temperate grasses grown in solution culture at low ionic strength. **Journal Plant Nutrition**, v. 15, n. 4, p. 387-482, 1992.

Embrapa

Florestas

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento

