

# PRODUÇÃO DE BIOMASSA E SISTEMA RADICULAR DE ESPÉCIES DE DIFERENTES ESTÁGIOS SUCESSIONAIS<sup>1</sup>

José Leonardo de M. GONÇALVES<sup>2</sup>  
Valéria M. FREIXÉDAS<sup>3</sup>  
Paulo Y. KAGEYAMA<sup>2</sup>  
Jânio C. GONÇALVES<sup>4</sup>  
João Henrique P. DIAS<sup>4</sup>

## RESUMO

Estudaram no presente trabalho a produção de biomassa e algumas características do sistema radicular de nove espécies arbóreas pertencentes a diferentes grupos sucessionais. O trabalho foi realizado com mudas de árvores plantadas numa área reflorestada pela CESP, nas margens do reservatório da Usina Hidrelétrica de Porto Primavera. Nove exemplares de cada espécie, no estágio juvenil, tiveram as suas raízes lavadas e, juntamente com a parte aérea, foram secas, pesadas e analisadas morfológicamente. A nível de campo, duas árvores de cada espécie, aos dezessete meses de idade, foram abatidas e separadas em folhas, galhos e troncos. De cada componente, foram tiradas amostras para a estimativa do peso seco. Junto às árvores foram abertas trincheiras para observar a estrutura do sistema radicular. As espécies pioneiras tiveram taxas de crescimento muito superiores às secundárias e as dessas muito superiores às das clímax. Os percentuais de tronco mais galho nas pioneiras e secundárias foram superiores aos das clímax, apresentando essas uma superioridade percentual em termos de folhas. Constatou-se também que as espécies dos estágios iniciais da sucessão apresentam sistemas radiculares de absorção mais desenvolvidos, com predominância de raízes mais finas e ramificadas. Por outro lado, as espécies clímax apresentam sistemas radiculares tipicamente atrofiados, com raízes de absorção mais espessas e em menor quantidade.

**Palavras-chave:** produção de biomassa, sistema radicular, espécies pioneiras, espécies secundárias, espécies clímax.

## 1 INTRODUÇÃO

As árvores, dependendo de seu nível de organização fisiológica e morfológica, distribuem os fotoassimilados produzidos entre os diferentes componentes da biomassa (folhas, galhos, troncos e raízes) de forma distinta, de espécie para espécie, conforme suas

## ABSTRACT

The objectives of this paper was to study the biomass production and root system characteristics of nine species of different successional stages. The research was carried out with seedlings and trees of a reforested area by the São Paulo State Energetic Company along the reservoir edges of "Porto Primavera" Hydroelectric Mill. Nine seedlings and two seventeen-month old trees were used. The washed roots of the seedlings and above ground part were dried, weighted and morphologically analysed. Two trees were cut, had their leaves, branches and stems separated. Samples of these components were taken in order to evaluate their dry weight. Trenches were opened to observe the root system structure of the cut trees. The pioneer species had growth rates much higher than secondary species and these much higher than climax species. The branch plus stem pioneer and secondary percentual were higher than climax, but the climax was higher to these species in terms of leaf percentage. It was verified that early stage successional species present most developed uptake root systems, and predominance of thinnest and broadest roots. In the other extreme, climax species present atrophied root systems which are formed with both largest and lowest amounts of uptake roots.

**Key words:** biomass production, root system, pioneer species, secondary species, climax species.

funções ecológicas na sucessão. Esta distribuição de fotoassimilados é controlada pela demanda energética dos componentes da árvore e por mecanismos reguladores que envolvem hormônios relacionados com o crescimento e diferenciação destes (LARCHER, 1986).

O padrão e extensão do crescimento do sistema radicular são reflexos do controle genético e das caracte-

(1) Trabalho realizado com recursos do Convênio firmado entre CESP/ESALQ/IPEF.

(2) Professor Doutor e Professor Associado, respectivamente, do LCF/ESALQ/USP.

(3) Aluno do Curso de Engenharia Florestal (ESALQ/USP).

(4) Engenheiros Florestais da Companhia Energética de São Paulo (CESP).

terísticas ambientais, com acentuadas influências das condições edáficas. O grau de ramificação, crescimento e padrão morfológico dos sistemas radiculares de absorção e sustentação têm variações inter e intraespecíficas. Segundo CALDWELL (1979), essas variações podem ocorrer num mesmo ambiente, o que indica uma forte influência do código genético da árvore.

Especificamente com relação às raízes de absorção Bayliss (1975), citado por BOWEN (1984), classifica as raízes em dois grandes tipos: "graminóide" e "magnolióide". As primeiras são finas (frequentemente com diâmetros menores do que 0,1 mm), muito ramificadas, numerosas e longas. No outro extremo, as raízes "magnolióides", tidas como primitivas, são espessas (raramente com diâmetros inferiores a 0,5 mm), pouco ramificadas, pouco numerosas e curtas. As espécies desse tipo de raiz, geralmente, são muito responsivas às infecções micorrízicas.

Neste contexto, constituíram-se em objetivos do presente trabalho estudar a distribuição de biomassa pelos componentes aéreos de árvores pertencentes a espécies de diversos estágios sucessionais, assim como estudar as características dos sistemas radiculares dessas espécies nas fases de muda e árvore.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido em duas fases, uma a nível de viveiro e a outra a nível de campo.

A primeira fase foi desenvolvida nas dependências do viveiro de produção de mudas da Usina Hidrelétrica de Porto Primavera, da Companhia Energética de São Paulo (CESP), município de Teodoro Sampaio - SP, que tem as seguintes coordenadas geográficas: latitude 22°30' e longitude 53°00', com uma altitude média de 250 m.

De acordo com Köppen, o clima da região é classificado como sendo do tipo Cwa, ou seja, clima tropical com inverno seco. A região apresenta temperaturas médias superiores a 22°C no mês mais quente e a 18°C no mês mais frio. A precipitação média anual é de 1.200 mm, com 3 a 5 meses de deficiência hídrica entre os meses de maio a setembro.

Trabalhou-se com espécies pertencentes a diferentes estágios sucessionais. As espécies pioneiras utilizadas foram *Croton urucurana* (sangra d'água), *Croton floribundus* (capixingui) e *Trema micrantha* (candiúba); as espécies secundárias, *Lonchocarpus* sp. (feijão cru), *Peltophorum dubium* (canafístula) e *Gallesia gorazema* (pau d'alho); e as espécies clímax, *Hymenaea* sp. (jatobá), *Miroxylum peruiferum* (cabreúva) e *Patagonula americana* (guajuvira). Os termos espécie pioneira, espécie secundária e espécie clímax seguem a terminologia adotada por BUDOWSKI (1965).

No estágio juvenil foram selecionados 9 exemplares de cada espécie, em lotes de mudas bem formadas, que continham aproximadamente 2.000 unidades. Todos os lotes estavam no estágio final de desenvolvimento, prontos para serem expedidos para o plantio de campo. As mudas selecionadas tinham porte médio, no

que diz respeito à altura e ao desenvolvimento da parte aérea, apresentavam bom vigor vegetativo e, aparentemente, não exibiam deficiências nutricionais. As espécies pioneiras tiveram um tempo médio de crescimento de 126 dias, as secundárias, 160 dias e as clímax, 237 dias.

Com exceção das espécies *Gallesia gorazema*, *Miroxylum peruiferum* e *Patagonula americana*, que foram produzidas por sementeira indireta, as demais espécies foram produzidas por sementeira direta. Como recipientes para o crescimento das mudas foram utilizados sacos de polietileno preto, com 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura. As características físicas e químicas do substrato utilizado para o crescimento das mudas são apresentados por GONÇALVES et alii, 1992, nesse volume.

Para a caracterização do sistema radicular das diferentes espécies na fase de mudas, os sacos de polietileno foram abertos sobre peneiras finas (2 mm de diâmetro) e os torrões lavados intensivamente com água, até que toda terra aderida ao sistema radicular fosse despreendida. Após essa fase, as mudas foram separadas em parte aérea e raízes e postas para secar numa estufa de ventilação forçada (65°C), até peso constante.

Para a fase de campo, utilizou-se uma área reforestada pela CESP de, aproximadamente, 5 ha e com 17 meses de idade. Esta área fica a 10 km do viveiro de produção de mudas utilizado na primeira fase, a qual possui características climáticas semelhantes ao mesmo.

O solo ocorrente nesta área foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo, textura média, relevo suave ondulado. Algumas características físicas e químicas desse solo podem ser encontradas em GONÇALVES et alii (1992).

Para o reforestamento da área, foram utilizadas 70 espécies (5 pioneiras, 50 secundárias e 5 clímax), sendo que 50% da área foi ocupada pelas pioneiras, 30%, pelas secundárias e 20%, pelas clímax. O espaçamento de plantio foi de 2 x 2 m. O preparo do solo foi conseguido com a passagem, por duas vezes, de uma grade leve, seguida da abertura de covas com 30 x 30 x 30 cm. A adubação foi feita na cova de plantio, com a aplicação de 150 g de formulação 10-28-6. Até o estágio que se encontrava o reforestamento foram feitas 4 capinas manuais.

O aspecto geral do reforestamento mostrava um bom desenvolvimento vegetativo, aparentemente, sem deficiências nutricionais. Praticamente toda a superfície do solo já se encontrava coberta pela vegetação.

No interior da área reforestada, deixando-se uma bordadura de 5 metros de largura, foram selecionadas, em função do crescimento em altura e da copa, 2 árvores médias, das mesmas espécies utilizadas na fase de viveiro. As árvores foram cortadas rente ao solo e os seus componentes separados em folhas, galhos e troncos. A seguir foram determinados os pesos frescos dos mesmos. De cada componente retirou-se uma amostra, a qual foi pesada e posta para secar numa estufa de

TABELA 1 - Peso seco (kg) e porcentagem dos componentes das árvores no peso total das mesmas para as diferentes espécies

ESPÉCIE	FOLHA		GALHO		TRONCO		PESO TOTAL
	Kg	%	Kg	%	Kg	%	
1. Pioneira:							
<i>C. urucurana</i>	0,45	8,0	3,07	54,2	2,14	37,8	5,66
<i>C. floribundus</i>	3,17	38,8	2,27	27,8	2,73	33,4	8,17
<i>T. micrantha</i>	1,67	15,6	3,82	35,8	5,19	48,5	10,68
MÉDIA	1,76	20,8	3,05	39,3	3,35	39,9	8,17
2. Secundária:							
<i>P. dubium</i>	0,09	5,6	0,50	31,1	1,02	63,3	1,61
<i>Lonchocarpus sp.</i>	0,70	25,2	0,68	24,5	1,40	50,3	2,78
<i>G. gorazema</i>	0,54	19,5	1,17	42,2	1,06	38,3	2,77
MÉDIA	0,44	16,8	0,78	32,6	1,16	50,6	2,39
3. Clímax:							
<i>P. americana</i>	0,22	23,2	0,32	33,5	0,41	43,2	0,95
<i>M. peruiferum</i>	0,17	44,7	0,07	18,4	0,14	36,9	0,38
<i>Hymenaea sp.</i>	0,11	40,7	0,06	22,2	0,10	37,1	0,27
MÉDIA	0,17	36,2	0,15	24,7	0,22	39,1	0,53

ventilação forçada (65° C), até peso constante. Tendo por base os pesos fresco e seco da amostra, estimou-se o peso total dos diversos componentes das árvores.

Junto aos tocos resultantes dos cortes das árvores foram abertas trincheiras de 1,2 m de largura, 1,5 m de comprimento e 1,5 m de profundidade, para a observação das características estruturais e distribuição do sistema radicular no perfil do solo.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Produção de matéria seca pelas árvores

A produção média de matéria seca da árvore inteira e dos componentes da mesma pelas espécies pioneiras foi muito superior à das secundárias e a dessas muito superior à das clímax (TABELA 1). Os pesos médios totais das árvores foram 8,17; 2,39 e 0,53 kg, para as pioneiras, secundárias e clímax, respectivamente. É evidente a grande superioridade das taxas de crescimento das espécies florestais que iniciam a sucessão, também observado por WILLIAMS-LINERA (1983) e COOMBE (1960). Nos 17 meses de crescimento destas árvores no campo, as pioneiras tiveram uma taxa de crescimento mensal correspondente a 0,48 kg de matéria seca por árvore, as secundárias 0,14 kg e as clímax apenas 0,03 kg. Segundo COOMBE (1960), o rápido crescimento das espécies pioneiras é conseqüência do contínuo e eficiente desenvolvimento da superfície foliar, o que dá a essas espécies grande eficiência fotossintética.

GÓMEZ-POMPA & VASQUEZ-YANES (1981) acrescentam que as pioneiras utilizam os fotoassimilados para a construção de suas estruturas arbóreas de forma distinta àquela observada para as espécies dos estágios sucessionais subseqüentes. De acordo com esses autores, estas espécies investem uma menor quantidade de energia para a síntese de madeira, conseqüentemente, seus tecidos são mais claros e ricos em celulose, mas pobres em lignina.

Quanto à distribuição da matéria seca entre os componentes das árvores, observa-se que os percentuais de tronco mais galho nas pioneiras e secundárias são superiores ao das clímax (TABELA 1), apresentando as clímax uma superioridade percentual em termos de folhas. Os percentuais médios de tronco mais galho foram 79,2; 83,2 e 63,8, para as pioneiras, secundárias e clímax, respectivamente. E os de folha, 20,8; 16,8 e 36,2, nesta mesma seqüência.

#### 3.2 Produção de matéria seca e características do sistema radicular das mudas

A produção média de matéria seca pela parte aérea das pioneiras foi superior à das secundárias e essas semelhante à das clímax (TABELA 2), apesar das diferenças de idade entre as espécies. Esse comportamento evidencia que as espécies dos estágios iniciais da sucessão têm taxas de crescimento superiores, até mesmo na fase juvenil.

TABELA 2 - Peso seco (g) da parte aérea (PA), das raízes (R) e relação PA/R das mudas das diferentes espécies

ESPÉCIE	PARTE AÉREA (g) (PA)	RAIZ (g) (R)	PA/R (g)
<b>1. Pioneira:</b>			
<i>C. urucurana</i>	2,99	1,21	2,47
<i>C. floribundus</i>	3,95	1,90	2,08
<i>T. micrantha</i>	6,50	2,45	2,64
<b>MÉDIA</b>	<b>4,48</b>	<b>1,85</b>	<b>2,40</b>
<b>2. Secundária:</b>			
<i>P. dubium</i>	4,67	1,82	2,57
<i>Lonchocarpus</i> sp	1,90	4,54	0,42
<i>G. gorazema</i>	2,12	1,73	1,23
<b>MÉDIA</b>	<b>2,90</b>	<b>2,70</b>	<b>1,40</b>
<b>3. Clímax:</b>			
<i>P. americana</i>	1,29	2,09	0,62
<i>M. peruiferum</i>	4,12	2,15	1,91
<i>Hymenaea</i> sp	3,35	0,72	4,67
<b>MÉDIA</b>	<b>2,92</b>	<b>1,65</b>	<b>2,40</b>

Quanto à produção média de matéria seca de raízes, observa-se que as pioneiras foram inferiores às secundárias e superiores às clímax (TABELA 2), ao contrário do que foi observado em termos de volume de raízes, durante a realização do trabalho. Nessa característica, as pioneiras apresentaram uma grande superioridade relativamente às clímax, ficando as secundárias numa posição intermediária. As pioneiras destacaram-se pela presença de uma maior quantidade de raízes finas, as quais também são menos espessas e de coloração mais clara, com diferentes tons amarelados. Num outro extremo, as clímax apresentaram um sistema radicular nitidamente atrofiado, com pequena quantidade de raízes finas, sendo essas mais espessas e de coloração mais escura, com tons avermelhados. Essas características também foram observadas em condições de campo, no interior das trincheiras abertas junto ao sistema radicular de árvores das mesmas espécies.

Em termos de efetividade para a absorção de nutrientes, evidenciado pelo grau de desenvolvimento do sistema radicular de absorção e pela capacidade de absorção de nutrientes, tópicos discutidos por GONÇALVES et alii (1992), constata-se uma grande relação entre estágios sucessionais e características do sistema radicular de absorção. Tendo por base as espécies estudadas, observa-se que quanto mais avançado o estágio sucessional mais atrofiado é o sistema radicular de absorção das espécies. Aparentemente, essas características estão associadas com as funções das espécies em cada estágio sucessional. As pioneiras, por serem as primeiras a chegar, crescem sob condições edáficas (químicas, físicas e microbiológicas) e

microclimáticas menos elaboradas (GÓMES-POMPA & VASQUEZ-YANES, 1981). Para atenderem às suas demandas nutricionais precisam de um sistema radicular de absorção mais efetivo, capaz de absorver, em quantidade e qualidade, nutrientes nem sempre prontamente disponíveis. Nesse estágio, o sistema radicular deve ser apto para cumprir as suas funções sob condições de solo mais adensadas, as quais apresentam maior resistência ao crescimento radicular. Com o passar do tempo, as espécies dos estágios sucessionais iniciais melhoram as condições físicas, químicas e biológicas do solo, tornando as camadas superiores do solo mais ricas em nutrientes prontamente disponíveis (HARCOMBE, 1980; GÓMES-POMPA & VASQUEZ-YANES, 1981; e WILLIAMS-LINERA, 1983), matéria orgânica e microorganismos (número e diversidade) (CROMACK, 1981), entre outras. Essas camadas do solo tornam-se melhor estru-turadas, aumentando consideravelmente a permeabilidade do solo. Nesta linha de raciocínio, as espécies dos grupos sucessionais mais avançados necessitam de um sistema radicular com características distintas, adaptados a condições edáficas mais elaboradas, onde a obtenção de nutrientes e o crescimento radicular são, relativamente, mais fáceis. Segundo SINGH (1966), JANOS (1975 e 1983) e CROMACK (1981), as pioneiras não apresentam associações micorrízicas ou, quando apresentam, é de pouca significância comparativamente às clímax. De acordo com esses mesmos autores, as hifas dos fungos micorrízicos cumprem funções desempenhadas pelas raízes finas, daí o atrofiamento desse tipo de raiz, fazendo com que as clímax tenham, predominantemente, raízes mais espes-

sas. CROMACK (1981) destaca que, nos estágios sucessionais mais avançados e dada a ampliação do número e diversidade de microorganismos no solo, a probabilidade de haver associações micorrízicas é muito maior.

#### 4 CONCLUSÕES

As taxas de crescimento das espécies pioneiras, estimadas pela produção de matéria seca, foram muito superiores às das secundárias e as dessas muito superiores às das clímax. Os percentuais de tronco mais galho nas pioneiras e secundárias foram superiores aos das clímax, apresentando as clímax uma superioridade percentual em termos de folhas.

As espécies dos estágios iniciais da sucessão apresentaram sistemas radiculares de absorção mais desenvolvidos, com predominância de raízes mais finas e ramificadas. As espécies clímax apresentaram um sistema radicular tipicamente atrofiado, com poucas raízes de absorção.

Tendo por base as espécies estudadas, conclui-se que quanto mais avançado o estágio sucessional mais atrofiado é o sistema radicular de absorção. Aparentemente, essas características estão associadas com as funções das espécies em cada estágio sucessional. As espécies pioneiras, por serem as primeiras a se instalar, crescem sob condições edáficas e microclimáticas menos elaboradas. Para atenderem às suas demandas nutricionais precisam de um sistema radicular de absorção mais efetivo. Por outro lado, as espécies dos grupos sucessionais seguintes encontram as condições edáficas e microclimáticas consideravelmente melhoradas, não necessitando de um sistema radicular tão desenvolvido para a obtenção de nutrientes, além de que, nos estágios sucessionais mais avançados, a probabilidade de haver associações micorrízicas é bem maior, o que amplia a capacidade de absorção de nutrientes pelo sistema radicular.

#### 5 AGRADECIMENTOS

À equipe técnica da CESP, pelo apoio e importantes sugestões durante todas as fases desse trabalho. Ao Celso Machado e ao Francisco Dias da Silva, que nos acompanharam de perto nos trabalhos de viveiro e campo. Ao Eduardo Guilherme Santarelli, Virgílio Maurício Viana e Paulo Eduardo Telles pelas críticas feitas na fase de redação do trabalho.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOWEN, G. D. Tree roots and the use of soil nutrients. In: BOWEN, G. D. & NAMBIAR, K. S. (es.) *Nutrition of plantation forests*. London, Academic Press, 1984, cap.6, p.147-179.

- BUDOWSKI, A. Distribution of tropical American rain forest species in the light of successional progresses. *Turrialba*, 15: 40-2, 1965.
- CALDWELL, M. M. Root structure: the considerable cost of below-ground function. In: SOLBRIG, O. T.; JAIN, S.; JOHNSON, G. B. & RAVEN, P. H. (eds.) *Tropics in plant population biology*, Columbia University Press, Nova York, 1979. pp. 409-427.
- COOMBE, D. E. An analysis of the growth of *Trema guineensis*. *J. Ecology*, 48: 219-231, 1960.
- CROMACK, K. JR. Below-ground processes in forest succession. In: WEST, D. C.; SHUGART, H. H. & BOTKIN, D. B. (eds.) *Forest succession - Concepts and application*, New York, Springer-Verlag Press, 1981. pp. 361-373.
- GÓMEZ-POMPA, A. G. & VASQUEZ-YANES, C. V. Successional studies of a rain forest in Mexico. In: WEST, D. C.; SHUGART, H. H. & BOTKIN, D. B. (eds.) *Forest Succession - Concepts and Application*, New York, Springer-Verlag Press, 1981. pp. 247-266.
- GONÇALVES, J. L. M.; FREIXÊDAS, M. V.; KAGEYAMA, P. Y.; GONÇALVES, J. C. & GERES, W. L. A. Capacidade de absorção e eficiência nutricional de algumas espécies arbóreas tropicais. *Anais 2º Congresso Nacional sobre Essências Nativas*. 1992 (no prelo).
- HARCOMBE, P. A. Soil nutrient loss as a factor in early tropical secondary succession. In: EWEL, J. (ed.) *Tropical Succession, Biotropica* (Supplement), Washington, 12: 8-14, 1980.
- JANOS, D. P. Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizae on lowland tropical rainforest trees. In: SANDERS, F. E.; MOSSE, B. & TINKER, P. B. (eds.) *Endomycorrhizas*, Academic Press, London. 1975. pp. 437-446.
- JANOS, D. P. Tropical mycorrhizae, nutrient cycles and plant growth. In: SUTTON, S. L.; WHITMORE, T. C. & CHADWICK, A. C. (eds.) *Tropical rain forest: ecology and management*, Blackwell Scientific Publications, Oxford. 1983. pp. 327-345.
- LARCHER, W. *Ecologia Vegetal*. São Paulo, Ed. Pedagógica e Universitária Ltda., 1986. 319 p.
- SING, G. Ectotrophic mycorrhizae in equatorial rain forest. *Malay For.* 29: 13-16, 1966.
- WILLIAMS-LINERA, G. W. Biomass and nutrient content in two successional stages of tropical wet forest in Uxpanapa, Mexico. *Biotropica*, Washington. 15(4): 275-284, 1983.