

Produção de Biomassa e Conservação de Nutrientes em Plantios Florestais

Fábio Poggiani

O Prof. Fábio Poggiani possui graduação em Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas pela Universidade de São Paulo, Doutorado pelo Instituto de Biociências da USP e Pós-Doutorado em Forest Ecology pela Michigan State University (USA).

É atualmente professor titular e chefe do departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo em Piracicaba - SP.

Leciona Ecologia Florestal e, em nível de pós-graduação, oferece disciplinas de Ecologia e Ciclagem de Nutrientes em Florestas.

Sua pesquisa tem sido dedicada principalmente a estudos de ciclagem de nutrientes em plantações florestais de *Eucalyptus* e *Pinus* e sustentabilidade florestal e também à revegetação de áreas degradadas.



12 a 14 de Junho de 2007
Centro de Eventos CIETEP/ FIEP

Produção de Biomassa e Conservação de Nutrientes em Plantios Florestais



Fábio Poggiani
Departamento de Ciências Florestais
ESALQ/USP - Piracicaba -SP





ESALQ – Prédio Central



Departamento de Ciências Florestais
ESALQ/USP



**CAMPUS
LUIZ DE QUEIROZ**

 *Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz"*

*Centro de Energia Nuclear
na Agricultura* 

 *Centro de Informática do
Campus "Luiz de Queiroz"*

*Prefeitura do Campus
"Luiz de Queiroz"* 

IPEF – Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais

- » Acesita Energética Ltda.
- » Aracruz Celulose S.A.
- » Arborgem Ltda.
- » CAF Santa Bárbara Ltda
- » Caxuana S/A Reflorestamento
- » Celulose Nipo-Brasileira S.A. - CENIBRA
- » Copener Florestal Ltda.
- » Derflin Agropecuária Ltda. (Stora Enso)
- » Duratex S.A.
- » Eucatex S/A Indústria e Comércio
- » International Paper do Brasil Ltda.
- » Jari Celulose S/A
- » Klabin S.A.
- » Lwarcel Celulose e Papel Ltda.
- » Masisa do Brasil Ltda.
- » Nobrececel S.A. Celulose e Papel
- » Ramires Reflorestamentos Ltda.
- » Rigesa Celulose, Papel e Embalagens Ltda.
- » Ripasa S/A - Celulose e Papel
- » Satipel Florestal
- » Suzano Papel e Celulose S.A.
- » Veracel Celulose S.A.
- » Votorantim Celulose e Papel S/A



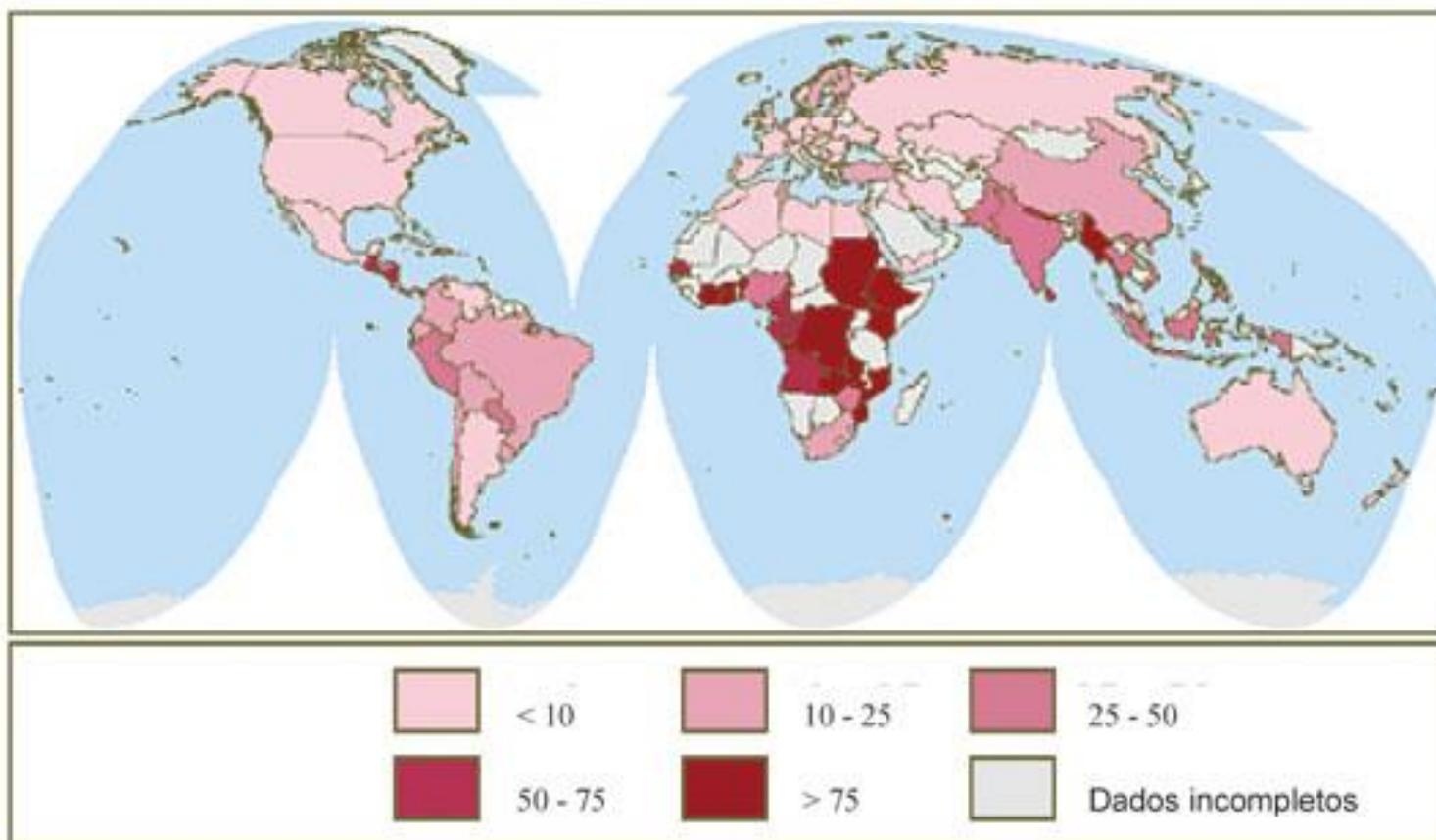


Figura 1 – Porcentagem da biomassa florestal na matriz energética nacional de alguns países (World..., 2007).

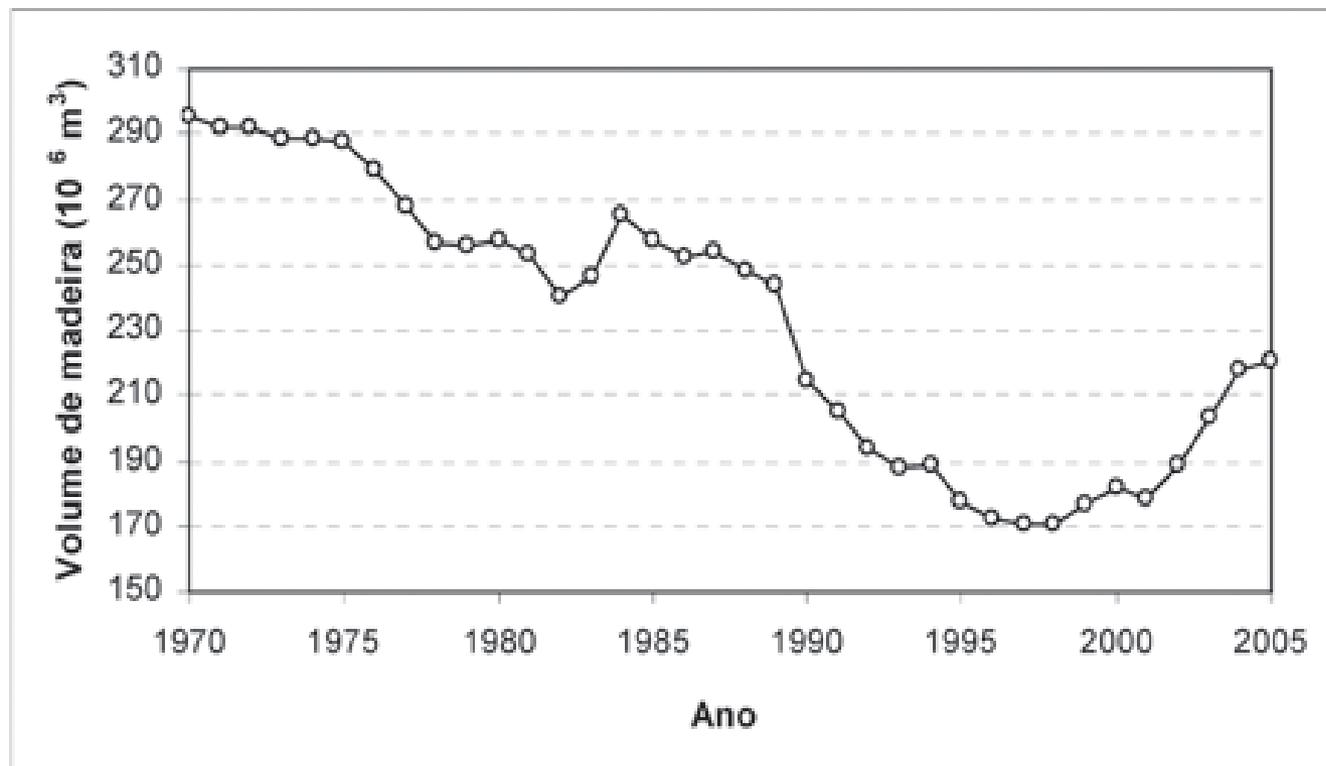
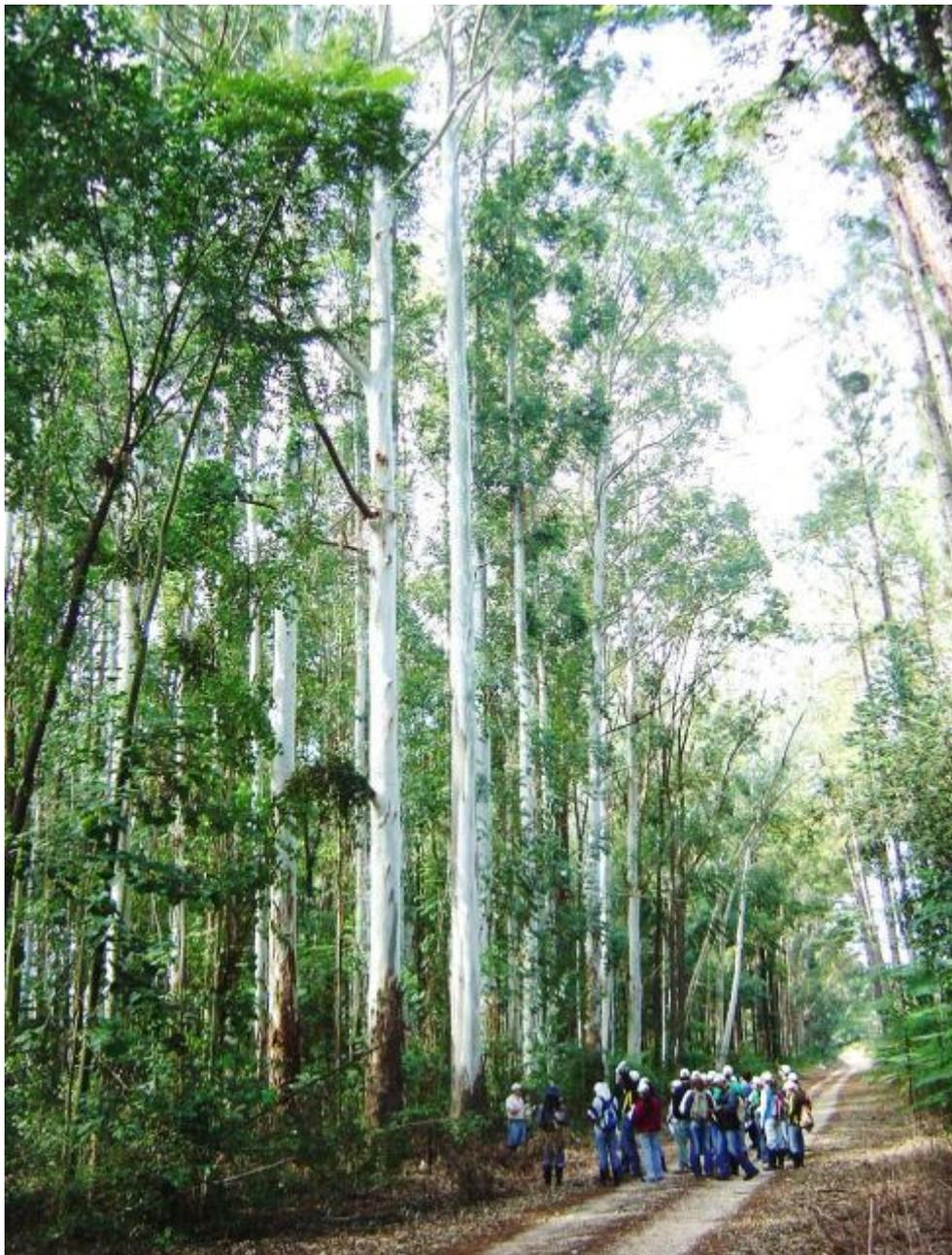


Figura 2 – Evolução do consumo de madeira para energia no Brasil – 1970 a 2005 (Ministério..., 2007a).



**Estação de Ciências Florestais de Anhembi
da ESALQ/USP (SP)**

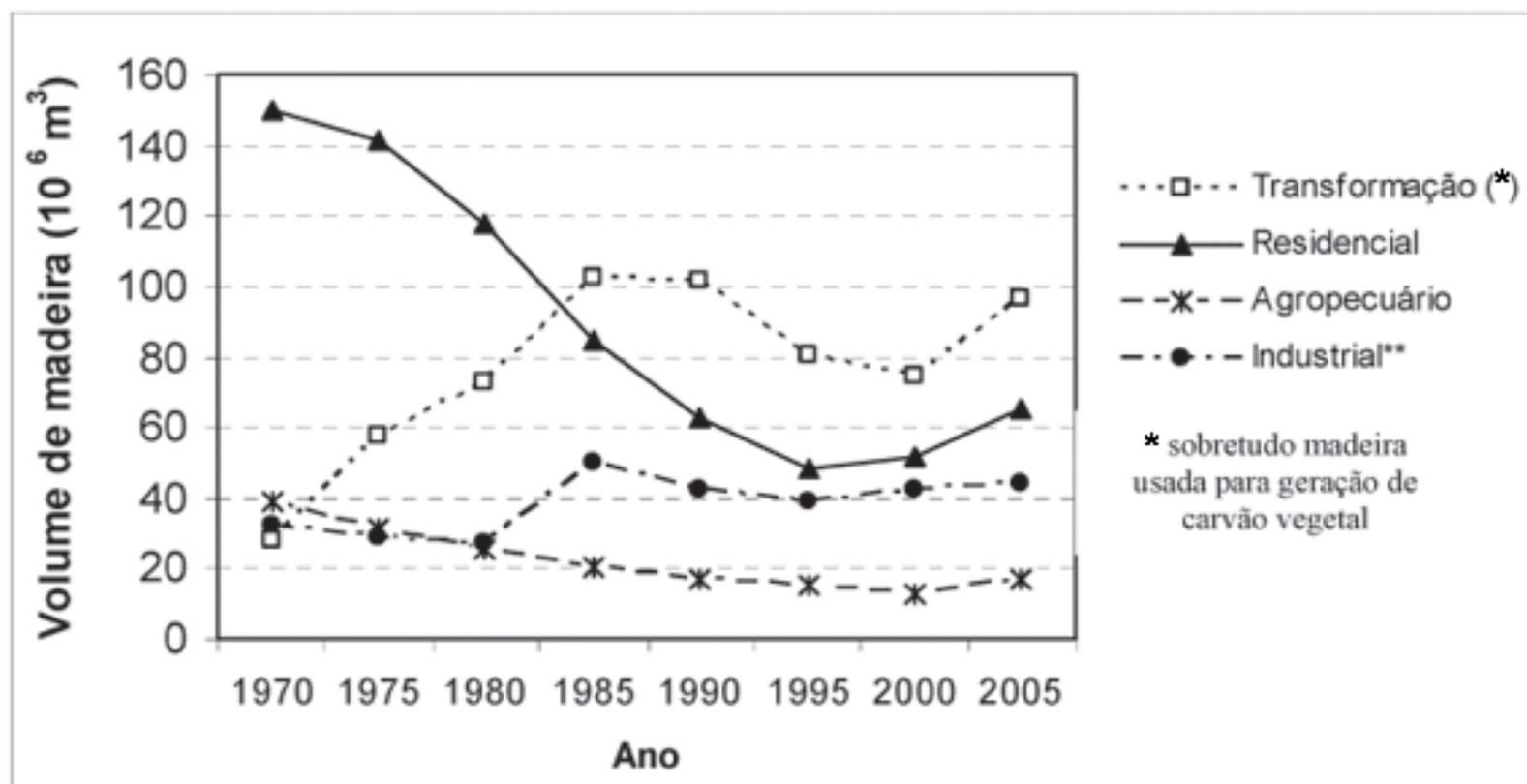


Figura 5 – Evolução do consumo setorial de madeira para energia no Brasil (Ministério..., 2007a).



Figura 1 - Caminhão utilizado no transporte da madeira.
Figure 1 - Truck used in the transport of the wood.

A madeira, na sua forma direta como lenha ou do seu derivado, o carvão vegetal, é combustível vital para o preparo de alimento para um enorme número de famílias e comunidades em diversas regiões do planeta. Estima-se que, a cada seis pessoas, duas utilizam a madeira como a principal fonte de energia, particularmente para famílias de países em desenvolvimento, sustentando processos de secagens, cozimentos, fermentações, produções de eletricidade etc. (FAO, 2003). Apesar do comparativo menor volume, nos países desenvolvidos a madeira também possui seu papel como fonte de energia. Em tais condições, seu uso vem se tornando importante como fonte de energia ambientalmente mais saudável, o que a potencializa como alternativa aos combustíveis fósseis, conduzindo o seu uso à diminuição das emissões dos gases do efeito estufa.



**Exploração predatória de fontes de energia renovável: degradação do solo , perda de nutrientes e da biodiversidade.
Necessidade de estudos!**

SUSTENTABILIDADE

1) ECONOMICA

2) SOCIAL

3) ECOLOGICA

a - Produtividade

b - Biodiversidade

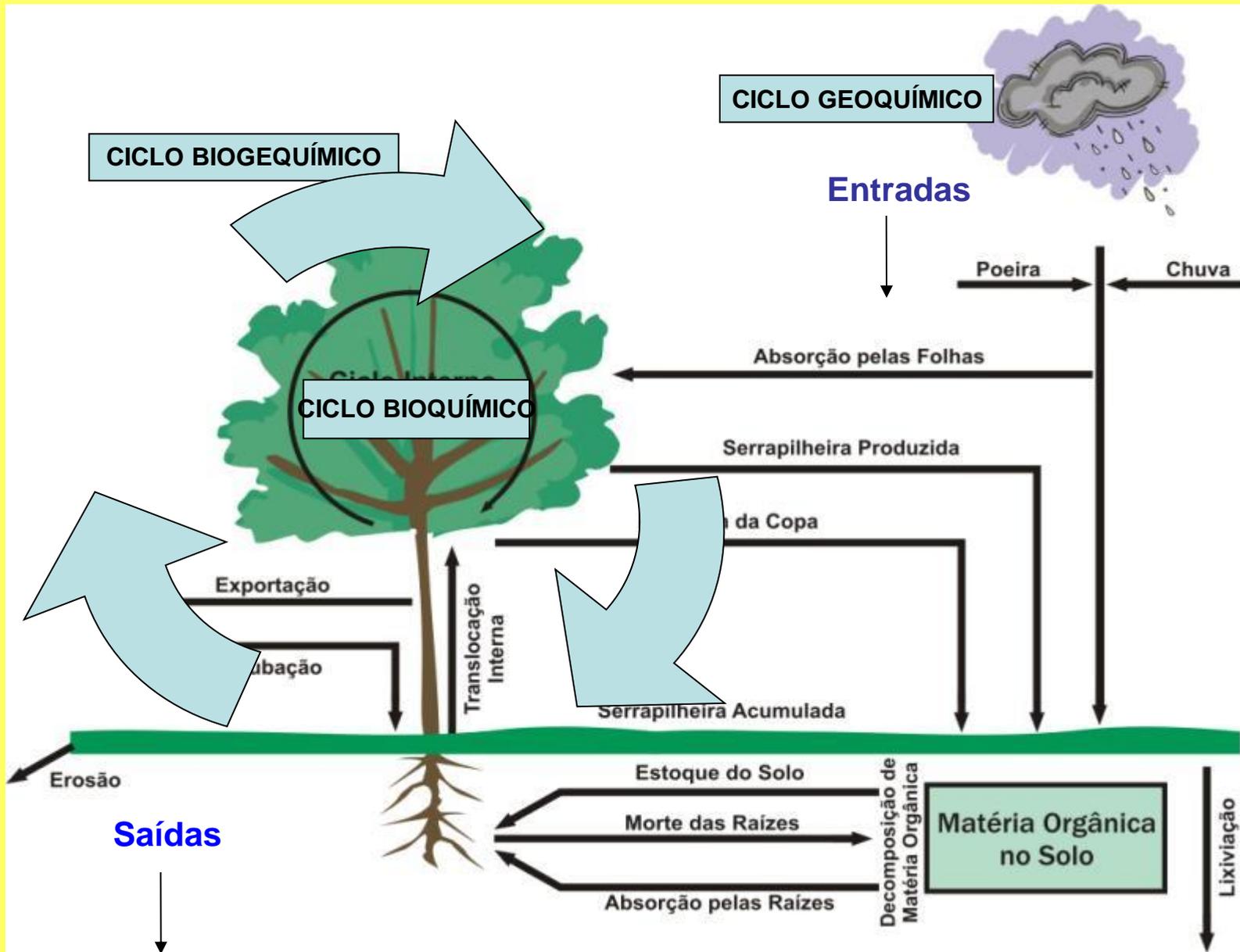
c - Balanço de nutrientes



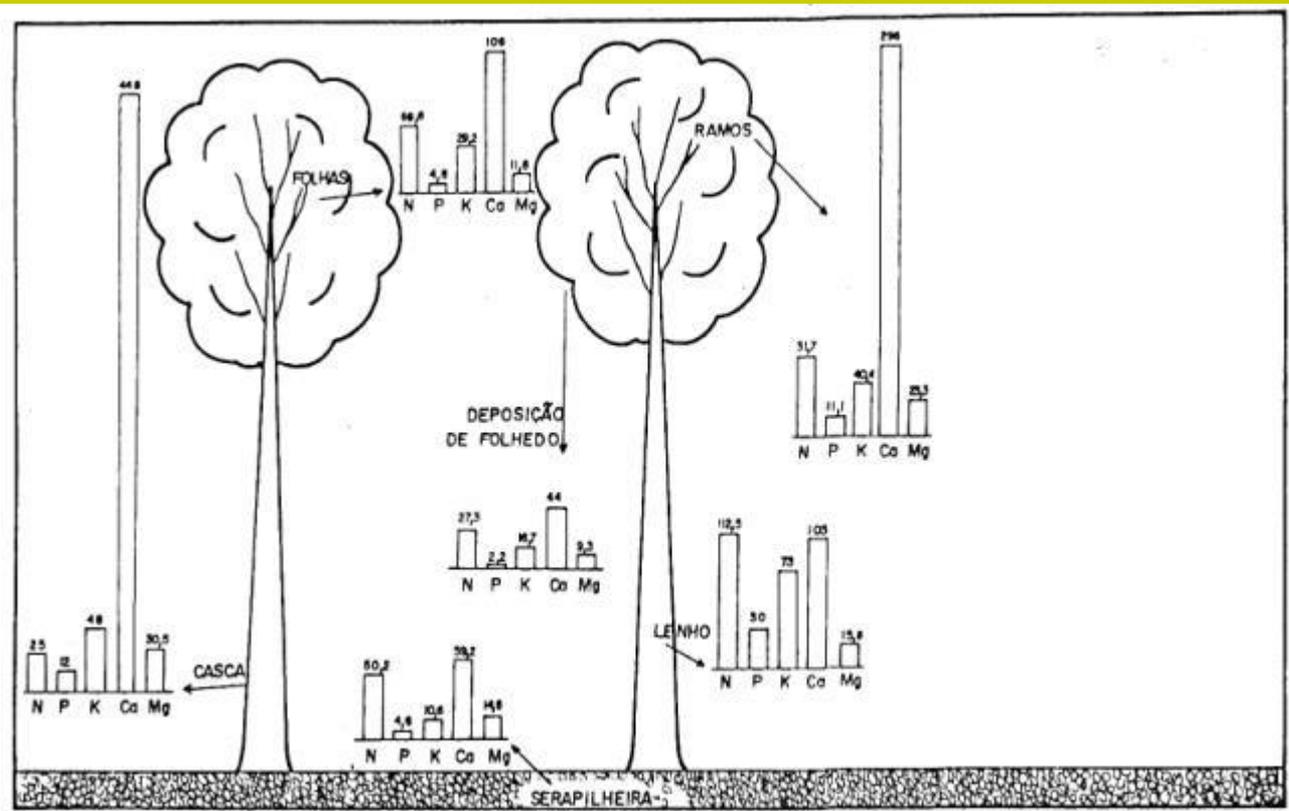
Ecossistema Sustentável

X

Ecossistema Auto-suficiente



Ciclo dos nutrientes minerais em florestas



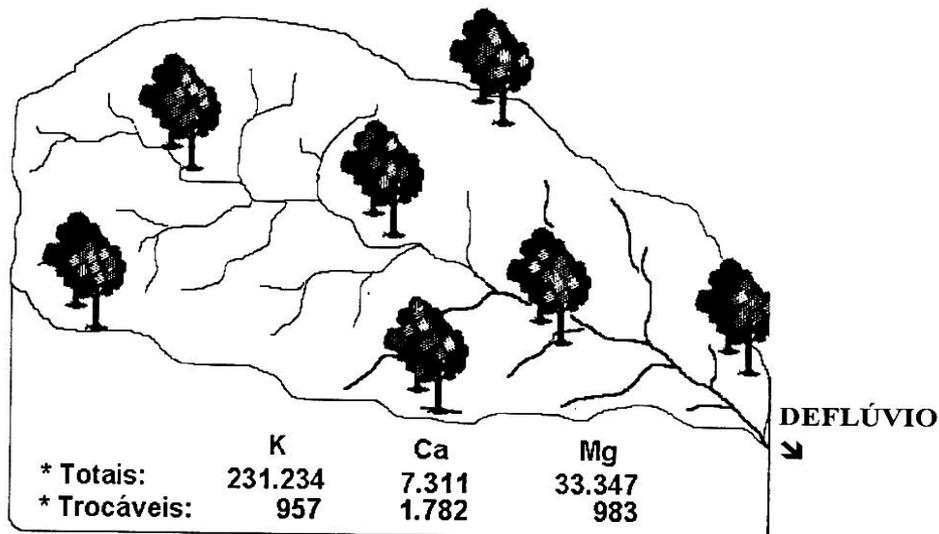
Nutrientes contidos na biomassa acima do solo em plantio de *Eucalyptus saligna* aos 10 anos de idade (kg/ha)

	N	P	K	Ca	Mg
Arvores	219	58	191	954	81
Folhedo	50	5	11	59	15
Total	269	63	202	1013	96
Solo	1240	59	277	7956	1243
Aérea/Solo	18%	52%	42%	11%	7%

↓ PRECIPITAÇÃO

ADUBAÇÃO ↘

BIOMASSA ↘



Balço de nutrientes ($\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) em microbacia florestada com eucaliptos durante o período de junho de 1987 a maio de 1995.

		Entradas		
	N	K	Ca	Mg
Precipitação	67,9	27,3	37,1	9,1
Adubação	30,0	12,0	61,0	-
Total Entrada	97,9	39,3	98,1	9,1
		Saídas		
Deflúvio	5,6	20,3	26,6	6,3
Colheita Lenho	101,6	159,7	145,2	43,6
Colheita Casca	30,8	55,7	489,6	57,2
Total Saída	138,0	235,7	661,4	107,1
		Balço Nutricional.		
Lenho+Casca	- 40,1	- 196,4	- 563,3	- 98,0
Lenho apenas	- 9,3	- 140,7	- 73,7	- 40,8

**SELEÇÃO DE ESPÉCIES FLORESTAIS MAIS
EFICIENTES
NO USO DOS NUTRIENTES
PARA PRODUÇÃO DE BIOMASSA LENHOSA**

Índice de eficiência de utilização de nutrientes para produção de biomassa (lenho) em cinco espécies de eucaliptos plantas em solo de baixa fertilidade no estado de São Paulo

Espécie utilizada Biomassa (kg de biomassa produzida por kg de nutriente)

	t/ ha	N	P	K	Ca	Mg
<i>E. grandis</i>	160,3	1250	43441	1639	606	2083
<i>E. saligna</i>	168,7	833	26318	1389	532	2326
<i>E. propinqua</i>	85,7	835	10645	769	694	4348
<i>E. dunnii</i>	125,6	1316	18858	901	474	3030
<i>E. robusta</i>	117,4	633	11365	869	559	4000

**DEIXAR OS RESÍDUOS DA FLORESTA
E DISTRIBUÍ-LOS UNIFORMEMENTE,
GARANTINDO O ESTQUE DOS
NUSTRINTES NO ECOSSISTEMA**

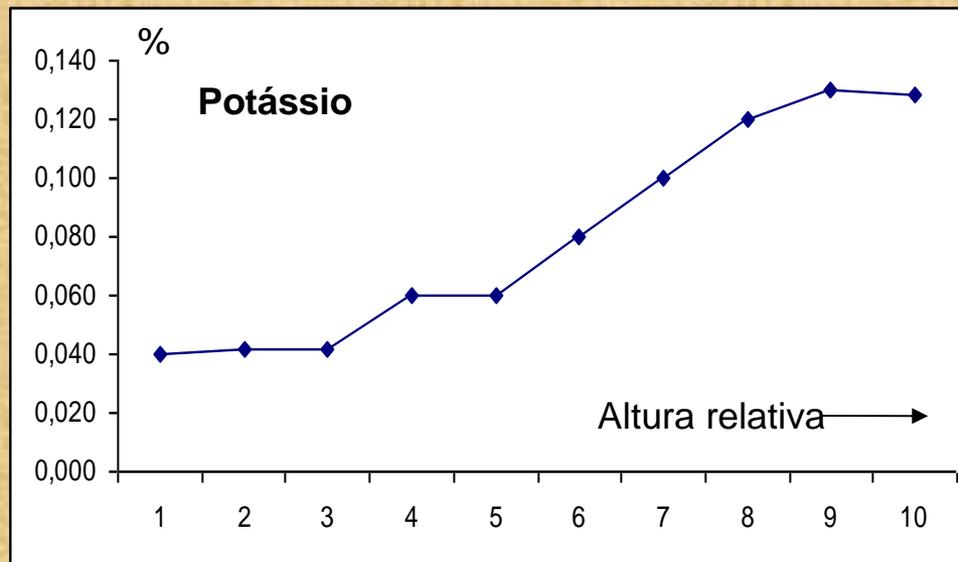
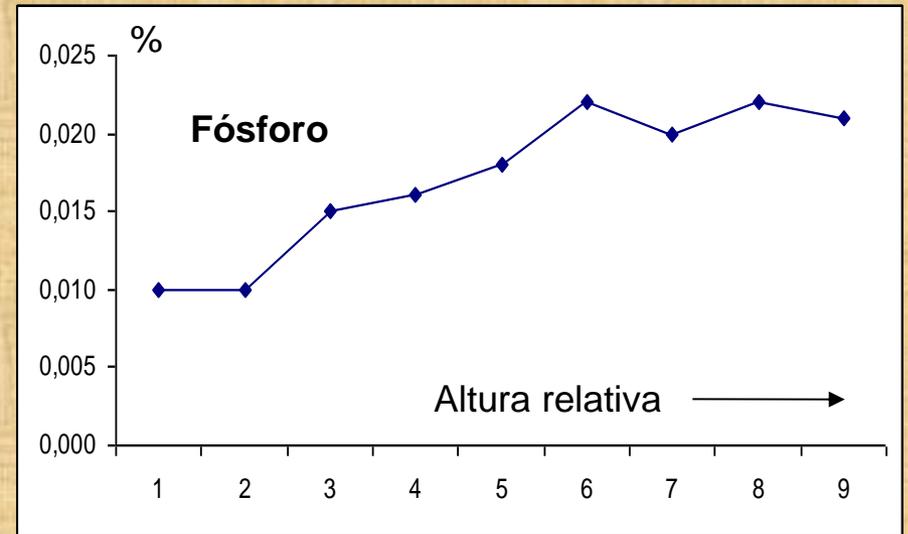
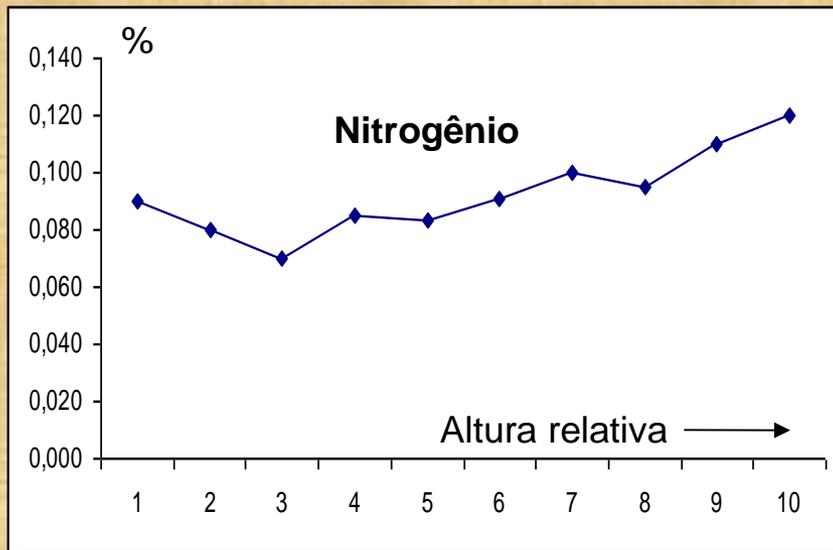
Ex: folhas, ramos, casca de árvores



Exportação da biomassa e nutrientes (kg/ha) devido à colheita da madeira do fuste (tronco casca) e dos resíduos (galhos e folhas) em plantio de *Eucalyptus grandis* com 4 anos de idade.

	Fuste sem casca	(%)	Resíduos florestais	(%)
Biomassa	42.280,30	74,0	14.628,70	26,0
N	80,24	26,2	225,26	73,3
P	11,22	36,6	19,40	63,3
K	33,72	31,2	74,48	68,8
Ca	44,20	52,6	39,76	47,3
Mg	11,94	31,7	25,80	68,4

Concentração média de nutrientes (%) em relação à altura relativa do tronco





Aumento da concentração de nutrientes do tronco
no sentido **cerne** → **alburno** → **casca**

ADIÇÃO DE CINZAS DE BIOMASSA FLORESTAL, VISANDO PRODUÇÃO DE ENERGIA

TABELA 2. Quantidades totais * de nutrientes aplicados em função das doses de adubo (10:20:10) e de cinza de biomassa florestal nos diferentes tratamentos.

Tratamentos	Nutriente (kg ha⁻¹)				
	N	P	K	Ca	Mg
417 kg ha⁻¹ de 10:20:10	41,7	36,4	34,6	15,8	-
5 t ha⁻¹ de cinza	7,5	5,5	22,5	92,0	8,0
10 t ha⁻¹ de cinza	15,0	11,0	45,0	184,0	16,0
15 t ha⁻¹ de cinza	22,5	16,5	67,5	276,0	24,0
20 t ha⁻¹ de cinza	30,0	22,0	90,0	368,0	32,0
25 t ha⁻¹ de cinza	37,5	27,5	112,5	460,0	40,0

TABELA 3. Avaliações dendrométricas dos diversos tratamentos, 79 meses após o plantio.

Tratamentos	Sobrevivência (%)	Altura (m)	Diâmetro (cm)	Índice de Sítio (m)	Volume (m ³ ha ⁻¹)	Ganho ⁽¹⁾ (%)
Testemunha	86,7	20,1	11,9	22,8	189,7	-----
417 kg ha ⁻¹ de 10-20-10	84,7	20,3	12,6	23,6	218,7	15,3
5 t ha ⁻¹ de cinza	85,3	21,4	13,1	23,9	238,5	25,7
10 t ha ⁻¹ de cinza	85,3	21,4	13,2	24,4	244,2	28,7
15 t ha ⁻¹ de cinza	88,0	21,8	13,5	24,6	271,3	43,0
20 t ha ⁻¹ de cinza	89,3	22,1	13,9	24,3	281,3	48,6
25 t ha ⁻¹ de cinza	84,7	22,0	13,9	25,0	279,7	47,4
Média	86,3	21,3	13,1	24,8	246,2	-
CV experimental (%)	6,16	3,5	4,3	1,6	7,8	-
DMS (P = 0,05)	15,3	2,1	1,6	1,1	54,8	-

(1) Ganho (%) = ((Vol. sólido com casca do tratamento em questão/Vol. sólido com casca da testemunha) x 100) - 100

TABELA 3. Conteúdo de nutrientes na parte aérea total das árvores (folhas, galhos, casca e lenho), aos 79 meses de idade, em eucaliptos adubados com fertilizante mineral e com cinzas.

Tratamentos	Parte área total					
	N	P	K	Ca	Mg	S
	Kg ha ⁻¹					
Testemunha	147,9	11,9	54,6	69,1	19,5	9,99
417 kg ha ⁻¹ de 0:20:10	240,4	19,2	67,5	78,1	29,8	14,5
10 t ha ⁻¹ de cinza	245,5	18,8	79,1	152,9	30,3	16,6
CV - (%)	4,6	9,3	12,8	21,4	15,6	16,6

EFEITO DA APLICAÇÃO DE CINZAS EM PLANTAÇÕES DE EUCALIPTOS

A aplicação de doses crescentes de cinza resultou em consideráveis elevações de produtividade, sendo que para a dose de melhor resposta, 20 t ha⁻¹ de cinza, os ganhos foram 49% superiores à testemunha.

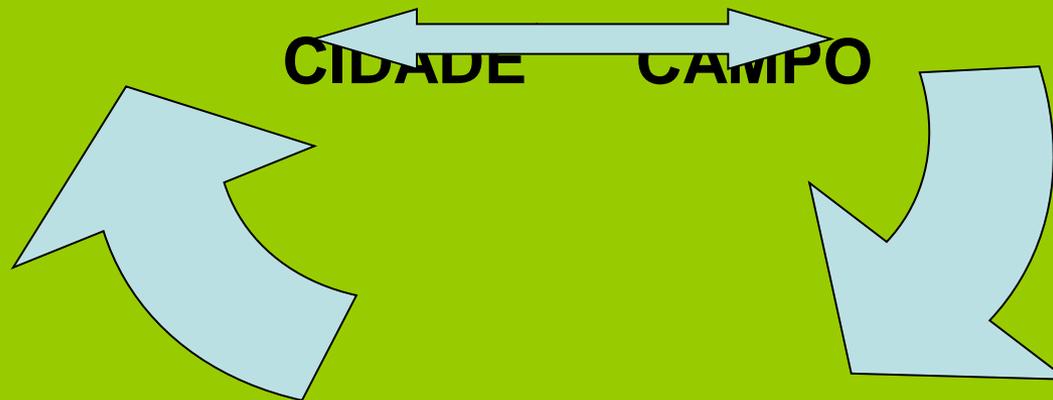
Os ganhos em produtividade promovidos pela cinza, de modo geral, independentemente das doses aplicadas, foram superiores àqueles conseguidos mediante a aplicação de adubo químico.

A dose mais econômica de cinza foi estimada como sendo 19,6t ha⁻¹ , para uma distância de transporte deste resíduo igual a 65 km.

Cerca de 21 m³ de madeira com casca seriam necessários para pagar as despesas envolvidas com a aplicação da cinza, ou seja, 25% do ganho de produção de madeira obtido com aplicação desta dose, que foi de 85,7 m³ ha⁻¹ de madeira.

UTILIZAÇÃO DE LODO DE ESGOTO RICO EM MATÉRIA ORGÂNICA E NUTRIENTES PARA FERTILIZAÇÃO DE PLANTIOS FLORESTAIS

(Uso do processo de reciclagem dos
nutrientes nos ecossistemas)



JUSTIFICATIVA DO PROJETO

A aplicação do lodo de esgoto ao solo das **plantações florestais** contribui para:

- a - minimizar a descarga de poluentes nos rios
- b - incrementar a produtividade das plantações
- c - aumentar a fixação de carbono nas plantas e no solo
- d - atenuar os impactos sobre o solo resultantes da aplicação do biossólido, considerando a capacidade de fitoremediação dos eucaliptos

VANTAGENS DA APLICAÇÃO DE BIOSSÓLIDO EM FLORESTAS

- Extensas áreas de florestas plantadas estão disponíveis
- As plantações florestais estão localizadas em solos de baixa fertilidade
- As culturas florestais não se destinam à cadeia alimentar humana

VANTAGENS DA APLICAÇÃO DE BIOSSÓLIDO EM FLORESTAS

- O sistema radicular tem grande capacidade de retirar nutrientes do solo
- Imobilização dos nutrientes, principalmente N, na biomassa lenhosa
- Facilidade de aplicação do biossólido nos talhões em qualquer época do ciclo da cultura

Estações experimentais de Anhembi e Itatinga do Departamento de Ciências Florestais - ESALQ/USP

Anhembi
(700 hectares)



Itatinga
(2300 hectares)

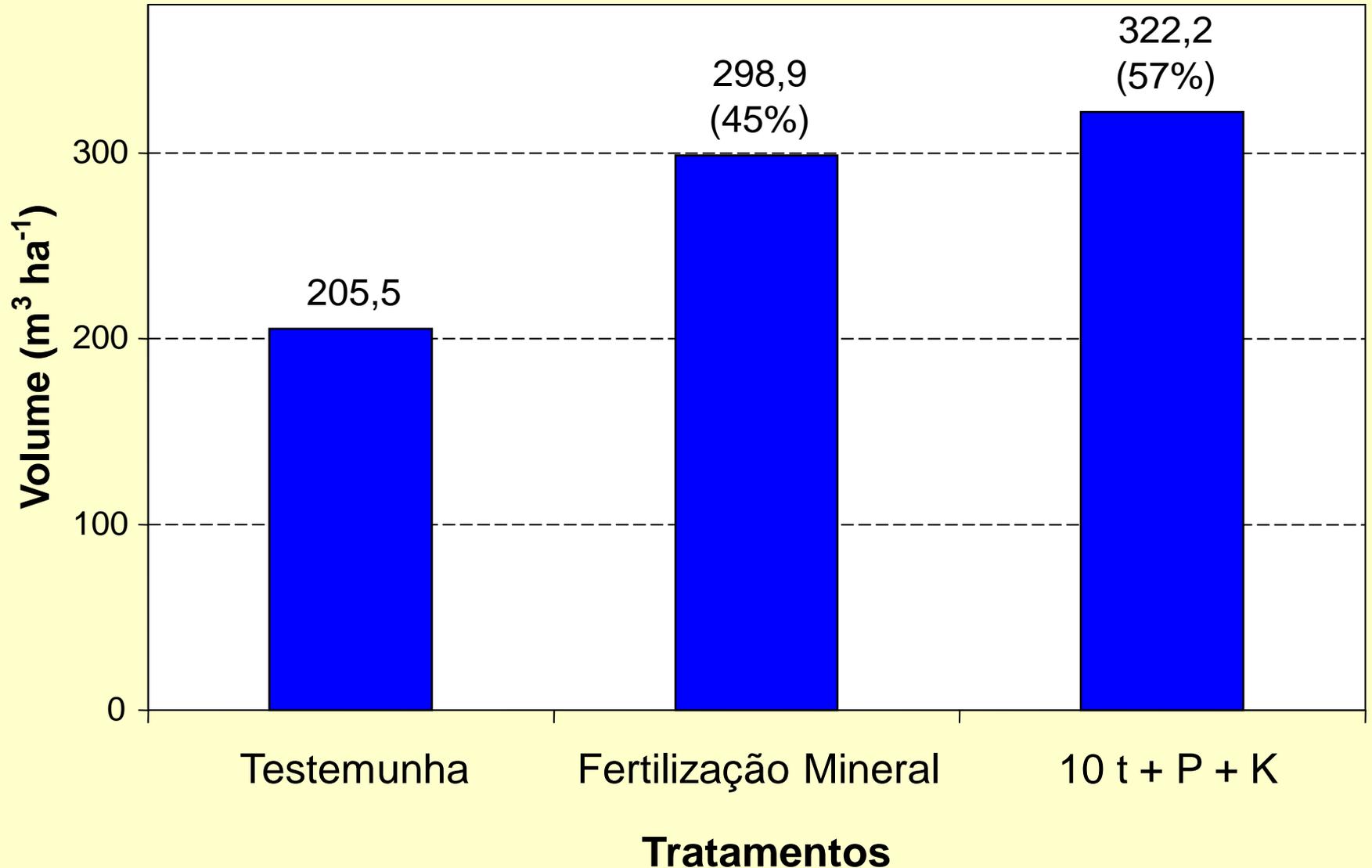
Biossólidos seco e úmido tratados com polímeros e aplicados na linha do plantio na dose de 20 toneladas/ha

Biossólido seco (granulado) aplicado na linha de plantio



Biossólido úmido (torta) aplicado na linha de plantio

BIOMASA LENHOSA DE EUCALIPTO NOS TRATAMENTOS TESTEMUNHA, FERTILIZAÇÃO MINERAL E APLICAÇÃO DE LODO TRATADO COM CAL





Parcelas de eucaliptos cinco anos após o plantio

10 t. Biossólido úmido +K+P
(ganho de 57%)

Testemunha sem
adubo e sem
biossólido



Diferença de crescimento dos eucaliptos aos 3 meses de idade, com e sem aplicação de biossólido tratado com polieletrólito (10 t./ha)



testemunha



10 t. biossólido/ha

Efeito dos tratamentos sobre os teores de nutrientes na camada de 0-10 cm do solo, cinco anos após a aplicação do biossólido tratado com cal hidratada

TT	N	P	Ca	Mg	S	Mn	Zn
mg kg ⁻¹							
tt	7,3	2,6	30,4	20,9	4,9	0,3	0,2
ad	8,4	1,9	34,2	20,6	0,9	0,4	0,3
10+KP	8,8	9,5	218,4	20,7	9,9	0,9	1,6
20+K	12,7	19,1	437,1	20,9	8,9	1,1	2,5

METAIS PESADOS

Tempo para alcançar a carga máxima acumulada de metais pesados no solo pela aplicação de biossólido da ETE de Barueri (cf. Norma CETESB (P 4.230), baseado em 10 t. biossólido/ha aplicado a cada 7 anos

Metal	Concentração no biossólido *	Carga máxima acumulada permitida **	Tempo para alcançar a carga máxima ***
	(mg kg ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)	(anos)
Arsênio	ND	41	-
Cádmio	7,2	39	3.792
Cobre	858	1.500	1.223
Chumbo	220	300	954
Mercúrio	ND	17	-
Níquel	175	420	1.680
Selênio	ND	100	-
Zinco	2024	2.800	967

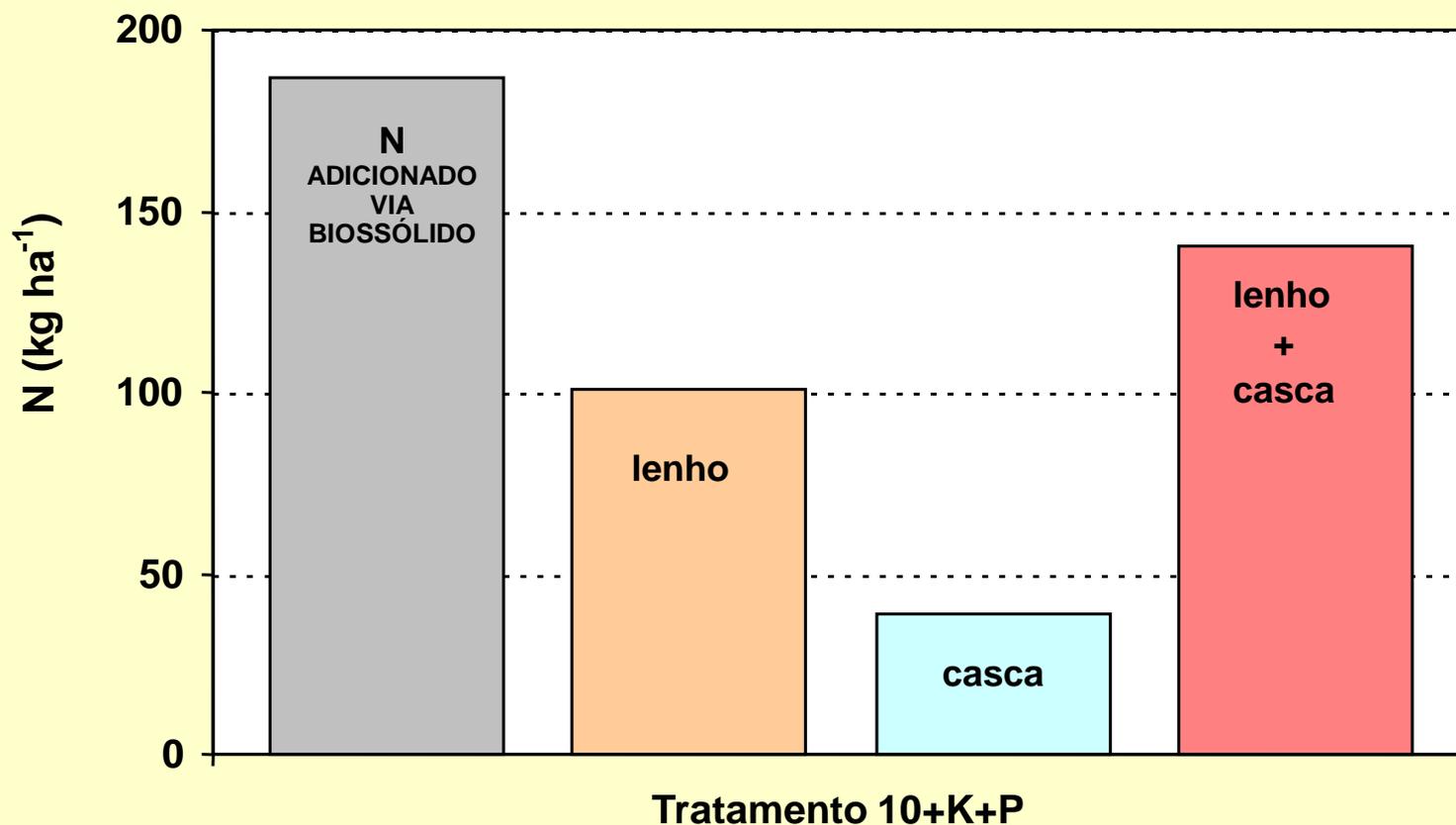
* Média de 11 análises ao longo do ano de 1999 na ETE Barueri

** CETESB / P 4.230 - ago/99.

*** considerando 10 t. biossólido/ha a cada 7 anos.

EXTRAÇÃO DE NITROGÊNIO PELOS EUCALIPTOS AOS 5 ANOS DE IDADE

Estimativa do estoque de N no bioossólido adicionado, no lenho e na casca dos eucaliptos aos cinco anos de idade



E. grandis aos 30
meses de idade

Biossólido na
linha de plantio

O
B
R
I
G
A
D
O

