

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

B518c  
1995

Bernardo, Alberto Luiz, 1967-  
Crescimento e eficiência nutricional de  
*Eucalyptus* spp sob diferentes espaçamentos na  
região de cerrado de Minas Gerais / Alberto  
Luiz Bernardo. - Viçosa : UFV, 1995.  
102p. : il.

Orientador: Geraldo Gonçalves dos Reis  
Dissertação (mestrado) - Universidade Fede-  
ral de Viçosa

1. Eucalipto - Crescimento - Efeito do espa-  
mento. 2. Eucalipto - Produção de biomassa -  
Efeito do espaçamento. 3. Eucalipto - Eficiên-  
cia nutricional - Efeito do espaçamento. I.  
Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

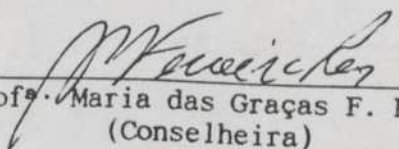
CDO adapt. CDD 634.91614

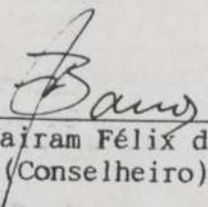
ALBERTO LUIZ BERNARDO

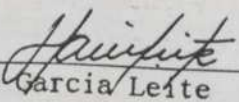
CRESCIMENTO E EFICIÊNCIA NUTRICIONAL DE *Eucalyptus* spp  
SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS NA REGIÃO  
DE CERRADO DE MINAS GERAIS

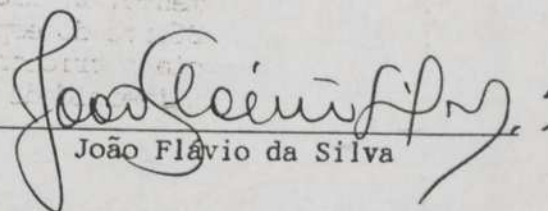
Tese apresentada à Universidade  
Federal de Viçosa, como Parte das  
Exigências do Curso de Ciência  
Florestal, para Obtenção do Título  
de "Magister Scientiae".

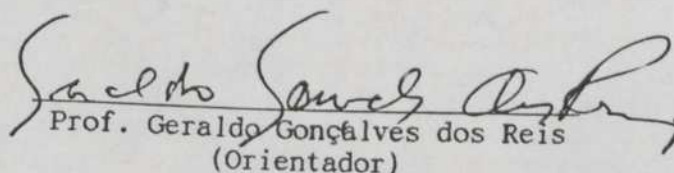
APROVADA: 15 de julho de 1994

  
Prof. Maria das Graças F. Reis  
(Conselheira)

  
Prof. Nairam Félix de Barros  
(Conselheiro)

  
Prof. Hélio Garcia Leite

  
João Flávio da Silva

  
Prof. Geraldo Gonçalves dos Reis  
(Orientador)

## AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Viçosa e, em especial, ao Departamento de Memória de meu pai, pela oportunidade de realização do curso. A minha esposa Mônica.

AO Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao Conselho de Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro. A minha filha Larissa, e minha mãe Clarice, e meu irmão João, e pelo suporte financeiro.

Aos Professores Geraldo Gonçalves dos Reis, e Maria das Graças Ferreira Reis, pela valiosa orientação, pelos conhecimentos transferidos e pela confiança e amizade.

A diretoria da Fátima Florestal S.A., pelo apoio financeiro para o desenvolvimento do presente trabalho.

Aos engenheiros Luciano, João Flávio e Douglas, da Fátima Florestal S.A., pelo apoio na coleta de dados e pelas valiosas discussões técnicas.

A Rafael Magalhães Pereira, pelo apoio técnico e na conclusão deste trabalho.

### AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Viçosa e, em especial, ao Departamento de Engenharia Florestal, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo a Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), pela oportunidade e pelo suporte financeiro.

Aos Professores Geraldo Gonçalves dos Reis e Maria das Graças Ferreira Reis, pela valiosa orientação, pelos conhecimentos transferidos e pela confiança e amizade.

A diretoria da Pains Florestal S.A., pelo apoio financeiro para o desenvolvimento do presente trabalho.

Aos engenheiros Luciano, João Flávio e Deuseles, da Pains Florestal S.A., pelo apoio na coleta de dados e pelas valiosas discussões técnicas.

A Rafael Magalhães Ferreira, pelo apoio dado na conclusão deste trabalho.

Aos engenheiros florestais Paulo Sérgio dos Santos Lelis, Reni Teixeira Gomes e ao estudante de graduação em engenharia florestal Bruno Cesar Ladeira, pela amizade e pelo estímulo, que fizeram com que a execução desse trabalho fosse possível.

Aos estudantes de pós-graduação e de graduação da "Equipe de Ecologia Florestal" do Departamento de Engenharia Florestal da UFV, pela dedicação e amizade, pelo estímulo e auxílio na coleta e processamento de dados.

Ao prof. Hélio Garcia Leite e ao pesquisador da EMBRAPA, Daniel Pereira Guimarães, pelo auxílio na análise estatística dos dados.

Aos funcionários de campo e de laboratório da Pains Florestal S.A., pela ajuda.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Florestal, do Departamento de Biologia Vegetal e do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, pela colaboração na execução do presente trabalho.

A Sociedade de Investigações Florestais (SIF), por facilitar o desenvolvimento de pesquisas junto às empresas associadas.

Aos amigos Tito e Sandra, Edinilson e Vera, pela amizade e pelo estímulo na condução deste trabalho.

A todos que, de alguma forma, tenham contribuído para a realização deste trabalho.

## BIOGRAFIA

Página

ALBERTO LUIZ BERNARDO, filho de João Bernardo da Silva e Clarice Alves Paulino Bernardo, nasceu em Itaúna, Estado de Minas Gerais, no dia 10 de julho de 1967.

Concluiu, em 1981, o 1º grau no Colégio Sant'Ana, em Itaúna - MG, e, em 1984, o 2º grau na Escola Estadual de Itaúna.

Graduou-se em Engenharia Florestal, pela Universidade Federal de Viçosa, em março de 1990, quando iniciou o curso de Mestrado em Ciência Florestal nessa mesma Universidade.

Em agosto de 1993, foi contratado pelo Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais (IEF), como Gerente Técnico de Controle e Monitoramento do Regional Centro-Sul.

2.2. Caracterização Pluviométrica e Características Físico-Químicas do Solo ..... 20

2.3. TEMPERATURAS E DISCUSSÃO ..... 23

3.1. Crescimento de *Eucalyptus* spp. em Diâmetro e Altura, sob Diferentes Espaçamentos na Região de Cerrado ..... 23

3.1.1. Crescimento em Diâmetro ..... 23

3.1.2. Crescimento em Altura ..... 27

3.1.3. Relação Hipsométrica ..... 27

3.2. Produção e Acúmulo de Biomassa de *Eucalyptus* spp. sob Diferentes Espaçamentos na Região de Cerrado ..... 46

CONTEÚDO

	Página
4.2.1. Análise das Equações de Regressão Ajustadas para Estimar a Biomassa dos Diferentes Componentes da Árvore .....	46
LISTA DE QUADROS .....	viii
LISTA DE FIGURAS .....	xiii
EXTRATO .....	xv
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	4
2.1. Espaçamento entre Plantas em um Povoamento Florestal .....	4
2.2. Acúmulo de Biomassa e de Nutrientes em Plantios Florestais .....	10
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	14
3.1. Localização do Experimento .....	14
3.2. Determinação do Crescimento em Altura e Diâmetro .....	15
3.3. Determinação da Biomassa dos Componentes da Parte Aérea e do Sistema Radicular das Plantas .....	17
3.3.1. Seleção de Modelos e Análise Estatística dos Dados de Biomassa .....	18
3.4. Determinação do Conteúdo de Nutrientes e Eficiência Nutricional dos Componentes da Parte Aérea e do Sistema Radicular das Plantas .....	19

3.5. Precipitação Pluviométrica e Características Físico-Químicas do Solo .....	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	23
4.1. Crescimento de <i>Eucalyptus</i> spp, em Diâmetro e Altura, sob Diferentes Espaçamentos na Região de Cerrado .....	23
4.1.1. Crescimento em Diâmetro .....	23
4.1.2. Crescimento em Altura .....	31
4.1.3. Relação Hipsométrica .....	43
4.2. Produção e Acúmulo de Biomassa de <i>Eucalyptus</i> spp, sob Diferentes Espaçamentos, na Região de Cerrado .....	46
4.2.1. Análise das Equações de Regressão, Ajustadas para Estimar a Biomassa dos Diferentes Componentes da Arvore .....	46
4.2.2. Produção e Acúmulo de Biomassa .....	48
4.2.3. Arquitetura do Sistema Radicular .....	58
4.3. Concentração e Conteúdo de Nutrientes .....	63
4.4. Eficiência de Utilização de Nutrientes .....	73
5. RESUMO E CONCLUSÕES .....	83
BIBLIOGRAFIA .....	87
APÊNDICE .....	95

1. Análise de Variáveis para Testar a Igualdade das Equações de Regressão para a Estimativa do DAP para *E. camaldulensis*, em diferentes Espaçamentos, em Três Marias, Minas Gerais, Avaliados entre Março de 1990 e Maio de 1992. .... 24

2. Equações de Regressão para a Estimativa do DAP, em Centímetros, de Plantas de *E. camaldulensis*, *E. vrophylla* e *E. pellita*, em Função da Idade (t), em diferentes Espaçamentos, em Três Marias, Minas Gerais. .... 25

3. Análise de Variáveis para Testar a Igualdade das Equações de Regressão para a Estimativa do DAP para *E. camaldulensis*, em diferentes Espaçamentos, em Três Marias, Minas Gerais. .... 26

4. Análise de Variância para Testar a Igualdade das Equações de Regressão para a Estimativa do DAP para *E. urophylla*, em Diferentes Espaçamentos, em Três Marias, Minas Gerais, ... 27

5. Análise de Variância para Testar a Igualdade das Equações de Regressão para a Estimativa do DAP para *E. pellita*, em Diferentes Espaçamentos, em Três Marias, Minas Gerais, ... 28

6. Altura Média, em Metros, de Plantas de *E. camaldulensis*, *E. urophylla* e *E. pellita*, em Diferentes Espaçamentos, em Três Marias, Minas Gerais, Avaliados entre Março de 1990 e Maio de 1992, ... 33

LISTA DE QUADROS

	Página
10. Equações de Regressão para a Estimativa da Altura Total (HT), em Metros, de Plantas de <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. urophylla</i> e <i>E. pellita</i> , em Diferentes Espaçamentos, em Três Marias, Minas Gerais, Avaliados entre Março de 1990 e Maio de 1992, ...	34
1. Características Edafoclimáticas e Adubação de Plantio da Area Experimental.....	15
2. Esquema da Análise de Variância para Testar a Hipótese $H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_H$ (H Modelos são Idênticos).....	16
3. Características Físicas e Químicas dos Solos na Area Experimental.....	21
4. Média dos Diâmetros (DAP), de Plantas de <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. urophylla</i> e <i>E. pellita</i> , em Diferentes Espaçamentos, em Três Marias, Minas Gerais, Avaliados entre Março de 1990 e Maio de 1992.....	24
5. Equações de Regressão para a Estimativa do DAP, em Centímetros, de Plantas de <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. urophylla</i> e <i>E. pellita</i> , em Função da Idade (I), em Diferentes Espaçamentos, em Três Marias, Minas Gerais.....	25
6. Análise de Variância para Testar a Igualdade das Equações de Regressão para a Estimativa do DAP para <i>E. camaldulensis</i> , em Diferentes Espaçamentos, em Três Marias, Minas Gerais.....	26

7	Análise de Variância para Testar a Igualdade das Equações de Regressão para a Estimativa do DAP para <i>E. urophylla</i> , em Diferentes espaçamentos, em Três Marias, Minas Gerais.....	27
8	Análise de Variância para Testar a Igualdade das Equações de Regressão para a Estimativa do DAP para <i>E. pellita</i> , em Diferentes Espaçamentos, em Três Marias, Minas Gerais.....	28
9	Altura Média, em Metros, de Plantas de <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. urophylla</i> e <i>E. pellita</i> , em Diferentes Espaçamentos, em Três Marias, Minas Gerais, Avaliados entre Março de 1990 e Maio de 1992.....	32
10	Equações de Regressão para a Estimativa da Altura Total (HT), em Metros, de Plantas de <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. urophylla</i> e <i>E. pellita</i> , em Diferentes Espaçamentos, em Três Marias, Minas Gerais, Avaliados Entre Março de 1990 e Maio de 1992 .....	34
11	Análise de Variância para Testar a Igualdade das Equações de Regressão para a Estimativa da Altura Total (HT) para <i>E. camaldulensis</i> , em Diferentes Espaçamentos, em Três Marias, Minas Gerais.....	35
12	Análise de Variância para Testar a Igualdade das Equações de Regressão para a Estimativa da Altura Total (HT) para <i>E. urophylla</i> , em Diferentes Espaçamentos, em Três Marias, Minas Gerais.....	37
13	Análise de Variância para Testar a Igualdade das Equações de Regressão para a Estimativa da Altura Total (HT) para <i>E. pellita</i> , em Diferentes Espaçamentos, em Três Marias, Minas Gerais .....	39
14	Relação Hipsométrica para Plantas de <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. urophylla</i> e <i>E. pellita</i> , em Diferentes Espaçamentos, em Três Marias, Minas Gerais, Avaliados entre Março de 1990 e Maio de 1992.....	44

- 15 Equações para Estimar Biomassa (g/árvore) dos Componentes das Árvores para *E. camaldulensis*, *E. pellita* e *E. urophylla*, em Diferentes Espaçamentos, em Três Marias, MG..... 47
- 16 Relação Matéria Seca de Folhas/Madeira, aos 41 Meses de Idade, para *E. urophylla*, *E. camaldulensis* e *E. pellita*, nos Diferentes Espaçamentos, em Três Marias, MG..... 55
- 17 Conteúdo de Nitrogênio (kg/ha) na Matéria Seca nos Diversos Componentes das Árvores de *E. camaldulensis*, *E. pellita* e *E. urophylla*, em Diferentes Espaçamentos, entre 15 e 41 Meses de Idade, em Três Marias, Minas Gerais..... 67
- 18 Conteúdo de Fósforo (kg/ha) na Matéria Seca nos Diversos Componentes das Árvores de *E. camaldulensis*, *E. pellita* e *E. urophylla*, em Diferentes Espaçamentos, entre 15 e 41 Meses de Idade, em Três Marias, Minas Gerais..... 68
- 19 Conteúdo de Potássio (kg/ha) na Matéria Seca nos Diversos Componentes das Árvores de *E. camaldulensis*, *E. pellita* e *E. urophylla*, em Diferentes Espaçamentos, entre 15 e 41 Meses de Idade, em Três Marias, Minas Gerais..... 69
- 20 Conteúdo de Cálcio (kg/ha) na Matéria Seca nos Diversos Componentes das Árvores de *E. camaldulensis*, *E. pellita* e *E. urophylla*, em Diferentes Espaçamentos, entre 15 e 41 Meses de Idade, em Três Marias, Minas Gerais..... 70
- 21 Conteúdo de Magnésio (kg/ha) na Matéria Seca nos Diversos Componentes das Árvores de *E. camaldulensis*, *E. pellita* e *E. urophylla*, em Diferentes Espaçamentos, entre 15 e 41 Meses de Idade, em Três Marias, Minas Gerais..... 71
- 22 Coeficiente de Utilização Biológico (CUB), em Relação à Biomassa Total de *E. camaldulensis*, *E. pellita* e *E. urophylla*, entre os 15 e 41 Meses de Idade, em Três Marias, Minas Gerais, (Média de Todos Espaçamentos)..... 74

23	Coeficiente de Utilização Biológico (CUB), em Relação à Biomassa do Tronco (Madeira + Casca) de <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. pellita</i> e <i>E. urophylla</i> , entre os 15 e 41 Meses de Idade, em Três Marias, Minas Gerais, Independentemente do Espaçamento.....	77
24	Coeficiente de Utilização Biológico (CUB), em Relação à Biomassa Total de <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. pellita</i> e <i>E. urophylla</i> , nos Diversos Espaçamentos, entre os 15 e 41 Meses de Idade, em Três Marias, Minas Gerais.....	79
25	Coeficiente de Utilização Biológico (CUB), em Relação à Biomassa do Tronco (Madeira + Casca) de <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. pellita</i> e <i>E. urophylla</i> , nos Diversos Espaçamentos, entre os 15 e 41 Meses de Idade, em Três Marias, Minas Gerais.....	80
26	Coeficiente de Utilização Biológico (CUB), em Relação à Biomassa da Copa (Galhos + Folhas) de <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. pellita</i> e <i>E. urophylla</i> , nos Diversos Espaçamentos, entre os 15 e 41 Meses de Idade, em Três Marias, Minas Gerais...	81
27	Coeficiente de Utilização Biológico (CUB), em Relação à Biomassa das Raízes de <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. pellita</i> e <i>E. urophylla</i> , nos Diversos Espaçamentos, entre os 15 e 41 Meses de Idade, em Três Marias, Minas Gerais.....	82
1A	Produção de Matéria Seca (t/ha) dos Componentes das Árvores de <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. urophylla</i> e <i>E. pellita</i> , em Diferentes Espaçamentos, entre os 15 e 41 Meses de Idade, em Três Marias, MG.....	96
2A	Distribuição Percentual entre os Componentes das Árvores e Peso Total da Biomassa Seca (t/ha) de <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. urophylla</i> e <i>E. pellita</i> , em Diferentes Espaçamentos, entre os 15 e 41 Meses de Idade, em Três Marias, MG.....	97
3A	Concentração de Nitrogênio (%) na Matéria Seca nos Diversos Componentes das Árvores de <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. urophylla</i> e <i>E. pellita</i> , em Diferentes Espaçamentos, entre os 15 e 41 Meses de Idade, em Três Marias, MG.....	98

4A	Concentração de Fósforo (%) na Matéria Seca nos Diversos Componentes das Árvores de <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. urophylla</i> e <i>E. pellita</i> , em Diferentes Espaçamentos, entre os 15 e 41 Meses de Idade, em Três Marias, MG.....	99
5A	Concentração de Potássio (%) na Matéria Seca nos Diversos Componentes das Árvores de <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. urophylla</i> e <i>E. pellita</i> , em Diferentes Espaçamentos, entre os 15 e 41 Meses de Idade, em Três Marias, MG e <i>Eucaptytus spp</i> , em Função do Espaçamento e da Idade, Cultivados no Cerrado de MG .....	100
6A	Concentração de Cálcio (%) na Matéria Seca nos Diversos Componentes das Árvores de <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. urophylla</i> e <i>E. pellita</i> , em Diferentes Espaçamentos, entre os 15 e 41 Meses de Idade, em Três Marias, MG.....	101
7A	Concentração de Magnésio (%) na Matéria Seca nos Diversos Componentes das Árvores de <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. urophylla</i> e <i>E. pellita</i> , em Diferentes Espaçamentos, entre os 15 e 41 Meses de Idade, em Três Marias, MG.....	102
8	Diâmetro de Plantas de <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. pellita</i> e <i>E. urophylla</i> , em Diferentes Espaçamentos, entre os 15 e 41 Meses de Idade, em Três Marias, Minas Gerais.....	29
9	Altura de Plantas de <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. pellita</i> e <i>E. urophylla</i> , em Diferentes Espaçamentos, entre 15 e 41 Meses de idade, em Três Marias, Minas Gerais.....	35
10	Arquitetura da Parte Aérea de Plantas de <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. pellita</i> e <i>E. urophylla</i> , aos 41 Meses de Idade, em Vista Lateral, nos Espaçamentos 3,0x1,5 m e 4,0x3,0 m, em Três Marias, Minas Gerais.....	48
11	Arquitetura da Parte Aérea de Plantas de <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. pellita</i> e <i>E. urophylla</i> , aos 41 Meses de Idade, em Vista Superior, nos Espaçamentos 3,0x1,5 m e 4,0x3,0 m, em Três Marias, Minas Gerais.....	41

LISTA DE FIGURAS

	Página
1 Precipitação Mensal Média (mm/mês) Correspondente a um Período de 10 anos, em Três Marias - MG.....	22
2 Diâmetro de Plantas de <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. pellita</i> e <i>E. urophylla</i> , em Diferentes Espaçamentos, entre os 15 e 41 Meses de Idade, em Três Marias, Minas Gerais.....	29
3 Altura de Plantas de <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. pellita</i> e <i>E. urophylla</i> , em Diferentes Espaçamentos, entre 15 e 41 Meses de idade, em Três Marias, Minas Gerais.....	36
4 Arquitetura da Parte Aérea de Plantas de <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. pellita</i> e <i>E. urophylla</i> , aos 41 Meses de Idade, em Vista Lateral, nos Espaçamentos 3,0x1,5 m e 4,0x3,0 m, em Três Marias, Minas Gerais.....	40
5 Arquitetura da Parte Aérea de Plantas de <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. pellita</i> e <i>E. urophylla</i> , aos 41 Meses de Idade, em Vista Superior, nos Espaçamentos 3,0x1,5 m e 4,0x3,0 m, em Três Marias, Minas Gerais.....	41

6	Arquitetura da Parte Aérea de uma Planta <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. pellita</i> e <i>E. urophylla</i> , aos 41 Meses de Idade, em Vista Lateral, nos Espaçamentos 3,0x1,5 m e 4,0x3,0 m, em Três Marias, Minas Gerais.....	42
7	Relação Hipsométrica em <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. pellita</i> e <i>E. urophylla</i> , em Diferentes Espaçamentos, em Três Marias, Minas Gerais.....	45
8	Produção de Biomassa, em Toneladas de Matéria Seca por Hectare, para os Componentes das Árvores de <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. pellita</i> e <i>E. urophylla</i> , em Diferentes Espaçamentos, entre 15 e 41 Meses de Idade, em Três Marias, Minas Gerais.....	50
9	Produção de Biomassa da Parte Aérea por Árvore, em Kg de Matéria Seca por Árvore, de <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. pellita</i> e <i>E. urophylla</i> , em Diferentes Espaçamentos, entre 15 e 41 Meses de Idade, em Três Marias, Minas Gerais.....	52
10	Distribuição Relativa do Peso de Matéria Seca dos Componentes das Árvores de <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. pellita</i> e <i>E. urophylla</i> , em Diferentes Espaçamentos, entre 15 e 41 Meses de Idade, em Três Marias, Minas Gerais.....	56
11	Arquitetura do Sistema Radicular em Vistas Laterais e Superior de Plantas de <i>E. camaldulensis</i> , em Diferentes Espaçamentos, aos 41 Meses de Idade, em Três Marias, Minas Gerais.....	59
12	Arquitetura do Sistema Radicular em Vistas Laterais e Superior de Plantas de <i>E. pellita</i> , em Diferentes Espaçamentos, aos 41 Meses de Idade, em Três Marias, Minas Gerais.....	60
13	Arquitetura do Sistema Radicular em Vistas Laterais e Superior de Plantas de <i>E. urophylla</i> , em Diferentes Espaçamentos, aos 41 Meses de Idade, em Três Marias, Minas Gerais.....	61

do conteúdo de nutrientes e do coeficiente de utilização biológica (CUB), nos diferentes componentes da árvore.

Os resultados indicaram que as três espécies avaliadas apresentaram respostas diferenciadas quanto ao crescimento em altura e diâmetro, produção de biomassa e eficiência de utilização de nutrientes, nos diferentes espaçamentos avaliados. De modo geral, os melhores valores de diâmetro foram observados para o tratamento mais amplo, sendo que *E. urophylla* apresentou os melhores valores, seguida por *E. pellita* e *E. camaldulensis*.

EXTRATO

BERNARDO, ALBERTO LUIZ, M.S., Universidade Federal de Viçosa, julho de 1995. Crescimento e Eficiência Nutricional de *Eucalyptus* spp sob diferentes espaçamentos na Região de Cerrado de Minas Gerais. Professor Orientador: Geraldo Gonçalves dos Reis. Professores Conselheiros: Maria das Graças Ferreira Reis e Nairam Félix de Barros.

O crescimento e a eficiência nutricional de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. pellita* e *E. urophylla*, sob diferentes espaçamentos, foram avaliados entre 15 e 41 meses após o plantio, na região de Três Marias (MG).

O crescimento em altura e diâmetro e a produção de biomassa foram determinados em plantas, nos espaçamentos 4,0 x 3,0 m (12 m<sup>2</sup>/planta), 3,0 x 3,0 m (9 m<sup>2</sup>/planta) e 3,0 x 1,5 m (4,5 m<sup>2</sup>/planta), entre 15 e 41 meses após o plantio. Para a determinação da biomassa, tanto da parte aérea quanto das raízes, foram obtidas equações, utilizando-se dados de um total de 27 árvores para cada espécie. Essas árvores também foram utilizadas na determinação

do conteúdo de nutrientes e do coeficiente de utilização biológico (CUB), nos diferentes componentes da árvore.

Os resultados indicaram que as três espécies estudadas apresentaram respostas diferenciadas quanto ao crescimento em altura e diâmetro, produção de biomassa e eficiência de utilização de nutrientes, nos diferentes espaçamentos avaliados. De modo geral, os maiores valores de diâmetro foram observados no espaçamento mais amplo, sendo que *E. urophylla* apresentou os maiores valores, seguida das espécies *E. pellita* e *E. camaldulensis*.

*E. urophylla* apresentou maior altura no menor espaçamento e *E. camaldulensis* no maior espaçamento. *E. pellita* não apresentou diferença significativa no crescimento em altura entre os espaçamentos estudados.

A produção de biomassa total de *E. urophylla* foi maior que a de *E. camaldulensis* e *E. pellita*, independentemente da idade e do espaçamento adotados, sendo que, nos espaçamentos mais fechados, a redução na taxa de acúmulo de biomassa ocorreu mais cedo que aquela observada em espaçamentos mais amplos. Com a idade, verificou-se maior acúmulo de biomassa na madeira, reduzindo a participação dos demais componentes, principalmente folhas, para as três espécies estudadas.

A arquitetura radicular de *E. urophylla* e *E. camaldulensis* demonstrou que a raiz pivotante dessas espécies era bem definida e profunda, ao passo que a de *E. pellita* apresentava um sistema radicular mais superficial, com a raiz pivotante pouco definida.

Foi observado tendência de acúmulo de nutrientes nos componentes das árvores, com a redução do espaçamento e com o aumento da idade, em razão do maior acúmulo de biomassa. Observou-se maior eficiência nutricional para nitrogênio e fósforo, em relação à biomassa total em *E. camaldulensis*, enquanto que, para cálcio e magnésio, *E. pellita* apresentou maiores eficiências, não tendo sido observado diferença significativa para o potássio. Em geral, *E. urophylla* apresentou os menores valores de eficiência nutricional .

## 1. INTRODUÇÃO

A seleção de espécies florestais potencialmente aptas para plantio no Brasil tem sido feita, inicialmente, com base na analogia climática (GOLFARI, 1975; GOLFARI e CASER, 1977; GOLFARI et alii, 1978 e BARROS e NOVAIS, 1990) e, posteriormente, na produtividade, forma, sobrevivência e no estado fitossanitário (MOURA et alii, 1980; KAGEYAMA, 1983). Ocorre que muitos dos ensaios de seleção de espécies/procedências são realizados em períodos relativamente curtos, quando são consideradas as variações temporais e espaciais das variáveis climáticas (HINCKLEY et alii, 1978). Dessa forma, em períodos climáticos atípicos, como por exemplo sob baixa disponibilidade de água no solo, espécies, procedências, ou clones selecionados para uma determinada condição podem apresentar acentuada redução em sua produtividade (WOLF, 1977). Assim, a seleção de materiais genéticos deve ser feita não só em função das características dendrométricas e tecnológicas,

mas também em função de características fisiológicas que regulem a eficiência do uso de nutrientes e de água pela planta (REIS e BARROS, 1990 e REIS e REIS, 1993), de maneira a suportarem condições de estresses nutricionais (OLIVA et alii, 1989) e hídricos (WOLF, 1977).

Dentro desse contexto, regiões com solos de baixa fertilidade natural e com extensos períodos secos durante o ano, como, por exemplo, a região dos cerrados brasileiros, apresentam condições extremamente limitantes para o crescimento das florestas (MESQUITA et alii, 1972). O melhor conhecimento sobre os parâmetros fisiológicos que afetam o uso de nutrientes e de água, que são condicionantes da produção florestal, é de grande importância para os silvicultores na escolha de materiais genéticos, em função dessas condições ambientais (HENNESSEY et alii, 1988), bem como na determinação de técnicas silviculturais mais adequadas, destacando-se a escolha do espaçamento e a fertilização.

A definição de espaçamentos adequados para o estabelecimento de espécies florestais, na região de cerrados, é de grande importância, uma vez que os solos apresentam baixa fertilidade e a disponibilidade hídrica é relativamente baixa e irregular. Nesta condição de recursos de meio escassos, espaçamentos mais fechados podem gerar competições intra e interespecíficas intensas, enquanto espaçamentos mais abertos podem resultar em subutilização e menor produtividade das florestas.

O objetivo deste estudo é caracterizar o crescimento, a produção de biomassa e a eficiência nutricional de três espécies de *Eucalyptus* spp, sob diferentes espaçamentos, de modo a oferecer subsídios para uma melhor seleção de espaçamentos e materiais genéticos, em locais onde ocorrem deficiências nutricionais e hídricas, visando a uma maior produtividade.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Espaçamento entre Plantas em um povoamento florestal

A escolha do espaçamento entre plantas a ser utilizado na implantação de áreas florestais constitui uma atividade de grande importância no planejamento de empresas florestais. Isso porque a taxa de crescimento das árvores, a produtividade e a taxa de exploração de a área de implantação de cada um dos espaçamentos, bem como os custos de produção (SMITH, 1963; BALLOWE & SIMON, 1980 e BALLOWE, 1983).

A escolha do espaçamento adequado é de grande importância e exige o trabalho de especialistas. A recomendação dos espaçamentos não deve ser generalizada, devendo-se levar em consideração as características de crescimento das plantas, a idade de colheita e o tipo de produto final. Os tratamentos de espaçamento são avaliados com base na produtividade florestal. Segundo BALLOWE (1983) a

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Espaçamento entre Plantas em um Povoamento Florestal

A escolha do espaçamento entre plantas a ser utilizado na implantação de maciços florestais constitui uma atividade de grande importância no planejamento da empresa florestal. Isso porque o espaçamento influencia a taxa de crescimento das árvores, a qualidade da madeira, a idade de corte, as práticas de implantação, de manejo e de exploração e, conseqüentemente, os custos de produção (SMITH, 1962; BALLONI e SIMÕES, 1980 e BALLONI, 1983).

A escolha do espaçamento adequado é de grande importância e exige do manejador florestal análise criteriosa. A recomendação dos espaçamentos não deve ser generalizada, devendo-se levar em consideração o hábito de crescimento da planta, a qualidade de sítio, o uso do produto final, os tratos culturais e os equipamentos que serão empregados na exploração florestal. Segundo VALE et

alii (1982), para escolha dos espaçamentos é necessário amplo conhecimento dos fatores relacionados com o crescimento e desenvolvimento de plantas, e das implicações tecnológicas relativas ao produto final. De acordo com PATIÑO-VALERA (1986), o espaçamento ótimo é aquele capaz de produzir o maior volume de produto em tamanho, forma e qualidade desejáveis, sendo função da espécie, do sítio e do potencial genético do material reprodutivo que for utilizado.

Os espaçamentos utilizados atualmente pelas principais empresas reflorestadoras do Brasil têm sido escolhidos visando possibilitar a mecanização das atividades de implantação, manutenção e exploração dos maciços florestais, motivo pelo qual tem sido dado preferência aos espaçamentos com aproximadamente três metros entre linhas. Esse arranjo entre plantas busca facilitar a movimentação de máquinas durante a manutenção e exploração do povoamento, com baixo risco de dano às plantas. No entanto, a adoção dessa distância entre linhas negligencia aspectos ecológicos e silviculturais, que são de elevada importância para o crescimento e desenvolvimento da espécie.

A grande diversidade de espécies do gênero *Eucalyptus*, atualmente utilizadas em reflorestamento no Brasil, sugere haver uma grande variação na sensibilidade das mesmas à competição. Algumas espécies, como *E. grandis* que é amplamente plantada no país, são sensíveis às competições inter e intra específicas, podendo ocorrer, durante seu crescimento, formação de estratos onde podem ser identificadas árvores dominantes, codominantes e dominadas e

redução no crescimento quando sujeito à matocompetição. Em geral, o tempo para definição dos estratos é função, dentre outros, do espaçamento, da espécie, da qualidade do sítio, da variação genética na população e da interação entre esses fatores (PATIÑO-VALERA, 1986).

A definição dos espaçamentos na cultura do eucalipto tem sido estudada por vários pesquisadores (GUIMARÃES, 1957; COELHO et alii, 1970; EVERT, 1971; FISHWICK, 1976; COUTO, 1977; BALLONI, 1983; PEREIRA et alii, 1983; MORA, 1986; PATIÑO-VALERA, 1986; CAMPOS et alii, 1990; SILVA, 1990 e GORGULHO, 1990. De modo geral, os resultados mostram que o crescimento em diâmetro é uma característica altamente responsiva aos espaçamentos. Entretanto, existe alguma controvérsia com relação aos reflexos do espaçamento sobre o crescimento em altura das árvores. BALLONI e SIMÕES (1980) afirmam que existem casos em que a altura média aumenta com o espaçamento, e outros em que o resultado é inverso.

O maior crescimento em altura em função do aumento do espaçamento foi verificado nas espécies *E. grandis*, *E. saligna*, *E. alba* e *E. propinqua*, plantadas nos espaçamentos 3,0 x 2,0 m e 3,0 x 2,5 m e avaliadas aos 4 anos de idade (COELHO et alii, 1970); *E. pyrocarpa*, nos espaçamentos 2,0 x 1,5 m, 3,0 x 1,5 m e 3,0 x 2,0 m aos 82 meses de idade (GORGULHO, 1990); *E. urophylla*, em cinco diferentes espaçamentos, aos 31 meses de idade (COUTO, 1977); *E. camaldulensis*, nos espaçamentos 3,0 x 1,5 m, 3,0 x 2,0 m e 3,0 x 3,0 m, aos 21 meses de idade (SILVA, 1990) e nos espaçamentos 1,5 x 1,5 m, 2,0 x 1,5 m, 2,0 x 2,0 m, 2,5 x 2,5 m e 3,0 x 3,0 m, aos 41 meses de idade (SILVICULTURA, 1986).

Contudo, PEREIRA et alii (1983) verificaram uma tendência de maior crescimento em altura de *E. grandis* com a redução do espaçamento de 3,0 x 2,0 m para 3,0 x 1,0 m, justificando esta resposta em razão da competição lumínica, o que estimularia o crescimento em altura das plantas. PATIÑO-VALERA (1986) também verificou que o crescimento em altura, para *E. saligna*, no espaçamento 3,0 x 1,0 m, foi maior que no espaçamento 3,0 x 2,0 m, aos 32 meses de idade. É oportuno ressaltar que os espaçamentos, até então referenciados, são bastante reduzidos. Certamente, no espaçamento 3,0 x 1,0 m, por exemplo, a competição lumínica é muito elevada entre árvores e certas espécies como *E. grandis*, que são altamente exigentes em luz, podem ser muito prejudicadas, reduzindo o seu potencial produtivo. Em sítios de melhor qualidade, onde a copa se desenvolve muito rapidamente, esse efeito pode ser bem evidenciado mesmo em idades jovens, o que, em parte, explica diferenças nas respostas em altura das plantas em função do espaçamento; ou seja, as respostas do crescimento em altura de espécies florestais devem ser analisadas cuidadosamente, uma vez que a grande maioria dos estudos até então concluídos envolve espaçamentos de, no máximo, 3,0 x 3,0 m. Atualmente, tem havido, por parte das empresas reflorestadoras, uma grande mobilização no sentido de se adotarem espaçamentos mais amplos e arranjos espaciais variados, o que pode implicar em mudanças nas respostas das plantas em relação à produtividade e à finalidade da madeira.

Quanto a diâmetro e volume, resultados até então obtidos indicam que quanto maior o espaçamento, maior o

incremento no diâmetro e no volume (COELHO et alii, 1970; BALLONI, 1983; COUTO, 1977; MORA, 1986; PATIÑO-VALERA, 1986; CAMPOS et alii, 1990; SILVA, 1990 e GORGULHO, 1990).

A produção em volume de madeira de um povoamento, de acordo com FISHWICH (1976), sempre diminui com o aumento do espaçamento inicial. Essa diferença de produção torna-se cada vez menor com o aumento da idade das plantas. Em plantios mais densos, a estagnação do crescimento ocorre mais cedo, resultando em rotações mais curtas e indivíduos de dimensões mais reduzidas. Em espaçamentos mais amplos, espera-se obter uma produção volumétrica no fim de uma rotação, similar àquela obtida em espaçamentos mais reduzidos. A diferença de produção volumétrica de um espaçamento para outro é, portanto, dependente apenas do tempo requerido para se obter plena ocupação do sítio, havendo tendência de produção máxima por unidade de área similar para todos os espaçamentos, o que corresponde à lei da produção final constante (RADOSEVICH e OSTERYOUNG, 1987).

Uma análise econômica de povoamentos em diferentes espaçamentos é também importante na tomada de decisões do manejador florestal. Segundo REZENDE et alii (1983b), espaçamentos mais densos tendem a ser mais econômicos para a produção de fitomassa para fins energéticos em relação à manutenção do povoamento. No entanto, custos de implantação e de exploração são maiores, aumentando-se a relação entre custo de produção e benefício resultante de aumento de produtividade. ANDRADE (1961), apesar de ter observado aumento de produção do *Eucalyptus grandis* com redução de espaçamento entre árvores, verificou não ser viável

economicamente o emprego de espaçamentos inferiores a 2,0 x 2,0 m.

A influência de diferentes espaçamentos sobre a produção de biomassa varia com a espécie, a idade das plantas e a qualidade de sítio. COELHO et alii (1970) observaram que o peso da madeira de *E. saligna*, *E. grandis*, *E. alba* e *E. propinqua*, plantados sob os espaçamentos 3,0 x 2,0 m e 3,0 x 1,5 m, não foi influenciado pela variação no espaçamento, aos cinco anos de idade. Esses autores ponderaram, também, que madeiras de menores dimensões, produzidas em espaçamentos mais densos, apresentam aumento na porcentagem de casca. No entanto, POGGIANI et alii (1983) observaram que, aos três anos de idade, *E. grandis* apresentou produção de biomassa de madeira mais elevada no espaçamento 2,0 x 1,0 m quando comparado com o espaçamento 3,0 x 2,0 m. Esses resultados conflitantes resultam da variação na idade das plantas. Povoamentos sob espaçamentos mais reduzidos devem ser explorados em rotações mais curtas, pois, a partir do momento em que a competição entre plantas se intensifica, ocorre redução na taxa de crescimento. Assim, em povoamentos mais velhos, quando fatores de crescimento estão sendo utilizados em sua capacidade máxima, há tendência de desaparecerem as diferenças entre espaçamentos.

## 2.2. Acúmulo de Biomassa e de Nutrientes em Plantios Florestais

A avaliação do potencial produtivo do sítio, por meio da produção de biomassa, é um dos aspectos fundamentais para as decisões de manejo florestal. Vários trabalhos têm sido conduzidos com o objetivo de avaliar a produção e alocação de biomassa e nutrientes de diversas espécies de *Eucalyptus* spp, conforme revisto por REIS e BARROS (1990). No entanto, esses estudos foram, em sua maioria, realizados em um único espaçamento numa mesma idade, desconhecendo-se a dinâmica do crescimento, principalmente, nos primeiros anos do povoamento florestal, à exceção dos trabalhos realizados por BELLOTE et alii (1980), REIS et alii (1985 e 1987) e PEREIRA (1990).

A determinação de produção da biomassa e do teor de nutrientes não pode ser realizada para um grande número de árvores, conforme trabalhos de inventário florestal, em razão do tempo e custo envolvidos nessa determinação. Assim sendo, inferências sobre a produção de biomassa e quantidade de nutrientes de um ecossistema florestal normalmente são estabelecidas por meio de equações de regressão para os componentes das árvores, utilizando-se a altura e DAP de árvores individuais (TRITTON e HORNBECK, 1982; CAMPOS, 1983 e CAMPOS et alii, 1985b).

Diversos modelos têm sido propostos para estimar a biomassa de árvores individuais. Os principais modelos utilizados para determinação de biomassa de plantios florestais, no Brasil, foram estabelecidos em função do

diâmetro, da altura e da idade de árvores individuais, a partir da utilização de modelos lineares, modelos de variáveis combinadas e transformações logarítmicas (POGGIANI et alii, 1983 e REIS et alii, 1985). Segundo CAMPOS et alii (1985a), é importante a seleção de equações que forneçam estimativas precisas, evitando-se sub ou super estimação de produção.

Na determinação de equações em que as variações são decorrentes da idade, espécie e densidade populacional, esperam-se respostas diferenciadas, principalmente pela competição intra-específica. Conforme REIS et alii (1985), para se obter maior precisão nessa estimativa de biomassa, é necessário obtenção de equações específicas para cada sítio, principalmente para os componentes da copa e das raízes.

A alocação de biomassa e nutrientes para os diferentes componentes da planta depende, entre outros, da espécie, da densidade de plantio, da qualidade do sítio e da idade (REIS e BARROS, 1990). PEREIRA et alii (1984), estudando a produção de biomassa e o acúmulo de nutrientes em florestas de eucalipto na região de cerrado, para diversos espaçamentos, observaram que, aos 18 meses de idade, não houve diferença nas percentagens de matéria seca, para todos os componentes, como variável do espaçamento. Entretanto, houve variação entre as espécies estudadas. Segundo REIS et alii (1985, 1987), em povoamentos jovens, a contribuição da copa em relação à biomassa total é elevada, sendo que mais de 50% dos nutrientes da parte aérea estão na copa. PEREIRA et alii (1984), trabalhando

em povoamentos de nove anos de idade, observaram que a copa de *Eucalyptus saligna* continha 50% do cálcio e do magnésio absorvido, enquanto *E. citriodora* continha 28 e 36%, respectivamente. Esses mesmos autores também verificaram que 49% do potássio absorvido por *E. citriodora* foi alocado para a copa, enquanto esse valor para *E. saligna* foi de apenas 36%. SILVA (1983) observou que na madeira de *E. grandis* ocorreram as mais baixas concentrações de fósforo e de potássio e, na de *E. saligna*, as mais elevadas concentrações de cálcio.

De maneira geral, com a redução do espaçamento, ocorre elevada produção de biomassa e, por conseguinte, grande alocação de nutrientes para a parte aérea, principalmente no período entre implantação florestal e estagnação do crescimento (REZENDE et alii, 1983a). Assim, maiores densidades populacionais podem proporcionar maior exportação de nutrientes e, também, uma maior competição pelos outros fatores de crescimento (água e luz). No entanto, em menores densidades populacionais, mesmo havendo uma tendência de se igualarem as quantidades de biomassa e de nutrientes absorvidos às maiores densidades populacionais, à medida que ocorre a ocupação do espaço de crescimento disponível (RADOSEVICH e OSTERYOUNG, 1987), menores populações permitem uma maior redistribuição interna dos nutrientes, uma vez que nessas condições a idade de corte é maior, aproximando-se do conceito de rotação ecológica, conforme discutido por KIMMINS (1974).

↑ O melhor entendimento da alocação de biomassa e nutrientes em relação à qualidade do sítio é também de grande importância em razão da elevada variabilidade na qualidade de sítio onde estão localizados os reflorestamentos. \*SANTANA (1994) verificou variações na produção de biomassa e eficiência de utilização de nutrientes em *E. grandis* e *E. saligna* para os cinco locais estudados. REIS et alii (1985) relataram que, em sítios de melhor qualidade, a madeira constituía 60% da biomassa total, enquanto em sítios de pior qualidade, apenas 45%.

Em muitas situações, as diferenças encontradas nas concentrações dos nutrientes, em relação à biomassa seca (eficiência), podem ser utilizadas para se selecionarem espécies mais eficientes na utilização de nutrientes, sendo mais desejáveis aquelas com maior capacidade de absorverem e utilizarem nutrientes e ao mesmo tempo produzirem maiores quantidades de biomassa (madeira), que é o principal objetivo da empresa florestal.

QUADRO 1 - Características edafoclimáticas e adubação da Plantação da Área Experimental

Características	
Altitude (m)	339
Relevo local	plano
Tipologia vegetal local	cerrado
Inclinação da área experimental (%)	0-2
Temperatura média anual (°C)	19-22
Temperatura média janeiro (°C)	24
Temperatura média julho (°C)	20
Precipitação média anual (mm)	1100-1420
Deficiência hídrica	60
Latitude	45,11° S
Longitude	18,24° W
Adubação da Plantação (kg/ha)	
Termostato (torio)	370
N-2-K (10-20-0)	110
Óxido	90

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Localização do Experimento

Para realização do presente estudo, utilizaram-se plantas de um ensaio de *Eucalyptus* spp, da Pains Florestal S. A., implantado em janeiro de 1989, em Três Marias - MG. As características edafoclimáticas e a adubação de plantio da área experimental são apresentadas no Quadro 1.

As espécies estudadas foram *Eucalyptus camaldulensis* (procedência Petford - sementes colhidas na CAF, Martinho Campos, MG); *E. pellita* (procedência Helenvale - sementes colhidas na CAF, Dionísio, MG) e *E. urophylla* (procedência Timor - sementes colhidas na ACESITA, Minas Novas - MG). As plantas foram dispostas no campo, nos espaçamentos 3,0 x 1,5 m (4,5 m<sup>2</sup>/planta), 3,0 x 3,0 m (9,0m<sup>2</sup>/planta) e 4,0 x 3,0 m (12 m<sup>2</sup>/planta). As parcelas foram constituídas de 25 plantas úteis, com bordaduras duplas, totalizando-se 75 plantas por espécie, em três repetições.

QUADRO 1 - Características Edafoclimáticas e Adubação de Plantio da Área Experimental

Características	
Altitude (m)	539
Relevo local	plano
Tipologia vegetal local	cerrado
Declividade da área experimental (%)	0-2
Temperatura média anual ( $^{\circ}\text{C}$ ) <sup>1</sup>	19-22
Temperatura média janeiro ( $^{\circ}\text{C}$ ) <sup>1</sup>	24
Temperatura média julho ( $^{\circ}\text{C}$ ) <sup>1</sup>	20
Precipitação média anual (mm) <sup>1</sup>	1100-1420
Deficiência hídrica (mm) <sup>1</sup>	60
Latitude	45,11 $^{\circ}$ S
Longitude	18,24 $^{\circ}$ W
----- Adubação de Plantio (kg/ha) -----	
Termofosfato (iorim)	370
N-P-K (10-28-6)	110
Gesso	90

1 - média de dez anos.

### 3.2. Determinação do Crescimento em Altura e Diâmetro

As avaliações do crescimento em altura total (HT) e diâmetro a 1,30 m do solo (DAP) das plantas foram realizadas aos 15, 17, 20, 22, 24, 27, 31, 35, 38 e 41 meses após o plantio. A partir desses dados, modelos de regressão foram ajustados para estimar o DAP e HT, em função da idade, para as três espécies estudadas nos três espaçamentos.

O teste de identidade de modelos, conforme proposto por Graybill (1976), citado por ROCHA (1990), foi utilizado para verificar a possibilidade de se usarem duas equações comuns por espécie, sendo uma para estimar o DAP e outra para estimar o HT. Esse teste pode ser visualizado a partir do esquema da análise de variância apresentado no Quadro 2.

QUADRO 2 - Esquema da Análise de Variância para Testar a Hipótese  $H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_H$  (H Modelos são Idênticos)

Fontes de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	Fo
Parâmetros ( $\beta$ )	Hp	$S_1 = \hat{\beta}' X' Y$		
Parâmetros ( $\theta$ )	p	$S_2 = \hat{\theta}' \sum_{x=1}^H X_t' Y_T$		
Redução ( $H_0$ )	(H-1)p	$S_3 = S_1 - S_2$	$Q_1 = S_3 / (H-1)p$	$Q_1 / Q_2$
Resíduo	N-Hp	$S_4 = S_5 - S_1$	$Q_2 = S_4 / (N-Hp)$	
Total	N	$S_5 = Y' Y$		

As informações contidas no Quadro 2 correspondem a:

H = número de modelos envolvidos; neste estudo igual a 3 (três espaçamentos);

p = número de parâmetros dos modelos;

N = número de observações,  $N = \sum_{h=1}^H n_h$  ;

$S_1$  = soma de quadrados de parâmetros do modelo completo, dada por  $\sum_{h=1}^H \hat{\beta}_h' X_h' Y_h$  ;

$S_2$  = soma de quadrados de parâmetros do modelo reduzido às estimativas comuns;

$Y' Y = \sum_{h=1}^H Y_h' Y_h$  em que Y = vetor das observações da variável dependente;

O teste estatístico para a hipótese  $H_0$  baseia-se na redução que essa hipótese provoca na soma de quadrados de parâmetros do modelo completo. Para testar esta hipótese (H modelos são idênticos), utiliza-se a estatística  $F_0$ , conforme indicado no Quadro 2. De acordo com GRAYBILL

(1976), sob a hipótese de nulidade  $H_0$ , a estatística  $F_0$  apresenta distribuição central, com  $(H - 1)p$  e  $(N - Hp)$  graus de liberdade. Rejeita-se a hipótese, se e somente se:  $F_0 > F_{[(H - 1)p, (N - Hp)]}$ .

Nesse caso, pode-se concluir que os  $H$  modelos ou as  $H$  equações diferem entre si. Por outro lado, a não-rejeição de  $H_0$  implica em que a equação comum possa ser utilizada como uma estimativa das  $H$  equações envolvidas.

### 3.3. Determinação da Biomassa dos Componentes da Parte Aérea e do Sistema Radicular das Plantas

Para a determinação da biomassa, foram utilizados dados de um total de 27 árvores-amostras para cada espécie, obtidos aos 15, 29 e 40 meses de idade. Procurou-se amostrar três árvores em cada espaçamento e em cada idade, sendo uma com características médias (diâmetro, altura e conformação da copa); outra com diâmetro acima da média (diâmetro médio mais um desvio padrão) e, uma terceira, com diâmetro abaixo da média (diâmetro médio menos um desvio padrão).

Para a estimativa dos pesos de matéria seca, as árvores amostradas foram subdivididas em madeira, casca, galho, folha, raízes pivotante e laterais (maior e menor que 2 mm de espessura). A parte do tronco com menos de 3 cm de diâmetro foi incluída como galho. O tronco (madeira + casca) foi subdividido em base (até à altura do DAP) e topo, e pesado no campo. Em seguida, foram coletados discos de aproximadamente cinco centímetros de espessura na base (15 cm do solo), na altura do DAP (1,30 m do solo) e no topo.

As amostras do material vegetal, após pesagem, foram colocadas em estufa de circulação forçada de ar a 70°C, onde permaneceram até peso constante. O peso seco da biomassa da parte basal do tronco foi obtido com base na média do peso dos discos da base e do DAP e foram utilizados, para a parte apical do tronco, dados médios dos discos do DAP e do topo.

A amostragem das raízes laterais foi feita escavando-se o correspondente a 1/8 da área útil ocupada pela árvore, até à profundidade de 40 cm e 1/16 da área útil, entre 40 e 80 cm de profundidade. A raiz pivotante foi escavada até que a mesma atingisse diâmetro inferior a 1 cm, de maneira a se obterem informações sobre o peso e a arquitetura horizontal e vertical do sistema radicular.

### 3.3.1. Seleção de Modelos e Análise Estatística dos Dados de Biomassa

Para cada espécie, foram ajustados modelos de regressão relacionando peso de matéria seca com diferentes variáveis independentes para madeira, casca, galho, folha, raiz pivotante, raízes grossas (maiores que 2 mm de espessura) e raízes finas (menores que 2 mm de espessura). Para a área foliar, foram utilizados apenas dados das plantas aos 15 e 40 meses de idade.

As equações foram obtidas por meio do método "stepwise", utilizando-se como variáveis independentes: DAP (cm), HT (m), idade (meses) e área por planta (m<sup>2</sup>) e suas combinações e transformações logarítmicas. Com a inclusão da

nova variável área por planta ( $m^2$ ), procurou-se avaliar a influência da competição intra-específica na produção de biomassa nos diversos componentes da planta.

Na escolha das equações, analisaram-se as soluções obedecendo às respectivas medidas de precisão dos valores estimados em relação aos valores reais, ou seja, à uniformidade da distribuição dos resíduos. Para isso, foram adotados os seguintes critérios:

- 1) coeficiente de determinação corrigido ( $\bar{R}^2$ );
- 2) significância dos coeficientes;
- 3) distribuição gráfica dos resíduos.

Para comparação de modelos de diferentes naturezas com transformação de variáveis, a comparação obedeceu principalmente à distribuição gráfica dos resíduos.

As equações obtidas foram utilizadas para a estimativa individual de todas as árvores mensuradas nas diferentes parcelas, aos 15, 31 e 41 meses de idade, obtendo-se assim a estimativa por parcela.

#### 3.4. Determinação do Conteúdo de Nutrientes e Eficiência Nutricional dos Componentes da Parte Aérea e do Sistema Radicular das plantas

As amostras de madeira, casca, galho, folha, raiz pivotante e raízes maiores e menores que 2 mm de espessura foram trituradas, peneiradas e novamente secas em estufa a  $65^{\circ}\text{C}$ , até atingirem peso constante. Os nutrientes analisados foram nitrogênio (método de Kjeldahl); fósforo (método colorimétrico, com redução do complexo

fosfomolibídico por ácido ascórbico); potássio (fotometria de chama) e cálcio e magnésio (espectrometria de absorção atômica).

O conteúdo de nutrientes foi estimado para todos os componentes da árvore, multiplicando-se as concentrações de nutrientes pelos respectivos valores de peso de matéria seca.

Calculou-se a eficiência de utilização dos nutrientes, dividindo-se a produção de matéria seca dos componentes das árvores pelo conteúdo de nutrientes (BARROS et alii, 1986).

### 3.5. Precipitação Pluviométrica e Características Físico-Químicas do Solo

A caracterização do solo foi realizada em toda a área experimental, utilizando-se o modelo de malha sistemática, com pontos de coleta no centro de cada parcela, totalizando 27 pontos de tradagem até 80 cm (0 a 20 cm, 20 a 40 cm e 40 a 80 cm) de profundidade.

As análises químicas e físicas das amostras de solo de cada camada foram efetuadas no Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (UFV) (Quadro 3).

Os dados de precipitação média mensal da área em estudo, correspondente a um período de 10 anos, são apresentados na Figura 1.

QUADRO 3 - Características Físicas e Químicas dos Solos na Area Experimental

Características	Profundidade (cm)		
	0-20	20-40	40-80
pH H <sub>2</sub> O (1:2,5)	5,5	5,4	5,4
P (ppm)	0,9	0,9	0,6
K (ppm)	4,3	4,3	3,9
AL (meq/100 cm <sup>3</sup> )	0,49	0,70	0,29
Ca (meq/100 cm <sup>3</sup> )	0,1	0,1	0,1
Mg (meq/100 cm <sup>3</sup> )	0,02	0,02	0,01
H+Al (meq/100 cm <sup>3</sup> )	1,5	1,5	1,5
Areia grossa (%)	23	21	22
Areia fina (%)	64	65	63
Silte (%)	04	02	03
Argila (%)	09	12	12
Classificação Textural	Areia franca		

P e K: Extrator Mehlich 1;  
 Al, Ca e Mg: Extrator KCl 1N;  
 H+Al: Extrator CaOAc 1N pH 7,0.



FIGURA 1 - Precipitação Mensal Média (mm/mês) Correspondente a um Período de 10 anos, em Três Marias - MG.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

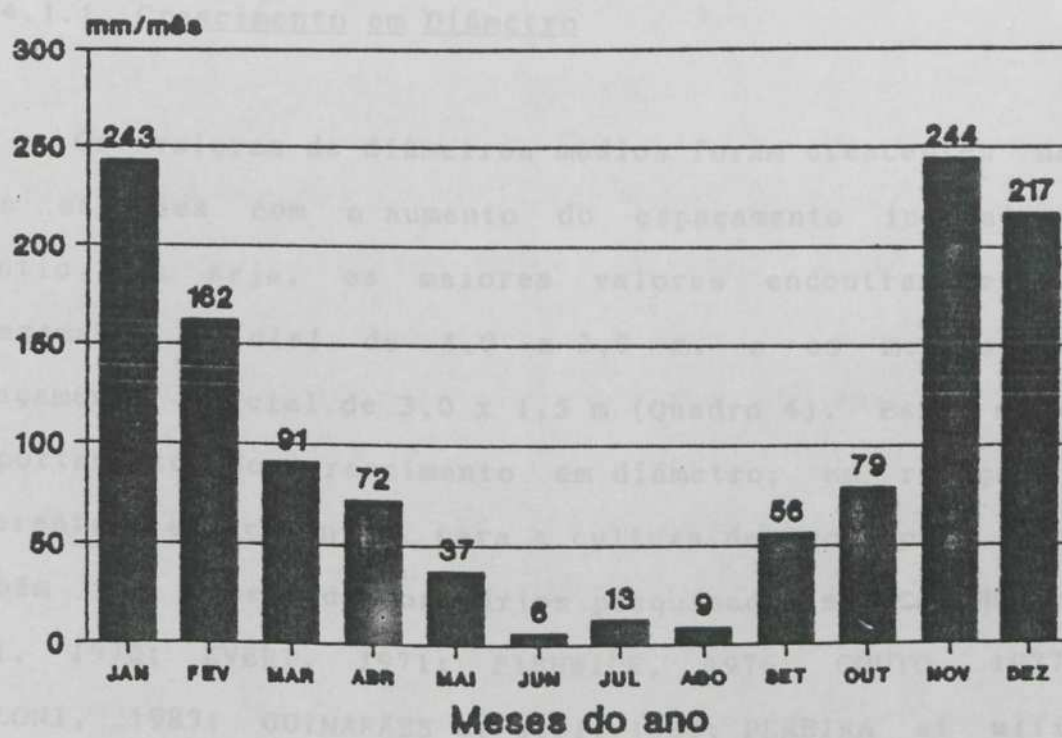
4.1. Crescimento de *Acalyptus* spp. em Diâmetro e Altura sob Diferentes Espaçamentos na Região do Cerrado

FIGURA 1 - Precipitação Mensal Média (mm/mês) Correspondente a um Período de 10 anos, em Três Marias - MG.

QUADRO 4 - Média dos Diâmetros (DM) de Plantas de *E. camaldulensis*, *E. acuminata* e *E. globulus*, em Diferentes Espaçamentos, em Três Anos, Minas Gerais, Avaliados entre Março de 1990 e Maio de 1992

Espécie	Espaçamento	Médias (DM) em cm									
		1990	1991	1992	1990	1991	1992	1990	1991	1992	1990
<i>E. camaldulensis</i>	4,0 x 3,0	4,0	4,3	4,6	4,0	4,3	4,6	4,0	4,3	4,6	4,0
	3,0 x 3,0	4,0	4,3	4,6	4,0	4,3	4,6	4,0	4,3	4,6	4,0
	3,0 x 1,5	4,0	4,3	4,6	4,0	4,3	4,6	4,0	4,3	4,6	4,0
<i>E. acuminata</i>	4,0 x 3,0	4,0	4,3	4,6	4,0	4,3	4,6	4,0	4,3	4,6	4,0
	3,0 x 3,0	4,0	4,3	4,6	4,0	4,3	4,6	4,0	4,3	4,6	4,0
	3,0 x 1,5	4,0	4,3	4,6	4,0	4,3	4,6	4,0	4,3	4,6	4,0
<i>E. globulus</i>	4,0 x 3,0	4,0	4,3	4,6	4,0	4,3	4,6	4,0	4,3	4,6	4,0
	3,0 x 3,0	4,0	4,3	4,6	4,0	4,3	4,6	4,0	4,3	4,6	4,0
	3,0 x 1,5	4,0	4,3	4,6	4,0	4,3	4,6	4,0	4,3	4,6	4,0

### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 4.1. Crescimento de *Eucalyptus* spp, em Diâmetro e Altura sob Diferentes Espaçamentos na Região de Cerrado

##### 4.1.1. Crescimento em Diâmetro

Os valores de diâmetros médios foram crescentes nas três espécies com o aumento do espaçamento inicial de plantio, ou seja, os maiores valores encontram-se no espaçamento inicial de 4,0 x 3,0 m, e os menores no espaçamento inicial de 3,0 x 1,5 m (Quadro 4). Esse mesmo comportamento do crescimento em diâmetro, em relação a diferentes espaçamentos, para a cultura de *Eucalyptus* spp, também foi observado por vários pesquisadores (COELHO et alii, 1970; EVERT, 1971; FISHWICK, 1976; COUTO, 1977; BALLONI, 1983; GUIMARÃES et alii, 1983; PEREIRA et alii, 1983; MORA, 1986; PATIÑO-VALERA, 1986; CAMPOS et alii, 1990 e GORGULHO, 1990). Ao mesmo tempo, é possível verificar

QUADRO 4 - Média dos Diâmetros (DAP) de Plantas de *E. camaldulensis*, *E. urophylla* e *E. pellita*, em Diferentes Espaçamentos, em Três Marias, Minas Gerais, Avaliados entre Março de 1990 e Maio de 1992

Espécie	Espaçamento	Idade das plantas (meses)									
		15	17	20	22	24	27	31	35	38	41
	--- m ---	----- CM -----									
<i>E. camaldulensis</i>	3,0 x 1,5	3,43	4,24	4,61	4,43	4,45	5,58	6,03	6,36	6,90	6,97
	3,0 x 3,0	4,43	4,93	5,71	5,53	5,54	6,71	7,19	7,42	8,05	8,30
	4,0 x 3,0	4,00	4,67	5,40	5,32	5,41	6,63	7,26	7,50	8,08	8,54
<i>E. urophylla</i>	3,0 x 1,5	4,49	5,28	5,72	6,05	6,10	7,19	7,69	8,13	9,03	9,36
	3,0 x 3,0	5,12	5,75	5,86	6,69	6,53	7,58	8,35	8,64	9,43	10,01
	4,0 x 3,0	5,20	5,80	6,09	6,95	6,86	7,95	8,75	9,25	10,25	10,88
<i>E. pellita</i>	3,0 x 1,5	3,16	3,59	4,10	4,52	4,66	5,43	6,06	6,54	7,17	7,24
	3,0 x 3,0	3,79	4,63	5,61	5,68	5,74	6,71	7,24	7,76	8,46	8,59
	4,0 x 3,0	3,94	4,80	5,65	5,93	6,16	7,30	8,12	8,69	9,52	9,87

que as espécies em estudo apresentaram um crescimento diferencial entre si, sendo que *E. urophylla* apresentou, em média, o maior crescimento em diâmetro, seguido de *E. pellita* e *E. camaldulensis*.

As equações de regressão em função da idade, obtidas para estimar o DAP das três espécies estudadas nos diferentes espaçamentos, são apresentadas no Quadro 5.

Essas equações foram submetidas ao teste de identidade de modelos por espécie, nos diferentes espaçamentos. Inicialmente, foi testada a hipótese de igualdade das três equações, ou seja, espaçamentos 3,0 x 1,5 m, 3,0 x 3,0 m e 4,0 x 3,0 m. Esta hipótese foi rejeitada para as três espécies; assim, novos testes foram

QUADRO 5 - Equações de Regressão para a Estimativa do DAP, em Centímetros, de Plantas de *E. camaldulensis*, *E. urophylla* e *E. pellita*, em Função da Idade (I), em Diferentes Espaçamentos, em Três Marias, Minas Gerais

Espécie	Espaçamento (m)	Equações	$\bar{R}^2(\%)$	CV(%)
<i>E. camaldulensis</i>	3,0 x 1,5	$\widehat{DAP}=1,677+0,134185.I$	94,9	5,27
	3,0 x 3,0	$\widehat{DAP}=2,42162+0,146644.I$	96,3	4,05
	4,0 x 3,0	$\widehat{DAP}=1,72568+0,168715.I$	97,1	4,12
<i>E. urophylla</i>	3,0 x 1,5	$\widehat{DAP}=2,02237+0,180801.I$	98,5	2,94
	3,0 x 3,0	$\widehat{DAP}=2,42151+0,18424.I$	98,3	2,96
	4,0 x 3,0	$\widehat{DAP}=1,99113+0,215069.I$	98,9	2,56
<i>E. pellita</i>	3,0 x 1,5	$\widehat{DAP}=-0,303751+0,25416.I-0,0016366.I^2$	99,4	2,26
	3,0 x 3,0	$\widehat{DAP}=-0,382076+0,337315.I-0,00287552.I^2$	98,1	3,39
	4,0 x 3,0	$\widehat{DAP}=-0,727145+0,356612.I-0,00237507.I^2$	98,6	3,46

constituídos para subgrupos de espaçamentos. Os resultados destes testes são apresentados nos Quadros 6, 7 e 8, respectivamente, para as espécies *E. camaldulensis*, *E. urophylla* e *E. pellita*.

Para *E. camaldulensis*, apenas as equações referentes aos espaçamentos 4,0 x 3,0 m e 3,0 x 3,0 m não apresentaram diferença significativa, a de 1% de probabilidade, podendo-se admitir o uso de uma equação comum para estes dois espaçamentos (Quadro 6). Esses resultados demonstram que quando as plantas dessa espécie estão crescendo em espaçamentos muito reduzidos (3,0 x 1,5 m), a competição entre plantas é elevada. Observando a Figura 2, verifica-se que as plantas do espaçamento 3,0 x 1,5 m já apresentavam os efeitos da competição na idade de 15 meses.

QUADRO 6 - Análise de Variância para Testar a Igualdade das Equações de Regressão para a Estimativa do DAP para *E. camaldulensis*, em Diferentes Espaçamentos, em Três Marias, Minas Gerais

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.
Equações comparadas: 3,0 x 1,5m; 3,0 x 3,0m e 4,0 x 3,0m			
Parâmetros ( $\beta$ )	(6)	(1131,7933)	
Parâmetros ( $\theta$ )	2	1124,2132	
Redução ( $H_0$ )	4	7,5801	1,8950**
Resíduo	24	1,7112	0,0713
Equações comparadas: 3,0 x 1,5m e 3,0 x 3,0m			
Parâmetros ( $\beta$ )	(4)	(709,0534)	
Parâmetros ( $\theta$ )	2	703,8094	
Redução ( $H_0$ )	2	5,2440	2,6220**
Resíduo	16	1,1773	0,0735
Equações comparadas: 3,0 x 3,0m e 4,0 x 3,0m			
Parâmetros ( $\beta$ )	(4)	(837,8573)	
Parâmetros ( $\theta$ )	2	837,6310	
Redução ( $H_0$ )	2	0,2263	0,1131 n.s.
Resíduo	16	1,0887	0,0680
Equações comparadas: 3,0 x 1,5m e 4,0 x 3,0m			
Parâmetros ( $\beta$ )	(4)	(709,0534)	
Parâmetros ( $\theta$ )	2	703,8093	
Redução ( $H_0$ )	2	5,2440	2,6220**
Resíduo	16	1,1773	0,0735

\*\* - Significativo a 1% de probabilidade;

n.s. - não-significativo.

QUADRO 7 - Análise de Variância para Testar a Igualdade das Equações de Regressão para a Estimativa do DAP para *E. urophylla*, em Diferentes Espaçamentos, em Três Marias, Minas Gerais

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.
Equações comparadas: 3,0 x 1,5m; 3,0 x 3,0m e 4,0 x 3,0m			
Parâmetros ( $\beta$ )	(6)	(1713,4771)	
Parâmetros ( $\theta$ )	2	1708,9510	
Redução ( $H_0$ )	4	4,5261	1,1315**
Resíduo	24	1,0307	0,0429
Equações comparadas: 3,0 x 1,5m e 3,0 x 3,0m			
Parâmetros ( $\beta$ )	(4)	(1071,9012)	
Parâmetros ( $\theta$ )	2	1070,6864	
Redução ( $H_0$ )	2	1,2148	0,6074**
Resíduo	16	0,7127	0,0445
Equações comparadas: 3,0 x 1,5m e 4,0 x 3,0m			
Parâmetros ( $\beta$ )	(4)	(1141,8939)	
Parâmetros ( $\theta$ )	2	1137,4724	
Redução ( $H_0$ )	2	4,4215	2,2107**
Resíduo	16	0,6480	0,0405
Equações comparadas: 3,0 x 3,0 m e 4,0 x 3,0 m			
Parâmetros ( $\beta$ )	(4)	(1213,1590)	
Parâmetros ( $\theta$ )	2	1212,0067	
Redução ( $H_0$ )	2	1,1522	0,5761**
Resíduo	16	0,7010	0,0438

\*\* - Significativo a 1% de probabilidade.

QUADRO 8 - Análise de Variância para Testar a Igualdade das Equações de Regressão para a Estimativa do DAP para *E. pellita*, em Diferentes Espaçamentos, em Três Marias, Minas Gerais

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.
Equações comparadas: 3,0 x 1,5m; 3,0 x 3,0m e 4,0 x 3,0m			
Parâmetros ( $\beta$ )	(9)	(1255,7909)	
Parâmetros ( $\theta$ )	3	1238,3497	
Redução ( $H_0$ )	6	17,4412	2,9068**
Resíduo	21	0,7291	0,0347
Equações comparadas: 3,0 x 1,5m e 4,0 x 3,0m			
Parâmetros ( $\beta$ )	(6)	(820,6812)	
Parâmetros ( $\theta$ )	3	803,9892	
Redução ( $H_0$ )	3	16,6920	5,5640**
Resíduo	14	0,337	0,0241
Equações comparadas: 3,0 x 1,5m e 3,0 x 3,0m			
Parâmetros ( $\beta$ )	(6)	(729,6469)	
Parâmetros ( $\theta$ )	3	722,6591	
Redução ( $H_0$ )	3	6,9878	2,3292**
Resíduo	14	0,4900	0,0350
Equações comparadas: 3,0 x 3,0m e 4,0 x 3,0m			
Parâmetros ( $\beta$ )	(6)	(961,2536)	
Parâmetros ( $\theta$ )	3	958,7741	
Redução ( $H_0$ )	3	2,4795	0,8265**
Resíduo	14	0,6310	0,0450

\*\* - Significativo a 1% de probabilidade.

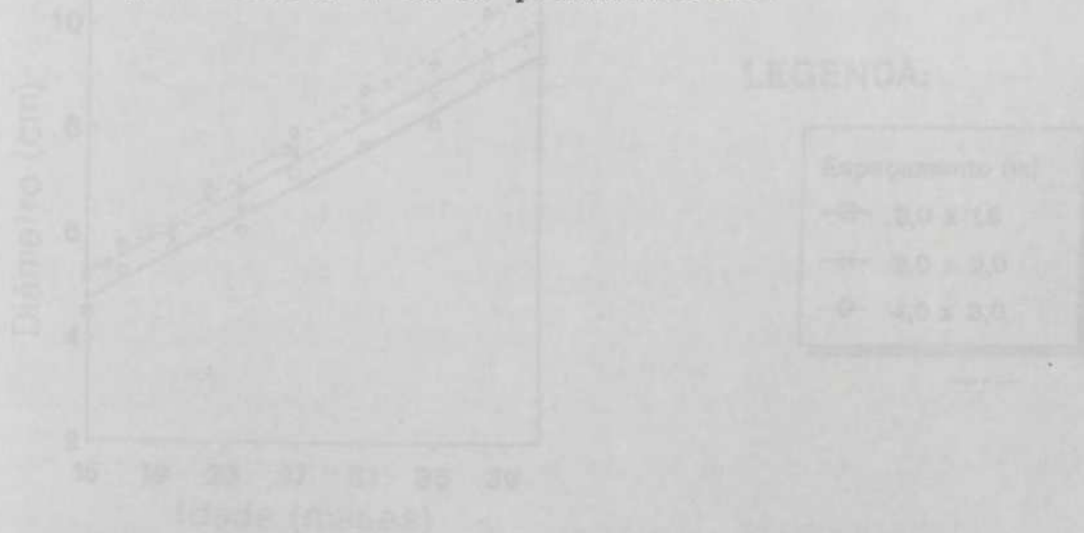


FIGURA 3 - Diâmetro de Plantas de *E. pellita*, em Diferentes Espaçamentos, entre 15 e 41 Meses de Idade, em Três Marias, Minas Gerais.

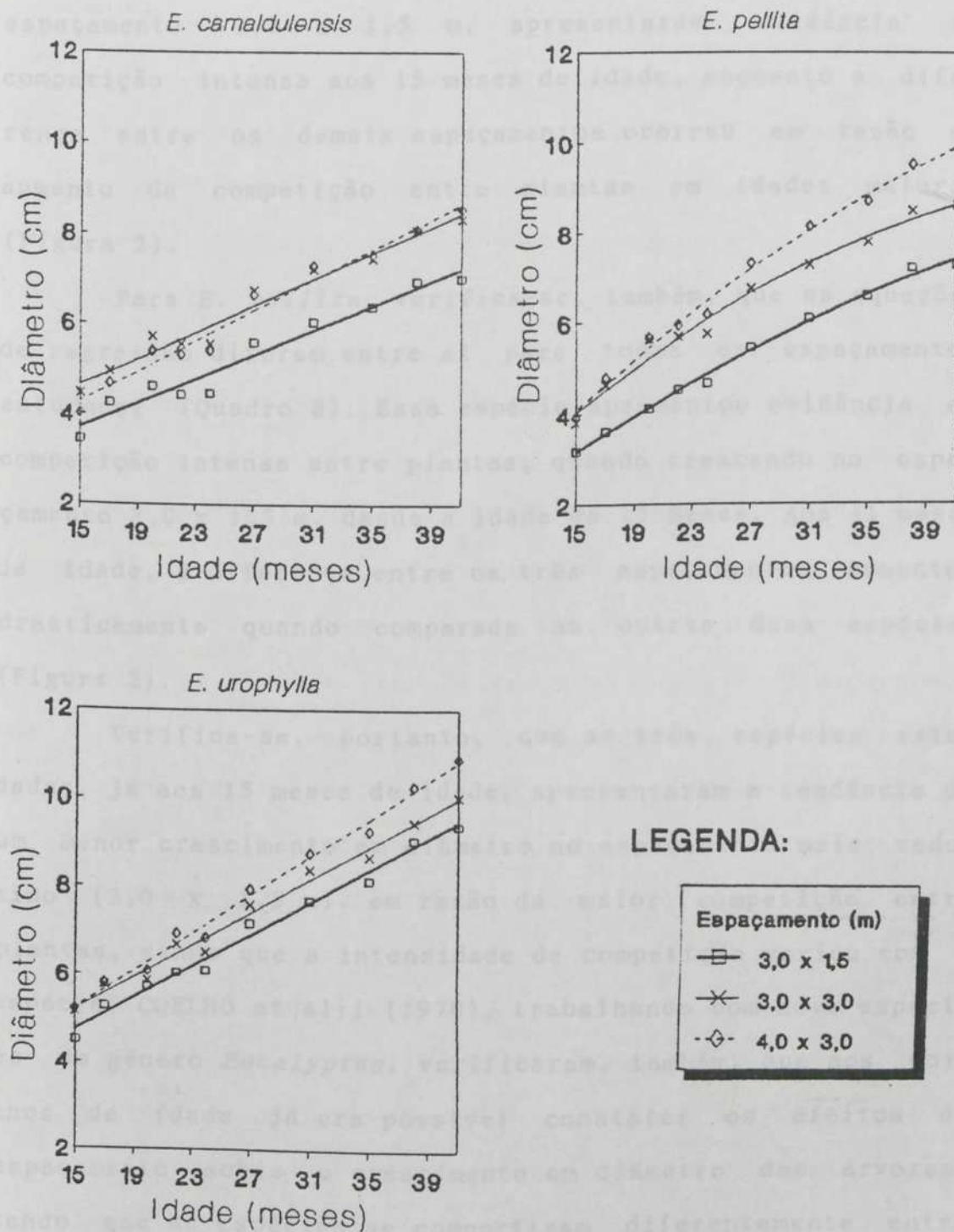


FIGURA 2 - Diâmetro de Plantas de *E. camaldulensis*, *E. pellita* e *E. urophylla*, em Diferentes Espaçamentos, entre 15 e 41 Meses de Idade, em Três Marias, Minas Gerais.

Os resultados obtidos para *E. urophylla* mostraram que as três equações, para os três espaçamentos estudados, são diferentes entre si (Quadro 7). As plantas, crescendo no espaçamento 3,0 x 1,5 m, apresentaram evidência de competição intensa aos 15 meses de idade, enquanto a diferença entre os demais espaçamentos ocorreu em razão do aumento da competição entre plantas em idades maiores (Figura 2).

Para *E. pellita*, verifica-se, também, que as equações de regressão diferem entre si para todos os espaçamentos estudados (Quadro 8). Essa espécie apresentou evidência de competição intensa entre plantas, quando crescendo no espaçamento 3,0 x 1,5 m, desde a idade de 15 meses. Aos 41 meses de idade, a diferença entre os três espaçamentos aumentou drasticamente quando comparada às outras duas espécies (Figura 2).

Verifica-se, portanto, que as três espécies estudadas, já aos 15 meses de idade, apresentaram a tendência de um menor crescimento em diâmetro no espaçamento mais reduzido (3,0 x 1,5 m), em razão da maior competição entre plantas, sendo que a intensidade de competição variou com a espécie. COELHO et alii (1970), trabalhando com nove espécies do gênero *Eucalyptus*, verificaram, também, que aos dois anos de idade já era possível constatar os efeitos do espaçamento sobre o crescimento em diâmetro das árvores, sendo que as espécies se comportavam diferentemente entre si. Os resultados do presente trabalho, além de reafirmarem o efeito do espaçamento inicial no crescimento em diâmetro, mostram que esse efeito se expressa logo na fase

inicial de desenvolvimento das plantas.

Para *E. pellita*, as equações que melhor representaram o crescimento em diâmetro em função da idade, nos diferentes espaçamentos, foram todas quadráticas, mostrando, já aos 41 meses de idade, uma menor taxa de crescimento em relação às outras duas espécies estudadas. Este comportamento, apesar da pouca idade, mostra que esta procedência (Helenvale) parece não ser adequada para a região em estudo, ou similares, a não ser que sejam identificados métodos de manejo adequados para o seu crescimento.

Para as espécies *E. camaldulensis* e *E. urophylla* as equações que melhor representaram o crescimento em diâmetro, em função da idade, nos diferentes espaçamentos, foram todas lineares, mostrando uma tendência de manutenção da taxa de crescimento. Este comportamento mostra que, até a idade de 41 meses, as procedências dessas duas espécies responderam positivamente às condições ecológicas da área em estudo. Porém, as taxas de crescimento do *E. urophylla*, nos espaçamentos estudados, foram superiores às do *E. camaldulensis* até a idade de 41 meses.

#### 4.1.2. Crescimento em Altura

A influência do espaçamento sobre o crescimento em altura é menos reduzida se comparada com a influência sobre o diâmetro (Quadro 9).

Na literatura, os resultados apresentados por vários pesquisadores, com relação aos reflexos do espaçamento sobre o crescimento em altura das árvores, sugerem haver respostas

QUADRO 9 - Altura Média, em Metros, de Plantas de *E. camaldulensis*, *E. urophylla* e *E. pellita*, em Diferentes Espaçamentos, em Três Marias, Minas Gerais, Avaliados entre Março de 1990 e Maio de 1992

Espécie	Espaçamento	Idade (meses)									
		15	17	20	22	24	27	31	35	38	41
		HT									
<i>E. camaldulensis</i>	3,0 x 1,5	4,10	5,46	5,73	5,88	6,45	7,08	8,37	9,05	9,75	9,58
	3,0 x 3,0	4,60	6,14	6,55	6,52	7,02	7,65	8,75	9,53	10,13	10,37
	4,0 x 3,0	4,24	5,52	5,90	6,18	6,79	7,43	8,94	9,25	10,38	11,21
<i>E. urophylla</i>	3,0 x 1,5	4,99	6,50	6,74	7,53	7,55	8,90	10,15	11,58	12,25	12,69
	3,0 x 3,0	4,93	6,17	6,50	6,97	7,12	8,13	9,57	10,69	11,05	11,44
	4,0 x 3,0	5,09	6,32	6,49	7,30	7,45	8,33	9,63	10,42	11,06	12,11
<i>E. pellita</i>	3,0 x 1,5	3,25	4,17	4,37	4,51	4,90	5,95	7,00	7,73	8,18	8,43
	3,0 x 3,0	3,64	4,52	4,80	4,78	5,15	5,98	6,96	7,33	8,06	8,76
	4,0 x 3,0	3,65	4,50	4,79	5,08	5,30	6,39	7,37	7,75	8,51	9,09

distintas entre as espécies. Algumas vezes, tem sido observado que a altura média aumenta com a redução do espaçamento, enquanto, em outros trabalhos, o resultado é inverso (COELHO et alii, 1970; EVERT, 1971; BALLONI, 1983 e PEREIRA et alii, 1983). BALLONI e SIMÕES (1980) explicam que a diminuição da altura média das árvores, à medida que se diminui o espaçamento, dentro de certos limites, ocorre em razão do aumento do número de árvores dominadas, o que foi comprovado em seus estudos pelo aumento do coeficiente de variação da altura para *E. saligna*, sob espaçamentos mais densos. Em povoamentos implantados com material genético mais uniforme, principalmente clones, uma redução do crescimento em altura, em espaçamentos reduzidos, poderá não

ser verificada em razão da diminuição do número de árvores dominadas. Por outro lado, a tendência do aumento do crescimento com a redução do espaçamento é explicada por PEREIRA et alii (1983) com base na competição por luz, o que estimularia o crescimento em altura. Essa explicação, portanto, deverá ser válida quando as plantas forem altamente exigentes em luz, sobrepondo em magnitude à competição por água e nutrientes.

As equações obtidas por espécie e por espaçamento, para estimar a altura em função da idade, são apresentadas no Quadro 10. Estas equações de regressão foram submetidas ao teste de identidade de modelos segundo a espécie, nos diferentes espaçamentos, seguindo-se a mesma metodologia adotada para a análise do crescimento em diâmetro, descrita no item 4.1.1.

As equações referentes aos espaçamentos 4,0 x 3,0 m e 3,0 x 3,0 m, para *E. camaldulensis*, não apresentaram diferença significativa a 1% de probabilidade, enquanto a equação para o espaçamento 3,0 x 1,5 m diferiu das demais a 1% de probabilidade pelo teste F (Quadro 11). O *E. camaldulensis*, apesar de não apresentar diferenças expressivas no crescimento em altura, até a idade de 41 meses, nos diferentes espaçamentos, mostrou uma pequena tendência de menores alturas nos espaçamentos mais densos (Figura 3). Esses resultados estão de acordo com SILVICULTURA (1986), que constatou que a altura das árvores de *E. camaldulensis*, aos 41 meses de idade, foi menor nos espaçamentos mais densos.

QUADRO 10 - Equações de Regressão para a Estimativa da Altura Total (HT), em Metros, de Plantas de *E. camaldulensis*, *E. urophylla* e *E. pellita*, em Diferentes Espaçamentos, em Três Marias, Minas Gerais, Avaliados Entre Março de 1990 e Maio de 1992

Espécie	Espaçamento (m)	Equações	$\bar{R}^2$ (%)	CV(%)
<i>E. camaldulensis</i>	3,0 x 1,5	$\hat{HT}=1,3799+0,213522.I$	96,6	5,04
	3,0 x 3,0	$\hat{HT}=2,06718+0,209586.I$	96,9	4,34
	4,0 x 3,0	$\hat{HT}=0,788128+0,251699.I$	98,5	3,66
<i>E. urophylla</i>	3,0 x 1,5	$\hat{HT}=0,93381+0,294599.I$	98,4	3,79
	3,0 x 3,0	$\hat{HT}=1,43464+0,25268.I$	98,0	3,89
	4,0 x 3,0	$\hat{HT}=1,53872+0,254862.I$	98,9	2,82
<i>E. pellita</i>	3,0 x 1,5	$\hat{HT}=0,281178+0,206216.I$	97,7	4,87
	3,0 x 3,0	$\hat{HT}=0,928039+0,187776.I$	98,1	3,39
	4,0 x 3,0	$\hat{HT}=0,696813+0,205414.I$	98,6	3,46

Resultados semelhantes foram obtidos ao aplicar-se o teste de identidade de modelos para *E. urophylla*. Verificou-se, igualmente, que as equações referentes aos espaçamentos 4,0 x 3,0 m e 3,0 x 3,0 m não apresentaram diferença significativa, enquanto a equação para o espaçamento 3,0 x 1,5 m diferiu das demais a 1% de probabilidade (Quadro 12). Essa espécie, ao contrário de *E. camaldulensis*, apresentou maior crescimento em altura, em espaçamentos mais densos (Figura 3). Esses resultados diferem daqueles verificados por COUTO (1977) para *E. urophylla* de origem híbrida, na região de Coronel Fabriciano, Minas Gerais. Esse autor observou um aumento da altura média das árvores com o aumento do espaçamento.

QUADRO 11 - Análise de Variância para Testar a Igualdade das Equações de Regressão para a Estimativa da Altura Total (HT) para *E. camaldulensis*, em Diferentes Espaçamentos, em Três Marias, Minas Gerais

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.
Equações comparadas: 3,0 x 1,5m; 3,0 x 3,0m e 4,0 x 3,0m			
Parâmetros ( $\beta$ )	(6)	(1793,2695)	
Parâmetros ( $\theta$ )	2	1790,6472	
Redução ( $H_0$ )	4	2,6198	0,6549**
Resíduo	24	2,5532	0,1063
Equações comparadas: 3,0 x 1,5m e 3,0 x 3,0m			
Parâmetros ( $\beta$ )	(4)	(1172,2302)	
Parâmetros ( $\theta$ )	2	1170,5366	
Redução ( $H_0$ )	2	1,6936	0,8468**
Resíduo	16	1,9370	0,1210
Equações comparadas: 3,0 x 3,0m e 4,0 x 3,0m			
Parâmetros ( $\beta$ )	(4)	(1249,7493)	
Parâmetros ( $\theta$ )	2	1259,0060	
Redução ( $H_0$ )	2	0,7433	0,3716 n.s.
Resíduo	16	1,5157	0,0947
Equações comparadas: 3,0 x 1,5m e 4,0 x 3,0m			
Parâmetros ( $\beta$ )	(4)	(1164,5546)	
Parâmetros ( $\theta$ )	2	1163,0628	
Redução ( $H_0$ )	2	1,4918	0,7459**
Resíduo	16	1,6541	0,1033

\*\* - Significativo a 1% de probabilidade;  
n.s. - não significativo.

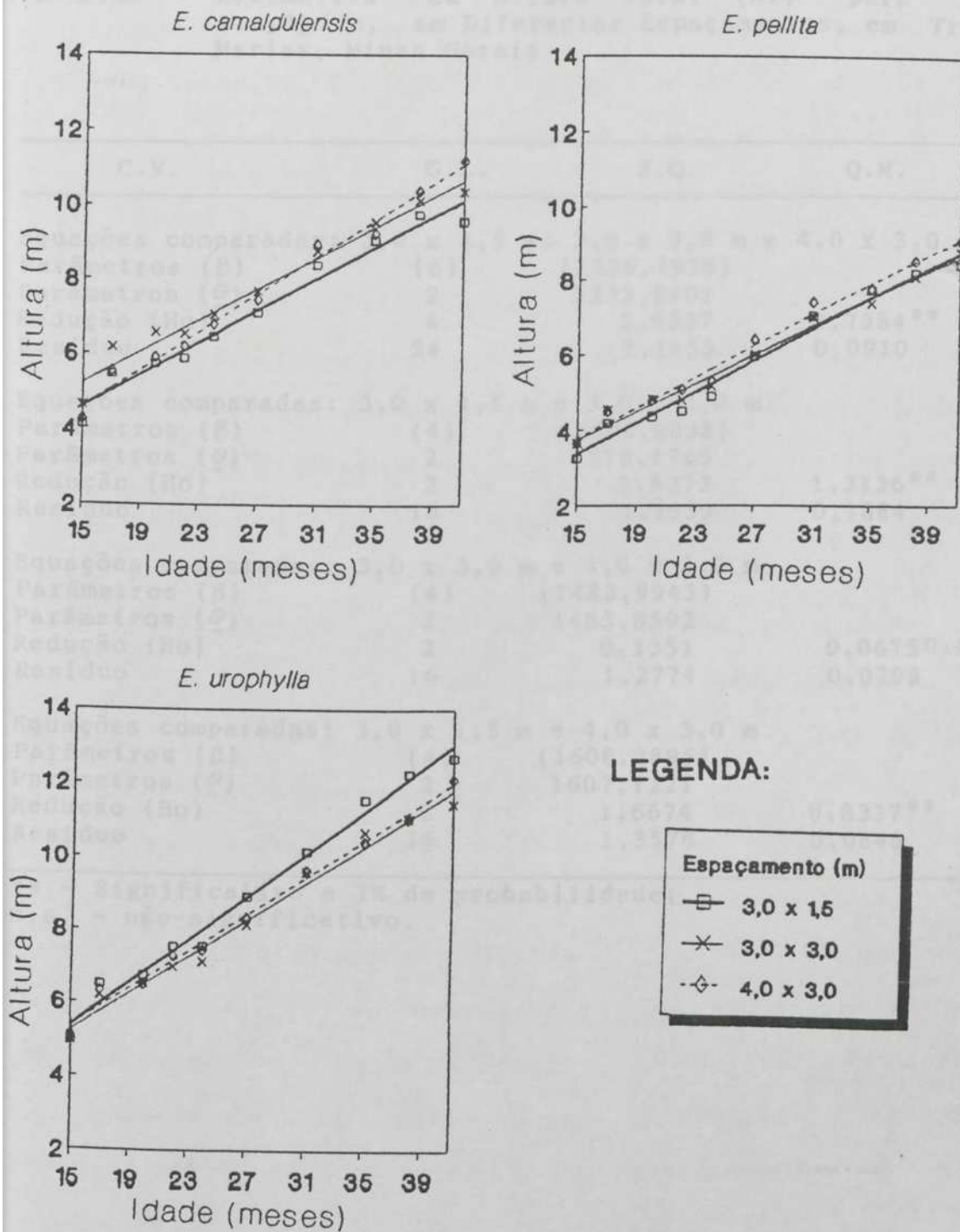


FIGURA 3 - Altura de Plantas de *E. camaldulensis*, *E. pellita* e *E. urophylla*, em Diferentes Espaçamentos, entre 15 e 41 Meses de idade, em Três Marias, Minas Gerais.

QUADRO 12 - Análise de Variância para Testar a Igualdade das Equações de Regressão para a Estimativa da Altura Total (HT) para *E. urophylla*, em Diferentes Espaçamentos, em Três Marias, Minas Gerais

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.
Equações comparadas: 3,0 x 1,5 m; 3,0 x 3,0 m e 4,0 x 3,0 m			
Parâmetros ( $\beta$ )	(6)	(2336,7938)	
Parâmetros ( $\theta$ )	2	2333,8401	
Redução (Ho)	4	2,9537	0,7384**
Resíduo	24	2,1853	0,0910
Equações comparadas: 3,0 x 1,5 m e 3,0 x 3,0 m			
Parâmetros ( $\beta$ )	(4)	(1580,8038)	
Parâmetros ( $\theta$ )	2	1578,1765	
Redução (Ho)	2	2,6273	1,3136**
Resíduo	16	1,7359	0,1084
Equações comparadas: 3,0 x 3,0 m e 4,0 x 3,0 m			
Parâmetros ( $\beta$ )	(4)	(1483,9943)	
Parâmetros ( $\theta$ )	2	1483,8592	
Redução (Ho)	2	0,1351	0,0675n.s.
Resíduo	16	1,2774	0,0798
Equações comparadas: 3,0 x 1,5 m e 4,0 x 3,0 m			
Parâmetros ( $\beta$ )	(4)	(1608,7895)	
Parâmetros ( $\theta$ )	2	1607,1221	
Redução (Ho)	2	1,6674	0,8337**
Resíduo	16	1,3578	0,0848

\*\* - Significativo a 1% de probabilidade;

n.s. - não-significativo.

Essas respostas distintas no crescimento em altura para *E. urophylla* parecem estar relacionadas com o método utilizado para o cálculo da altura média das árvores. No presente trabalho, o cálculo da altura média das árvores foi feito com base na média aritmética de todas as árvores úteis da parcela, ou seja, árvores dominantes, codominantes e dominadas. Entretanto, no trabalho de COUTO (1977), seguiu-se a metodologia utilizada pela escola européia (AZEVEDO GOMES, 1957), fazendo-se a média aritmética de apenas 10 árvores em cada parcela, árvores estas com diâmetro semelhante ao diâmetro médio. Assim, as médias aritméticas dessas alturas foram consideradas como sendo as alturas médias para cada espaçamento.

Os resultados para *E. pellita* indicam, pelo teste F, a 1% de probabilidade, que as equações para os espaçamentos 3,0 x 1,5 m, 3,0 x 3,0 m e 4,0 x 3,0 m são iguais entre si (Quadro 13 e Figura 3).

As tendências observadas de maior crescimento em altura no espaçamento 4,0 x 3,0 m para *E. camaldulensis* e maior crescimento no espaçamento 3,0 x 1,5 m para *E. urophylla* parecem refletir parcialmente diferenças na competição por luz. Essas diferenças são expressas em função da arquitetura da parte aérea de cada espécie (Figuras 4, 5 e 6), definidas principalmente pelo tamanho, forma e orientação de galhos e folhas.

O espaçamento modificou a arquitetura de copa, principalmente quanto à forma, diâmetro e permanência de galhos na planta. Aos 41 meses de idade, as plantas de *E. urophylla* e *E. pellita* no espaçamento 3,0 x 1,5 m,

QUADRO 13 - Análise de Variância para Testar a Igualdade das Equações de Regressão para a Estimativa da Altura Total (HT) para *E. pellita*, em Diferentes Espaçamentos, em Três Marias, Minas Gerais

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.
Equações comparadas: 3,0 x 1,5m; 3,0 x 3,0m e 4,0 x 3,0m			
Parâmetros ( $\beta$ )	(6)	(1178,4822)	
Parâmetros ( $\theta$ )	2	1177,5327	
Redução ( $H_0$ )	4	0,9495	0,234 n.s.
Resíduo	24	1,4420	0,060

n.s. - não-significativo.

apresentaram galhos finos e sem folhas em avançado processo de senescência, ainda retidos no tronco, enquanto no espaçamento 4,0 x 3,0 m, os galhos eram grossos e com folhas na parte basal da copa. Assim, o espaçamento alterou a relação fonte/dreno para essas duas espécies, ou seja, no espaçamento 4,0 x 3,0 m as plantas mantiveram crescimento de galhos basais em detrimento do crescimento do tronco, principalmente em altura. Para *E. camaldulensis* essa influência não foi tão marcante quanto para *E. urophylla* e *E. pellita*, exceto para o comprimento de galhos, sendo que estes se apresentaram mais longos no espaçamento 4,0 x 3,0 m, em relação ao 3,0 x 1,5 m.

*E. urophylla* e *E. pellita* apresentam folhas dispostas horizontalmente, ao passo que *E. camaldulensis* apresenta folhas pendentes, dispostas na vertical. LOOMIS et alii (1967) descrevem que em copas mais densas, a orientação ideal das folhas é vertical, pois facilita a penetração e

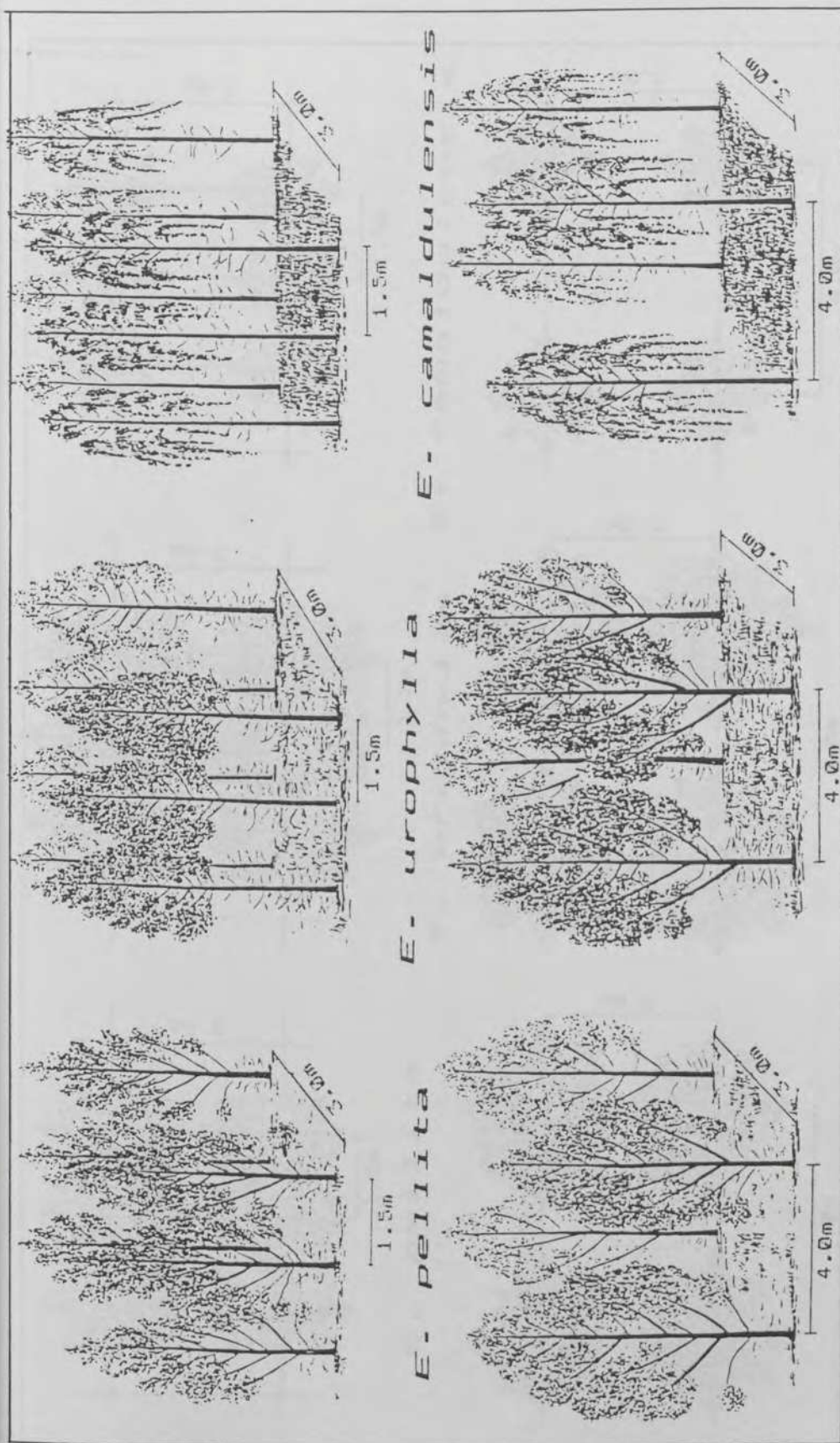


FIGURA 4 -

Arquitetura da Parte Aérea de Plantas de *E. camaldulensis*, *E. pellita* e *E. urophylla*, aos 41 Meses de Idade, em Vista Lateral, nos Espaços 3,0 x 1,5 m e 4,0 x 3,0 m, em Três Marias, Minas Gerais.

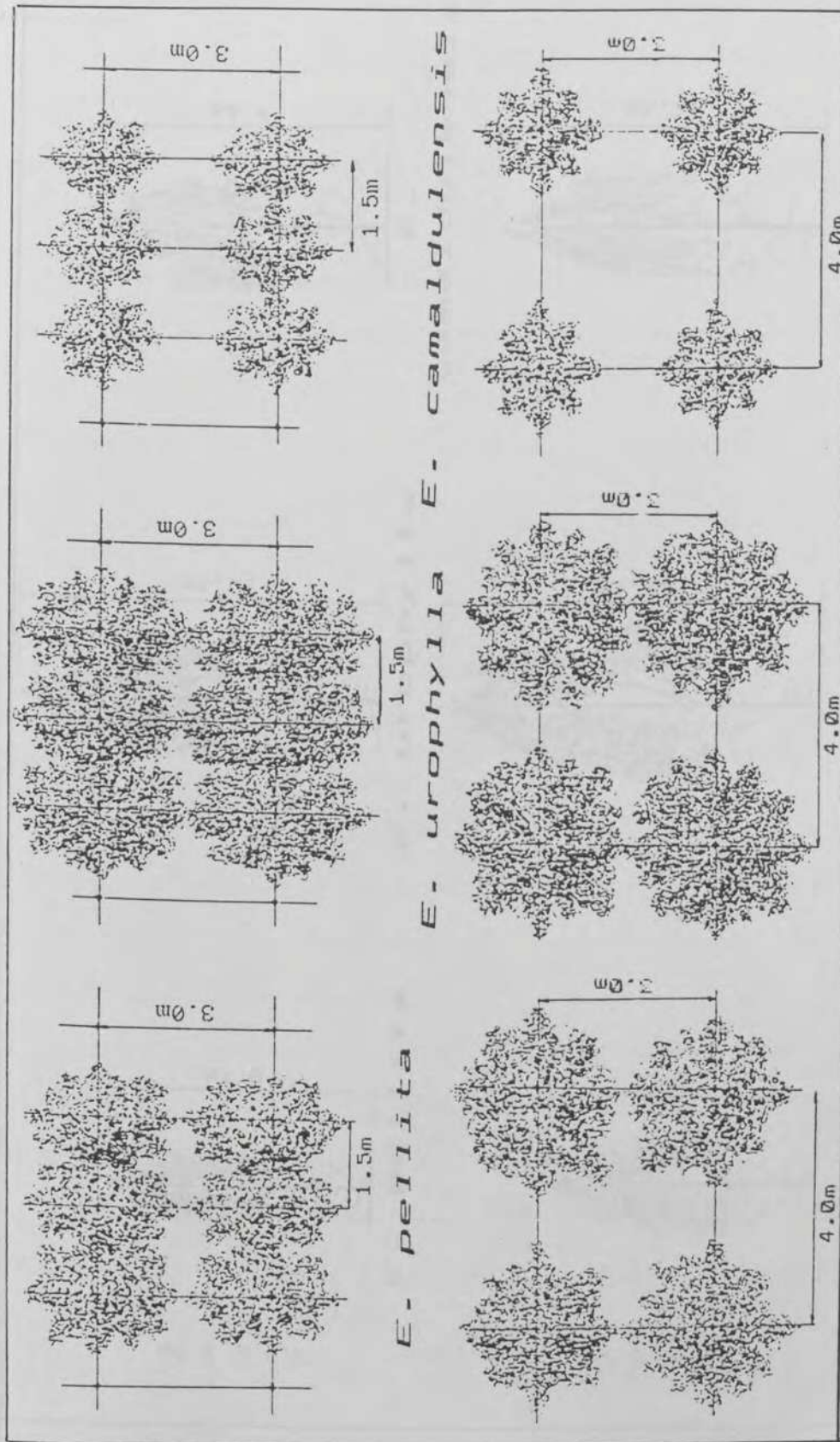


FIGURA 5 - Arquitetura da Parte Aérea de Plantas de *E. camaldulensis*, *E. pellita* e *E. urophylla*, aos 41 Meses de Idade, em Vista Superior, nos Espaçamentos 3,0x1,5 m e 4,0x3,0 m, em Três Marias, Minas Gerais.

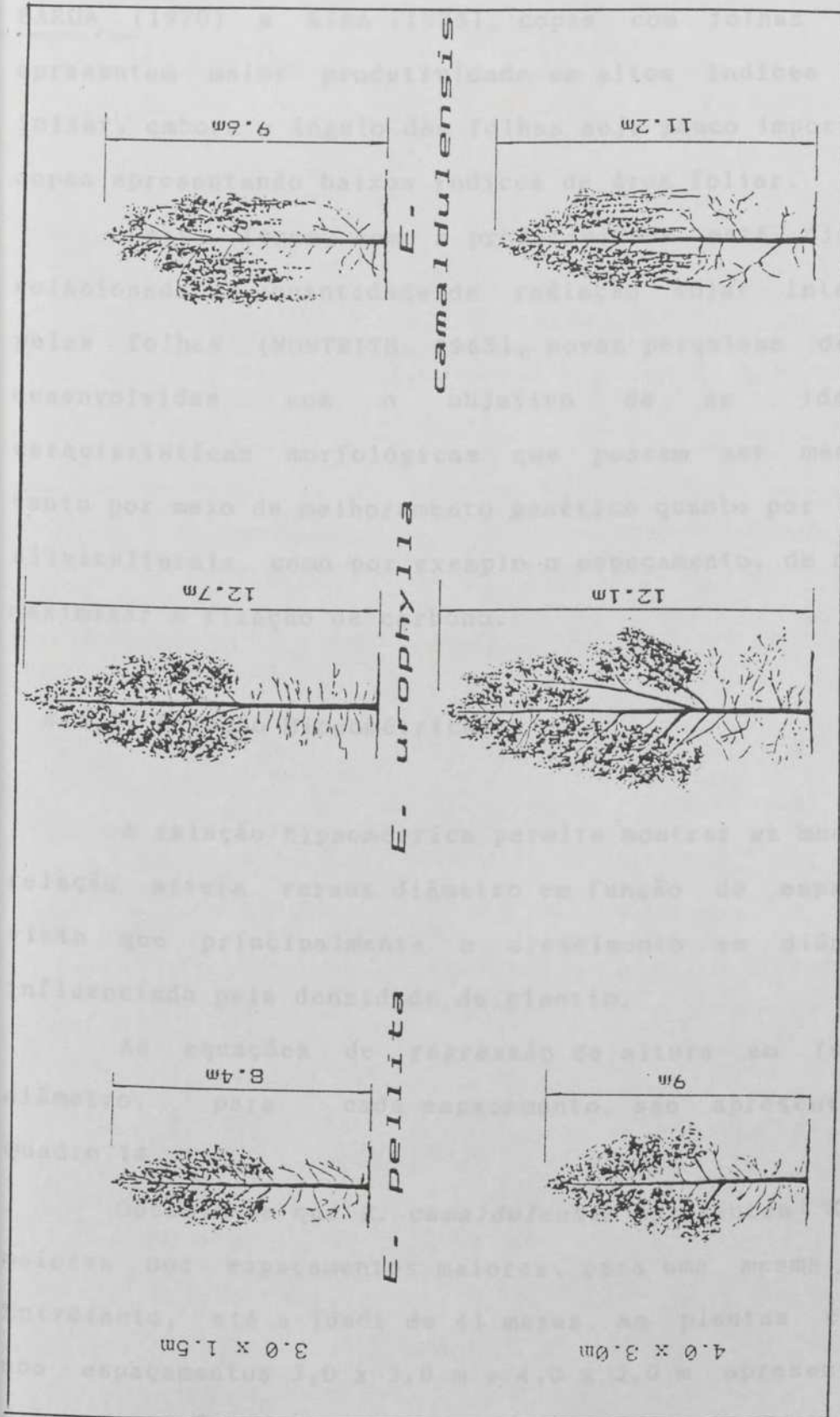


FIGURA 6 - Arquitetura da Parte Aérea de uma Planta *E. camaldulensis*, *E. pellita* e *E. urophylla*, aos 41 Meses de Idade, em Vista Lateral, nos Espaçamentos 3,0x1,5 m e 4,0x3,0 m, em Três Marias, Minas Gerais.

intercepção da radiação solar ao longo do dossel. Segundo BARUA (1970) e KIRA (1975), copas com folhas verticais apresentam maior produtividade em altos índices de área foliar, embora o ângulo das folhas seja pouco importante em copas apresentando baixos índices de área foliar.

Dessa forma, como a produtividade está diretamente relacionada à quantidade de radiação solar interceptada pelas folhas (MONTEITH, 1965), novas pesquisas devem ser desenvolvidas com o objetivo de se identificar características morfológicas que possam ser manipuladas tanto por meio de melhoramento genético quanto por práticas silviculturais, como por exemplo o espaçamento, de maneira a maximizar a fixação de carbono.

#### 4.1.3. Relação Hipsométrica

A relação hipsométrica permite mostrar as mudanças na relação altura versus diâmetro em função do espaçamento, visto que principalmente o crescimento em diâmetro é influenciado pela densidade de plantio.

As equações de regressão de altura em função do diâmetro, para cada espaçamento, são apresentadas no Quadro 14.

Observa-se que *E. camaldulensis* apresentou diâmetros maiores nos espaçamentos maiores, para uma mesma altura. Entretanto, até a idade de 41 meses, as plantas crescendo nos espaçamentos 3,0 x 3,0 m e 4,0 x 3,0 m apresentaram a mesma relação hipsométrica. *E. pellita* e *E. urophylla* também apresentaram diâmetros maiores nos

espaçamentos mais amplos, considerando uma mesma altura. Esta diferenciação torna-se mais evidente quando as plantas apresentam as maiores alturas (Figura 7).

QUADRO 14 - Relação Hipsométrica para Plantas de *E. camaldulensis*, *E. urophylla* e *E. pellita*, em Diferentes Espaçamentos, em Três Marias, Minas Gerais, Avaliados entre Março de 1990 e Maio de 1992.

Espécie	Espaçamento	Altura	$\bar{R}^2(\%)$	CV(%)
<i>E. camaldulensis</i>	3,0 x 1,5	$\widehat{HT} = -1,11073 + 1,55769 \cdot DAP$	97,0	4,70
	3,0 x 3,0	$\widehat{HT} = -1,21836 + 1,40172 \cdot DAP$	96,4	4,71
	4,0 x 3,0	$\widehat{HT} = -1,61771 + 1,46501 \cdot DAP$	97,4	4,81
<i>E. urophylla</i>	3,0 x 1,5	$\widehat{HT} = -2,28864 + 1,61887 \cdot DAP$	98,4	3,67
	3,0 x 3,0	$\widehat{HT} = -1,77568 + 1,3565 \cdot DAP$	97,3	4,54
	4,0 x 3,0	$\widehat{HT} = -0,781526 + 1,17999 \cdot DAP$	99,0	2,67
<i>E. pellita</i>	3,0 x 1,5	$\widehat{HT} = -0,78799 + 1,26491 \cdot DAP$	98,2	4,28
	3,0 x 3,0	$\widehat{HT} = -0,659343 + 1,03681 \cdot DAP$	95,6	5,93
	4,0 x 3,0	$\widehat{HT} = -0,151821 + 0,913807 \cdot DAP$	98,8	3,13

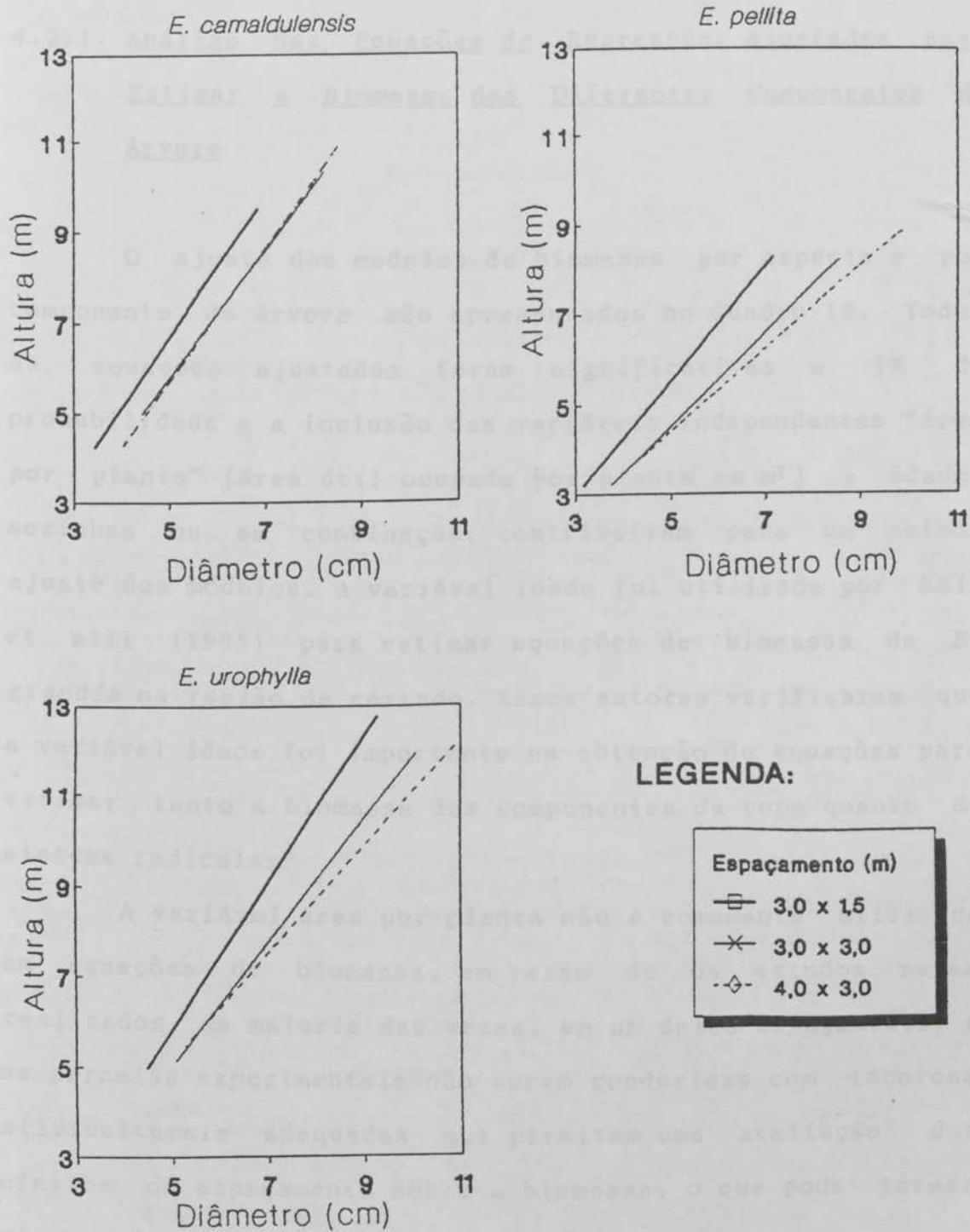


FIGURA 7 - Relação Hipsométrica em *E. camaldulensis*, *E. pellita* e *E. urophylla*, em Diferentes Espaços, em Três Marias, Minas Gerais.

#### 4.2. Produção e Acúmulo de Biomassa de *Eucalyptus* spp. sob Diferentes Espaçamentos, na Região de Cerrado

##### 4.2.1. Análise das Equações de Regressão, Ajustadas para Estimar a Biomassa dos Diferentes Componentes da Árvore

O ajuste dos modelos de biomassa por espécie e por componente da árvore são apresentados no Quadro 15. Todas as equações ajustadas foram significativas a 1% de probabilidade e a inclusão das variáveis independentes "área por planta" (área útil ocupada por planta em m<sup>2</sup>) e idade, sozinhas ou em combinação, contribuíram para um melhor ajuste dos modelos. A variável idade foi utilizada por REIS et alii (1985) para estimar equações de biomassa de *E. grandis* na região de cerrado. Esses autores verificaram que a variável idade foi importante na obtenção de equações para estimar tanto a biomassa dos componentes da copa quanto do sistema radicular.

A variável área por planta não é comumente utilizada em equações de biomassa, em razão de os estudos serem realizados, na maioria das vezes, em um único espaçamento, e as parcelas experimentais não serem conduzidas com técnicas silviculturais adequadas que permitam uma avaliação dos efeitos do espaçamento sobre a biomassa, o que pode tornar esta variável de difícil controle.

A introdução da variável independente "área útil por planta" foi importante no ajuste dos modelos dos componentes

QUADRO 15 - Equações para Estimar Biomassa (g/árvore) dos Componentes das Árvores para *E. camaldulensis*, *E. pellita* e *E. urophylla*, em Diferentes Espaçamentos, em Três Marias, MG

Componente	Equações <sup>1</sup>	$\bar{R}^2$
<i>E. camaldulensis</i>		
Madeira	$\hat{Y} = -458,375 + 14,7469(D^2H) + 0,1777883(I^2S)$	98,3
Casca	$\hat{Y} = 0,620706 + 1,30208 \cdot \text{LOG}(DH) + 0,000132477(I^2S)$	96,2
Galho	$\hat{Y} = 1013,25 + 9,65001(D^2H) - 53,7782(D^2)$	86,9
Folha	$\hat{Y} = 3765,01 + 68,5607(D^2) - 5460,45 \cdot \text{LOG}(H)$	62,8
Pivotante	$\text{LOG}(Y) = 1,53913 + 1,09282 \cdot \text{LOG}(DH) + 0,000807905(S^2)$	89,7
Raiz > 2 mm	$\hat{Y} = 14,697087(D^2S)$	86,4
Raiz < 2 mm	$\hat{Y} = 506,16819384 + 0,11689359(I^2S) - 6,96333044(DH)$	64,4
<i>E. pellita</i>		
Madeira	$\text{LOG}(Y) = 1,633953 + 1,138248 \cdot \text{LOG}(DH) + 0,000016647(I^2D)$	97,6
Casca	$\text{LOG}(Y) = 0,847954 + 1,35878 \cdot \text{LOG}(DH)$	95,0
Galho	$\text{LOG}(Y) = 2,04049 + 0,8773 \cdot \text{LOG}(D^2)$	88,0
Folha	$\hat{Y} = 445,597 + 102,5(D^2) - 0,293294(I^2D)$	91,0
Pivotante	$\text{LOG}(Y) = 0,7976 + 1,0135 \cdot \text{LOG}(DH) + 0,6273 \cdot \text{LOG}(I) + 0,00326079(S^2) - 0,000324305(S^2D)$	89,0
Raiz > 2 mm	$\text{LN}(Y) = 4,41291345 + 1,01788783 \cdot \text{LN}(DH)$	74,6
Raiz < 2 mm	$\text{LN}(Y) = 5,8827715 + 0,0033216(IS)$	51,6
<i>E. urophylla</i>		
Madeira	$\hat{Y} = -104,512 + 10,9287(D^2H) + 0,255942(I^2D)$	97,3
Casca	$\text{LOG}(Y) = 0,26247 + 1,06354 \cdot \text{LOG}(D^2) + 0,649135 \cdot \text{LOG}(I)$	97,4
Galho	$\hat{Y} = 211,946 + 53,767(DH) + 116,385(D^2)$	88,8
Folha	$\text{LOG}(Y) = 2,42914 + 0,584695 \cdot \text{LOG}(D^2) - 0,00094019(I^2) + 0,00366896(DI)$	87,1
Pivotante	$\text{LOG}(Y) = -0,225514 + 0,845992 \cdot \text{LOG}(D^2H) + 1,21422 \cdot \text{LOG}(I) - 0,00130544(IH)$	95,2
Raiz > 2 mm	$\text{LN}(Y) = 5,42253488 + 0,0026051(IS) + 0,53717318 \cdot \text{LN}(D^2)$	61,4
Raiz < 2 mm	$\text{LN}(Y) = 5,82759715 + 0,00440403(IS)$	72,2

Y = grama/árvore;

D = diâmetro à altura do peito (cm);

H = altura total (m);

I = idade (meses);

S = espaçamento (área útil por planta - m<sup>2</sup>);

$\bar{R}^2$  = coeficiente de determinação corrigido;

1 - Todas as equações são significativas a 1% de probabilidade.

do sistema radicular, principalmente, para raízes com espessura menor que 2 mm, para as três espécies estudadas. Essa importância foi evidenciada quando da abertura das trincheiras para coleta do sistema radicular aos 40 meses de idade. Em toda a área útil disponível para a planta, foi observada a presença de raízes finas (menores que 2 mm) ao longo de todo perfil amostrado, evidenciando, assim, a competição intra-específica intensa pelos fatores de crescimento água e nutrientes. Portanto, essa característica do crescimento das raízes finas é importante para a definição de técnicas silviculturais como, por exemplo, escolha de local onde será aplicada a fertilização, idade e profundidade da capina mecânica.

A variável área útil por planta não contribuiu significativamente para um melhor ajuste dos modelos para nenhum componente da parte aérea de *E. urophylla* e *E. pellita*, sendo que, especificamente, para folha e galho, esta variável não contribuiu para nenhuma espécie estudada. Para *E. camaldulensis*, a variável área útil por planta, contribuiu significativamente para um melhor ajuste dos modelos dos componentes da parte aérea, madeira e casca.

#### 4.2.2. Produção e Acúmulo de Biomassa

Comparando-se a produção de biomassa total por unidade de área, para as três espécies em estudo, verifica-se que *E. urophylla* apresentou maior produção de matéria seca total que *E. camaldulensis* e *E. pellita*, independentemente da idade e espaçamento (Figura 8 e Quadro 1A). *E. pellita*

apresentou produção de biomassa total superior ao *E. camaldulensis*, por unidade de área, independentemente da idade, somente no espaçamento 3,0 x 1,5 m sendo que nos demais espaçamentos *E. camaldulensis* produziu biomassa total mais elevada em razão de maior produção de raízes.

Aos 41 meses de idade, a biomassa total de *E. urophylla* foi de 84,3 t/ha para as plantas no espaçamento 3,0 x 1,5 m, 59,3 t/ha no espaçamento 3,0 x 3,0 m e 66,6 t/ha no espaçamento 4,0 x 3,0 m. A biomassa total das plantas dessa espécie no espaçamento 3,0 x 1,5 m foi 21% superior à biomassa das plantas no espaçamento 4,0 x 3,0 m. A biomassa total, nessa mesma idade, no espaçamento 3,0 x 1,5 m foi de 66,6 t/ha para *E. pellita*, observando-se redução de 35,4% na biomassa obtida no espaçamento de 4,0 x 3,0 m, sendo que esses valores para *E. camaldulensis* foram de 53,2 t/ha com redução de 8,45%. Ao contrário do que se observa para *E. urophylla* e *E. pellita*, a diferença em biomassa total entre o menor e o maior espaçamento não é expressiva para *E. camaldulensis*, quando se comparam os dados aos 41 meses de idade. A pequena diferença na produção de biomassa de *E. camaldulensis*, entre os diferentes espaçamentos, deve-se principalmente, a uma redução na relação raiz/parte aérea, nos espaçamentos mais densos, em consequência de um menor acúmulo de biomassa nas raízes com diâmetro maior que dois milímetros (Quadro 1A). A tendência é ocorrer redução nessa diferença com o aumento da idade das plantas, até obter-se produção de biomassa máxima, similar para todas os espaçamentos (RADOSEVICH e OSTERYOUNG, 1987). A alocação de biomassa para os diferentes componentes

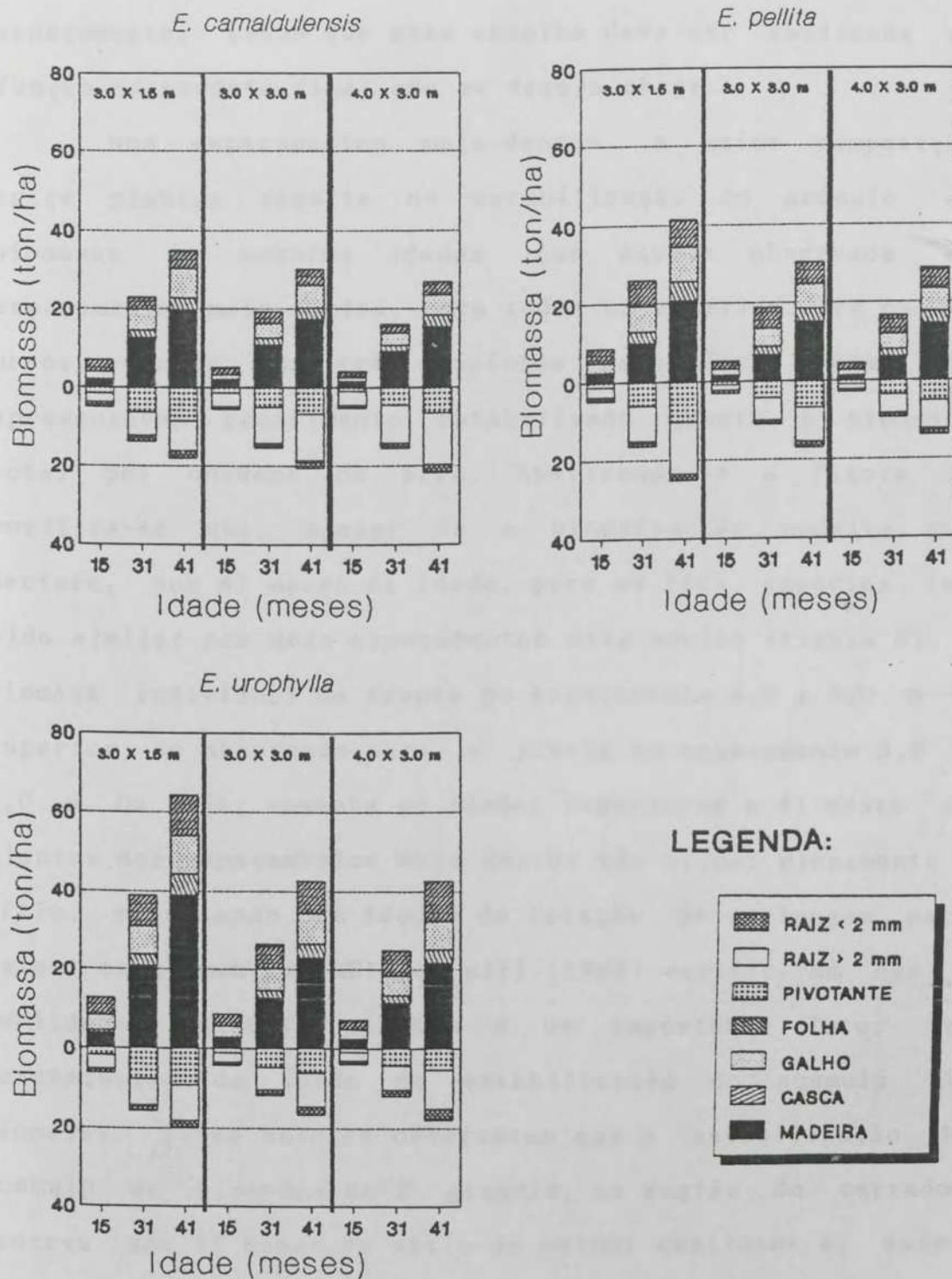


FIGURA 8 - Produção de Biomassa, em Toneladas de Matéria Seca por Hectare, para os Componentes das Árvores de *E. camaldulensis*, *E. pellita* e *E. urophylla*, em Diferentes Espaçamentos, entre 15 e 41 Meses de Idade, em Três Marias, Minas Gerais.

da árvore deve ser analisada mais detalhadamente para facilitar a tomada de decisões quanto à escolha de espécie e espaçamento, sendo que essa escolha deve ser realizada em função do produto final que se deseja obter.

Nos espaçamentos mais densos, a maior competição entre plantas resulta na estabilização do acúmulo de biomassa em menores idades que aquela observada em espaçamentos mais amplos, para todas as espécies. Até os 41 meses, todas as três espécies estudadas ainda não apresentavam crescimento estabilizado quanto à biomassa total por unidade de área. Analisando-se a Figura 9, verifica-se que, apesar de a biomassa de madeira por hectare, aos 41 meses de idade, para as três espécies ter sido similar nos dois espaçamentos mais amplos (Figura 8), a biomassa individual da árvore no espaçamento 4,0 x 3,0 m é superior ao observado para a planta no espaçamento 3,0 x 3,0 m. Ou seja, somente em idades superiores a 41 meses as plantas nos espaçamentos mais amplos vão ocupar plenamente o sítio, resultando em idades de rotação mais longas para estes espaçamentos. REIS et alii (1985) verificaram que a qualidade de sítio também é um importante fator na determinação da idade de estabilização do acúmulo de biomassa. Esses autores observaram que a estabilização do acúmulo de biomassa de *E. grandis*, na região de cerrado, ocorreu aos 51 meses em sítio de melhor qualidade e, acima de 67 meses, em sítio de pior qualidade, em povoamentos estabelecidos em espaçamentos de 3,0 x 2,0 m.

Em relação à produção de biomassa de madeira, por unidade de área, para as três espécies em estudo, observa-se

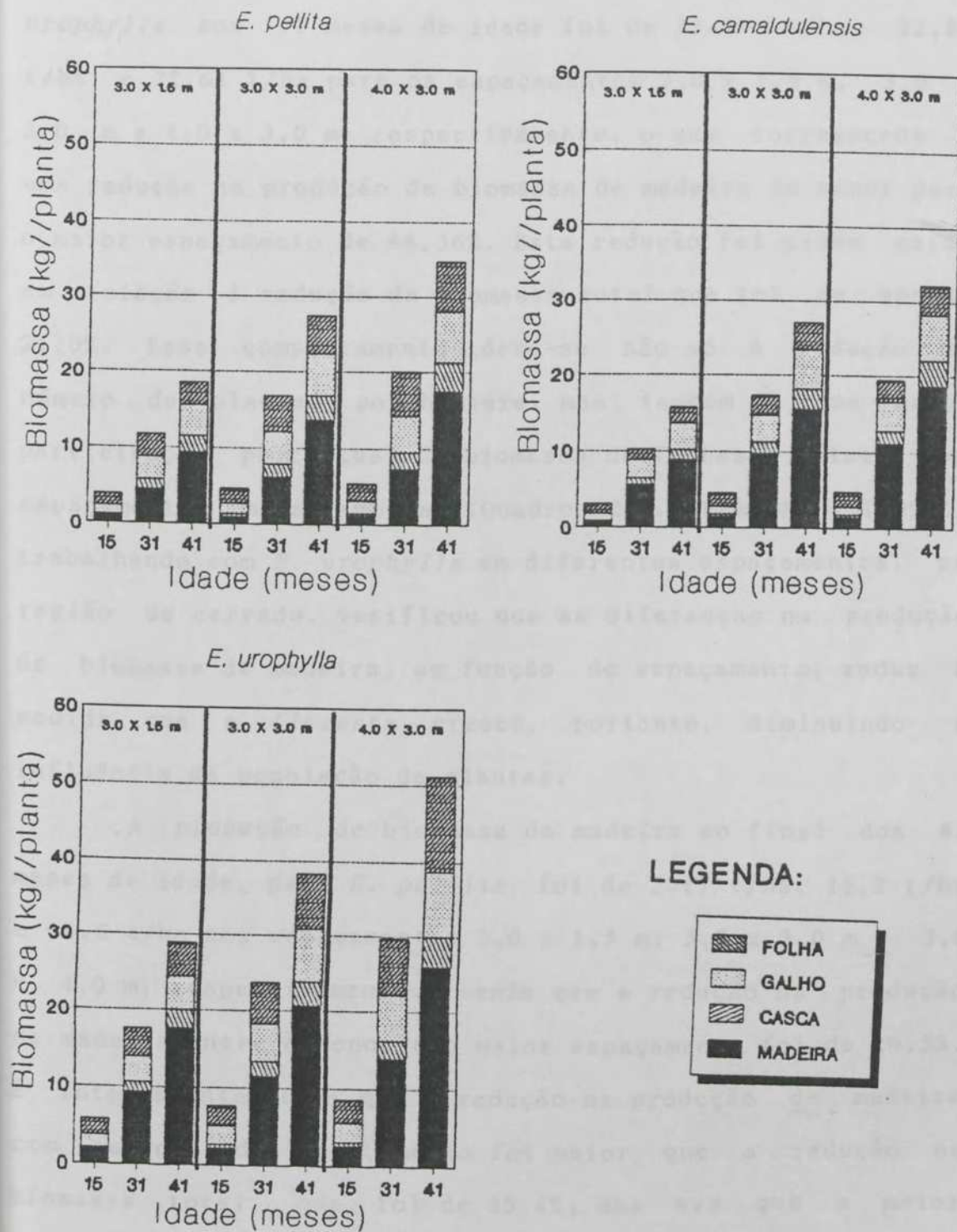


FIGURA 9 - Produção de Biomassa da Parte Aérea por Arvore, em Kg de Matéria Seca por Arvore, de *E. camaldulensis*, *E. pellita* e *E. urophylla*, em Diferentes Espaçamentos, entre 15 e 41 Meses de Idade, em Três Marias, Minas Gerais.

que *E. urophylla* apresentou maior produção que *E. camaldulensis*, seguida de *E. pellita*. A produção de *E. urophylla* aos 41 meses de idade foi de 38,84 t/ha, 22,84 t/ha e 21,61 t/ha para os espaçamentos 3,0 x 1,5 m, 3,0 x 3,0 m e 4,0 x 3,0 m, respectivamente, o que corresponde a uma redução na produção de biomassa de madeira do menor para o maior espaçamento de 44,36%. Esta redução foi ainda maior em relação à redução da biomassa total que foi de apenas 21,0%. Esse comportamento deve-se não só à redução do número de plantas por hectare, mas também a uma maior participação percentual da biomassa de folhas e raízes nos espaçamentos mais amplos (Quadro 2A). PEREIRA (1990), trabalhando com *E. urophylla* em diferentes espaçamentos, na região de cerrado, verificou que as diferenças na produção de biomassa de madeira, em função do espaçamento, reduz à medida que a floresta cresce, portanto, diminuindo a influência da população de plantas.

A produção de biomassa da madeira ao final dos 41 meses de idade, para *E. pellita*, foi de 20,7 t/ha, 15,2 t/ha e 14,6 t/ha nos espaçamentos 3,0 x 1,5 m; 3,0 x 3,0 m e 3,0 x 4,0 m, respectivamente, sendo que a redução na produção de madeira entre o menor e o maior espaçamento foi de 29,5%. É interessante notar que a redução na produção de madeira com aumento do espaçamento foi maior que a redução na biomassa total, que foi de 35,4%, uma vez que a maior redução deve-se à maior produção de raízes nos espaçamentos mais amplos (FIGURA 8).

Para *E. camaldulensis*, a produção de biomassa da madeira aos 41 meses de idade foi de 19,7 t/ha, 17,3 t/ha e

15,5 t/ha para os respectivos espaçamentos de 3,0 x 1,5 m, 3,0 x 3,0 m e 4,0 x 3,0 m. Ao contrário do que se observou para *E. urophylla*, a diferença na produção de madeira entre o espaçamento 3,0 x 1,5m, 3,0 x 3,0 m, não é expressiva aos 41 meses de idade, sendo a redução na produção de madeira entre estes dois espaçamentos de apenas 12,36%.

Esse comportamento permite inferir que, para *E. camaldulensis*, apesar da pouca idade, não é recomendável a adoção de espaçamentos reduzidos, pois é importante ressaltar que os elevados custos, tanto na produção de um maior número de mudas quanto nas práticas silviculturais durante a implantação (fertilização, irrigação) nos espaçamentos reduzidos, não resultaram em maior produção de madeira, proporcional aos investimentos requeridos.

Para *E. urophylla* e *E. pellita* são necessários estudos em idades mais avançadas, de maneira que se possa inferir sobre a época em que ocorrerá o equilíbrio na produção de biomassa da madeira nos diferentes espaçamentos para as condições de sítio em estudo.

Com o aumento da idade, independentemente do espaçamento, há um maior acúmulo de biomassa na madeira, reduzindo a participação dos demais componentes, principalmente de folhas (Figura 9 e Quadro 2A), sendo que a redução na proporção de folhas é bem mais elevada para *E. camaldulensis*, comparada às demais espécies, após 31 meses de idade. Dentro desse contexto, uma importante relação que reflete a eficiência do aparelho fotossintético em converter energia em madeira é a relação matéria seca de folhas/madeira. No Quadro 16 são apresentadas as relações

entre biomassa de folhas/madeira aos 41 meses de idade, para *E. urophylla*, *E. camaldulensis* e *E. pellita*, nos três espaçamentos estudados. Verifica-se, por meio dessa relação, que *E. camaldulensis* foi mais eficiente em converter energia em madeira que as demais espécies. Nos casos em que a empresa florestal tem como objetivo final a produção de biomassa de madeira, esta relação é bastante importante para a seleção de fenótipos capazes de produzirem uma menor quantidade de folhas para uma maior quantidade de madeira.

A alocação de biomassa para o sistema radicular tem sido pouco estudada. É, entretanto, uma informação importante para auxiliar nas explicações quanto à eficiência da planta na produção de biomassa da parte aérea. A biomassa alocada para o sistema radicular, nos diferentes espaçamentos, aos 41 meses de idade, foi bastante distinta entre as espécies estudadas (Figura 8). Proporcionalmente, os valores encontrados (Figura 10) são comparáveis com vários resultados relatados por muitos pesquisadores

QUADRO 16 - Relação Matéria Seca de Folhas/Madeira, aos 41 Meses de Idade, para *E. urophylla*, *E. camaldulensis* e *E. pellita*, nos Diferentes Espaçamentos, em Três Marias, MG

Espécie	Espaçamento (m)		
	3,0 x 1,5	3,0 x 3,0	4,0 x 3,0
<i>E. urophylla</i>	0,32	0,36	0,45
<i>E. camaldulensis</i>	0,23	0,23	0,22
<i>E. pellita</i>	0,41	0,50	0,50

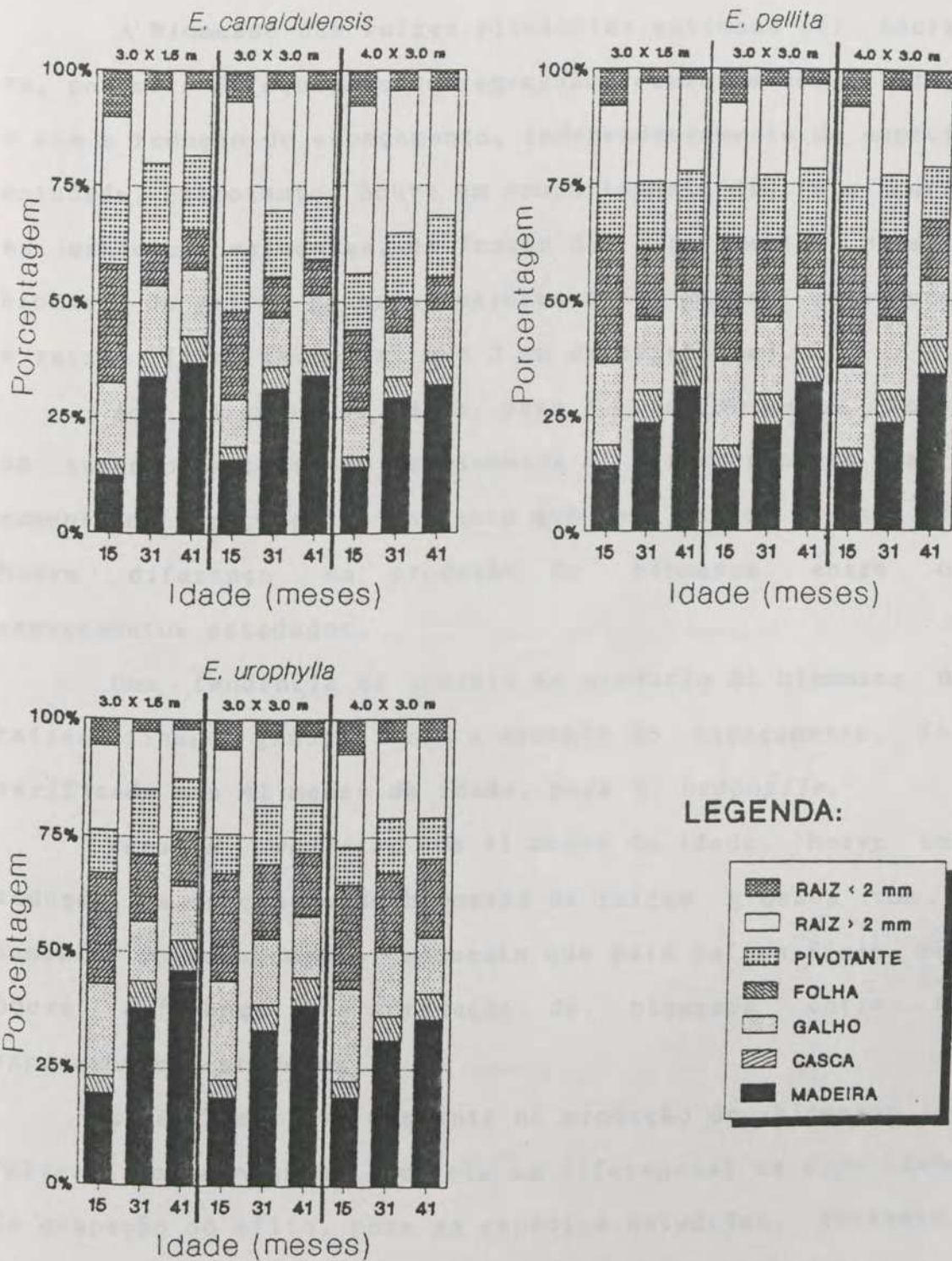


FIGURA 10 - Distribuição Relativa do Peso de Matéria Seca dos Componentes das Árvores de *E. camaldulensis*, *E. pellita* e *E. urophylla*, em Diferentes Espaçamentos, entre 15 e 41 Meses de Idade, em Três Marias, Minas Gerais.

(SANTANTONIO et alii, 1977 e WESTMAN & ROGERS, 1977; FELLER, 1980).

A biomassa das raízes pivotantes estimada por hectare, por meio de equações de regressão, aumentou com a idade e com a redução do espaçamento, independentemente da espécie estudada. Entretanto, houve um comportamento distinto entre as espécies estudadas, em função do espaçamento, para a biomassa de raízes grossas (maiores que 2 mm de espessura) e raízes finas (menores que 2 mm de espessura).

Aos 41 meses de idade, para *E. camaldulensis*, houve um aumento na produção de biomassa de raízes grossas com o aumento do espaçamento, enquanto que para raízes finas não houve diferença na produção de biomassa entre os espaçamentos estudados.

Uma tendência de aumento na produção de biomassa de raízes finas e grossas, com o aumento do espaçamento, foi verificada aos 41 meses de idade, para *E. urophylla*.

Para *E. pellita*, aos 41 meses de idade, houve uma redução na produção de biomassa de raízes grossas com o aumento do espaçamento, enquanto que para raízes finas não houve diferença na produção de biomassa entre os espaçamentos estudados.

Essa resposta distinta na produção de biomassa de raízes finas e grossas reflete um diferencial na capacidade de ocupação do sítio, para as espécies estudadas. Portanto, *E. camaldulensis* e *E. urophylla* foram mais eficientes na ocupação do sítio que *E. pellita*.

A relação raízes/parte aérea de *E. urophylla*, de maneira geral, manteve-se menor que *E. camaldulensis* e *E.*

*pellita*, independentemente do espaçamento e da idade (Quadro 1A). *E. urophylla*, mesmo acumulando uma menor quantidade relativa de biomassa nas raízes em relação às demais espécies, foi capaz de manter as maiores taxas de crescimento da parte aérea, mostrando uma característica bastante desejável de uma espécie florestal destinada à produção de biomassa.

*E. pellita* apresentou um comportamento interessante, pois manteve a mesma relação raiz/parte aérea, independentemente da idade e do espaçamento.

As maiores relações raiz/parte aérea foram verificadas para *E. camaldulensis*. Assim, essa característica de desenvolver um extenso sistema radicular, com a raiz pivotante desenvolvendo a grandes profundidades, confere a essa espécie uma capacidade de explorar um maior volume de solo, de maneira a atenuar os efeitos maléficos do estresse hídrico.

#### 4.2.3. Arquitetura do Sistema Radicular

A arquitetura do sistema radicular, ou seja, a variação espacial na distribuição das raízes laterais e pivotante é apresentada para *E. camaldulensis*, *E. pellita* e *E. urophylla* nos espaçamentos 3,0 x 1,5 m, 3,0 x 3,0 m e 4,0 x 3,0 m, aos 40 meses de idade, nas Figuras 11, 12 e 13. Comparando-se os dados apresentados nessas três figuras, verifica-se que *E. camaldulensis*, seguida de *E. urophylla* apresentaram a raiz pivotante explorando maiores profundidades do solo, com raízes plagiotrópicas em toda a

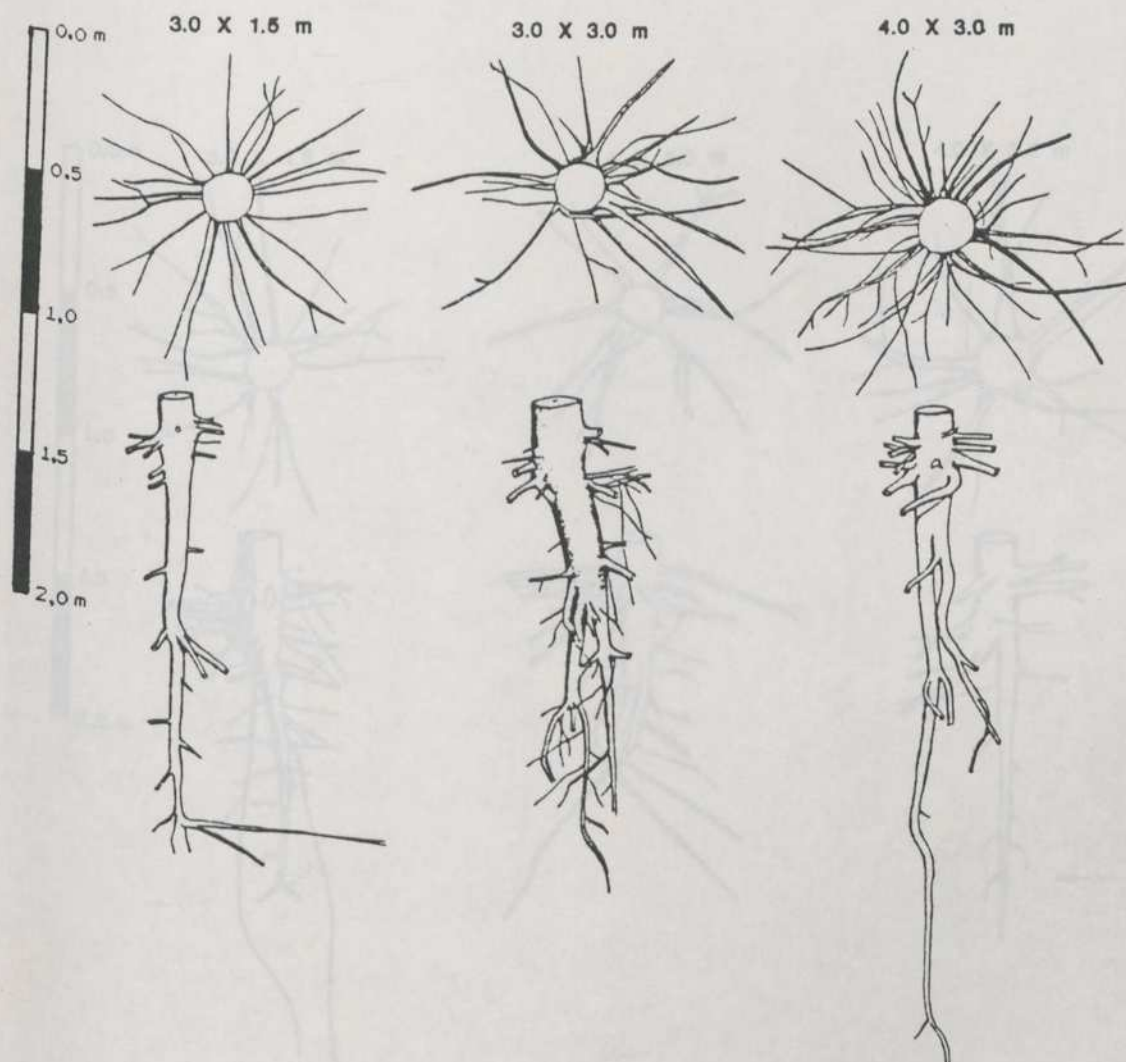


FIGURA 11 - Arquitetura do Sistema Radicular em Vistas Laterais e Superior de Plantas de *E. camaldulensis*, em Diferentes Espaçamentos, aos 41 Meses de Idade, em Três Marias, Minas Gerais.

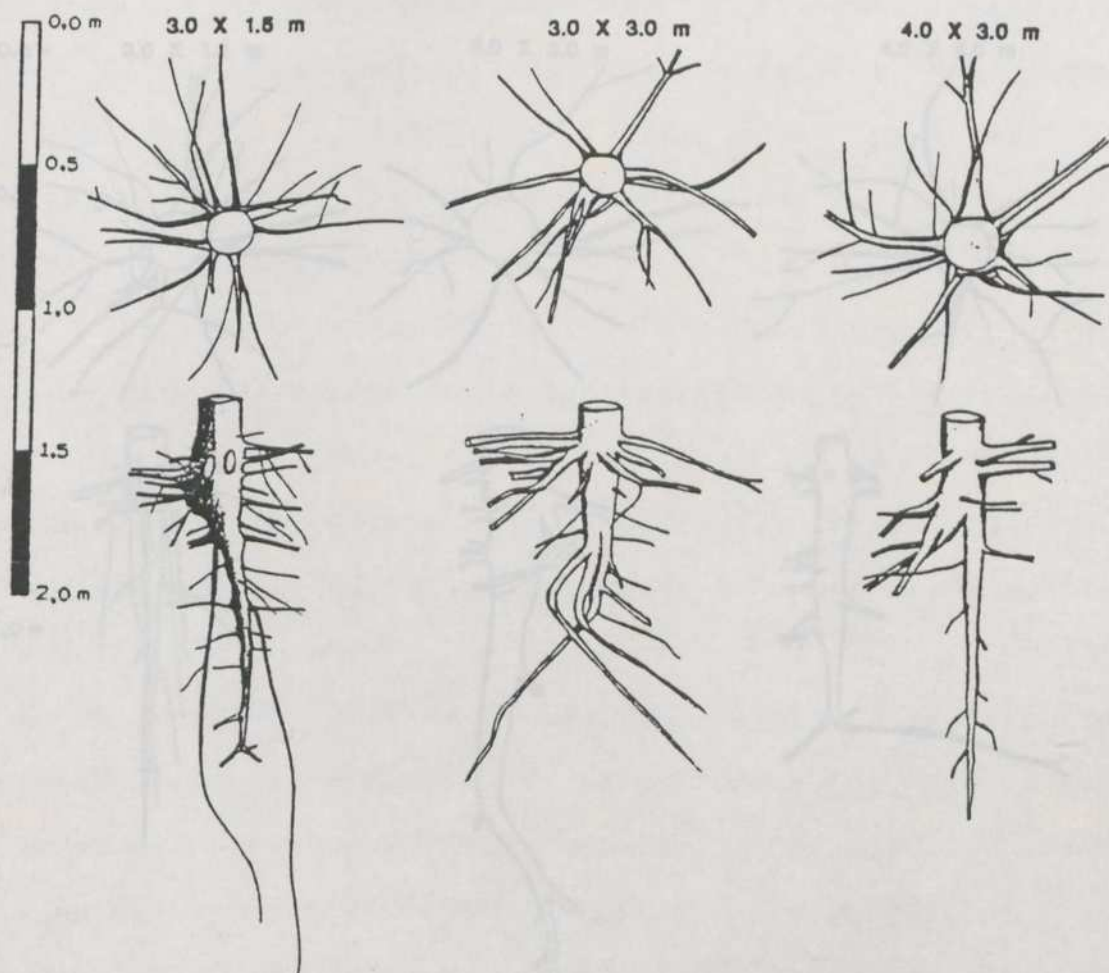


FIGURA 12 - Arquitetura do Sistema Radicular em Vistas Laterais e Superior de Plantas de *E. pellita*, em Diferentes Espaçamentos, aos 41 Meses de Idade, em Três Marias, Minas Gerais.

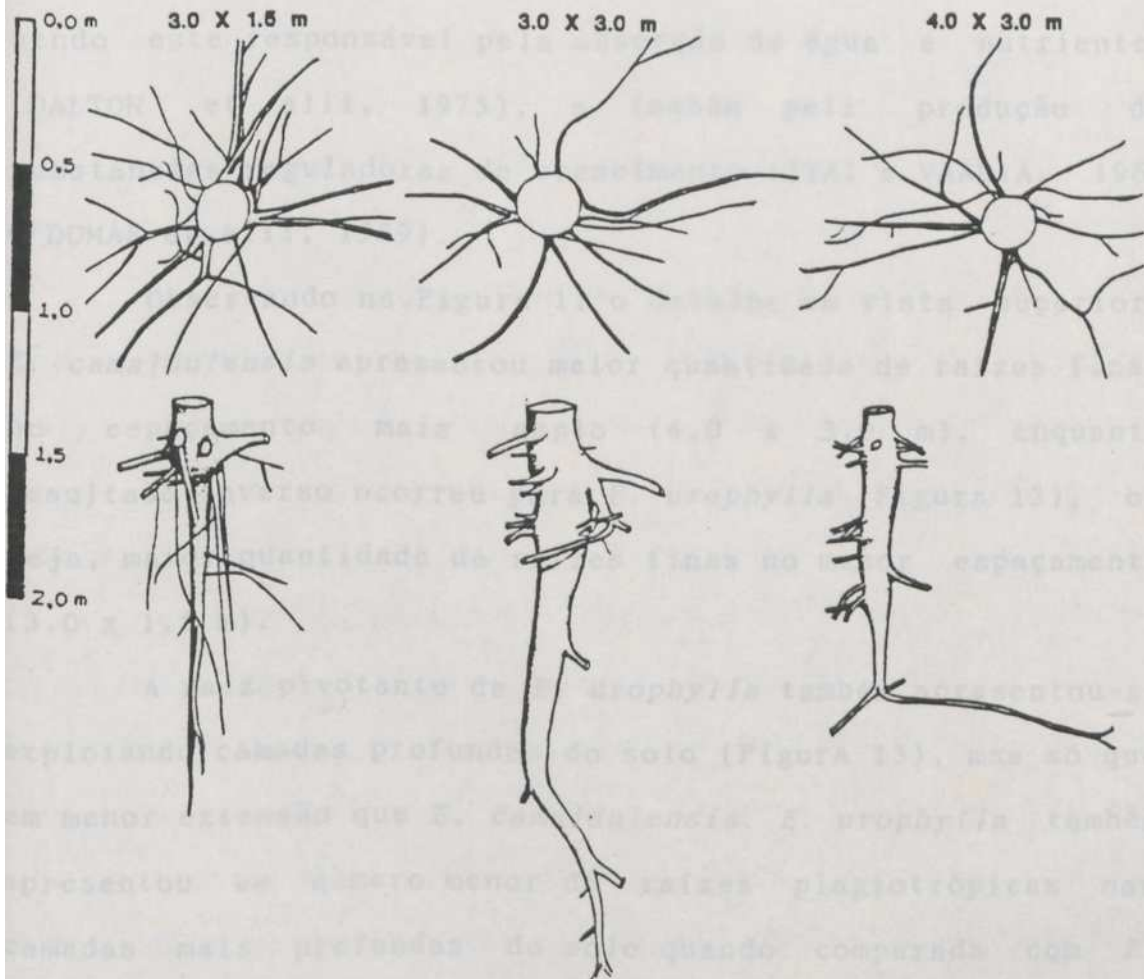


FIGURA 13 - Arquitetura do Sistema Radicular em Vistas Laterais e Superior de Plantas de *E. urophylla*, em Diferentes Espaçamentos, aos 41 Meses de Idade, em Três Marias, Minas Gerais.

sua extensão. Essa conformação da raiz pivotante faz com que essa espécie explore um maior volume do solo, possibilitando a absorção de água em camadas mais profundas do solo. Essa característica confere a essa espécie maior resistência à seca, sendo esta adaptação uma consequência direta da evolução de genótipos em ambientes sujeitos periodicamente a períodos secos (TAYLOR e KLEPPER, 1987). Esses estudos permitem a avaliação da capacidade de exploração das raízes e sua interação com o solo, fornecendo subsídios para o aprimoramento das técnicas de manejo, pois como a produção de biomassa pelas plantas depende do sistema radicular, sendo este responsável pela absorção de água e nutrientes (DALTON et alii, 1975), e também pela produção de substâncias reguladoras de crescimento (ITAI e VAADIA, 1965 e DUMAS et alii, 1989).

Observando na Figura 11 o detalhe em vista superior, *E. camaldulensis* apresentou maior quantidade de raízes finas no espaçamento mais amplo (4,0 x 3,0 m), enquanto resultado inverso ocorreu para *E. urophylla* (Figura 13), ou seja, maior quantidade de raízes finas no menor espaçamento (3,0 x 1,5 m).

A raiz pivotante de *E. urophylla* também apresentou-se explorando camadas profundas do solo (Figura 13), mas só que em menor extensão que *E. camaldulensis*. *E. urophylla* também apresentou um número menor de raízes plagiotrópicas nas camadas mais profundas do solo quando comparada com *E. camaldulensis*.

A arquitetura radicular de *E. pellita* (Figura 12) apresentou-se bastante distinta das outras duas espécies

estudadas. Sua raiz pivotante apresentou-se pouco profunda, explorando camadas mais superficiais do solo. Essa espécie apresentou suas raízes plagiotrópicas explorando as camadas superficiais do solo, sendo estas de grande diâmetro. O número de raízes finas explorando as camadas superficiais foi pequeno para essa espécie.

Essas características do sistema radicular de *E. pellita* não permitiram que as plantas explorassem um maior volume de solo, dificultando assim o suprimento de água e nutrientes. Esse comportamento sugere que *E. pellita* estará mais susceptível aos períodos secos que *E. camaldulensis* e *E. urophylla*, comprometendo assim a sua produtividade.

#### 4.3. Concentração e Conteúdo de Nutrientes

A concentração de nutrientes (Quadros 3A a 7A) foi influenciada, principalmente, pela espécie estudada, não se observando nenhuma tendência com a redução do espaçamento e com o aumento da idade, para as condições do sítio em estudo.

De maneira geral, os teores de nitrogênio, fósforo, potássio e magnésio nas folhas, para as três espécies estudadas, foram maiores que os encontrados nos demais componentes das plantas. MENGEL e KIRKBY (1982) descrevem essa característica como sendo decorrente do fato de as folhas serem os órgãos mais ativos das plantas e da elevada remobilização e redistribuição desses elementos nesses órgãos.

A concentração de nitrogênio nos diversos componentes da planta para *E. camaldulensis* foi maior que em *E. urophylla* que, por sua vez, foi maior que *E. pellita*, independentemente do espaçamento e da idade considerados. Segundo MILLARD (1988), maiores concentrações de nitrogênio contribuem significativamente com o potencial de solutos na planta. Essa concentração está diretamente relacionada com a regulação de turgescência e com o crescimento das plantas (OSONUBI e DAVIES, 1978 e JONES et alii, 1979).

A exemplo do que se observou para o nitrogênio, *E. camaldulensis* apresentou maior concentração de fósforo em todos componentes da árvore que *E. urophylla*, independentemente do espaçamento e da idade. *E. pellita* apresentou as menores concentrações de fósforo que as demais espécies, principalmente nos componentes da parte aérea. GONÇALVES (1992), trabalhando com plantas jovens de várias espécies de eucaliptos, em casa de vegetação, verificou que *E. camaldulensis*, sob condições de maior disponibilidade de fósforo e deficit hídrico, foi a espécie que apresentou maior incremento na relação raiz/parte aérea. Essa característica é um mecanismo de prevenção à seca, sendo que em *E. camaldulensis* deve-se ao crescimento mais rápido, profundo e ramificado do sistema radicular (AWE et alii, 1976; PEREIRA e KOZLOWSKI, 1976), que é favorecido pela maior disponibilidade de fósforo.

As maiores concentrações de potássio foram observadas nos componentes da parte aérea de *E. camaldulensis*, quando comparadas com *E. urophylla* e *E. pellita*, independentemente do espaçamento e da idade. Para os componentes do sistema

radicular (raiz pivotante e raízes maiores e menores que 2 mm de espessura), não houve diferença entre as espécies estudadas para a concentração de potássio. O potássio apresenta papel importante no mecanismo de controle estomático. Conseqüentemente, o status nutricional desse elemento na planta e, principalmente, nas folhas, afeta a perda de água por transpiração que, por sua vez, está diretamente relacionado com o status hídrico. De acordo com FORD e WILSON (1981), o potássio apresenta aparentemente um comportamento distinto no ajustamento osmótico entre as espécies. Neste trabalho, *E. camaldulensis* foi a espécie que apresentou maior concentração de potássio nas folhas, indicando que esta característica, dentre outras, é importante na manutenção do status hídrico dessa espécie. Os resultados encontrados por GONÇALVES (1992), para essa espécie, corroboram essa afirmativa.

A concentração de cálcio apresentou valores bem superiores na casca em relação aos demais componentes da planta para *E. camaldulensis*. Entretanto, para *E. pellita* e *E. urophylla*, a concentração de cálcio, tanto na casca quanto nas folhas, foi superior aos demais componentes da planta. Segundo MORAIS (1989), a concentração de cálcio para eucalipto, nos diferentes componentes da planta, varia de acordo com a espécie e as condições ambientais. OLIVA et alii (1989) verificaram que o deficit hídrico induziu a redução na concentração do cálcio na parte aérea. Assim, em condições de deficiência hídrica, como acontece nas áreas de cerrado no Brasil, a concentração de cálcio é extremamente dependente do potencial hídrico (BANGERTH, 1979) e da taxa

de transpiração (WILSON et alii, 1980), pela sua baixa mobilidade na planta.

A concentração de magnésio não apresentou diferenças significativas entre as espécies estudadas, independentemente da idade e do espaçamento. Entretanto, as concentrações foram mais elevadas nas folhas. Esse comportamento também foi observado por MORAIS (1989). Portanto, como uma das principais funções desse elemento na planta é a regulação da hidratação (LARCHER, 1980), o status nutricional desse elemento, principalmente nas folhas, contribui para a manutenção do status hídrico da planta.

Os dados relativos ao conteúdo de nutrientes são apresentados nos Quadros 17 a 21. Observa-se, de maneira geral, uma tendência de maior acúmulo de nutrientes com a redução do espaçamento e aumento da idade nos diversos componentes para as três espécies estudadas, refletindo, de certa forma, o acúmulo de biomassa.

Para as três espécies estudadas, o conteúdo de nitrogênio foi superior nas folhas, sendo que os demais componentes da planta não apresentaram grandes diferenças entre si, até a idade de 41 meses. Com o aumento da idade, provavelmente ocorrerá um aumento do acúmulo de nitrogênio no tronco, em detrimento dos demais componentes da árvore (PEREIRA, 1990 e SANTANA, 1994). O conteúdo de nitrogênio aos 41 meses de idade, na folha e madeira, para *E. urophylla*, foi muito superior ao observado nas demais espécies, independentemente do espaçamento e idade considerados. Esse maior acúmulo de nutrientes reflete, parcialmente, a produção das espécies estudadas (REIS et

QUADRO 17 - Conteúdo de Nitrogênio (kg/ha) na Matéria Seca nos Diversos Componentes das Árvores de *E. camaldulensis*, *E. pellita* e *E. urophylla*, em Diferentes Espaçamentos, entre 15 e 41 Meses de Idade, em Três Marias, Minas Gerais

Espaçamento (m)	Idade (meses)	Componentes da Árvore						
		Folha	Galho	Casca	Madeira	Pivotal	Raiz>2	Raiz<2
----- <i>E. camaldulensis</i> -----								
3x1,5	15	92,40	1,63	12,68	3,07	9,90	11,98	8,52
	31	98,77	24,40	40,08	30,96	36,43	47,47	9,66
	41	110,49	14,12	38,40	30,75	30,81	27,59	11,38
3x3	15	37,20	1,40	5,34	6,30	5,53	16,87	6,94
	31	61,62	15,46	38,48	25,05	19,51	74,68	8,29
	41	109,26	8,99	19,06	15,85	24,48	30,46	7,28
4x3	15	26,04	1,51	5,02	3,01	3,05	12,14	5,70
	31	69,99	8,57	18,23	23,81	21,29	43,03	7,14
	41	67,55	5,34	14,63	35,78	16,11	35,06	8,75
----- <i>E. pellita</i> -----								
3x1,5	15	62,86	4,42	14,33	5,11	4,78	12,03	9,18
	31	91,35	12,93	37,34	40,91	40,86	75,54	7,65
	41	117,89	13,84	29,00	38,02	46,06	56,08	8,44
3x3	15	29,97	1,20	6,13	5,90	3,64	6,81	4,58
	31	58,27	12,13	20,88	29,27	26,43	36,22	6,54
	41	83,71	9,63	40,61	72,59	37,63	36,64	7,21
4x3	15	27,33	0,81	5,16	4,60	6,06	8,90	4,69
	31	104,24	7,85	25,12	29,55	24,60	27,85	5,69
	41	87,05	9,88	20,89	26,68	33,50	26,36	10,24
----- <i>E. urophylla</i> -----								
3x1,5	15	94,29	3,81	18,15	8,85	6,43	18,94	7,53
	31	144,79	15,58	42,16	57,03	25,34	38,43	7,38
	41	218,74	14,45	40,43	81,85	44,54	34,17	9,69
3x3	15	49,20	1,92	14,62	15,17	6,88	18,40	4,44
	31	78,69	18,52	45,33	66,18	29,81	24,78	7,40
	41	150,40	21,40	34,13	79,64	21,18	27,92	12,51
4x3	15	92,54	2,43	12,55	37,79	4,66	11,89	6,32
	31	96,47	8,44	26,63	88,55	81,07	39,07	5,64
	41	273,16	10,87	27,27	91,21	21,37	58,28	12,93

QUADRO 18 - Conteúdo de Fósforo (kg/ha) na Matéria Seca nos Diversos Componentes das Árvores de *E. camaldulensis*, *E. pellita* e *E. urophylla*, em Diferentes Espaçamentos, entre 15 e 41 Meses de Idade, em Três Marias, Minas Gerais

Espaçamento (m)	Idade (meses)	Componentes da Árvore						
		Folha	Galho	Casca	Tronco	Pivotal	Raiz>2	Raiz<2
----- <i>E. camaldulensis</i> -----								
3x1,5	15	4,23	0,14	3,22	0,69	0,37	0,65	0,47
	31	5,35	1,67	5,21	4,47	0,75	1,15	0,59
	41	4,05	0,71	3,15	4,29	0,99	0,98	0,35
3x3	15	1,85	0,13	0,54	1,27	0,16	0,82	0,34
	31	4,20	1,14	3,67	1,76	0,48	1,89	0,37
	41	3,59	0,80	1,29	1,66	0,71	1,39	0,42
4x3	15	1,48	0,07	0,38	0,29	0,13	0,57	0,27
	31	3,23	0,95	2,72	2,94	1,60	2,25	0,40
	41	2,79	0,34	1,84	1,98	0,75	1,82	0,70
----- <i>E. pellita</i> -----								
3x1,5	15	3,38	0,21	0,86	0,47	0,48	0,72	0,40
	31	6,27	0,84	2,54	2,65	1,94	2,30	0,53
	41	4,11	0,59	1,81	1,56	3,04	2,73	0,50
3x3	15	1,72	0,08	0,45	0,29	0,21	0,35	0,24
	31	4,26	0,40	1,60	2,63	1,55	1,34	0,34
	41	4,18	0,60	1,74	1,94	1,29	1,99	0,51
4x3	15	1,45	0,07	0,40	0,28	0,19	0,38	0,32
	31	3,95	0,36	1,06	1,26	0,65	1,19	0,38
	41	4,38	1,09	1,91	1,55	1,83	1,69	0,48
----- <i>E. urophylla</i> -----								
3x1,5	15	5,18	0,39	2,73	1,13	0,30	0,62	0,46
	31	8,73	0,80	3,13	1,78	0,82	0,91	0,29
	41	8,14	0,78	3,10	2,15	1,08	1,23	0,29
3x3	15	3,60	0,21	1,49	0,80	0,36	0,74	0,26
	31	5,14	0,82	6,13	3,38	1,05	1,01	0,39
	41	7,25	1,35	4,57	1,96	0,78	1,45	0,43
4x3	15	2,77	0,22	1,20	0,57	0,18	0,63	0,19
	31	5,96	0,57	3,75	2,24	2,36	1,60	0,35
	41	11,22	1,30	6,17	2,07	1,22	2,40	0,77

QUADRO 19 - Conteúdo de Potássio (kg/ha) na Matéria Seca nos Diversos Componentes das Árvores de *E. camaldulensis*, *E. pellita* e *E. urophylla*, em Diferentes Espaçamentos, entre 15 e 41 Meses de Idade, em Três Marias, Minas Gerais

Espaçamento (m)	Idade (meses)	Componentes da Árvore						
		Folha	Galho	Casca	Tronco	Pivotal	Raiz>2	Raiz<2
----- <i>E. camaldulensis</i> -----								
3x1,5	15	36,36	2,19	26,86	3,44	2,16	4,05	2,12
	31	42,47	22,83	32,74	26,00	6,25	9,82	2,10
	41	43,09	3,97	38,79	12,36	6,22	13,80	3,13
3x3	15	15,75	2,18	12,40	4,06	1,86	6,87	1,28
	31	34,18	7,37	25,48	12,72	6,07	14,40	2,06
	41	20,37	6,05	15,46	14,42	7,20	19,00	2,50
4x3	15	14,62	1,15	6,89	3,59	1,99	7,92	1,47
	31	21,39	10,27	14,72	15,19	5,34	13,85	1,93
	41	39,66	4,12	35,82	14,87	4,52	15,36	2,07
----- <i>E. pellita</i> -----								
3x1,5	15	29,20	2,84	17,92	5,02	2,23	6,65	2,61
	31	37,62	13,04	39,52	19,09	9,03	14,82	1,78
	41	37,63	5,86	29,07	11,27	14,70	24,61	2,14
3x3	15	11,47	1,53	8,77	2,91	1,85	3,68	1,39
	31	26,53	6,03	33,92	14,83	8,29	8,78	1,96
	41	32,21	6,04	24,97	9,12	6,50	12,83	2,10
4x3	15	13,92	1,13	7,32	2,64	2,77	3,82	1,25
	31	34,87	5,17	19,72	8,23	5,11	8,02	1,45
	41	43,22	5,67	18,78	7,91	7,23	12,72	2,62
----- <i>E. urophylla</i> -----								
3x1,5	15	25,77	3,28	29,93	8,77	3,26	6,93	1,54
	31	37,99	5,03	34,04	22,83	5,55	4,98	0,75
	41	35,75	4,46	40,75	24,29	7,19	9,79	1,12
3x3	15	13,88	1,35	17,21	10,53	2,15	5,15	1,12
	31	35,73	6,10	25,30	17,94	5,29	5,03	1,22
	41	74,44	8,34	35,87	17,47	5,43	10,39	1,51
4x3	15	14,00	2,09	15,33	5,58	2,50	4,49	1,11
	31	43,05	4,05	26,90	16,28	6,45	10,39	2,10
	41	58,92	8,59	50,49	16,07	4,30	10,34	2,36

QUADRO 20 - Conteúdo de Cálcio (kg/ha) na Matéria Seca nos Diversos Componentes das Árvores de *E. camaldulensis*, *E. pellita* e *E. urophylla*, em Diferentes Espaçamentos, entre 15 e 41 Meses de Idade, em Três Marias, Minas Gerais

Espaçamento (m)	Idade (meses)	Componentes da Árvore						
		Folha	Galho	Casca	Tronco	Pivotal	Raiz>2	Raiz<2
----- <i>E. camaldulensis</i> -----								
3x1,5	15	18,96	1,65	39,85	1,48	2,18	6,58	2,14
	31	25,54	27,85	76,58	9,34	3,04	17,29	2,24
	41	32,51	5,88	43,13	9,26	4,08	7,35	1,04
3x3	15	9,72	1,10	6,09	1,68	1,00	9,12	1,89
	31	14,90	6,40	84,42	6,09	9,97	22,07	1,29
	41	20,61	6,06	29,46	6,84	2,43	14,00	1,37
4x3	15	8,77	0,74	14,83	1,21	2,46	4,03	0,87
	31	10,76	5,62	36,70	5,66	1,74	10,17	1,27
	41	11,09	5,78	34,52	5,81	2,91	19,09	2,13
----- <i>E. pellita</i> -----								
3x1,5	15	17,62	2,05	7,72	1,17	0,74	3,22	0,92
	31	35,82	9,25	24,85	6,38	17,94	26,61	1,56
	41	26,50	5,71	13,70	4,19	4,28	17,29	1,54
3x3	15	8,64	0,81	5,40	1,16	0,90	4,06	1,21
	31	26,68	6,05	14,84	4,81	15,04	7,02	2,10
	41	19,45	5,86	7,07	3,62	5,22	7,69	1,49
4x3	15	7,29	0,71	5,27	0,90	1,26	3,96	0,76
	31	18,70	5,42	8,32	2,63	3,38	5,81	0,85
	41	66,65	4,82	6,95	3,29	2,60	9,00	2,36
----- <i>E. urophylla</i> -----								
3x1,5	15	27,28	1,79	61,09	2,97	1,88	7,27	1,33
	31	39,50	8,49	32,29	7,43	2,83	5,92	1,08
	41	47,40	9,43	49,04	11,30	4,56	8,69	0,68
3x3	15	44,82	2,17	13,07	2,68	2,51	6,55	0,96
	31	49,39	12,01	30,46	43,91	5,92	14,75	1,52
	41	28,60	6,54	24,10	9,10	2,22	7,49	1,42
4x3	15	14,14	1,46	9,03	1,56	1,00	3,50	0,62
	31	37,74	4,97	21,02	5,33	9,74	6,18	0,99
	41	38,77	6,07	19,46	7,43	1,40	10,66	1,93

QUADRO 21 - Conteúdo de Magnésio (kg/ha) na Matéria Seca nos Diversos Componentes das Árvores de *E. camaldulensis*, *E. pellita* e *E. urophylla*, em Diferentes Espaçamentos, entre 15 e 41 Meses de Idade, em Três Marias, Minas Gerais

Espaçamento (m)	Idade (meses)	Componentes da Árvore						
		Folha	Galho	Casca	Tronco	Pivotante	Raiz>2	Raiz<2
----- <i>E. camaldulensis</i> -----								
3x1,5	15	1,05	0,02	0,40	0,40	0,26	0,90	0,86
	31	0,96	0,40	1,44	3,33	0,79	3,15	1,06
	41	7,61	1,27	5,69	3,38	0,81	3,18	0,97
3x3	15	0,57	0,02	0,15	0,39	0,13	1,21	0,56
	31	0,70	0,09	1,06	1,73	0,38	3,16	0,58
	41	6,75	1,07	4,40	3,52	0,48	5,13	1,15
4x3	15	0,35	0,02	0,18	0,58	0,32	1,18	0,39
	31	0,45	0,11	0,36	1,34	0,48	2,40	0,76
	41	4,27	0,56	2,36	1,22	2,24	6,61	1,15
----- <i>E. pellita</i> -----								
3x1,5	15	1,25	0,04	0,21	0,42	0,19	1,20	0,60
	31	1,97	0,34	0,35	1,59	0,29	2,08	0,60
	41	10,48	1,22	2,70	1,60	1,52	4,55	0,58
3x3	15	0,59	0,02	0,11	0,29	0,15	0,64	0,33
	31	1,94	0,19	0,32	1,67	0,81	1,83	0,42
	41	8,96	1,11	1,77	1,14	3,72	2,53	0,56
4x3	15	0,54	0,02	0,18	0,29	0,25	0,54	0,34
	31	1,20	0,28	0,25	0,85	0,36	1,48	0,40
	41	7,68	0,90	1,25	1,18	0,88	2,32	0,87
----- <i>E. urophylla</i> -----								
3x1,5	15	1,54	0,05	0,85	1,73	0,40	1,21	0,65
	31	1,70	0,46	0,87	2,04	0,78	1,59	0,52
	41	18,58	2,23	6,29	3,83	1,47	3,49	0,75
3x3	15	1,16	0,03	0,50	0,94	0,27	0,97	0,50
	31	1,75	0,64	1,18	7,30	0,94	2,71	0,66
	41	13,84	1,08	5,17	2,90	0,75	3,77	1,06
4x3	15	0,66	0,04	0,54	0,80	0,17	0,69	0,42
	31	1,44	0,14	0,42	1,44	0,30	1,94	0,53
	41	18,89	1,56	5,64	2,62	0,52	3,60	1,44

alii, 1985, 1987 e PEREIRA, 1990). No presente experimento, *E. urophylla* foi a espécie que apresentou a maior produção de biomassa por unidade de área.

O conteúdo de fósforo foi mais elevado nas folhas que para os demais componentes (Quadro 18), apesar de se constituir no componente com a menor biomassa, o que está de acordo com dados de REIS et alii (1987), PEREIRA (1990), TEIXEIRA (1987) e MORAIS (1989). O *E. urophylla* apresentou maior conteúdo de fósforo nas folhas e na casca, em comparação com as outras duas espécies estudadas. Observa-se que, apesar da produção de madeira de *E. urophylla* ter sido a mais elevada, o seu conteúdo de fósforo é similar ao das demais espécies estudadas.

O conteúdo de potássio nos diversos componentes das plantas apresentou-se bastante semelhante para as três espécies estudadas, observando-se apenas uma pequena tendência de *E. urophylla* apresentar maiores valores que as demais espécies (Quadro 19). De maneira geral, os conteúdos de potássio nas folhas e casca foram maiores que os demais componentes da planta, independentemente do espaçamento e da idade estudados.

Os maiores conteúdos de cálcio para *E. camaldulensis* foram encontrados na casca, seguindo-se as folhas e os demais componentes da árvore, independentemente da idade e do espaçamento (Quadro 20). Para *E. urophylla* e *E. pellita*, os maiores conteúdos de cálcio foram encontrados tanto nas folhas quanto na casca, seguindo-se os demais componentes. Vários pesquisadores (TEIXEIRA, 1987; REIS, 1987; PEREIRA, 1990 e SANTANA, 1994), trabalhando com o gênero *Eucalyptus*,

principalmente em maiores idades, têm observado os maiores acúmulos de cálcio na casca.

Comparando-se os dados de conteúdo de magnésio nos diferentes componentes da planta com outros trabalhos, observa-se que os valores encontrados são baixos, o que pode ser explicado pelos baixos teores de magnésio disponíveis no solo. REIS et alii (1987), trabalhando com *E. grandis* em condições de cerrado, também encontraram valores similares ao deste estudo nas idades mais jovens.

#### 4.4. Eficiência de Utilização de Nutrientes

A eficiência de utilização de nutrientes (kg de biomassa/kg de nutriente), para a produção de biomassa total das plantas, variou em função da idade, da espécie e do espaçamento (Quadro 22).

Com o aumento da idade, as plantas tornaram-se mais eficientes na utilização de N, P, K e Ca. Segundo BARROS et alii (1986), a eficiência de um determinado nutriente pode aumentar à medida que a disponibilidade do nutriente no solo diminuir. REIS et alii (1987) observaram aumento na eficiência de utilização de nutriente, quando plantas de *E. grandis*, estabelecidas em sítio de menor fertilidade, foram comparadas com as do sítio de fertilidade mais elevada. Esse aumento da eficiência de utilização de nutriente com a idade ocorre também em função do aumento da ciclagem interna, principalmente, quando se inicia a formação do cerne (ATTIWILL, 1980; ATTIWILL e LEEPER, 1987 e REIS et alii, 1987).

QUADRO 22 - Coeficiente de Utilização Biológico (CUB), em Relação à Biomassa Total de *E. camaldulensis*, *E. pellita* e *E. urophylla*, entre os 15 e 41 Meses de Idade, em Três Marias, Minas Gerais, (Média de Todos Espaçamentos)

Idade (meses)	N	P	K	Ca	Mg
----- <i>E. camaldulensis</i> -----					
15	127	2056	213	264	3203
31	145	2252	328	303	4404
41	235	4529	485	581	2411
----- <i>E. pellita</i> -----					
15	131	2321	231	383	3598
31	137	2642	310	440	5150
41	194	3950	489	767	2731
----- <i>E. urophylla</i> -----					
15	101	1801	243	238	3071
31	137	2539	407	409	5094
41	161	3585	490	698	2047

Os nutrientes mais eficientemente utilizados para a produção de biomassa total foram o fósforo e o magnésio (Quadro 22). PEREIRA (1990), estudando a eficiência nutricional de *E. grandis* e *E. urophylla* em diferentes idades e diferentes espaçamentos, nas condições de cerrado, também concluiu que o fósforo apresentou-se como o nutriente mais eficientemente utilizado na produção do tronco (madeira + casca) e da copa. Essa maior eficiência de utilização do fósforo está relacionada à pequena demanda desse nutriente pela planta e à baixa fertilidade natural dos solos do cerrado brasileiro. Assim, nesses sítios, a aplicação de grandes quantidades de fósforo tem-se tornado uma prática indispensável à manutenção da produtividade florestal. Outro fato importante é que os teores de fósforo da área em estudo (Quadro 3) são muito inferiores ao nível crítico de manutenção descrito por NOVAIS et alii (1986) para um solo arenoso. Os resultados de coeficiente de utilização biológico, obtidos por PEREIRA (1990) para *E. urophylla*, em povoamentos com 42 meses de idade foram inferiores ao coeficiente obtido no presente trabalho, em razão das diferenças na textura do solo que influencia na disponibilidade do fósforo.

Com relação ao magnésio, os altos valores de eficiência de utilização para a produção de biomassa encontrados, para as três espécies estudadas, também podem ser explicados pelos resultados das análises químicas do solo (Quadro 3), pois os valores encontrados estão próximos de zero.

Esses resultados sobre o comportamento do coeficiente de utilização biológico do fósforo e magnésio permitem inferir sobre a hipótese de que um coeficiente de utilização biológico extremamente alto, apesar da pouca idade das plantas, parece ser uma evidência concreta de que esses nutrientes avaliados estão limitando o crescimento nessa rotação e, como consequência, nas rotações futuras essa limitação será ainda maior. É importante destacar também que um coeficiente de utilização biológico satisfatório de um determinado nutriente não implica, necessariamente, em que esse nutriente não limitará a próxima rotação.

De modo geral, o coeficiente de utilização biológico do nitrogênio e do fósforo, avaliados na biomassa total, aos 41 meses de idade (Quadro 22), foi maior no *E. camaldulensis*, sendo, portanto, mais eficiente na utilização desses nutrientes que *E. pellita*, seguindo-se o *E. urophylla*. Portanto, observa-se que os maiores valores de eficiência de utilização de nutrientes não foram acompanhados dos maiores valores de produção de biomassa (Quadro 1A).

Com relação ao coeficiente de utilização biológico do cálcio e magnésio, avaliados na biomassa total, aos 41 meses de idade (QUADRO 22), o *E. pellita* foi o mais eficiente na utilização desses nutrientes, em comparação com *E. urophylla* e *E. camaldulensis*.

A eficiência de utilização de nutrientes para a produção do tronco (madeira + casca) (Quadro 23) apresentou um comportamento distinto em relação à eficiência de utilização de nutrientes para a produção da biomassa total

QUADRO 23 - Coeficiente de Utilização Biológico (CUB), em Relação à Biomassa do Tronco (Madeira + Casca) de *E. camaldulensis*, *E. pellita* e *E. urophylla*, entre os 15 e 41 Meses de Idade, em Três Marias, Minas Gerais, Independentemente do Espaçamento

Idade (meses)	N	P	K	Ca	Mg
----- <i>E. camaldulensis</i> -----					
15	160	1287	110	133	2648
31	218	1903	312	187	4609
41	425	4916	495	483	3409
----- <i>E. pellita</i> -----					
15	131	1959	125	244	3527
31	159	2670	229	529	6081
41	308	5958	608	1642	6571
----- <i>E. urophylla</i> -----					
15	104	1271	111	163	1858
31	163	2881	357	436	5707
41	269	5186	519	822	3568

(Quadro 22) aos 41 meses de idade. *E. pellita* apresentou uma maior eficiência de utilização de fósforo, potássio, cálcio e magnésio que *E. urophylla*, seguindo-se o *E. camaldulensis*. Entretanto, *E. camaldulensis* foi a espécie que apresentou maior eficiência de utilização de nitrogênio, em relação às outras duas espécies.

Comparando-se a eficiência de utilização de nutrientes em relação ao espaçamento, as três espécies estudadas apresentaram comportamentos diferenciados (Quadros 24 a 27).

Analisando o maior e menor espaçamento estudado, ou seja, 4 x 3 m e 3 x 1,5 m, aos 41 meses de idade, de maneira geral, *E. camaldulensis* apresentou maior eficiência de utilização de nutrientes para a produção de biomassa total, tronco, copa e raízes (Quadros 24 a 27) no espaçamento mais amplo (4,0 x 3,0 m). Esse resultado acompanha a tendência de crescimento e a produção de biomassa dessa espécie em função da densidade populacional discutida nos itens anteriores. Entretanto, *E. urophylla* e *E. pellita* apresentaram maior eficiência de utilização de nutrientes para a produção de biomassa total, tronco, copa e raízes (Quadros 24 a 27) no menor espaçamento (3,0 x 1,5 m), aos 41 meses de idade. Para essas espécies, a maior quantidade de matéria seca, produzida por unidade de nutriente absorvido no menor espaçamento, mostra que competição nesses espaçamentos é responsável pela menor disponibilidade desses nutrientes no solo.

QUADRO 24 - Coeficiente de Utilização Biológico (CUB), em Relação à Biomassa Total de *E. camaldulensis*, *E. pellita* e *E. urophylla*, nos Diversos Espaçamentos, entre os 15 e 41 Meses de Idade, em Três Marias, Minas Gerais

Espaça- mento (m)	Idade (meses)	N	P	K	Ca	Mg
----- <i>E. camaldulensis</i> -----						
3x1.5	15	86	1235	156	166	3082
	29	127	1917	259	227	3302
	40	202	3671	439	516	2327
3x3	15	134	2078	240	348	3509
	29	143	2580	341	240	4529
	40	236	5145	597	628	2257
4x3	15	162	2854	243	277	3019
	29	166	2260	385	443	5381
	40	266	4769	419	599	2648
----- <i>E. pellita</i> -----						
3x1.5	15	119	2054	201	400	3419
	29	138	2491	315	347	5868
	40	215	4647	523	910	2941
3x3	15	142	2461	262	373	3920
	29	156	2474	299	392	4167
	40	165	3877	507	943	2403
4x3	15	131	2449	230	375	3454
	29	116	2962	317	580	5416
	40	200	3325	438	449	2848
----- <i>E. urophylla</i> -----						
3x1.5	15	121	1769	235	185	2974
	29	165	3307	490	559	6852
	40	190	5015	683	642	2299
3x3	15	116	1713	249	176	2916
	29	140	2127	395	241	2512
	40	171	3332	386	746	2074
4x3	15	66	1922	246	354	3322
	29	106	2184	337	428	5917
	40	122	2409	401	707	1768

QUADRO 25 - Coeficiente de Utilização Biológico (CUB), em Relação à Biomassa do Tronco (Madeira + Casca) de *E. camaldulensis*, *E. pellita* e *E. urophylla*, nos Diversos Espaçamentos, entre os 15 e 41 Meses de Idade, em Três Marias, Minas Gerais

Espaça- mento (m)	Idade (meses)	N	P	K	Ca	Mg
----- <i>E. camaldulensis</i> -----						
3x1.5	15	116	468	60	44	2215
	31	201	1499	247	169	3038
	41	330	3069	446	436	2517
3x3	15	173	1116	123	260	3724
	31	198	2316	329	139	4510
	41	578	6843	676	556	2548
4x3	15	190	2279	146	95	2004
	31	255	1893	358	253	6280
	41	366	4834	364	458	5161
----- <i>E. pellita</i> -----						
3x1.5	15	127	1870	108	279	3946
	31	163	2495	221	415	6665
	41	385	7647	609	1440	5997
3x3	15	127	1994	130	232	3862
	31	170	2097	182	451	4434
	41	166	5096	550	1752	6431
4x3	15	140	2014	137	221	2773
	31	145	3418	283	722	7143
	41	373	5131	664	1733	7284
----- <i>E. urophylla</i> -----						
3x1.5	15	165	1152	109	69	1719
	31	241	4859	420	602	8202
	41	364	8461	683	737	4393
3x3	15	98	1271	105	186	2018
	31	132	1550	341	198	1739
	41	233	4064	497	799	3286
4x3	15	49	1389	118	233	1838
	31	116	2234	310	508	7179
	41	211	3032	376	930	3027

QUADRO 26 - Coeficiente de Utilização Biológico (CUB), em Relação à Biomassa da Copa (Galhos + Folhas) de *E. camaldulensis*, *E. pellita* e *E. urophylla*, nos Diversos Espaçamentos, entre os 15 e 41 Meses de Idade, em Três Marias, Minas Gerais

Espaça- mento (m)	Idade (meses)	N	P	K	Ca	Mg
----- <i>E. camaldulensis</i> -----						
3x1.5	15	55	1180	134	250	4805
	31	69	1210	130	159	6236
	41	98	2575	260	319	1381
3x3	15	80	1548	171	284	5204
	31	89	1280	164	321	8607
	41	84	2262	376	373	1272
4x3	15	89	1571	155	256	6597
	31	70	1313	173	335	9794
	41	117	2724	195	505	1762
----- <i>E. pellita</i> -----						
3x1.5	15	91	1702	190	310	4719
	31	126	1845	259	291	5676
	41	118	3315	358	483	1330
3x3	15	120	2069	287	394	6140
	31	142	2145	307	305	4689
	41	127	2487	311	469	1180
4x3	15	116	2146	217	406	5805
	31	78	2033	219	363	5881
	41	115	2040	228	156	1299
----- <i>E. urophylla</i> -----						
3x1.5	15	86	1513	290	290	5298
	31	93	1571	348	312	6925
	41	85	2233	496	350	957
3x3	15	111	1492	373	121	4748
	31	120	1954	279	190	4866
	41	93	1867	194	457	1076
4x3	15	50	1590	295	305	6712
	31	109	1746	242	267	7202
	41	62	1403	260	392	859

QUADRO 27 - Coeficiente de Utilização Biológico (CUB), em Relação à Biomassa das Raízes de *E. camaldulensis*, *E. pellita* e *E. urophylla*, nos Diversos Espaçamentos, entre os 15 e 41 Meses de Idade, em Três Marias, Minas Gerais

Espaça- mento (m)	Idade (meses)	N	P	K	Ca	Mg
----- <i>E. camaldulensis</i> -----						
3x1.5	15	167	3395	611	466	2520
	31	147	5533	759	611	2756
	41	261	7850	787	1461	3674
3x3	15	189	4180	555	463	2922
	31	151	5640	685	463	3755
	41	332	8188	719	1159	3054
4x3	15	247	5292	454	702	2729
	31	219	3680	741	1187	4285
	41	363	6645	992	902	2178
----- <i>E. pellita</i> -----						
3x1.5	15	185	2985	419	987	2411
	31	133	3449	642	357	5499
	41	228	4030	609	1093	3800
3x3	15	201	3799	437	491	2726
	31	161	3443	584	460	3629
	41	208	4444	791	1176	2488
4x3	15	150	3298	375	490	2586
	31	163	4290	652	946	4251
	41	201	3522	624	1009	3458
----- <i>E. urophylla</i> -----						
3x1.5	15	190	4526	533	597	2776
	31	220	7677	1387	1591	5431
	41	225	7580	1097	1426	3475
3x3	15	141	3073	498	418	2404
	31	183	4787	1015	529	2724
	41	271	6275	962	1498	2991
4x3	15	168	3870	475	753	3006
	31	95	2779	633	709	4331
	41	195	4112	1059	1287	3239

## 5. RESUMO E CONCLUSÕES

O efeito do espaçamento sobre o crescimento e a eficiência nutricional de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. pellita* e *E. urophylla* foi estudado na região de Três Marias, MG.

A altura e o diâmetro de plantas sob espaçamentos 3,0 x 1,5m, 3,0 x 3,0 m e 4,0 x 3,0 m foram avaliados entre 15 e 41 meses após o plantio. A biomassa da parte aérea e das raízes foi determinada por meio de equações, utilizando-se 27 árvores para cada espécie, aos 15, 29 e 40 meses de idade. Determinou-se, também, o conteúdo de nutrientes e o coeficiente de utilização biológico (CUB) dos componentes da árvore.

As principais conclusões desse estudo foram:

- O crescimento em altura e em diâmetro, a produção de biomassa e a eficiência de utilização de nutrientes variaram com o espaçamento e com o material genético (espécies/procedência) estudados.

- O diâmetro das árvores apresentou valores crescentes com o aumento do espaçamento, para as três espécies estudadas. Com relação à altura, *E. urophylla* apresentou os maiores valores no menor espaçamento, enquanto *E. camaldulensis* apresentou resultado reverso.

- As procedências estudadas de *E. urophylla* e *E. camaldulensis* apresentaram crescimento em altura e diâmetro e produção de biomassa superiores aos de *E. pellita*, até a idade estudada.

- No ajuste das equações de biomassa, a inclusão das variáveis independentes "área útil por planta" e idade, sozinhas ou em combinação, contribuíram para um melhor ajuste dos modelos para os diversos componentes da planta. A variável "área útil por planta" contribuiu principalmente para o ajuste dos modelos envolvendo as raízes menores que dois milímetros.

- A pequena redução na produção de biomassa das plantas no espaçamento 3,0 x 1,5 m, em relação ao espaçamento 4,0 x 3,0 m, sugere não ser recomendável a adoção de espaçamentos reduzidos para *E. camaldulensis*. Os elevados custos na produção de mudas, implantação e manutenção de povoados adensados não resultaram em aumento da produção de biomassa, proporcional a esses investimentos.

- Nos espaçamentos mais abertos, houve redução na proporção da biomassa do tronco em relação à biomassa total em razão, principalmente, de aumento na biomassa das folhas e raízes laterais para *E. urophylla* e *E. pellita* e, das raízes com diâmetro superior a dois milímetros, para *E.*

*camaldulensis*, ou seja, houve alocação de biomassa para componentes da árvore que não são explorados comercialmente para as espécies estudadas.

- O espaçamento, aparentemente, não afetou o desenvolvimento da raiz pivotante das plantas das três espécies. *E. urophylla* e *E. camaldulensis* apresentaram raiz pivotante bem definida e profunda, ao passo que *E. pellita* apresentou um sistema radicular mais superficial, com a raiz pivotante pouco definida.

- Nos espaçamentos 3,0 x 1,5 m, a maior competição entre plantas resultou na estabilização do acúmulo de biomassa em menores idades que o observado no espaçamento 4,0 x 3,0 m, para todas as espécies.

- A eficiência de utilização de nutrientes para a produção de biomassa das plantas variou em função da idade, da espécie e do espaçamento. A maior eficiência nutricional foi observada para nitrogênio e fósforo na produção de biomassa total de *E. camaldulensis*, enquanto *E. pellita* apresentou eficiência mais elevada para cálcio e magnésio, não tendo sido observado diferença entre as duas espécies, para o potássio. *E. urophylla*, de maneira geral, apresentou a eficiência nutricional baixa em relação às demais espécies. *E. camaldulensis* apresentou maior eficiência de utilização de nutrientes para produção de biomassa total no espaçamento 4,0 x 3,0 m, enquanto *E. urophylla* e *E. pellita* apresentaram maior eficiência nutricional no espaçamento 3,0 x 1,5 m.

Analisando-se as conclusões apresentadas, verifica-se que a análise da partição da biomassa, arquitetura radicular e eficiência de utilização de nutrientes são importantes na escolha de espaçamentos e espécies mais adequadas para plantio em sítios apresentando acentuada deficiência nutricional e hídrica.

#### BIBLIOGRAFIA

## BIBLIOGRAFIA

## BIBLIOGRAFIA

- ANDRADE, E. S. O crescimento radial, Cien. Paulista de Estradas de Ferro, 1961, 665 p.
- ATTIWIILL, P. M. Nitrogen cycling in E. obliqua forest. I - Nutrient uptake and nutrient return. Austral. J. Bot., 28:199-211, 1980.
- ATTIWIILL, P. M. & LEPPER, G. M. Forest soils and nutrient cycles. Victoria, Melbourne University, 203p., 1987.
- AYE, J. O.; SHEPHERD, E. R.; FLORENCE, I. G. Root development in provenances of *Acrotylus cameroensis* Dehn. Austral. J. Bot., 22(1):201-9, 1974.
- BEZVEDO GOMES, A. N. História dos Azevedos. Lisboa, Livraria da Costa, 1937, 415 p.
- BALLONI, E. A. & SIMÕES, J. W. O espaçamento da plantio e suas implicações silviculturais. Piracicaba, 1967, 1980, 16 p. (Série Técnica, 3).
- BALLONI, E. A. Influência do espaçamento de plantio na produtividade florestal. Silvicultura, 5(3):138-23, 1963.
- BANGERTH, E. Calcium-related physiological disorders of plants. Ann. Rev. Phytochem., 17:97-122, 1979.
- CARROS, M. F. & NOVAES, R. V. Relação solo e eucalipto. Viçosa, MG, Tabela de Viçosa, 1990, 130p.
- CARROS, M. F. & NOVAES, R. V.; CALMO, D. M.; BRUNO, A. C. B. Classificação meteorológica de solos florestais - Descrição de uma metodologia. E. Agr., 10:112-24, 1993.

SARUA, D. Light as a factor in metabolism of the tea plant  
(*Camellia sinensis*) L. J. HILL, L. & CUTTING, C., ed.  
Physiology of tea. Kuala Lumpur, 1970.  
p. 307-327.

PELLIOTTI, A. F.; BARRETO, J. E.; BASSO, R. P.; OLIVEIRA, C. D.  
Extração e eficiência de nutrientes pelo *Eucalyptus*  
*grandis* W. Hill (cv. Marandu) em função da idade: I-  
Nutrientes. IBR, 20:1-23, 1980.

SARUA, J. C. K. D. Desenvolvimento. Viçosa, MG, UFV, 1987. 100p.

SARUA, J. C. K.; TARCÍSIO JUNIOR, L. T.; FRANCISCO NETO, F.  
Ainda, sobre a análise de nutrientes de volume. E. Arv.  
24:313-26, 1976.

BIBLIOGRAFIA

SARUA, J. C. K.; TORQUATO, M. C. T.; FERREIRO, G. A. Equações para  
calcular índices de local e incremento de altura em  
plantações puras de *Eucalyptus grandis*. E. Arv. 2(1):1-4,  
1965.

ANDRADE, E. N. O eucalipto 2 ed. Jundiaí, Cia Paulista de  
Estradas de Ferro, 1961. 665 p.

ATTIWILL, P. M. Nutrient cycling in *E. obliqua* forest. IV  
- Nutrient uptake and nutrient return. Aust. J.  
Bot., 28:199-222, 1980.

ATTIWILL, P. M. & LEEPER, G. M. Forest soils and  
nutrient cycles. Victoria, Melbourne University, 202p.,  
1987.

AWE, J. O.; SHEPHERD, K. R.; FLORENCE, R. G. Root development  
in provenances of *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. Austr.  
For., 39(1):201-9, 1976.

AZEVEDO GOMES, A. M. Medição dos arvoredos. Lisboa, Livraria  
Sá da Costa, 1957. 413 p.

BALLONI, E. A. & SIMÕES, J. W. O espaçamento de plantio e suas  
implicações silviculturais. Piracicaba, IPEF, 1980, 16 p.  
(Série Técnica, 3).

BALLONI, E. A. Influência do espaçamento de plantio na  
produtividade florestal. Silvicultura, 8(31):558-92, 1983.

BANGERTH, F. Calcium-related physiological disorders of  
plants. Ann. Rev. Phytopathol., 17:97-122, 1979.

BARROS, N. F. & NOVAIS, R. F. Relação solo - eucalipto.  
Viçosa, MG, Folha de Viçosa, 1990, 330p.

BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; CARMO, D. N.; NEVES, J. C. L.  
Classificação nutricional de sítios florestais - Descrição  
de uma metodologia. R. Arv., 10:112-20, 1986.

- BARUA, D. Light as a factor in metabolism of the tea plant (*Cammellia sinensis* L.) In: LUCWILL, L. & CUTTING, C., ed. Physiology of tree crops. New York, Academic Press, 1970. p. 307-322.
- BELLOTE, A.F.J., SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P.; OLIVEIRA, G.D. Extração e exportação de nutrientes pelo *Eucalyptus grandis* W. Hill (ex Maiden) em função da idade: 1-Macronutrientes. IPEF, 20:1-23, 1980.
- CAMPOS, J.C.C. Dendrometria. Viçosa, MG, UFV, Impr. Univer., 1983. 43p., pt.1.
- CAMPOS, J.C.C.; TARCISIO JUNIOR, L.T.; FRANCISCO NETO, P. Ainda, sobre a seleção de equações de volume. R. Arv., 9(2):115-26, 1985a.
- CAMPOS, J.C.C.; TORQUATO, M.C.; RIBEIRO, G.A. Equações para calcular índices de local e incremento da altura em plantações puras de *Eucalyptus grandis*. R. Arv., 9(1):1-9, 1985b.
- CAMPOS, J.C.C.; LEITE, H.G.; SOUZA, R.N.; VITAL, B.R. Relações entre espaçamento, volume e peso de madeira em plantações de eucalipto. R. Arv., 14(2):119-33, 1990.
- COELHO, A.S.R.; MELLO, H.A.; SIMÕES, J.M. Comportamento de espécies de eucalipto face ao espaçamento. IPEF, (1):29-55, 1970.
- COUTO, L.C. Influência do espaçamento no crescimento do *Eucalyptus urophylla* de origem híbrida cultivado em Coronel Fabriciano-MG. R. Arvore, 1(2):57-71, 1977.
- DALTON, F.N.; RAATS, P.A.C.; GARDNER, W.R. Simultaneous uptake of water and solutes by plant roots. Agron. J. 67:334-43, 1975.
- DUMAS, P.; BONNET-MASIMBERT, M.; ZAERR, J.B. Evidence of cytokinin bases, ribosides and glucosides in roots of Douglas-fir, *Pseudotsuga menziessi*. Tree Physiol., 5:87-90, 1989.
- EVERT, F. Spacing studies: a review. Inf. Rep., (37):1-95, 1971.
- FELLER, M.C. Biomass and nutrient distribution in two eucalypt forest ecosystems. Aust. J. Ecol. 5:309-333, 1980.
- FISHWICK, R. W. Estudos de espaçamentos e desbaste em plantações brasileiras. Bra. Flor. 7(26): 13-23, 1976.

- FORD, C.W. & WILSON, J.R. Change in levels of solutes during osmotic adjustment to water stress in leaves of four tropical pasture species. Austr. J. Plant. Physiol., 8:77-91, 1981.
- GOLFARI, L. Zoneamento ecológico do estado de Minas Gerais para reflorestamento, Belo Horizonte, PRODEPEF, PNUD/FAO/IBFD/BRA-45, 1975. 65 p. (Série Técnica, 3)
- GOLFARI, L. & CASER, R. L. Zoneamento ecológico da região nordeste para experimentação florestal. Brasília, PRODEPEF, PNUD/FAO/IBFD/BRA-45, 1977. 116 p. (Série Técnica, 10)
- GOLFARI, L.; CASER, R. L.; MOURA, V. P. G. Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil (2-aproximação). Brasília, PRODEPEF, PNUD/FAO/IBFD/BRA-45, 1978. 66 p. (Série Técnica, 11)
- GONÇALVES, M.R. Crescimento, acúmulo de nutrientes e temperatura de copa em cinco espécies de *Eucalyptus* spp. sob dois regimes hídricos. Viçosa, MG, UFV, 1992, 84p. (Tese M. S.).
- GORGULHO, E.P. Avaliação de progênies de *Eucalyptus pyrocarpa* L- Johnson e Blasxell em diferentes espaçamentos de plantio. Piracicaba, ESALQ, 1990, 71p. (Tese M.S.).
- GRAYBILL, F.A. Theory and application of the linear model. Massachusetts, Duxburg. 1976. 704 p.
- GUIMARÃES, R.F. Ensaio de espaçamentos em *Eucalyptus saligna*, para produção de lenha. An. bras. Econ. Flor., 9(9):114-69, 1957.
- GUIMARÃES, D.P.; MOURA, V.P.G.; REZENDE, G.C.; MENDES, C.J.; MAGALHÃES, J.G.R.; ASSIS, T.F.; ALMEIDA, M.R.; REZENDE, M.E.A; SILVA, F.V. da. Avaliação silvicultural dendrométrica e tecnológica de espécies de eucalyptus. Brasília, EMBRAPA -CPAC, 1983, 76p. (Boletim de Pesquisa, 20).
- HENNESSEY, T. C.; LORENZI, E. M. & McNEW, R. W. Stomatal conductance and growth of five *Alnus glutinosa* clones in response to controlled water stress. Can. J. For. Res. 18:421-426, 1988.
- HINCKLEY, T. M.; LASSOIE, J. P.; RUNNING, S. W. Temporal and spatial variations in water status of forest trees. For. Sci. Monogr. 20:1-72, 1978.
- ITAI, C. & VAADIA, Y. Kinetin-like activity in root esudate of water stressed sunflower. Physiol. Plant, 18:941-44, 1965.

- JONES, M.M.; OSMOND, C.B.; TURNER, N.C. Accumulation of solutes in leaves of sorghum and sunflower in response to water deficits. Aust. J. Plant. Physiol., 73:199-209, 1979.
- KAGEYAMA, P. Y. Seleção precoce a diferentes idades em progênies de E. grandis (Hill) Maiden. Piracicaba, 1983. 147p. (Tese Livre-Docente).
- KIMMINS, J.P. Sustained yield, timber mining, and the ecological rotations; a British Columbia view. Forestry cronicle, 50:1-4. 1974.
- KIRA, T. Primary production of forests. In: COOPER, J., ed. Photosynthesis and productivity in different environments, Cambridge, Cambridge University, 1975. p 5-40.
- LARCHER, W. Physiological plant ecology. Berlin, Springer-Verlag, 1980. 303p.
- LOOMIS, R.S.; WILLIAMS, W. & DUNCAN, W. Community architecture and the productivity of terrestrial plant communities. In: PIETRO, S., ed. Harvesting the sun. New York, Academic Press, 1967. pp. 291-308.
- MENGEL, K. & KIRKBY, E.A. Principles of plant nutrition. Bern, International Potash Institute, 1982. 593p.
- MESQUITA, R.; CAMPINHOS Jr., E.; MATTOS, C.C.M. Plantio de Eucalyptus grandis e E. saligna com irrigação na cova. Bras. Flor., 3:3-13, 1972.
- MILLARD, P. The accumulation and storage of nitrogen by herbaceous plants. Plant, cell Environ., 11:1-8, 1988.
- MONTEITH, J. Light distribution and photosynthesis in field crops. Ann. Bot. 29, 17-37, 1965.
- MORA, A.L. Interação com espaçamento e locais em clones de Eucalyptus spp. no norte do estado da Bahia. Piracicaba, ESALQ, 1986. 101p. (Tese M.S.).
- MORAIS, E.J. Crescimento e eficiência nutricional de espécies de eucalipto em duas regiões bioclimáticas de Minas Gerais. Viçosa, UFV, 1989. 56p. (Tese M. S.).
- MOURA, V.P.G.; CASER, R.L.; ALBINO, J.C.; GUIMARÃES, D.P.; MELO, J.T.; COMASTRI, S.A. Avaliação de espécies e procedências de Eucalyptus em Minas Gerais e Espírito Santo - Resultados Parciais. EMBRAPA/CPAC, Brasília, EMBRAPA-CPAC, 1980. 47 p. (Boletim de Pesquisa, 1)
- NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L.; COUTO, C. Interpretação de análise química do solo para o crescimento e desenvolvimento de Eucalyptus spp.: níveis críticos de implantação e manutenção. R. Arv., 10(1):105-11, 1986.

- OLIVA, M.A.; BARROS, N.F.; GOMES, M.M.S.; LOPES, N.F. Seca de ponteiros em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. com relação ao stress hídrico e nutrição mineral. R. Arv., 13(1):19-33, 1989. 2
- OSONUBI, O. & DAVIES, W.J. Solute accumulation in leaves and roots of woody plants subjected to water stress. Oecology, 32:323-332, 1978.
- PATIÑO-VALERA, F. Variação genética em progênies de *Eucalyptus saligna* Smith e sua interação com espaçamento. Piracicaba, ESALQ, 1986. 192p. (Tese M. S.).
- PEREIRA, A.R. Biomassa e ciclagem de nutrientes minerais em povoamentos jovens de *Eucalyptus grandis* W. Hill (ex Maiden) e *Eucalyptus urophylla*, em região de cerrado. Viçosa, MG, UFV, 1990, 167 p. (Tese D.S.).
- PEREIRA, A.R.; ANDRADE, D.M.; LEAL, P.G.L.; TEIXEIRA, N.G.S. Produção de biomassa e remoção de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus saligna* cultivados na região de cerrados de Minas Gerais. R. Flor., 15(1/2):8-16, 1984.
- PEREIRA, A.R.; MORAIS, E.J.; NASCIMENTO FILHO, M.B. Implantação de florestas de ciclos-curtos sob novos modelos de espaçamento. Silvicultura, 8(28):429-32, 1983.
- PEREIRA, J.S. & KOZLOWSKY, T.T. Leaf anatomy and water relations of *Eucalyptus camaldulensis* and *E. globulus* seedlings. Can. J. Bot., 54:2868-2880, 1976.
- POGGIANI, F.; COUTO, H.T.Z.; SUITER, R.W. Biomass and nutrient estimates in short rotation intensively cultured plantation of *Eucalyptus grandis*. IPEF, 23:37-42, 1983.
- RADOSEVICH, S. R. & OSTERYOUNG, K. Principles governing plant-environment interactions. In: WALSTAD, J. B. & KUCH, P. J. (ed.) Forest vegetation management for conifer production. New York, John Wiley & Sons, 1987. p. 105-156.
- REIS, M.G.F.; KIMMINS, J.P.; REZENDE, G.C.; BARROS, N.F. Acúmulo de biomassa numa sequência de idade de *Eucalyptus grandis* plantado no cerrado em duas áreas com diferentes produtividades. R. Arv., 9:149-162, 1985.
- REIS, M.G.F.; BARROS, N.F.; KIMMINS, J.P. Acúmulo de nutrientes numa sequência de idade de *Eucalyptus grandis* W. Hill (ex Maiden) plantado no cerrado, em duas áreas com diferentes produtividades, em Minas Gerais. R. Arv., 11:1-15. 1987.
- 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, MG, Folha de Viçosa, 1990. 330p.

- REIS, M.G.F. & REIS, G.G. A contribuição da pesquisa florestal para a redução de impactos ambientais dos reflorestamentos In: MACHADO, C.C., ed. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA FLORESTAL, 1, Belo Horizonte, Anais... Belo Horizonte, SIF, 1993. p. 119-135.
- REZENDE, G. C.; BARROS, N. F.; MORAES, T. S. A.; MENDES, C. J. Produção e macronutrientes em florestas de eucalipto sob duas densidades de plantio. *R. Arv.*, 7:165-196, 1983a.
- REZENDE, J.L.P.; PEREIRA, A.R.; OLIVEIRA, A.D. Espaçamento ótimo para produção de madeira. *R. Arv.*, 7(1):30-43, 1983b.
- ROCHA, J.C. De O. Influência da seca de ponteiros na seleção de modelos volumétricos para *E. camaldulensis* e *E. citriodora*. Viçosa, MG, UFV, 1990, 110 p. (Tese M. S.)
- SANTANA, R.C. Crescimento e eficiência nutricional de procedências de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em sítios do Estado de São Paulo, Viçosa, MG, UFV, 73p., 1994 (Tese M.S.).
- SANTANTONIO, D.; HERMANN, R.K; OVERTON, W.S. Root biomass studies in forest ecosystems. *Pedobiologia*, 17(5):1-31. 1977.
- SILVA, H. D. da. Biomassa e aspectos nutricionais de cinco espécies do gênero *Eucalyptus* plantadas em solo de baixa fertilidade. Piracicaba, 1983. 84p. (Tese M. S.)
- SILVA, J.F. Variabilidade genética em progênies de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. e sua interação com espaçamentos. Viçosa, MG, UFV, 1990, 110p. (Tese M. S.).
- SILVICULTURA de espécies promissoras para produção de lena em América Central. *Turrialba*, 1986, p. 91-104. (Informe Técnico nº 86).
- SMITH, D.M. The practice of silviculture. 7 ed. New York, John Wiley, 1962. 578 p.
- TAYLOR, H.M. & KLEPPER, B. The role of rooting characteristics in the supply of water to plants. *Adv. Agron.*, 30:99-128, 1987.
- TEIXEIRA, J.L. Conteúdo de nutrientes e produção de eucalipto em diferentes ambientes do Rio Doce, MG. Viçosa, MG, UFV, Impr. Univ., 1987. 70p. (Tese M.S.)
- TRITTON, L.M. & HORNBECK, J.W. Biomass equations for major tree species of the northeast. Broomall, Northeast Forest Exp. Stn., 1982. 46p (Gen. Tech. Rep. nE-69)

VALE, A.B.; PAIVA, H.N.; FELFILI, J.M.; NASCIMENTO, A.G.  
Influência do espaçamento e do sítio na produção florestal. Viçosa, Sociedade de Investigações Florestais. 1982, 20p. (Boletim Técnico, 4).

WESTMAN, W.E. & ROGERS, R.W. Nutrient stocks in a subtropical eucalypt forest, north Stradbroke Island. Austr. J. Bot., 25:171-91, 1977.

WILSON, J.R.; LODLOW, M.M.; FISCHER, M.J.; SCHULZE, E.D. Adapptation to water stress of the leaf water relations of four tropical forage species. Austr. J. Plant. Physiol., 7:207-220, 1980.

WOLF, J. M. Probabilidade de ocorrência de períodos secos na estação chuvosa para Brasília, DF. Pesquisa Agropec. bras., 12(único):141-50, 1977.

APENDICE

## APÊNDICE A

QUADRO 1A - Produção de Matéria Seca (t/ha) dos Componentes das Árvores de *E. camaldulensis*, *E. urophylla* e *E. pellita*, em Diferentes Espaçamentos, entre os 15 e 41 Meses de Idade, em Três Marias, MG

Componente da Arvore	Espaçamento (m)								
	3,0x1,5 m			3,0x3,0 m			4,0x3,0 m		
	Idade (meses)								
	15	31	41	15	31	41	15	31	41
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>									
Madeira	1,5	12,5	19,7	1,7	10,9	17,3	1,3	9,3	15,5
Casca	0,4	2,0	3,1	0,3	1,6	2,9	0,2	1,4	2,9
Galho	2,0	5,3	7,6	1,1	3,8	5,9	0,9	3,1	5,1
Folha	3,1	3,2	4,6	2,0	3,0	4,0	1,6	2,4	3,4
Pivotante	1,7	6,4	8,5	1,4	5,0	6,7	1,1	4,5	6,5
Raiz >2 mm	2,1	5,9	7,7	3,4	9,2	11,9	3,3	9,8	13,2
Raiz <2 mm	1,2	1,5	2,0	0,7	1,3	2,0	0,7	1,4	2,1
Parte aérea	7,0	23,0	35,1	5,1	19,4	30,1	4,0	16,2	27,0
Raízes	5,0	13,8	18,2	5,5	15,5	20,6	5,1	15,7	21,8
R/PA	0,7	0,6	0,5	1,1	0,8	0,7	1,3	1,0	0,8
TOTAL	12,0	36,8	53,2	10,6	34,9	50,7	9,1	31,9	48,7
<i>Eucalyptus pellita</i>									
Madeira	1,9	9,9	20,7	1,1	6,8	15,2	1,0	6,1	14,6
Casca	0,6	3,0	5,0	0,4	2,0	3,5	0,3	1,8	3,2
Galho	2,4	6,4	8,8	1,5	4,7	6,2	1,3	4,0	5,6
Folha	3,7	6,7	6,8	2,2	5,3	5,6	1,9	4,8	5,6
Pivotante	1,2	6,1	10,4	0,9	4,2	6,8	1,0	3,5	5,1
Raiz >2 mm	2,6	9,1	13,3	1,5	5,8	8,7	1,3	4,9	7,4
Raiz <2 mm	1,1	1,3	1,5	0,6	1,1	1,5	0,6	1,1	1,6
Parte aérea	8,6	26,0	41,3	5,3	18,8	30,5	4,5	16,7	29,0
Raízes	4,9	16,5	25,2	3,0	11,1	17,0	2,9	9,5	14,1
R/PA	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5
TOTAL	13,4	42,6	66,6	8,2	29,9	47,3	7,5	26,2	43,0
<i>Eucalyptus urophylla</i>									
Madeira	3,7	20,7	38,8	2,4	12,7	22,9	2,1	11,5	21,6
Casca	0,7	3,1	5,6	0,5	2,1	3,6	0,4	1,9	3,4
Galho	3,8	7,1	9,8	2,7	5,4	7,8	2,2	5,1	7,3
Folha	4,6	7,9	10,1	3,0	6,2	8,3	2,5	6,3	10,3
Pivotante	1,8	7,7	9,3	1,1	4,8	6,1	0,9	4,3	5,3
Raiz >2 mm	3,4	6,6	8,9	2,3	5,5	8,5	2,2	6,0	9,9
Raiz <2 mm	1,1	1,4	1,7	0,8	1,4	2,1	0,8	1,7	2,8
Parte aérea	12,9	38,9	64,4	8,6	26,4	42,6	7,2	24,8	42,6
Raízes	6,3	15,7	19,9	4,2	11,7	16,7	3,9	12,0	18,0
R/PA	0,5	0,4	0,3	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4
Total	19,2	54,6	84,3	12,8	38,1	59,3	11,1	36,8	66,6

QUADRO 2A - Distribuição Percentual entre os Componentes das Árvores e Peso Total da Biomassa Seca (t/ha) de *E. camaldulensis*, *E. urophylla* e *E. pellita*, em Diferentes Espaçamentos, entre os 15 e 41 Meses de Idade, em Três Marias, MG

Componente da Árvore	Espaçamento (m)								
	3,0x1,5 m			3,0x3,0 m			4,0x3,0 m		
	Idade (meses)								
	15	31	41	15	31	41	15	31	41
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>									
Matéria Seca Total (t/ha)									
	12,0	36,8	53,2	10,6	34,9	50,7	9,1	31,9	48,7
Distribuição Entre os Componentes (%)									
Madeira	12,1	34,0	37,1	16,2	31,4	34,1	14,4	29,1	31,9
Casca	3,1	5,4	5,8	2,8	4,7	5,7	2,4	4,5	6,0
Galho	17,0	14,3	14,3	10,2	11,0	11,7	9,5	9,6	10,6
Folha	26,0	8,7	8,7	18,8	8,7	7,9	17,2	7,6	6,9
Pivotante	14,3	17,4	15,9	13,3	14,2	13,2	12,6	14,0	13,3
Raiz >2 mm	17,5	16,0	14,5	32,1	26,4	23,4	36,2	30,7	27,1
Raiz <2 mm	10,0	4,1	3,8	6,6	3,7	3,9	7,7	4,4	4,3
<i>Eucalyptus pellita</i>									
Matéria Seca Total (t/ha)									
	13,4	42,6	66,6	8,2	29,9	47,3	7,5	26,2	43,0
Distribuição Entre os Componentes (%)									
Madeira	14,3	23,4	31,2	14,3	22,8	32,2	13,9	23,2	33,8
Casca	4,1	7,1	7,6	4,3	6,8	7,4	4,2	7,0	7,4
Galho	17,9	15,0	13,2	18,1	15,5	13,2	17,4	15,2	12,9
Folha	27,5	15,8	10,2	27,3	17,9	11,9	26,0	18,2	13,0
Pivotante	8,6	14,4	15,7	10,5	14,0	14,3	13,1	13,5	11,9
Raiz >2 mm	19,4	21,4	20,0	18,3	19,4	17,7	17,3	18,7	17,2
Raiz <2 mm	8,2	3,1	2,3	7,3	3,7	3,2	8,0	4,2	3,7
<i>Eucalyptus urophylla</i>									
Matéria Seca Total (t/ha)									
	19,2	54,6	84,3	12,8	38,1	59,3	11,1	36,8	66,6
Distribuição Entre os Componentes (%)									
Madeira	19,4	38,0	46,1	19,0	33,2	38,6	18,5	31,3	35,7
Casca	3,8	5,8	6,7	3,8	5,4	6,2	3,7	5,1	5,6
Galho	19,9	13,0	11,6	21,1	14,3	13,1	20,1	13,9	12,0
Folha	24,1	14,5	12,0	23,3	16,3	14,0	22,5	17,1	17,0
Pivotante	9,2	14,1	11,0	8,6	12,7	10,3	8,3	11,6	8,8
Raiz >2 mm	17,8	12,1	10,6	17,9	14,4	14,3	19,7	16,3	16,3
Raiz <2 mm	5,8	2,6	2,0	6,2	3,7	3,5	7,2	4,6	4,6

QUADRO 3A - Concentração de Nitrogênio (%) na Matéria Seca nos Diversos Componentes das Árvores de *E. camaldulensis*, *E. urophylla* e *E. pellita*, em Diferentes Espaçamentos, entre os 15 e 41 Meses de Idade, em Três Marias, MG

Espaçamento (m)	Idade (meses)	Componentes da Árvore						
		Folha	Galho	Casca	Tronco	Pivot	Raiz>2	Raiz<2
----- <i>E. camaldulensis</i> -----								
3x1,5	15	2,96	0,44	0,62	0,21	0,58	0,56	0,70
	29	3,07	1,23	0,78	0,25	0,57	0,81	0,65
	40	2,38	0,46	0,50	0,16	0,36	0,36	0,56
3x3	15	1,87	0,47	0,49	0,37	0,39	0,49	0,93
	29	2,04	0,94	1,01	0,23	0,39	0,82	0,62
	40	2,73	0,31	0,32	0,09	0,36	0,26	0,36
4x3	15	1,66	0,70	0,58	0,23	0,27	0,37	0,81
	29	2,90	0,60	0,60	0,26	0,48	0,44	0,51
	40	2,01	0,18	0,28	0,23	0,25	0,27	0,41
----- <i>E. pellita</i> -----								
3x1,5	15	1,70	0,80	0,60	0,27	0,41	0,47	0,85
	29	1,36	0,43	0,59	0,42	0,67	0,83	0,60
	40	1,74	0,27	0,33	0,18	0,44	0,42	0,56
3x3	15	1,34	0,34	0,41	0,50	0,42	0,45	0,71
	29	1,09	0,60	0,45	0,46	0,63	0,62	0,59
	40	1,48	0,27	0,65	0,48	0,56	0,42	0,49
4x3	15	1,40	0,26	0,39	0,44	0,61	0,66	0,78
	29	2,18	0,43	0,63	0,49	0,70	0,57	0,53
	40	1,56	0,31	0,38	0,18	0,65	0,36	0,65
----- <i>E. urophylla</i> -----								
3x1,5	15	2,04	0,52	0,48	0,24	0,37	0,56	0,68
	29	1,83	0,49	0,60	0,27	0,33	0,59	0,52
	40	2,16	0,26	0,41	0,21	0,48	0,38	0,58
3x3	15	1,65	0,39	0,54	0,62	0,62	0,79	0,59
	29	1,26	0,90	0,83	0,52	0,66	0,45	0,53
	40	1,81	0,59	0,44	0,35	0,35	0,33	0,60
4x3	15	3,69	0,60	0,56	1,83	0,50	0,55	0,82
	29	1,53	0,45	0,52	0,77	1,90	0,65	0,33
	40	2,65	0,32	0,38	0,42	0,40	0,59	0,47

QUADRO 4A - Concentração de Fósforo (%) na Matéria Seca nos Diversos Componentes das Árvores de *E. camaldulensis*, *E. urophylla* e *E. pellita*, em Diferentes Espaçamentos, entre os 15 e 41 Meses de Idade, em Três Marias, MG

Espaçamento (m)	Idade (meses)	Componentes da Árvore						
		Folha	Galho	Casca	Tronco	Pivot	Raiz>2	Raiz<2
----- <i>E. camaldulensis</i> -----								
3x1,5	15	0,14	0,04	0,16	0,05	0,02	0,03	0,04
	29	0,17	0,08	0,10	0,04	0,01	0,02	0,04
	40	0,09	0,02	0,04	0,02	0,01	0,01	0,02
3x3	15	0,09	0,04	0,05	0,07	0,01	0,02	0,05
	29	0,14	0,07	0,10	0,02	0,01	0,02	0,03
	40	0,09	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02
4x3	15	0,09	0,03	0,04	0,02	0,01	0,02	0,04
	29	0,13	0,07	0,09	0,03	0,04	0,02	0,03
	40	0,08	0,01	0,04	0,01	0,01	0,01	0,03
----- <i>E. pellita</i> -----								
3x1,5	15	0,09	0,04	0,04	0,02	0,04	0,03	0,04
	29	0,09	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04
	40	0,06	0,01	0,02	0,01	0,03	0,02	0,03
3x3	15	0,08	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,04
	29	0,08	0,02	0,03	0,04	0,04	0,02	0,03
	40	0,07	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,03
4x3	15	0,07	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,05
	29	0,08	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,04
	40	0,08	0,03	0,03	0,01	0,04	0,02	0,03
----- <i>E. urophylla</i> -----								
3x1,5	15	0,11	0,05	0,07	0,03	0,02	0,02	0,04
	29	0,11	0,03	0,04	0,01	0,01	0,01	0,02
	40	0,08	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,02
3x3	15	0,12	0,04	0,06	0,03	0,03	0,03	0,03
	29	0,08	0,04	0,11	0,03	0,02	0,02	0,03
	40	0,09	0,04	0,06	0,01	0,01	0,02	0,02
4x3	15	0,11	0,05	0,05	0,03	0,02	0,03	0,02
	29	0,09	0,03	0,07	0,02	0,06	0,03	0,02
	40	0,11	0,04	0,09	0,01	0,02	0,02	0,03

QUADRO 5A - Concentração de Potássio (%) na Matéria Seca nos Diversos Componentes das Árvores de *E. camaldulensis*, *E. urophylla* e *E. pellita*, em Diferentes Espaçamentos, entre os 15 e 41 Meses de Idade, em Três Marias, MG e *Eucalyptus* spp, em Função do Espaçamento e da Idade, Cultivados no Cerrado de MG

Espaçamento (m)	Idade (meses)	Componentes da Árvore						
		Folha	Galho	Casca	Tronco	Pivot	Raiz>2	Raiz<2
----- <i>E. camaldulensis</i> -----								
3x1,5	15	1,16	0,59	1,32	0,24	0,13	0,19	0,17
	29	1,32	1,15	0,62	0,21	0,10	0,17	0,14
	40	0,93	0,13	0,51	0,06	0,07	0,18	0,15
3x3	15	0,79	0,73	1,15	0,24	0,13	0,20	0,17
	29	1,13	0,45	0,67	0,12	0,12	0,16	0,15
	40	0,51	0,21	0,26	0,08	0,11	0,16	0,12
4x3	15	0,93	0,53	0,79	0,27	0,17	0,24	0,21
	29	0,88	0,71	0,48	0,16	0,12	0,14	0,14
	40	1,18	0,14	0,70	0,10	0,07	0,12	0,10
----- <i>E. pellita</i> -----								
3x1,5	15	0,79	0,51	0,74	0,26	0,19	0,26	0,24
	29	0,56	0,43	0,62	0,19	0,15	0,16	0,14
	40	0,56	0,12	0,35	0,05	0,14	0,18	0,14
3x3	15	0,51	0,43	0,59	0,25	0,21	0,24	0,22
	29	0,50	0,30	0,73	0,22	0,20	0,15	0,18
	40	0,57	0,17	0,40	0,06	0,10	0,15	0,14
4x3	15	0,71	0,36	0,56	0,25	0,28	0,28	0,21
	29	0,73	0,28	0,50	0,14	0,14	0,16	0,14
	40	0,77	0,18	0,34	0,05	0,14	0,17	0,17
----- <i>E. urophylla</i> -----								
3x1,5	15	0,56	0,45	0,84	0,24	0,19	0,20	0,14
	29	0,48	0,16	0,48	0,11	0,07	0,08	0,05
	40	0,35	0,08	0,42	0,06	0,08	0,11	0,07
3x3	15	0,47	0,28	0,64	0,43	0,20	0,22	0,15
	29	0,57	0,30	0,47	0,14	0,11	0,09	0,09
	40	0,90	0,23	0,46	0,08	0,09	0,12	0,07
4x3	15	0,56	0,51	0,68	0,27	0,27	0,21	0,14
	29	0,68	0,22	0,53	0,14	0,15	0,17	0,12
	40	0,57	0,25	0,70	0,07	0,08	0,10	0,09

QUADRO 6A - Concentração de Cálcio (%) na Matéria Seca nos Diversos Componentes das Árvores de *E. camaldulensis*, *E. urophylla* e *E. pellita*, em Diferentes Espaçamentos, entre os 15 e 41 Meses de Idade, em Três Marias, MG

Espaçamento (m)	Idade (meses)	Componentes da Árvore						
		Folha	Galho	Casca	Tronco	Pivot	Raiz>2	Raiz<2
----- <i>E. camaldulensis</i> -----								
3x1,5	15	0,61	0,45	1,96	0,10	0,13	0,31	0,18
	29	0,79	1,40	1,45	0,07	0,05	0,29	0,15
	40	0,70	0,19	0,57	0,05	0,05	0,10	0,05
3x3	15	0,49	0,37	0,56	0,10	0,07	0,27	0,25
	29	0,49	0,39	2,21	0,06	0,20	0,24	0,10
	40	0,52	0,21	0,50	0,04	0,04	0,12	0,07
4x3	15	0,56	0,34	1,71	0,09	0,21	0,12	0,12
	29	0,45	0,39	1,20	0,06	0,04	0,10	0,09
	40	0,33	0,20	0,67	0,04	0,05	0,14	0,10
----- <i>E. pellita</i> -----								
3x1,5	15	0,48	0,37	0,32	0,06	0,06	0,12	0,09
	29	0,53	0,31	0,39	0,06	0,29	0,29	0,12
	40	0,39	0,11	0,16	0,02	0,04	0,13	0,10
3x3	15	0,39	0,23	0,36	0,10	0,10	0,27	0,19
	29	0,50	0,30	0,32	0,07	0,36	0,12	0,19
	40	0,34	0,17	0,11	0,02	0,08	0,09	0,10
4x3	15	0,37	0,22	0,40	0,09	0,13	0,29	0,13
	29	0,39	0,30	0,21	0,04	0,10	0,12	0,08
	40	1,19	0,15	0,12	0,02	0,05	0,12	0,15
----- <i>E. urophylla</i> -----								
3x1,5	15	0,59	0,25	1,60	0,08	0,11	0,21	0,12
	29	0,50	0,27	0,46	0,04	0,04	0,09	0,08
	40	0,47	0,17	0,50	0,03	0,05	0,10	0,04
3x3	15	1,50	0,45	0,48	0,11	0,23	0,28	0,13
	29	0,79	0,58	0,56	0,35	0,12	0,27	0,11
	40	0,34	0,18	0,31	0,04	0,04	0,09	0,07
4x3	15	0,56	0,36	0,40	0,08	0,11	0,16	0,08
	29	0,60	0,26	0,41	0,05	0,23	0,10	0,06
	40	0,38	0,18	0,27	0,03	0,03	0,11	0,07

QUADRO 7A - Concentração de Magnésio (%) na Matéria Seca nos Diversos Componentes das Árvores de *E. camaldulensis*, *E. urophylla* e *E. pellita*, em Diferentes Espaçamentos, entre os 15 e 41 Meses de Idade, em Três Marias, MG

Espaçamento (m)	Idade (meses)	Componentes da Árvore						
		Folha	Galho	Casca	Tronco	Pivot	Raiz>2	Raiz<2
----- <i>E. camaldulensis</i> -----								
3x1,5	15	0,03	0,01	0,02	0,03	0,01	0,04	0,07
	29	0,03	0,02	0,03	0,03	0,01	0,05	0,07
	40	0,16	0,04	0,07	0,02	0,01	0,04	0,05
3x3	15	0,03	0,01	0,01	0,02	0,01	0,04	0,07
	29	0,02	0,01	0,03	0,02	0,01	0,03	0,04
	40	0,17	0,04	0,07	0,02	0,01	0,04	0,06
4x3	15	0,02	0,01	0,02	0,04	0,03	0,04	0,06
	29	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,05
	40	0,13	0,02	0,05	0,01	0,03	0,05	0,05
----- <i>E. pellita</i> -----								
3x1,5	15	0,03	0,01	0,01	0,02	0,02	0,05	0,06
	29	0,03	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,05
	40	0,15	0,02	0,03	0,01	0,01	0,03	0,04
3x3	15	0,03	0,01	0,01	0,02	0,02	0,04	0,05
	29	0,04	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04
	40	0,16	0,03	0,03	0,01	0,05	0,03	0,04
4x3	15	0,03	0,01	0,01	0,03	0,03	0,04	0,06
	29	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,03	0,04
	40	0,14	0,03	0,02	0,01	0,02	0,03	0,06
----- <i>E. urophylla</i> -----								
3x1,5	15	0,03	0,01	0,02	0,05	0,02	0,04	0,06
	29	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,04
	40	0,18	0,04	0,06	0,01	0,02	0,04	0,04
3x3	15	0,04	0,01	0,02	0,04	0,02	0,04	0,07
	29	0,03	0,03	0,02	0,06	0,02	0,05	0,05
	40	0,17	0,03	0,07	0,01	0,01	0,04	0,05
4x3	15	0,03	0,01	0,02	0,04	0,02	0,03	0,05
	29	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03
	40	0,18	0,05	0,08	0,01	0,01	0,04	0,05