LEILA MARIA DE QUEIROZ OLIVEIRA

SECRETARIA DE PÓS GRADUAÇÃO

Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida pelo (a) candidato (a) LEILA MARIA DE QUEIROZ OLIVEIRA

e aprovada pela Comissão Julgadora.

CAMPINAS, 22/06/92

ESTUDO COMPARATIVO DO CRESCIMENTO EM *Dimorphandra mollis* Benth E *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong

CAMPINAS

1992

OL4e

17314/BC

LEILA MARIA DE QUEIROZ OLIVEIRA

ESTUDO COMPARATIVO DO CRESCIMENTO EM *Dimorphandra mollis* Benth E *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong.

Tese apresentada ao Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas para a obtenção do título de Doutor em Ciências.

Orientador: Dr. IVANY FERRAZ MARQUES VÁLIO

CAMPINAS

1992

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

Aos meus pais ANTONIO ALAÔR e JORDITA (in memorian), pela dedicação, amor e carinho com que me encaminharam para a vida, minha

HOMENAGEM

Às minhas irmãs, e, em especial à LEDA (in memorian), aos meus sogros, e, em especial à IMIRENE (in memorian), sobrinhos, afilhados, cunhados e demais parentes,

DEDICO

Ao meu esposo WANDO, pelo amor, paciência, compreensão, apoio e estímulo constante em todos os momentos,

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Ivany Ferraz Marques Valio, o meu especial agradecimento pela orientação segura e pelos conhecimentos transmitidos, que permitiram a realização deste trabalho; pela dedicação, estímulo, apoio e interesse com que acompanhou a execução desta tese; bem como pela confiança depositada, amizade sincera e fortalecida neste trabalho, e abertura de novos caminhos.

Aos professores da pré-banca e da banca pela análise criteriosa, pelas sugestões e pela colaboração neste trabalho.

Aos professores e colegas de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, pelos ensinamentos, colaboração, amizade e incentivo.

Ao Professor Dr. Aníbal Vercesi do Departamento de Bioquímica, pelo auxílio nas dosagens de cálcio.

Aos funcionários do Departamento de Fisiologia Vegetal, pela solicitude com que sempre nos atenderam e pela amizade.

Aos professores e funcionários do Centro Universitário de Três Lagoas (UFMS), pelo apoio e amizade.

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, pela concessão do afastamento parcial para doutoramento.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), pelo auxílio financeiro.

Ao meu esposo Wando por "tudo".

Aos amigos Alfredo, André, Auxiliadora, Cláudia, Dercir, Edson, Leandro, Maria Bernadeth, Neusinha, Tia Haley e Toshico pela contribuição prestada e à Dóris pelo incentivo contínuo.

A todos que colaboraram para a realização deste trabalho e pela compreensão nos momentos difíceis.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS i

LISTA DE TABELAS vi

INTRODUÇÃO 1

MATERIAL E MÉTODOS 27

1. MATERIAL 27

2. MÉTODOS 27

2.1. Germinação de sementes 27

2.2. Escarificação e lavagem de sementes 28

2.3. Técnicas gerais de crescimento 28

2.3.1. Cultivos em substratos sólidos 30

2.3.1.1. Crescimento de plantas de D. mollis .. 30

2.3.1.2. Crescimento de plantas de E. contortisiliquum 30

2.3.1.3. Crescimento comparativo entre D. mollis e E. contortisiliquum 31

2.3.1.4. Sombreamento 33

2.3.1.5. Competição 33

2.3.2. Cultivos em substratos líquidos 34

2.4. Métodos analíticos 35

2.4.1. Comprimento e contagens 35

2.4.2. Pesos de matérias fresca e seca 35

2.4.3. Taxa de crescimento relativo 36

2.4.4. Área foliar 36

2.4.5. Extrações e dosagens 36

2.4.5.1. Carboidratos solúveis totais..... 37
2.4.5.2. Proteínas solúveis..... 38
2.4.5.3. Fósforo total..... 40
2.4.5.4. Cálcio..... 42
2.4.5.5. Clorofilas..... 42
2.4.6. Análise estatística..... 44
RESULTADOS..... 45
1. Morfologia e desenvolvimento inicial da plântula..... 45
2. Germinação das sementes..... 45
2.1. Efeito de temperaturas constantes..... 45
2.2. Efeito de diferentes períodos de temperatura de 40°C em D. mollis e em E. contortisiliquum..... 52
2.3. Efeito do endosperma gelatinoso a 15°C em D. mollis.. 55
2.4. Efeito da remoção do endosperma e tegumentos no crescimento inicial da plântula D. mollis..... 55
3. Crescimento de plantas de D. mollis..... 58
4. Crescimento de plantas de E. contortisiliquum..... 74
5. Crescimento comparativo entre D. mollis e E. contortisiliquum..... 77
6. Conteúdo de carboidratos solúveis totais, proteínas solúveis, fósforo total, cálcio e clorofilas..... 106
7. Sombreamento e competição em plantas de D. mollis..... 129
DISCUSSÃO..... 134
RESUMO..... 178
ABSTRACT..... 180
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 182
APÊNDICE

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Morfologia da semente e desenvolvimento inicial da plântula de *D. mollis* 46

Figura 2. Morfologia da semente e desenvolvimento inicial da plântula de *E. contortisiliquum* 48

Figura 3. Germinação de sementes de *D. mollis* sob temperaturas constantes 50

Figura 4. Germinação de sementes de *E. contortisiliquum* sob temperaturas constantes 51

Figura 5. Germimação de sementes de *D. mollis* sob diferentes períodos de 40°C 53

Figura 6. Germimação de sementes de *E. contortisiliquum* sob diferentes períodos de 40°C 54

Figura 7. Germimação de sementes de *D. mollis* com e sem endosperma gelatinoso a 15°C 56

Figura 8. Comprimento da parte aérea e matéria seca de raiz e parte aérea de plantas de *D. mollis* 62

Figura 9. Taxa de crescimento relativo de plantas de *D. mollis* 63

Figura 10. Efeito dos cotilédones no comprimento da parte aérea a partir do nó cotiledonar em plantas de *D. mollis* cultivadas em solo de cerrado 72

Figura 11. Crescimento da parte aérea de plantas de *E. contortisiliquum* cultivadas em solo de cerrado, solo de canteiro não esterilizado, areia regada com solução de Hoagland normal e diluída 10 vezes 76

Figura 12. Crescimento da parte aérea a partir do nó cotiledonar de plantas de D. mollis cultivadas em solo de cerrado, solo de canteiro não esterilizado, areia regada com solução de Hoagland normal e diluída 10 vezes..... 86

Figura 13. Crescimento da parte aérea a partir do nó cotiledonar de plantas de E. contortisiliquum cultivadas em solo de cerrado, solo de canteiro não esterilizado, areia regada com soluções de Hoagland normal e diluída 10 vezes..... 87

Figura 14. Taxa de crescimento relativo de plantas de D. mollis cultivadas em solo de cerrado, solo de canteiro não esterilizado, solo de canteiro esterilizado, areia regada com Hoagland normal, proporções diferentes de solo de canteiro esterilizado e areia, tais como, 1:1, 1:2, 1:3, solo de canteiro esterilizado em cima/solo de cerrado embaixo e solo de cerrado em cima/ solo de canteiro esterilizado embaixo. Resultados a intervalos de 45 dias..... 101

Figura 15. Taxa de crescimento relativo de plantas de E. contortisiliquum cultivadas em solo de cerrado, solo de canteiro não esterilizado, solo de canteiro esterilizado, areia regada com Hoagland normal, proporções diferentes de solo de canteiro esterilizado e areia, tais como, 1:1, 1:2, 1:3, solo de canteiro esterilizado em cima/solo de cerrado em-

baixo e solo de cerrado em cima/ solo de canteiro esterilizado embaixo. Resultados a intervalos de 45 dias..... 102

Figura 16. Taxa de crescimento relativo de eixo embrionário mais cotilédones de D. mollis e de E. contortisiliquum durante a germinação e desenvolvimento inicial da plântula..... 103

Figura 17. Conteúdo de carboidratos solúveis totais em diferentes partes da semente de D. mollis durante a germinação e desenvolvimento inicial da plântula... 107

Figura 18. Conteúdo de carboidratos solúveis totais em diferentes partes da semente de E. contortisiliquum durante a germinação e desenvolvimento inicial da plântula..... 108

Figura 19. Conteúdo de proteínas solúveis em diferentes partes da semente de D. mollis durante a germinação e desenvolvimento inicial da plântula..... 109

Figura 20. Conteúdo de proteínas solúveis em diferentes partes da semente de E. contortisiliquum durante a germinação e desenvolvimento inicial da plântula..... 110

Figura 21. Conteúdo de fósforo total em diferentes partes da semente de D. mollis durante a germinação e desenvolvimento inicial da plântula..... 112

Figura 22. Conteúdo de fósforo total em diferentes partes da semente de E. contortisiliquum durante a germinação e desenvolvimento inicial da plântula..... 113

Figura 23. Conteúdo de cálcio em diferentes partes da semente de D. mollis durante a germinação e desenvolvimento inicial da plântula..... 115

Figura 24. Conteúdo de cálcio em diferentes partes da semente de E. contortisiliquum durante a germinação e desenvolvimento inicial da plântula..... 116

Figura 25. Conteúdo de carboidratos solúveis totais, proteínas solúveis, fósforo total e cálcio da semente de D. mollis durante a germinação e desenvolvimento inicial da plântula..... 118

Figura 26. Conteúdo de carboidratos solúveis totais, proteínas solúveis, fósforo total e cálcio da semente de E. contortisiliquum durante a germinação e desenvolvimento inicial da plântula..... 119

Figura 27. Conteúdo de fósforo total de plantas de D. mollis cultivadas em solo de cerrado e solo de canteiro esterilizado durante 45 e 90 dias..... 120

Figura 28. Conteúdo de fósforo total de plantas de E. contortisiliquum cultivadas em solo de cerrado e solo de canteiro esterilizado durante 45 e 90 dias. 121

Figura 29. Conteúdo de cálcio de plantas de D. mollis cultivadas em solo de cerrado e solo de canteiro esterilizado durante 45 e 90 dias..... 122

Figura 30. Conteúdo de cálcio de plantas de E. contortisiliquum cultivadas em solo de cerrado e solo de canteiro esterilizado durante 45 e 90 dias. 123

Figura 31. Conteúdo de clorofila total de folíolos de plantas de D. mollis cultivadas em solo de cerrado, solo de canteiro não esterilizado, areia regada com solução de Hoagland normal e diluída 10 vezes..... 125

Figura 32. Conteúdo de clorofila total de foliólulos de plantas de E. contortisiliquum cultivadas em solo de cerrado, solo de canteiro não esterilizado, areia regada com solução de Hoagland normal e diluída 10 vezes..... 126

Figura 33. Relação clorofila a / clorofila b de folíolos de plantas de D. mollis cultivadas em solo de cerrado, solo de canteiro não esterilizado, areia regada com solução de Hoagland normal e diluída 10 vezes..... 127

Figura 34. Relação clorofila a / clorofila b de foliólulos de plantas de E. contortisiliquum cultivadas em solo de cerrado, solo de canteiro não esterilizado, areia regada com solução de Hoagland normal e diluída 10 vezes..... 128

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Efeito do endosperma e tegumentos no crescimento inicial da plântula de D. mollis, a partir de sementes intactas, sementes intactas porém lavadas a cada 24 h e sementes com remoção de endosperma e tegumentos em tempos diferentes. Resultados após 10 dias da remoção do endosperma e tegumentos..... 57

Tabela 2. Sobrevivência de plantas de D. mollis durante crescimento de outono-inverno-primavera em solo de cerrado e solo de canteiro não esterilizado..... 59

Tabela 3. Crescimento de outono-inverno-primavera de plantas de D. mollis em solo de cerrado..... 61

Tabela 4. Análise química do solo de cerrado e solo de canteiro não esterilizado utilizados nos experimentos. 64

Tabela 5. Sobrevivência de plântulas de D. mollis cultivadas em areia e vermiculita, e regadas com solução nutritiva de Clark e Hoagland, a partir de 60 dias de desenvolvimento..... 66

Tabela 6. Efeito da presença e ausência dos cotilédones no crescimento da parte aérea e raiz em plantas de D. mollis, cultivadas em areia regada com solução nutritiva de Clark, normal e diluída 1/5 em pH 4,3. Resultados após 100 dias..... 67

Tabela 7. Efeito da presença e ausência dos cotilédones no crescimento da parte aérea e raiz em plantas de D.

mollis, cultivadas em areia regada com solução nutritiva de Hoagland, diluídas 1/5 com pH 4,3 e pH 6,0. Resultados após 100 dias..... 68

Tabela 8. Efeito dos cotilédones no crescimento da parte aérea e raiz em plantas de *D. mollis*, cultivadas em solo de cerrado. Resultados após 110 dias..... 70

Tabela 9. Crescimento de plantas de *D. mollis* em solo de cerrado, solo de canteiro esterilizado e solo de canteiro não esterilizado . Resultados após 20 dias... 73

Tabela 10. Crescimento de plantas de *E. contortisiliquum* no período outono-inverno, em solo de cerrado, solo de canteiro não esterilizado, areia regada com solução nutritiva de Hoagland, normal e diluída 10 vezes. Resultados após 91 dias..... 75

Tabela 11. Crescimento de plantas de *D. mollis* e *E. contortisiliquum* com raiz principal ou com raízes adventícias em solo de cerrado. Resultados após 24 dias..... 78

Tabela 12. Crescimento de plantas de *D. mollis* com raiz principal ou com raízes adventícias em solo de cerrado. Resultados após 30 dias..... 79

Tabela 13. Efeito da remoção do ápice no desenvolvimento do sistema radicular de plantas *D. mollis* e de *E. contortisiliquum* em solo de cerrado. Resultados após 30 dias da remoção do ápice dos epicótilos.... 80

Tabela 14. Crescimento inicial de plântulas de D. mollis em solo de cerrado e solo de canteiro esterilizado, durante 20 dias..... 82

Tabela 15. Crescimento inicial de plântulas de E. contortisiliquum em solo de cerrado e solo de canteiro esterilizado, durante 20 dias..... 83

Tabela 16. Crescimento de inverno-primavera-verão de plantas de D. mollis e E. contortisiliquum em solo de cerrado, solo de canteiro não esterilizado e areia regada com solução nutritiva de Hoagland, normal e diluída 10x . Resultados após 120 dias..... 85

Tabela 17. Crescimento de plântulas de D. mollis (14 dias) e E. contortisiliquum (7 dias) em vermiculita..... 89

Tabela 18. Crescimento de plantas de D. mollis e E. contortisiliquum em hidropônica com solução nutritiva de Clark sem alumínio, com 4,5 mg/l de alumínio e 45 mg/l de alumínio, e pH 4,0. Resultados após 30 dias..... 90

Tabela 19. Crescimento de plantas de D. mollis e E. contortisiliquum em hidropônica com solução nutritiva de Hoagland, completa, deficientes em fósforo e em cálcio, e pH 4,6. Resultados após 30 dias 91

Tabela 20. Crescimento de plântulas de D. mollis e E. contortisiliquum mantidas 9 dias, em placas de Petri e após, 12 dias em vermiculita..... 93

Tabela 21. Crescimento de plantas de D. mollis e E. contortisiliquum em hidropônica com solução nutritiva de Hoagland, completa e com alumínio (60 mg/l), deficiente em fósforo e com alumínio e, deficiente em cálcio e com alumínio, e pH 4,0. Resultados após 70 dias..... 94

Tabela 22. Crescimento de plantas de D. mollis em solo de cerrado, solo de canteiro não esterilizado, solo de canteiro esterilizado, areia regada com solução nutritiva de Hoagland normal, proporções de solo de canteiro esterilizado em relação a areia, tais como 1:1, 1:2, 1:3, solo de canteiro esterilizado em cima/solo de cerrado embaixo e solo de cerrado em cima/solo de canteiro esterilizado embaixo. Resultados após 45 dias..... 95

Tabela 23. Crescimento de plantas de D. mollis em solo de cerrado, solo de canteiro não esterilizado, solo de canteiro esterilizado, areia regada com solução nutritiva de Hoagland normal, proporções de solo de canteiro esterilizado em relação a areia, tais como 1:1, 1:2, 1:3, solo de canteiro esterilizado em cima/solo de cerrado embaixo e solo de cerrado em cima/solo de canteiro esterilizado embaixo. Resultados após 90 dias..... 97

Tabela 24. Crescimento de plantas de E. contortisiliquum em solo de cerrado, solo de canteiro não esterilizado,

solo de canteiro esterilizado, areia regada com solução nutritiva de Hoagland normal, proporções de solo de canteiro esterilizado em relação a areia, tais como 1:1, 1:2, 1:3, solo de canteiro esterilizado em cima/solo de cerrado embaixo e solo de cerrado em cima/solo de canteiro esterilizado embaixo. Resultados após 45 dias..... 98

Tabela 25. Crescimento de plantas de E. contortisiliquum em solo de cerrado, solo de canteiro não esterilizado, solo de canteiro esterilizado, areia regada com solução nutritiva de Hoagland normal, proporções de solo de canteiro esterilizado em relação a areia, tais como 1:1, 1:2, 1:3, solo de canteiro esterilizado em cima/solo de cerrado embaixo e solo de cerrado em cima/solo de canteiro esterilizado embaixo. Resultados após 90 dias..... 99

Tabela 26. Crescimento de plantas de D. mollis em sacos plásticos selados, contendo nos dois lados, solo de cerrado, solo de canteiro esterilazado ou solo de canteiro esterilizado e solo de cerrado. Resultados após 45 e 90 dias..... 104

Tabela 27. Crescimento de plantas de E. contortisiliquum em sacos plásticos selados, contendo nos dois lados, solo de cerrado, solo de canteiro esterilazado ou solo de canteiro esterilizado e solo de cerrado. Resultados após 45 e 90 dias..... 105

Tabela 28. Crescimento de plantas de D. mollis em vaso com solo de cerrado, recebendo radiação solar total, sombreamento artificial e sombreamento de cobertura vegetal. Radiação fotossinteticamente ativa medida ao redor das 12 horas..... 130

Tabela 29. Crescimento de plantas de D. mollis em canteiro exposto à radiação solar total e sombreamento artificial. Radiação fotossinteticamente ativa medida ao redor das 12 horas..... 131

Tabela 30. Crescimento de plantas de D. mollis em canteiro exposto à radiação solar total e com presença de invasoras. Radiação fotossinteticamente ativa medida ao redor das 12 horas..... 132

Tabela 31. Crescimento de plantas de D. mollis em canteiro exposto à radiação solar total, com presença de invasoras e crescimento das invasoras após 4 meses. 133

INTRODUÇÃO

Os primeiros estudos sobre a vegetação do cerrado foram realizados pelo dinamarquês Eugênio Warming, em Lagoa Santa, sul de Minas Gerais, classificando as formações vegetativas em primitivas, isto é, conservadas naturalmente, e, secundárias, com transformações feitas pelo homem; sendo a vegetação do cerrado xerófita devido à estação seca prolongada, durante a qual as queimadas são freqüentes (WARMING, 1908). Segundo GOODLAND (1971a), o livro "Lagoa Santa", de Warming, apresenta a melhor descrição do cerrado, e contém a análise florística mais detalhada.

Os cerrados ocupam aproximadamente uma área de 25% do território nacional, com uma vegetação caracterizada por estrato herbáceo único, ou, ocasionalmente, interrompido por árvores ou arbustos (FERRI, 1983). Esta vegetação também é conhecida como vegetação savânica . O termo savana é usado em diferentes sentidos, não havendo uma uniformidade entre os autores, podendo ser utilizado para uma fisionomia particular com qualquer tipo de vegetação onde o estrato herbáceo predomina em relação ao arbustivo, subarbustivo e arbóreo; ou, para um tipo particular de vegetação que abrange além da fisionomia, a composição florística e fatores do habitat (EITEN, 1982). No entanto, mais recentemente, o termo savana tem sido utilizado para caracterizar ecossistemas tropicais e subtropicais, onde árvores ou arbustos encontram-se espalhados pelo estrato herbáceo, a sazonalidade de estação seca e chuvosa determina o padrão de crescimento das espécies e a freqüente ocor-

rência de fogo tem exercido papel significante na evolução de muitos aspectos funcionais e morfológicos das espécies (BOULIÈRE & HADLEY, 1983; SARMIENTO, 1984). A vegetação de cerrado enquadra-se em qualquer um dos usos do termo savana (EITEN, 1972; COLE, 1982; COUTINHO, 1982, EITEN, 1982, FERRI, 1983, SARMIENTO, 1984). Algumas diferenças básicas podem ser encontradas ao se comparar as savanas brasileiras com as savanas africanas ou australianas . O clima estacional das savanas do Brasil apresenta maiores valores de precipitacão média anual do que na África e na Austrália.Nas savanas destes dois países, os solos apresentam acentuado contraste com os solos dos cerrados, onde predominam baixa fertilidade, acidez e altos teores de saturação de alumínio (ADÁMOLI et al., 1986).

Somente no Brasil Central, a área ocupada pelos cerrados é de 1,5 milhões de km^2 (ALVIM & ARAÚJO, 1952; FERRI, 1973, 1983). Com esta grande distribuição, a vegetação do cerrado que se apresenta segundo um gradiente de biomassa (EITEN, 1971; GOODLAND, 1971b; FERRI, 1977; COUTINHO, 1978, 1990) é encontrada nas mais variadas condições de clima e solo (FERRI, 1973).

A maior parte da área ocupada pelo cerrado está sob ação de um clima tropical típico, quente e úmido, com estação chuvosa de verão e com invernos secos e tépidos. Cerrado e mata podem existir sob o mesmo tipo de clima, estando na dependência das condições de ordem nutricional dos solos (REIS, 1971; COUTINHO, 1990). Condições climáticas não são consideradas como um fator limitante para a diferenciação da vegetação no ecossistema do cerra-

do (CAMARGO, 1971; COUTINHO 1982).

A distribuição da vegetação de cerrado está regulada pelo solo mais do que por qualquer outro fator ecológico (ALVIM & ARAÚJO, 1952). Os solos ocupados pelos cerrados são muito antigos (GOODLAND, 1971b), apresentam, em geral, boas características de drenagem (RANZANI, 1971a, b) e uma grande variação na profundidade do perfil (RAWITSCHER et al., 1943; ARENS, 1971; RANZANI, 1971a, b; FERRI,1978); oferecendo ao sistema radicular das plantas um meio de fácil penetração e ampla distribuição (RANZANI, 1971a). O pH dos solos de cerrado é baixo e aumenta com a profundidade do solo. Nos horizontes superficiais está compreendido entre 4,0 e 5,0, enquanto nos horizontes inferiores se encontra entre 5,0 e 6,5 (RANZANI, 1971b). Plantas típicas do cerrado ocorrem em solos com pH de 4,2 a 4,6, muito pobre em bases trocáveis, principalmente cálcio (ALVIM & ARAÚJO, 1952), magnésio e potássio que são substituídas em grande escala por hidrogênios (ARENS, 1958), baixo teor de alguns nutrientes (ALVIM & ARAÚJO, 1952; ALVIM et al., 1968; ARENS, 1971), além de possuir altas concentrações de alumínio (GOODLAND, 1971a; FERRI, 1977).

Os principais fatores limitantes responsáveis pela ocorrência, distribuição e padrão mosaico do cerrado são oligotrofismo, toxicidade de alumínio (GOODLAND, 1971a; FERRI, 1977; COUTINHO, 1978, 1982, 1990) e ou manganês, e fogo (COUTINHO,1978, 1982, 1990). A oligotrofia parece ser a característica geral dos diversos solos com vegetação dos cerrados (BEIGUELMAN, 1962; FERRI, 1963; ARENS, 1971; FREITAS et al., 1971; GOODLAND, 1971a; RANZANI,

1971a; FERRI, 1977; COUTINHO,1990).

Os tipos de cerrados diferem em relação às densidades das plantas permanentes que reúnem todas as árvores e muitos arbustos de raízes profundas, quando comparadas com as plantas efêmeras que compreendem inúmeras plantas herbáceas de raízes superficiais, e com as gramíneas, que podem ser efêmeras ou permanentes, e, estas, embora percam suas hastes e folhas nos períodos de seca, sobrevivem, porém, por seus rizomas, bases foliares ou por outros mecanismos (FERRI, 1977). Embora todas vegetem no verão, as plantas perenes podem sobreviver através de órgãos subterrâneos, apresentando a parte aérea permanentemente viva ou não (FERRI, 1983).

A flora de cerrado consiste aproximadamente de 800 espécies de árvores e arbustos, e um número muito maior de espécies subarbustivas e herbáceas (FURLEY & RATTER, 1988). A maioria das espécies repetem-se em várias regiões conforme estudos feitos em Mato Grosso, Minas Gerais e São Paulo com diferenças e semelhanças quanto à vegetação (GIBBS et al., 1983). Dentre os gêneros dominantes da vegetação lenhosa do cerrado, encontram-se Anacardium, Annona, Aspidosperma, Bombax, Byrsonima, Cassia, Didymopanax, Eugenia, Erythroxylum, Jacaranda, Kielmeyera, Machaerium, Miconia, Qualea, Roupala e Vochysia (HERINGER et al.,1977).

As árvores e arbustos que caracterizam a camada descontínua da vegetação do cerrado têm aparência de vegetais que vivem em ambientes onde a água é escassa (xerofitismo); apresentam ramos retorcidos e tortuosos, cascas grossas, folhas coriáceas, brilhan-

tes, revestidas por uma espessa camada de pêlos em uma ou ambas as faces (FERRI, 1973, 1977, 1983), caracteres anatômicos de adaptação a ambiente seco , como hipoderme, epiderme bisseriada, parênquima incolor de reserva de água, tecidos mecânicos (esclerênquima e células pétreas) e estômatos situados em depressões (FERRI, 1973). Por outro lado, muitas espécies do cerrado apresentam características que se opõem à idéia de adaptação a condições de seca. Folhas de superfície grande e indivisa ocorrem em Tocoyena brasiliensis, T. formosa e Kielmeyera coriacea. Em Stryphnodendron barbadetiman, Dimorphandra mollis e muitas outras leguminosas, o enorme limbo é subdividido em folíolos mais ou menos numerosos (FERRI, 1977).

O aparente xeromorfismo apresentado pelas plantas permanentes, não deve ser por falta de água (ARENS, 1958, 1971; FERRI, 1977, 1983), mas, sim, resultante das condições oligotróficas dos solos de cerrado (ARENS, 1971; FERRI, 1963, 1977), sendo, na verdade, um escleromorfismo oligotrófico (ARENS, 1958). A água não parece ser fator limitante, pois, com exceção da camada superficial, está disponível durante o ano todo (RAWITSCHER et al., 1943). A maioria das plantas lenhosas do cerrado tem raízes profundas em solo quase sempre úmido, e as plantas transpiram livremente, mesmo durante a seca (GOODLAND, 1971a).

O xeromorfismo seria consequência da falta de diversos nutrientes essenciais à síntese de proteínas, dificultando o crescimento da planta. Isto justifica o pequeno porte das árvores, seu baixo índice de desenvolvimento e a abundância das estruturas de

caráter xeromorfo. Como as plantas do cerrado dispõem de luz, ar e água, são capazes de sintetizar, durante o crescimento um excesso de gorduras e carboidratos (ARENS, 1958), que seriam utilizados na produção de pêlos, na formação de grandes deposições de celulose e conseqüentes paredes numerosas e grossas, cutículas espessas, súber, esclerênquima, escleritos (ARENS, 1971; FERRI, 1963, 1977), presença de resina e madeira quebradiça (GOODLAND, 1971a). Portanto, o cerrado é uma vegetação oligotrófica (BEIGUELMAN, 1962).

Segundo LOVELESS (1962), o aumento no grau de escleromorfismo foliar está associado com aumento no conteúdo de fibras e diminuição nos conteúdos de proteínas e fósforo. Como este é essencial para síntese proteica, a deficiência proteica pode ser correlacionada com baixo teor de fósforo.

Um gradiente fisionômico que é explicado pelo gradiente de fertilidade, foi encontrado de campo limpo ao cerradão no sentido crescente de densidade e altura da vegetação (GOODLAND & POLLARD, 1973), e decrescente em relação à acidez desses solos, à carência de nutrientes e ao teor de alumínio (FERRI, 1975, 1977; LOPES & COX, 1977; COUTINHO, 1978). Ao longo deste gradiente, o estrato herbáceo/subarbustivo vai gradativamente originando o estrato lenhoso com a presença de arbustos e árvores com as copas se tocando e criando sombra, sendo o cerradão, uma floresta, e, portanto, tem-se num extremo, a fisionomia de campo e em outro a de floresta (COUTINHO, 1990). No entanto, COCHRANE & AZEVEDO (1988), em um estudo sobre os cerrados, nem sempre encontraram relação entre o aumento de biomassa e o aumento de fertilidade do solo.

O gradiente do cerradão (floresta) ao campo sujo é, num sentido fisionômico, de xeromorfismo crescente, sendo a redução em massa vegetal relacionada com a crescente saturação do solo em alumínio. No entanto, valores muito baixos de pH e muito altos de alumínio têm sido encontrados, por exemplo, em solos da Floresta Amazônica (COUTINHO & LAMBERTI, 1971; MARTINS & MATHES, 1978) e na Mata Atlântica (SILVA & LEITÃO FILHO, 1982). Solos da Mata Atlântica têm também apresentado altos níveis de alumínio, sendo este considerado um fator responsável pelo crescimento anormal apresentado por espécies deste tipo de vegetação (GODBOLD et al., 1988). O alumínio é a principal causa da acidez do solo de cerrado e, conseqüentemente, da deficiência mineral; causa retenção do cátion mais abundante, o cálcio, e, diminui a disponibilidade de nutrientes críticos como fosfatos e potássio (GOODLAND, 1971a, b).

O alumínio age tanto no solo quanto na planta. No solo, os efeitos do alumínio tendem a diminuir a disponibilidade de fósforo, cálcio, magnésio, nitrogênio, potássio e outros. Os íons de alumínio se combinam com os dos nutrientes; a acidez causa a precipitação dos nutrientes, ou uma diminuição na sua solubilidade (GOODLAND, 1971a). As variações no pH da solução implicam em alterações na disponibilidade de nutrientes químicos para a planta. Com o abaixamento do pH, diminui a disponibilidade de fósforo, cálcio e outros. Como agravante, aumenta muito a disponibilidade de alumínio e de manganês. Em altas concentrações, esses dois íons causam toxidez às plantas (FOY et al., 1978).

Na planta, o alumínio age nas superfícies da raiz e das células, onde é adsorvido na parede celular, formando compostos com fosfato (CLAR KSON, 1966a) e tornam o P menos disponível para absorção e utilização; as paredes celulares perdem sua plasticidade (FOY & BROWN, 1963, BOLLARD & BUTLER, 1966), altera a permeabilidade de membrana ligando-se à região polar dos fosfolipídios e mudando a configuração proteica (ZHAO et al., 1987); desloca o cálcio ou qualquer outro cátion divalente dos sítios negativos dos fosfolipídios, conferindo às membranas uma maior fluidez e maior permeabilidade, com perda de metabólitos essenciais para o meio externo (CAMBRAIA, 1989); inibe divisão celular (RORISON, 1958; CLARKSON, 1965a, 1966a, b, 1969; JACKSON, 1967; MATSUMOTO, 1988; ROY et al., 1988); interfere com o metabolismo de açúcares fosforilados (JACKSON, 1967) provavelmente por inibir a enzima hexoquinase, nucleotídeos e ácidos nucleicos, inclusive na produção de DNA (CLARKSON, 1966a, 1969; ROY et al.,1988) e síntese proteica (CLARKSON, 1969; ROY et al., 1988); associa-se com DNA e RNA (MATSUMOTO et al., 1976) causando alteração na estrutura de cromatina (MATSUMOTO, 1988); inibe a atividade de ATPases (CAMBRAIA & CALBO, 1980) e outras fosfatases da membrana plasmática (CLARK & BROWN, 1974; CLARK, 1975); reduz o transporte de fósforo da raiz para a parte aérea (CLARKSON, 1966a; JACKSON, 1967); afeta absorção de Ca e transporte para a parte aérea diferentemente (JOHNSON & JACKSON, 1964); reduz a absorção de nitrogênio e modifica o metabolismo das plantas (CAMBRAIA et al., 1988). Tudo isto poderia explicar o raquitismo e o nanismo das árvores do cerrado. No campo sujo com me-

nos nutrientes, o alumínio torna-se mais tóxico, enquanto no cerradão, com solos mais ricos, o alumínio é menos tóxico.

O alumínio tem sido relacionado com sintomas de deficiência de fósforo, explicada pela fixação na forma de fosfato de alumínio, que é um precipitado insolúvel e, por isso não disponível para as plantas. A precipitação nas raízes ocorre, principalmente, na superfície, nos espaços intercelulares (CLARKSON, 1966a; McCORMICK & BORDEN, 1974) e nos tecidos condutores. Aceita-se que o alumínio reaja com cadeias de ácido poligalacturônico das paredes das células jovens, dando compostos pécticos "errados" (= substituição ou deslocamento do Ca) resultando na perda de elasticidade (RORISON, 1958). O alumínio acumula preferencialmente na superfície das raízes e no córtex, concentrando-se no protoplasma e, em especial, no núcleo (MATSUMOTO et al.,1977). A presença de células anormais com dois núcleos na região meristemática da ponta da raiz indica paralisação do processo de divisão celular (MALAVOLTA, 1980).

A toxidez causada pelo alumínio e manganês em solos ácidos limita o crescimento das plantas. A toxicidade originada pelo alumínio é prejudicial nos subsolos ácidos porque restringe a profundidade das raízes e a sua ramificação, o que causa um decréscimo na tolerância à seca e no uso dos elementos nutritivos do subsolo (FOY, 1976; ROY et al., 1988).

Segundo FOY et al. (1978), os sintomas de toxicidade do alumínio nem sempre são facilmente identificáveis. Em algumas plantas, os sintomas foliares são semelhantes aos da deficiência

de fósforo. Nesse caso, há um atrofiamento generalizado, as folhas tornam-se pequenas e ocorre avermelhamento de caules e nervuras. Diferentemente, em outras espécies, o conjunto de sintomas de toxidez confunde-se com deficiência de cálcio, como enrolamento das folhas jovens e morte das pontas de crescimento ou dos pecíolos. Um importante sintoma manifesta-se ao nível do sistema radicular. As raízes ficam curtas, grossas, quebradiças e amarronzadas (FOY, 1976), sendo ineficientes na absorção de nutrientes e água (REID et al., 1971; FOY et al., 1978). No geral, as plântulas são mais sensíveis à toxicidade do alumínio do que as plantas mais velhas (THAWORNWONG & VAN DIEST, 1974) havendo inibição do crescimento radicular (CLARKSON, 1966b).

Os mecanismos pelos quais certas plantas toleram níveis elevados de alumínio no meio de crescimento, são ainda discutidos. A tolerância pode ser diferente em diferentes espécies e variedades, e parece ser controlada por mais de um gene. As plantas tolerantes ao alumínio devem ser capazes de evitar a adsorção ou a absorção do excesso do alumínio pelas raízes ou, então, desintoxicarem-se após sua absorção (FOY, 1976; FOY et al., 1978; ROY et al., 1988).

A tolerância ao alumínio tem sido associada à formação de complexos alumínio-ácidos orgânicos (JONES, 1961; LEE & FOY, 1986; SUHAYDA & HAUG, 1986), a alterações do pH na região da raiz (FOY et al., 1978; FOY & FLEMING, 1982), ao mecanismo de exclusão do alumínio, níveis baixos de Al^{+3} na parte aérea e/ou bloqueio de excesso de alumínio nas raízes; à acumulação de Al^{+3} na parte

aérea (FOY et al., 1978; FOY, 1983), à capacidade da planta de elevar o pH do meio mais rapidamente provocando a precipitação do Al, ficando exposta a menores concentrações de Al solúvel (FOY et al., 1978; FOY & FLEMING, 1982), à tolerância ou preferência ao NO_3^- ou NH_4^+ (FOY et al., 1978; FOY & FLEMING, 1982; TOLLEY-HENRY & RAPER Jr.,1986), à excreção mucilaginosa pela extremidade da raiz (HORST et al., 1982), à eficiência na absorção e transporte de cálcio e magnésio (CALBO, 1978), à habilidade de plantas em absorver potássio e magnésio (LEE, 1971), à eficiência do uso do fósforo (FOY & BROWN, 1964; CLARKSON, 1966a; FOY, 1976; FOY et al., 1978; CAMBRAIA & CALBO, 1980; FAGERIA, 1985), à maior atividade de fosfatase em raiz e absorção de níveis baixos de P orgânico ou inorgânico (CLARK & BROWN, 1974; CLARK, 1975; McLACHLAN, 1980), ao bloqueio do alumínio em sítios não metabólicos dentro da planta (SIEGEL & HAUG, 1983a; LARKIN, 1987), ao controle do excesso de alumínio nas raízes, restringindo seu transporte para a parte aérea (FAGERIA & CARVALHO, 1982), às taxas maiores de crescimento radicular e portanto maior absorção de água e nutrientes (FAGERIA, 1982), e, a controle genético (FOY, 1976; FOY et al., 1978; RHUE et al., 1978; LARKIN, 1987; ROY et al., 1988).

As plantas tolerantes ao alumínio conteriam ou produziriam maior quantidade de ácidos orgânicos que formariam complexos solúveis com o alumínio, eliminando sua toxicidade (JONES, 1961). Alguns trabalhos têm mostrado que na presença de níveis tóxicos de AL, plantas tolerantes produzem maiores quantidades de ácidos orgânicos, especialmente, o trans-aconítico, o málico e o cítrico

que as sensíveis (CAMBRAIA et al., 1983; LEE & FOY, 1986; SUHAYDA & HAUG, 1986).

O alumínio liga-se estequiometricamente e cooperativamente à calmodulina (SIEGEL & HAUG, 1983b), proteína reguladora de Ca no citossol (FOY et al., 1978) que regula certas enzimas como NAD quinase (ANDERSON & CORMIER, 1978 apud DIETER, 1987), NAD^+ oxidoredutase e Ca^{2+} ATPase (DIETER, 1984). O alumínio ao se ligar à calmodulina, provoca mudanças conformacionais, havendo uma diminuição ou perda total de sua capacidade reguladora e redução no potencial de membrana (SIEGEL & HAUG, 1983a). Uma maneira de proteger a calmodulina da toxicidade do alumínio e amplificar a sua troca de Ca é a presença de ácidos orgânicos como citrato que complexando com o alumínio, desintoxica a célula vegetal (CALDWELL & HAUG, 1982; ROY et al., 1988).

Alguns aspectos da toxicidade do alumínio em plantas foram abordados por FAGERIA et al. (1988) e ROY et al. (1988), e um resumo sobre os mecanismos de tolerância à toxidez de alumínio em plantas foi apresentado por CAMBRAIA (1989).

GOODLAND (1971a) partindo do fato de que os solos dos cerrados são altamente ácidos com elevada saturação em alumínio, levantou a possibilidade de que a acumulação de alumínio seria uma estratégia adaptativa de sucesso entre as plantas do cerrado. As relações das plantas com respeito ao alumínio são pouco conhecidas. Parece que, em geral, as famílias Leguminosae, Graminea, Myrtaceae, Cyperaceae, Compositae que são tão abundantes no cerrado, sejam plantas não acumuladoras de alumínio. Estas plantas pos-

suem a capacidade de absorver nutrientes em presença do alumínio, sem que este seja absorvido. A família Leguminosae tem uma nutrição mineral característica que deveria conferir uma certa tolerância ao alumínio (RORISON, 1958).

As plantas comumente encontradas no cerrado parecem ter sido selecionadas por sua tolerância ao alumínio, nenhuma sendo sensível e muitas acumulando-o facultativa ou obrigatoriamente. As espécies dos gêneros Qualea, Vochysia, Palicourea, Strychnos e Miconia acumulam milhares de ppm de alumínio na matéria seca (GOODLAND, 1971a; MALAVOLTA, 1980).

Muitas espécies do cerrado, por exemplo, Miconia ferruginata, Miconia pohliana, Palicourea rigida, Qualea grandiflora, Q. multiflora, Q. parviflora, Vochysia elliptica e V. thyrsoidea, são capazes de acumular alumínio em grande quantidade nas folhas (HARIDASAN, 1982) e esta acumulação não interfere na absorção de outros cátions como K, Ca e Mg (MEDEIROS & HARIDASAN, 1985). Portanto, as espécies acumuladoras de alumínio parecem ter um mecanismo eficiente para absorção de cátions do solo, apesar do baixo pH e a baixa saturação de bases do solo, superando com eficiência a interferência e efeitos deletérios do alumínio na absorção e transporte de Ca, Mg e Zn (HARIDASAN, 1982).

As espécies não acumuladoras apresentam, nas folhas, um nível de alumínio de até 0,08%, enquanto um nível sempre superior a 0,9% foi encontrado nas espécies acumuladoras (MEDEIROS & HARIDASAN, 1985). Nestas, altas concentrações de alumínio foram encontradas em todos os elementos do floema das nervuras principal e

secundárias das folhas (sendo evidência da translocação de alumínio pelo floema), em paredes e conteúdos do colênquima central, células da epiderme, células guardas dos estômatos e parênquima esponjoso (HARIDASAN et al., 1986).

Como a acumulação de alumínio por espécies acumuladoras parece ocorrer independentemente do nível de fertilidade e disponibilidade de cátions como Ca, Mg e K no solo, estas espécies deveriam ser consideradas como acumuladoras de alumínio obrigatórias, sugerindo que as espécies acumuladoras de alumínio não sejam necessariamente plantas calcífugas (HARIDASAN & ARAÚJO, 1988).

Na literatura, pesquisadores que registraram concentração de nutriente foliar em floresta (cerradão), especialmente nos trópicos, não atentaram para a alta concentração de alumínio como uma estratégia adaptativa (HARIDASAN & ARAÚJO, 1988). O cerradão (comunidade de floresta) que ocorre em solos ácidos distróficos e mesotróficos (RATTER, 1971), apresenta diferenças na composição florística com espécies exclusivas e comuns, sendo estas, indiferentes à fertilidade do solo (RATTER et al., 1977, 1978). No entanto, existem poucas informações quanto às estratégias adaptativas das espécies que ocorrem nos dois tipos de solos. Um melhor entendimento das estratégias nutricionais dos diferentes grupos de espécies é essencial no futuro a fim de se usarem estas espécies no manejo e recuperação de cerradão em regiões degradadas do cerrado (HARIDASAN & ARAÚJO, 1988).

A classificação de plantas como calcícolas (características de solos calcáreos) ou calcífugas (características de solos

ácidos), definida por HOPE-SIMPSON (1938), tem sido amplamente usada. Esta definição foi originalmente dada com referência à aparente importância do conteúdo de Ca no solo como o determinante primário da distribuição vegetal. As plantas calcífugas desenvolvem-se bem em solos ácidos, precisam de um nível baixo de cálcio para crescer e apresentam inibição em concentrações elevadas, e são mais resistentes à toxidez do alumínio; enquanto as calcícolas ou calcífilas precisam de nível elevado de cálcio para crescimento e não crescem bem nos lugares ácidos devido à toxidez de ferro, alumínio ou manganês (HOU & MERKLE, 1950; HACKETT, 1964, 1965; BURSTRÖM, 1968) e deficiência de fósforo, apresentando crescimento atrofiado (RORISON, 1960a).

Os solos de cerrado apresentam deficiência em zinco que causa a produção deficiente de triptofano, que é precursor de ácido indol-3-acético (AIA), hormônio de crescimento das plantas. Como conseqüência da escassez deste hormônio nas plantas do cerrado, o crescimento da parte aérea é diminuído, os entrenós dos caules são mais curtos e ocorre um maior número de ramos com menor desenvolvimento, dando, ao cerrado, o aspecto de uma vegetação anã e disforme, enquanto o sistema radicular desenvolve-se intensamente (FERRI, 1975).

Como a auxina promove o crescimento de órgãos em plantas, a presença de um sistema que destrói AIA é de importância durante o desenvolvimento. POGGIANI (1971) verificando a atividade AIA-oxidásica em Stryphnodendron adstringens, uma espécie típica de cerrado, sugeriu que a diminuição da atividade desta enzima com

o desenvolvimento da planta possa indicar um aumento do nível de AIA na raiz, ativando o seu alongamento, enquanto uma maior atividade de AIA-oxidásica na parte aérea seja responsável pelo seu menor crescimento, ao contrário do que se verifica nas plantas de cultura. O autor verificou que as raízes de Stryphnodendron adstringens, Dimorphandra mollis e Sweetia pseudelegans alcançaram ao redor de 30 cm de comprimento em 6 semanas, enquanto a parte aérea apresentou cerca de 7 cm de altura. O maior crescimento da raiz em relação à parte aérea tem sido atribuído à escassez nutricional do solo.

Alguns trabalhos que estudaram o crescimento de plantas arbóreas do cerrado, mostraram o lento crescimento da parte aérea em relação à raiz (RIZZINI, 1965; POGGIANI, 1971; MELHEM, 1975a; DIONELLO, 1978), apesar de que os dados existentes sobre a quantificação desse crescimento sejam poucos. Em relação a este aspecto, alguns trabalhos mostraram, em plântulas crescidas em câmara de crescimento, em casa de vegetação ou em campo, baixas taxas de crescimento relativo e baixas taxas fotossintéticas (ARASAKI, 1988; FELIPPE & DALE, 1990; GODOY, 1991). A atividade fotossintética também medida em plantas adultas crescidas em condições naturais, atingiu valores baixos (JOHNSON et al., 1983; PEREIRA NETTO & HAY, 1986) ou altos (MEDINA, 1982; JOHNSON et al., 1983). A menor atividade fotossintética pode ser devido à deficiência nutricional em solos de cerrado, pelo fato dos nutrientes participarem tanto da composição de substâncias como da ativação de enzimas que tem ação direta na fotossíntese (SALISBURY & ROSS, 1978).

Em estudos sobre a germinação de sementes de plantas do cerrado, alguns autores verificaram que a multiplicação por sementes é de ocorrência rara em condições naturais, pelo menos em cerrados típicos, antigos e bem estabelecidos (FERRI, 1960; RIZZINI & HERINGER, 1962; RIZZINI, 1963), predominando aí a multiplicação vegetativa. Entretanto, LABOURIAU et al.(1964) verificaram que além da incidência de germinação de sementes nas condições naturais dos cerrados ocorrem muitos indivíduos isolados, de porte intermediário entre as plantas recém germinadas e os adultos, propondo não corresponder à realidade, o conceito de que as espécies de cerrado raramente se reproduzem por sementes. Estas observações foram realizadas durante a estação chuvosa, época mais favorável à germinação de sementes. Porém, VÁLIO & MORAES (1966) observaram a germinação de sementes no cerrado nas estações chuvosa e seca, além de reforçarem a afirmação de que a germinação natural de plantas do cerrado não é excepcional. HERINGER (1971) verificou a propagação por sementes de algumas espécies arbóreas de cerrado quando atingem áreas abertas (clareiras no cerrado), a presença de um grande número de mudinhas no tratamento capinado, demonstrando ser este o ambiente ideal para a propagação por sementes das espécies do cerrado, e muitas sementes germinando após o tratamento de fogo, dando este melhor resposta de germinação do que as sementes não submetidas ao fogo.

Através de experiências não publicadas, FERRI (1971) revelou que as sementes de Annona coriacea, Aspidosperma tomentosum, Bombax gracilips, Dimorphandra mollis, Kielmeyera coriacea,

Stryphnodendron adstringens germinam bem nas condições de laboratório. Nestas condições, existem poucos trabalhos sobre germinação de plantas do cerrado, e uma revisão do assunto sobre diversos aspectos da germinação foi feita por FELIPPE & SILVA (1984). Estes autores mostram que são poucos os trabalhos sobre o efeito da luz na germinação de plantas do cerrado, sendo a maioria de sementes das espécies estudadas, indiferentes à luz, que algumas sementes de espécies do cerrado necessitam de um tratamento de escarificação para que possam germinar, e que as sementes de cerrado apresentam variações quanto ao efeito da temperatura, ocorrendo a germinação de 10 a 45°C. Esta faixa de temperatura caracteriza sementes de plantas tropicais (LANG, 1965)

Durante a germinação da semente, o desenvolvimento do embrião se faz heterotroficamente, a princípio, às custas das estruturas anexas e dos cotilédones (MELHEM, 1975a) e a plântula permanece independente do seu meio mesmo após o estabelecimento no solo até que termine o suprimento das reservas (LABOURIAU, 1966).

Durante a germinação e crescimento da plântula ocorre reversão no metabolismo em tecidos de reserva. Células que foram locais de síntese de carboidratos, lipídios e proteínas, durante a embriogênese, tornam-se sítios de degradação e mobilização de reservas (BEWLEY & BLACK, 1983). Após a hidrólise das reservas, ocorre translocação dos produtos para o eixo embrionário. Alguns autores sugerem que a atividade hidrolítica está sob controle hormonal (YOUNG et al., 1960; SCALA et al.,1969; METIVIER & PAULILO, 1980; ONCKELEN et al., 1980) e a ocorrência e o envolvimento de

hormônios endógenos nos processos de germinação e crescimento inicial da plântula (MONTEIRO et al., 1987; SANDBERG et al., 1987; MONTEIRO et al., 1988a; b). Existem indicações de que citocininas estariam envolvidas na hidrólise do amido (GEPSTAIN & ILAN, 1970; LOCKER & ILAN, 1975; METIVIER & PAULILO, 1980). Giberelinas, citocininas e ácido abscísico são substâncias conhecidas como capazes de controlar a dormência e, portanto, seus efeitos sobre o metabolismo durante a germinação têm sido estudados (MAYER & POLJAKOFF-MAYBER, 1982).

O conhecimento da duração do período de viabilidade é um dado essencial para avaliar a capacidade de estabelecimento das diferentes espécies na ocupação de áreas do cerrado (LABOURIAU, 1966). Porém, são escassos os dados sobre longevidade de sementes de plantas dos cerrados (FELIPPE & SILVA, 1984).

Conforme as características de viabilidade, as sementes podem ser divididas em duas categorias : ortodoxas e recalcitrantes. As sementes ortodoxas mantêm sua viabilidade quando secas, podem ser armazenadas por longos períodos em condição de baixo teor de umidade e sua longevidade é aumentada pela diminuição na temperatura e teor de umidade (ROBERTS, 1973). Uma semente de longa duração tem, evidentemente, probabilidade de sobreviver no estado criptobiótico até que surjam condições que desencadeiem a germinação (LABOURIAU, 1966). As sementes que necessitam de um teor de umidade relativamente alto para manter viabilidade são denominadas recalcitrantes (ROBERTS, 1973) ou não ortodoxas (BEWLEY & BLACK, 1986), sua longevidade é relativamente curta variando de

poucas semanas a poucos meses dependendo da espécie. São sementes grandes e produzidas por espécies aquáticas e da mata tropical úmida (ROBERTS, 1975). A probabilidade de germinação destas sementes "exigentes" e de vida curta seria reduzida a menos que os fatores negativos de sobrevivência sejam compensados por uma grande abundância de sementes e/ou por um grande alcance de dispersão (LABOURIAU, 1966). Embora o cerrado não apresente as condições ideais para as sementes recalcitrantes, existe o caso das sementes de Hancornia speciosa (mangaba) cuja viabilidade só é mantida, quando as sementes têm 25% de teor de umidade. Assim mesmo, não ultrapassando 9 semanas de armazenagem (OLIVEIRA, 1989; OLIVEIRA & VÁLIO, 1992).

Dentre os fatores que contribuem para o desenvolvimento de uma planta, a sua reação a diferentes intensidades de radiação solar difere, dependendo se for uma planta sombreada ou exposta ao sol. Plantas que ocupam habitats ensolarados (plantas de sol) requerem alta intensidade luminosa para manter uma elevada taxa fotossintética e, conseqüentemente, mostram taxas mais baixas de fotossíntese a baixas intensidades luminosas. Aquelas de habitats sombreados (plantas de sombra) têm capacidade de taxas fotossintéticas maiores em baixas intensidades luminosas (HALE & ORCUTT, 1987).

As espécies adotam diferentes estratégias de sobrevivência e aclimatam-se em seu habitat. Para isto, elas devem possuir sensores que possam dar informações sobre o ambiente, como o grau ao qual uma planta é sombreada por outra vegetação. Na vegetação

sombreada, a quantidade de radiação fotossinteticamente ativa é reduzida, e a qualidade ou distribuição espectral de luz é alterada (GRIME, 1981). A qualidade espectral de luz do dia e luz de ambiente sombreado foi descrita por SMITH & MORGAN (1981) e HOLMES (1981). Na luz de ambiente sombreado há um grande aumento na proporção de irradiação vermelho-extremo e grande diminuição na taxa de fluxo de azul. Segundo GRIME (1979), as características de plantas adaptadas a sombreamento estão relacionadas à co-tolerância à sombra, a temperaturas elevadas e ao estresse de nutriente mineral. O sombreamento coincide com temperatura e umidade elevadas de climas tropical e subtropical ou com condições quentes de verão de regiões temperadas, e, com condições de falta de nutriente mineral associadas com o desenvolvimento de grande massa vegetal. Com o desenvolvimento da vegetação e fechamento da copa foliar, há oportunidade de ocorrência de competição por luz. GRIME (1973a) definiu competição como sendo a tendência de plantas vizinhas em utilizar o mesmo quantum de luz, íon de um nutriente mineral, molécula de água ou volume de espaço. Também, a competição deve ser intensificada ao longo de um gradiente complexo (GRIME, 1973a; b; 1979; READER & BEST, 1989), em locais inférteis e improdutivos devido à baixa disponibilidade de nutrientes (NEWMAN, 1973; TILMAN, 1987).

O efeito de sombreamento na taxa de crescimento e morfogênese tem sido verificado em muitos experimentos de crescimento de plantas. Em resposta ao sombreamento, a maioria de plantas produz menos matéria seca, retém fotossintatos na parte aérea às cus-

tas do crescimento de raiz, desenvolve pecíolos e internós maiores e, produz folhas mais finas e largas (GRIME & JEFFREY, 1965; LOACH, 1970). As espécies tolerantes e sensíveis a sombreamento são diferenciadas em termos de taxa de fotossíntese máxima e taxa de respiração foliar, sendo estas baixas para as espécies tolerantes (LOACH, 1967) que também apresentam baixas taxas de crescimento relativo (GRIME, 1965; LOACK,1970), determinadas geneticamente (LOACK, 1970; MAHMOUD & GRIME, 1974). As plantas adaptadas à sombra apresentam taxas fotossintéticas mais baixas relacionadas ao conteúdo mais baixo de enzimas de carboxilação (MOONEY, 1972; TAYLOR & PEARCY, 1976).

Entre as espécies dos cerrados encontra-se a Dimorphandra mollis Benth, conhecida por barbatimão de folha miúda (FERRI, 1969; RIZZINI, 1971a), barbatimão (CORRÊA, 1984) ou faveira (RIZZINI 1971a, SANTOS et al., 1974), que pertence à família Caesalpiniaceae [Leguminosae, subfamília Caesalpinioidea (COWAN, 1981)] ou à família Leguminosae e subfamília Caesalpinioidea (BENTHAM, 1870). é uma árvore pequena de ramos, pecíolos e inflorescência ferrugíneo-pubescentes; as folhas são compostas, bipinadas, 6-12 pares de pinas ou folíolos, cada pina com 10-20 pares de pínulas ou foliólulos alternos ou subopostos, ovados ou oblongos, membranáceos, mais ou menos elípticos, obtusos e pubescentes; as flores são amarelas em espigas densas, dispostas em inflorescência paniculado-corimbosa de 5-10 cm de comprimento, longo-pedunculada; o fruto é um legume espesso, carnoso, comprimido, indeiscente de 10-15 cm de comprimento por 2,5-3,8 cm de largura, base atenuada,

ápice arredondado, obtuso; sementes de 10-20, transversais (BENTHAM, 1870; CORRÊA, 1984; SILVA, 1986). Segundo RIZZINI (1971a) a semente é elipsóide-achatada, 8-13 mm de comprimento por 4-6 mm de largura, avermelhada, testa dura, superfície lisa, circundada lateralmente por faixa escura, com endosperma.

D. mollis é uma espécie de ampla distribuição (RIZZINI, 1971b; RIBEIRO et al., 1985; SILVA, 1986), do ponto de vista químico, tem sido estudada por suas propriedades tóxicas (TOKARNIA & DÖBEREINER, 1967; MURAD et al., 1968; CAMPELO, 1969; SANTOS et al., 1974), medicinais (CRUZ, 1982) e industriais. Neste aspecto, TOMASSINI & MORS (1966) observaram que a espécie é excelente fonte de rutina e de outros flavonóides que constituem o grupo das formalmente chamadas "vitamina P", com propriedades normalizadoras da resistência e da permeabilidade das paredes dos vasos e capilares, especialmente em combinação com a vitamina C. Também, as sementes desta espécie possuem cerca de 40% do seu peso seco em galactomananos, composto que é similar à goma caroba, pois ambos possuem a mesma razão manose:galactose (M:G) igual a 3,5 , tendo potencial para substituir a goma caroba e ser fonte para utilização comercial de galactomananos no Brasil (BUCKERIDGE & DIETRICH, 1990). A casca de D. mollis é rica em tanino e, por esta razão, muito útil na indústria de curtume; os sertanejos aproveitam ainda os folíolos para o enchimento de cangalhas e selas (CORRÊA, 1984).

A espécie Enterolobium contortisiliquum (Vell.) Morong (BURKART, 1979) era antes conhecida como E. timbouva Mart. (BENTHAM, 1876). Esta espécie é conhecida como timboúba, tambuvé (BENT-

HAM, 1876), timboúva (RIZZINI, 1978), orelha de macaco, timbaúva, tambori, pau-de-sabão, tamburé (BURKART, 1979), tamboril, orelha-de-negro (RIZZINI, 1978; BURKART, 1979) e timbaíba (BENTHAM, 1876; RIZZINI, 1978); pertence à família Mimosaceae [Leguminosae, subfamília Mimosoidea (ELIAS, 1981)] ou à família Leguminosae e subfamília Mimosoidea (BENTHAM, 1876; BURKART, 1979). é uma árvore caducifólia, de copa larga, com 20-30 m de altura, fuste 1-2 m de diâmetro, casca pardo-acinzentada, com clorofila debaixo do súber, madeira leve, branca, folhagem glabra e gemas axilares múltiplas. As folhas são bipinadas, 2-7 pares de pinas, estas com 8-20 pares de pínulas opostas, irregularmente oblongas, base assimétrica, sésseis, agudas e mucronadas no ápice, glabras, com glândulas no folíolo e no pecíolo comum. Inflorescência capituliforme globosa, com flores esbranquiçadas ou verde-pálidas. Fruto de 5-9 cm de diâmetro, constituindo uma vagem madura negra em círculo incompleto com orifício subcentral, com sementes irregulares e em geral ovaladas, castanhas, testas duras, de 10-15 mm de comprimento, sem endosperma (BENTHAM, 1876; RIZZINI, 1978; BURKART, 1979). A madeira é indicada para a fabricação de canoas de tronco inteiro, para tabuado e ripado e os frutos contém saponinas altamente hemolíticas (ANDRADE et al., 1970; RIZZINI, 1978; BURKART, 1979). Segundo alguns trabalhos, as vagens são tóxicas para bovinos (TOKARNIA et al., 1960; MARQUES et al., 1974) e outros animais em laboratório (ANDRADE et al., 1970). A baixa palatabilidade dos frutos sugere que em condições naturais, a percentagem de animais intoxicados por essa planta não deva ser elevada (MARQUES et al., 1974). As

vagens contêm inibidores de serina-proteinases (OLIVA et al., 1987) e thiol proteinases, que têm um papel na proteção das vagens contra insetos predadores (OLIVA et al., 1988).

As diferenças mais importantes na economia nutricional de florestas tropicais e savanas estão na localização do "pool" principal de um elemento no ecossistema. Em florestas, as quantidades de potássio e fósforo acumuladas na vegetação são maiores do que aquelas no solo, as de nitrogênio têm aproximadamente a mesma importância nos dois compartimentos, enquanto o cálcio e o magnésio acumulam na maior parte no solo ou na vegetação, dependendo do tipo de solo (SARMIENTO, 1984).

O cerrado está restrito principalmente aos solos pobres e a mata aparece nos solos mais ricos em nutrientes (ALVIM & ARAÚJO, 1952). Como os solos destes ambientes apresentam condições adversas , algumas regiões podem oferecer barreiras ao seu aproveitamento para a agricultura. Diante disto, a pesquisa básica, realizada sob aspectos ecológicos ou fisiológicos das espécies características de cerrado ou mata, fornece dados que permitem superar os fatores limitantes para o desenvolvimento das adaptações por elas apresentadas. Isto é de fundamental importância para a viabilização de projetos de recomposição de áreas, principalmente, quando se trata de espécies menos abundantes como Dimorphandra mollis e Enterolobium contortisiliquum as quais sofrem o risco de desaparecerem de certas regiões.

O objetivo deste trabalho foi analisar alguns aspectos da germinação e do crescimento inicial de D. mollis e E. contortisiliquum, e procurar obter informações que permitam esclarecer os mecanismos de adaptação destas espécies, pois a dispersão da primeira é naturalmente restrita aos solos de cerrado e a da segunda aos solos de mata embora possa se desenvolver em solo de cerrado.

MATERIAL E MÉTODOS

1. MATERIAL

Foram utilizadas sementes provenientes de frutos de Dimorphandra mollis Benth e Enterolobium contortisiliquum (Vell.) Morong coletados nos cerrados dos municípios de Itirapina (SP) e São Carlos (SP) respectivamente. Após a coleta, as sementes foram retiradas dos frutos e estocadas com malathion (1 g/kg) em vidro fechado a temperatura de 7°C.

2. MÉTODOS

2.1. Germinação de sementes

Cinco repetições de 10 sementes de D. mollis e E. contortisiliquum foram colocadas em placas de Petri, de 9 cm de diâmetro sobre duas folhas de papel de filtro umedecidas com água destilada (5 ml), mantidas em câmara de germinação FANEM a 25°C com iluminação fluorescente contínua (320 $uW.cm^{-2}$). O critério para se determinar uma semente germinada foi a protrusão da radícula.

O efeito de temperaturas constantes na germinação foi estudado na faixa de 15 a 40°C em câmara de germinação com iluminação contínua.

A germinação a 15°C em sementes com e sem endosperma ge-

latinoso foi realizada apenas em D. mollis. Para isto, havia remoção diária do endosperma gelatinoso aderido às sementes e troca do papel de filtro da placa de Petri. Sementes desta espécie também foram colocadas para germinar em diferentes períodos de temperatura elevada (40°C), sendo após mantidas a 25°C, assim como foi feita a remoção do endosperma e tegumentos em períodos diferentes (24, 48, 72, 96 e 120h), durante a germinação a 25°C, considerando 3 repetições de 10 sementes.

2.2. Escarificação e lavagem de sementes

As sementes de D. mollis e E. contortisiliquum foram submetidas a escarificação química, sendo colocadas em um béquer com ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) durante 1 hora. Após este período, as sementes foram lavadas em um frasco com tampa perfurada contendo mangueira conectada à torneira, ficando imersas em água de torneira contínua durante 24 horas. Posteriormente, as sementes foram lavadas em água destilada e colocadas para germinar nas condições usuais.

2.3. Técnicas gerais de crescimento

Após a germinação das sementes, as plântulas obtidas foram plantadas em copos com 10 cm de diâmetro e 12 cm de profundidade ou em sacos plásticos de 6 ou 9 cm de diâmetro por 28 ou 35 cm de profundidade respectivamente, ou em vasos com 18 cm de diâ-

metro e 18 cm de altura, contendo solo de cerrado (proveniente do cerrado de Itirapina) ou solo de canteiro em condições naturais em casa de vegetação. Após o plantio, as plântulas foram mantidas sob nebulizador por cerca de 1 semana e transferidas para bancadas onde foram regadas diariamente durante todos os experimentos.

O solo de canteiro utilizado foi fertilizado através da decomposição da matéria orgânica vegetal acumulada.

Em alguns experimentos foram utilizados solo de canteiro esterilizado obtido com aplicação de brometo de metila.

Nos experimentos onde plantas foram cultivadas em areia ou vermiculita, foram feitas regas semanais ou quinzenais com soluções nutritivas normal e diluída 10 vezes de acordo com ARNON & HOAGLAND (1940). A areia era sempre lavada várias vezes com água de torneira, antes de ser utilizada.

Germinação e desenvolvimento inicial da plântula, também foram realizados em vasos com vermiculita. Neste caso, os vasos eram protegidos com plástico aderente, contendo um prato com água sob cada vaso e eram mantidos em biotronete a 25°C.

O número de plantas por tratamento variou conforme o experimento (7 a 15).

Foi utilizada casa de vegetação não climatizada do Departamento de Fisiologia Vegetal da Unicamp, com cobertura de vidro e cercada nas laterais com tela plástica branca, apresentando coeficiente médio de transmissão de luz de 50% (PEREIRA NETO, 1988) e com temperaturas acima daquelas de ambiente externo.

Para a composição das soluções nutritivas, ver apêndice.

2.3.1. Cultivos em substratos sólidos

2.3.1.1. Crescimento de plantas de D. mollis

Para o crescimento inicial das plântulas analisado nos períodos outono-inverno-primavera, as plântulas foram cultivadas em copos, contendo solo de cerrado e solo de canteiro não esterilizado, durante 150 dias. Após 60 dias e a cada 30 dias, era feita a retirada de um lote de 10 plantas cultivadas em solo de cerrado para análise de crescimento. Também, cultivaram-se plantas em areia e vermiculita, regadas a partir de 60 dias até 100 dias de desenvolvimento, com 80 ml de soluções nutritivas de CLARK (1975) normal e diluída (1/5) e pH 4,3; e 80 ml de soluções nutritivas de Hoagland (ARNON & HOAGLAND ,1940) diluídas (1/5) com pH 4,3 e pH 6,0. Os lotes submetidos à aplicação de solução nutritiva foram diferenciados por conterem ou não cotilédones (a remoção destes ocorreu com 60 dias). Este parâmetro de diferenciação igualmente foi verificado em plantas cultivadas em sacos plásticos de 6 cm de diâmetro com solo de cerrado durante 110 dias, com 2, 1 e sem cotilédones, e sua remoção com 30 dias. Plântulas também foram cultivadas em solo de cerrado e solo de canteiro esterilizado ou não.

2.3.1.2. Crescimento de plantas de E. contortisiliquum

O crescimento inicial foi analisado nos períodos outono-inverno, com cultivo das plantas em copos contendo solo de cer-

rado, solo de canteiro não esterilizado e areia regada com soluções de Hoagland normal e diluída 10 vezes.

2.3.1.3. Crescimento comparativo entre D. mollis e E. contortisiliquum

Plântulas de D. mollis com 14 dias e E. contortisiliquum com 10 dias foram cultivadas em vermiculita. O lote de plantas intactas (controle) foi plantado em solo de cerrado (24 dias), e o outro foi submetido a cortes transversais abaixo do colo (0,5 cm) com eliminação da raiz principal. Na região do corte, foi feita aplicação de ácido-indolil-butírico (IBA) 100 mg/l, sendo as plântulas recolocadas no vaso com vermiculita sob nebulizador. Após 16 dias, as plântulas com raízes adventícias de 3 cm (D. mollis) e 10 cm (E. contortisiliquum) foram transplantadas para solo de cerrado, onde permaneceram em bancada por 24 dias. O mesmo procedimento foi feito em D. mollis, mantendo as plântulas com raízes adventícias em solo de cerrado por 30 dias.

Plântulas de D. mollis com 7 dias e E. contortisiliquum com 5 dias foram plantadas em vasos com solo de cerrado, e após a abertura dos cotilédones, foi feita a excisão com lâmina de bisturi, dos ápices dos epicótilos com 12 e 7 dias respectivamente, mantendo as plantas controle com ápices intactos. Após a remoção do ápice, as plantas permaneceram em solo de cerrado 30 dias.

Plântulas de D. mollis com 7 dias e E. contortisiliquum com 2 dias, contendo aproximadamente 1 cm de raiz foram plantadas em sacos plásticos de 9 cm de diâmetro com solo de cerrado e solo de canteiro esterilizado. A cada 5 dias até completar 20 dias, foi feita análise do crescimento.

Plântulas de D. mollis e E. contortisiliquum foram cultivadas em sacos plásticos de 6 cm de diâmetro, contendo solo de cerrado, solo de canteiro não esterilizado, areia regada com soluções de Hoagland normal e diluída 10 vezes.

Em outro experimento, plântulas de D. mollis com 11 dias e E. contortisiliquum com 9 dias foram plantadas em sacos plásticos de 9 cm de diâmetro, contendo solo de cerrado; solo de canteiro esterilizado ou não; areia regada com solução de Hoagland normal (1 vez/semana); proporções diferentes de solo de canteiro esterilizado e areia, tais como, 1:1, 1:2, 1:3; posições de solos diferentes no mesmo saco plástico (solo de canteiro esterilizado em cima / solo de cerrado embaixo e vice-versa). O crescimento foi verificado com 45 e 90 dias.

Plântulas com raízes adventícias foram transplantadas para sacos plásticos selados ao meio, com 4 cm de diâmetro de cada lado por 35 cm de comprimento, contendo solo de cerrado ou solo de canteiro esterilizado nos dois compartimentos, ou solo de cerrado de um lado e solo de canteiro esterilizado do outro lado. Cada

plântula ficou equilibrada ao nível da porção selada do saco, com raízes direcionadas para os dois compartimentos. A parte superior acima da junção dos compartimentos, contendo a base do caule, foi preenchida com vermiculita, para evitar a mistura dos solos. O crescimento foi analisado com 45 e 90 dias.

2.3.1.4. Sombreamento

Plântulas de D. mollis foram cultivadas em vasos com solo de cerrado, em casa de vegetação durante 25 dias. Após, os vasos com plantas foram expostos à radiação solar total ou aos sombreamentos de cobertura vegetal ou artificial. Este foi feito por uma caixa retangular de 50 cm x 80 cm x 100cm, revestida nas laterais por 2 camadas de sacos de estopa e na parte superior 4 camadas, sendo 3 camadas de sacos de estopa entremeadas por 1 camada de sombrite 50%. Também, plantas, após 80 dias de cultivo em canteiro exposto à radiação solar total, foram sombreadas artificialmente. Medidas da radiação solar total, na cobertura vegetal e dentro da caixa, foram realizadas ao redor das 13 às 14 horas com o aparelho DATA LOGGER LI - 1000.

2.3.1.5. Competição

Plântulas de D. mollis com 1,5 a 6,0 cm de comprimento de raiz foram plantadas diretamente em canteiro exposto à radiação solar total, com espaçamentos de 15 cm. Numa metade do canteiro

foi feita a limpeza semanal de invasoras e na outra metade foram feitas duas semeaduras diretas de invasoras entre as plântulas com 17 e 50 dias. Após 4 meses, foi feita análise do crescimento em $1m^2$ de área, com contagem do número total das espécies encontradas, cujas partes aéreas foram retiradas para obtenção de peso da matéria seca (item 2.4.2.). Com 6 meses de crescimento retiraram-se 20 exemplares de D. mollis cultivados com radiação solar total e 20 cultivados com invasoras, para obtenção do peso da matéria seca. Medidas da radiação foram feitas. As invasoras consideradas foram : Amaranthus, Bidens, Cyperus, Emilia, Euphorbia, Oxalis, Panicum, Phylanthus, Solanum, Sonchus.

2.3.2. Cultivos em substratos líquidos

Plântulas de D. mollis (±13 cm) e E. contortisiliquum (±20 cm), crescidas em vasos com vermiculita, foram transferidas para condições de hidropônica. Em cada vaso, foram colocados 3 litros de solução nutritiva, um prato com 5 furos na parte superior e 5 plântulas fixadas nos orifícios com auxílio de espuma envolvendo a região do caule próxima ao colo. A solução mutritiva era aerada continuamente através de mangueiras interligando os vasos e provenientes de um compressor.

No primeiro cultivo com duração de 30 dias, foram utilizadas soluções nutritivas de Clark normal, com teores diferentes de alumínio (4,5 e 45 mg/l) e pH 4,0.

Em outro experimento, plântulas foram cultivadas durante 30 dias em solução nutritiva de Hoagland (concentrada 2 vezes) completa e deficiente em cálcio e fósforo, e com pH 4,6. Após 15 dias foi feita troca das soluções nutritivas.

Num terceiro cultivo, plantas permaneceram 60 dias em solução nutritiva de Hoagland (diluída 10 vezes), completa e deficiente em cálcio e fósforo, contendo ou não alumínio (60 mg/l) e pH 4,0. As trocas das soluções nutritivas foram feitas a cada 15 dias.

2.4. Métodos analíticos

2.4.1. Comprimento e contagens

Medidas de comprimento foram feitas com régua graduada em milímetro no decorrer do experimento ou no final. Como parâmetros de medidas da parte aérea, foram consideradas medidas do hipocótilo, a partir do nó cotiledonar, da região do colo até a gema apical terminal e a partir do substrato até a gema apical terminal. No término dos experimentos, foram realizadas contagens do número de folhas expandidas, números de nós e de nódulos (raízes).

2.4.2. Pesos de matérias fresca e seca

As sementes, plântulas ou plantas foram pesadas individualmente em balanças com sensibilidades de 0,1 mg, 1,0 mg ou 100

mg, para obtenção do peso da matéria fresca, sendo em seguida, colocadas para secar em estufa FANEM com circulação forçada de ar, na temperatura de 80°C por 24 horas ou até que o peso constante fosse atingido. Após este período, as sementes, plântulas ou plantas foram pesadas novamente para obtenção de peso seco.

2.4.3. Taxa de crescimento relativo

A taxa de crescimento relativo (TCR) foi calculada de acordo com WILLIAMS (1946), através da fórmula:

$$TCR = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{t_2 - t_1}$$, em $mg.mg^{-1}.dia^{-1}$, onde:

ln = logarítmo natural

P_1 = peso inicial no tempo t_1 (primeira medida)

P_2 = peso final no tempo t_2 (segunda medida)

2.4.4. Área foliar

A área da lâmina foliar foi determinada através do medidor de área foliar - PORTABLE AREA METER MODEL LI - 3000.

2.4.5. Extrações e dosagens

As extrações e dosagens foram feitas em partes das sementes de D. mollis e E. contortisiliquum durante a germinação, desenvolvimento inicial da plântula e em plantas com 45 e 90 dias.

2.4.5.1. Carboidratos solúveis totais

A extração de carboidratos solúveis totais foi feita em metanol:clorofórmio:água (M.C.W.) na prorporção de 12:5:3 (v/v), conforme BIELESKI & TURNER (1966), sendo utilizados 10 ml de solvente por grama de matéria fresca. As amostras foram trituradas em graal ou homogeneizadas em Virtis ou Polytron PT 35, e a seguir foram centrifugadas em Centrífuga 215 FANEM por 5 minutos a 2500 rpm (129,5 g). O precipitado obtido foi utilizado para posterior extração de proteínas, e, do sobrenadante foi retirada uma alíquota de 4 ml, à qual foram acrescentados 1,5 ml de água destilada e 1,0 ml de clorofórmio absoluto. Após centrifugação por 5 minutos a 2500 rpm para separação de fases, foi retirada a fase aquosa com auxílio de pipeta Pasteur, para dosagem de carboidratos solúveis totais. Esta fração foi deixada em repouso até completa eliminação do resíduo de clorofórmio e finalmente determinado o volume final em proveta.

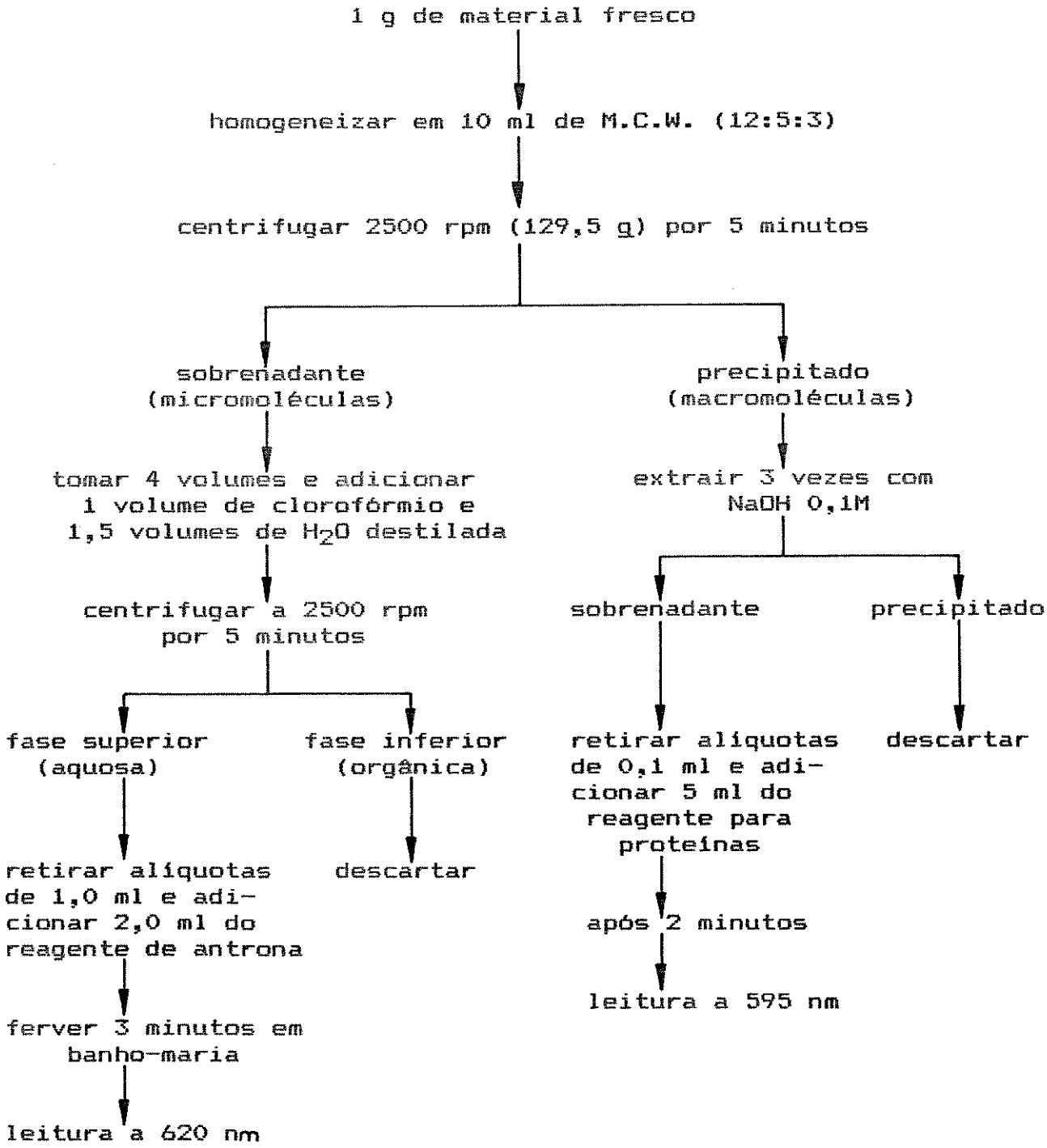
A quantificação de carboidratos solúveis totais foi feita pelo método da antrona (UMBREIT & BURRIS, 1964). Foram utilizadas soluções do padrão de dextrose na faixa de 0 a 100 $ug.ml^{-1}$. O volume da amostra a ser dosada foi de 1 ml ao qual foram adicionados 2 ml de solução de antrona 0,2% em ácido sulfúrico 95%. A mistura de cor verde foi rapidamente agitada e aquecida em banho-maria a 100°C por 3 minutos, para completar a reação. Posteriormente, foi feita a leitura de absorbância em espectrofotômetro MICRONAL modelo B 280, a 620 nm, calculando-se a quantidade em fun-

ção da equação da reta obtida pelos valores do padrão de dextrose.

2.4.5.2. Proteínas solúveis

Para a extração de proteínas solúveis foi utilizado o precipitado citado anteriormente (item 2.4.5.1.), o qual foi ressuspendido 3 vezes com NaOH 0,1M. Após centrifugação por 3 minutos a 2500 rpm, os sobrenadantes foram utilizados para dosagem de proteínas solúveis pelo método do "Dye Binding" (BRADFORD, 1976). Para a solução padrão utilizou-se albumina de soro bovino (B.S.A.) 0,1% em concentrações na faixa de 0 a 100 $ug.ml^{-0,1}$. As concentrações de B.S.A. foram obtidas diluindo-se a solução estoque com NaOH 0,1M. O volume das amostras dosadas foi de 0,1 ml ao qual eram adicionados 5 ml de solução de "Coomassie Brilliant Blue". Após agitação da mistura e 2 minutos de reação, com aparecimento da cor azul, foram feitas as leituras de absorbância das amostras a 595 nm em espectrofotômetro MICRONAL. As quantidades de proteínas solúveis foram calculadas em função da equação da reta obtida pelos valores do padrão de B.S.A.. A solução de Coomassie Brilliant Blue foi preparada adicionando-se 100 mg de corante "Coomassie Brilliant Blue G-250" a 50 ml de etanol 95% e 100 ml de ácido orto-fosfórico 85%, sendo o volume final completado para 1000 ml com água destilada e filtrado a seguir.A calibração da concentração da solução estoque de B.S.A. 0,1% (100 $ug.ml^{-0,1}$) foi feita em espectrofotômetro VARIAN, partindo-se da densidade ótica conhecida característica da substância, ou seja, absorbância 0,600 a 280 nm.

Diagrama esquemático da extração utilizada para carboidratos solúveis e proteínas solúveis:

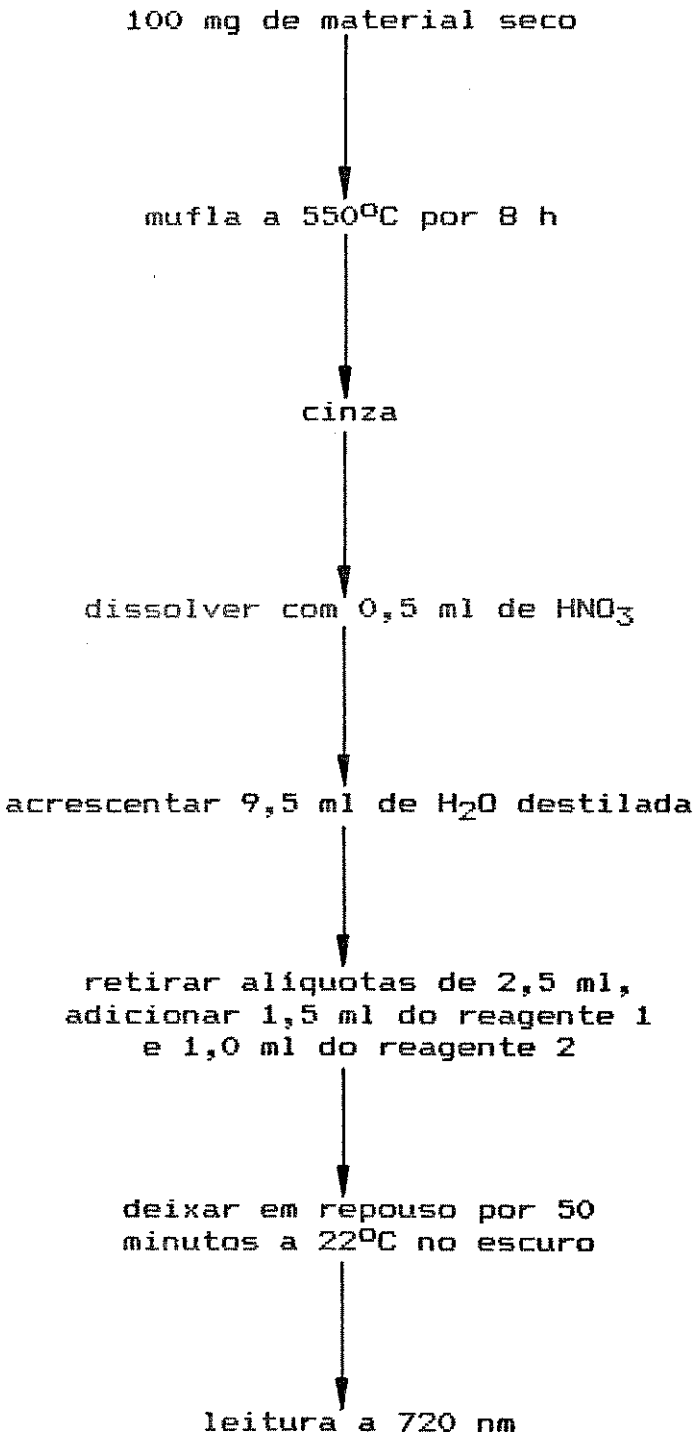


2.4.5.3. Fósforo total

A extração de fósforo total de partes da semente, plântula ou planta foi feita segundo GROENEVELD et al. (1987). As amostras foram trituradas em moinho ou não e colocadas em mufla a 550°C por 8 horas. As cinzas foram dissolvidas em 0,5 ml de ácido nítrico concentrado e diluídas com água destilada (9,5 ml).

O fósforo total foi determinado colorimetricamente segundo BERTRAN & VAN HERK (1955) apud LINDEMAN (1958). Para a solução padrão utilizou-se fosfato de potássio (KH_2PO_4) em concentrações na faixa de 0 a 20 $ug.ml^{-1}$ através de diluições com água destilada. O volume das amostras dosadas foi de 2,5 ml ao qual foram adicionados 1,5 ml do reagente 1, e 1,0 ml do reagente 2. A mistura foi agitada permanecendo em repouso durante 50 minutos a 22°C no escuro com aparecimento de coloração azul. Posteriormente, foi feita a leitura de absorbância em espectrofotômetro MICRONAL a 720 nm, calculando-se a quantidade em função da equação da reta obtida pelos valores do padrão. O reagente 1 foi preparado dissolvendo-se 441 mg de molibdato de amônio em 100 ml de H_2SO_4 1,6N. Para a preparação do reagente 2 utilizaram-se 50 mg de cloreto estanhoso ($SnCL_2$) e 200 mg de sulfato de hidrazina que foram dissolvidos simultaneamente em 100 ml de H_2SO_4 0,6N com posterior filtragem.

Diagrama esquemático para extração de fósforo total:



2.4.5.4. Cálcio

A extração do cálcio foi feita conforme o item 2.4.5.3. O cálcio total foi determinado segundo GOCHMAN & GIVELBER (1970). Para a solução padrão utilizou-se solução de carbonato de cálcio ($CaCO_3$) 100 mM em concentrações na faixa de 0 a 50 $ul.ml^{-2}$. A absorbância das amostras foi feita em espectro de absorção atômica PERKIN ELMER a 212 nm, calculando-se a quantidade em função da equação da reta obtida pelos valores do padrão de cálcio.

2.4.5.5. Clorofilas

Para a determinação das clorofilas a, b e total foram selecionados folíolos de D. mollis e foliólulos de E. contortisiliquum provenientes de plantas e folhas diferentes .Foram utilizadas 3 repetições de 5 folíolos ou 5 foliólulos, que foram pesadas em balança analítica com sensibilidade de 0,1 mg.

A extração foi feita segundo ARNON (1949), utilizando 5 ml de acetona 80%, na base de 1 ml por folíolo ou foliólulo. As amostras foram homogeneizadas em graal, a seguir colocadas em tubos de ensaio, vedados com plástico aderente e colocadas para centrifugar em Centrifuga 215 FANEM, por 5 minutos a 2500 rpm. O precipitado foi descartado e o sobrenadante contendo as clorofilas, foi usado para leituras de absorbância no espectrofotômetro MICRONAL em 645 nm para clorofila b, e em 663 nm para clorofila a.

A dosagem seguiu as técnicas descritas por MACKINNEY (1941) e ARNON (1949), baseadas na colorimetria do extrato cetônico 80% contendo clorofilas.

Durante os processos de extração e dosagem, tomou-se o cuidado de manipular o material ao máximo no escuro ou envolto em papel alumínio ou saco plástico preto.

Para o cálculo da quantidade de clorofilas a,b e total foram utilizadas equações segundo ARNON (1949), baseadas em equações e coeficientes de absorção específicos obtidos por MACKINNEY (1941).

As equações usadas foram expressas em miligramas por grama de matéria fresca:

$$\text{clorofila a} = \frac{(12{,}7 \times DO_{663} - 2{,}69 \times DO_{645}) \times V}{1000 \times W}$$

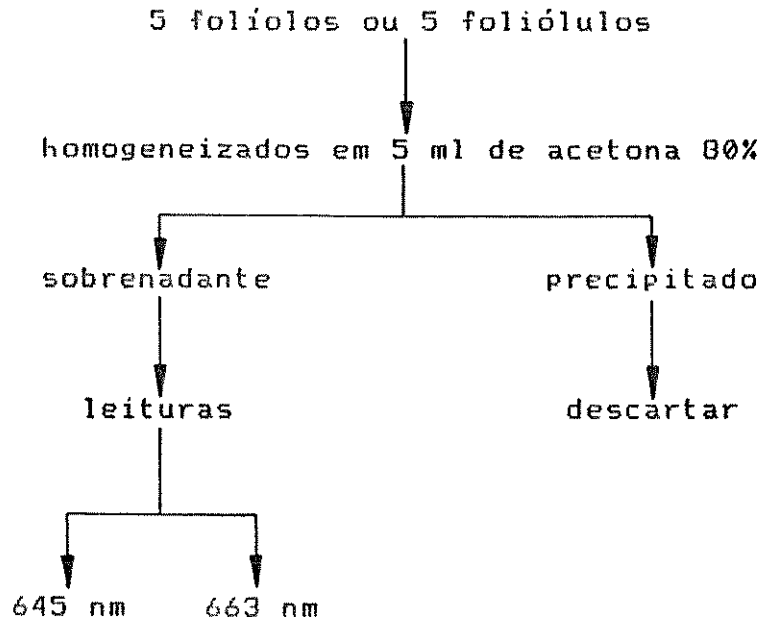
$$\text{clorofila b} = \frac{(22{,}9 \times DO_{645} - 4{,}68 \times DO_{663}) \times V}{1000 \times W}$$

$$\text{clorofila total} = \frac{(20{,}2 \times DO_{645} + 8{,}02 \times DO_{663}) \times V}{1000 \times W}$$

onde : V = volume da amostra em mililitros

W = peso da amostra em gramas

Diagrama esquemático da extração e dosagem de clorofilas



2.4.6. Análise estatística

Os resultados dos tratamentos foram analisados estatisticamente através de análise de variância. Para isto, os dados de germinação, em porcentagem, foram convertidos em valores angulares (ângulo = arco seno $\sqrt{p}$, onde "p" corresponde à proporção de sementes germinadas), determinando-se a diferença mínima significativa (DMS) pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade (SNEDECOR & COCHRAN, 1967). Nas tabelas e figuras, letras diferentes entre os tratamentos mostram diferenças significativas. As análises estatísticas foram feitas separadamente para D. mollis e E. contortisiliquum.

RESULTADOS

1. Morfologia e desenvolvimento inicial da plântula

A morfologia e os estádios de desenvolvimento iniciais da plântula, a partir da germinação da semente de D. mollis e E. contortisiliquum, podem ser vistos através das figuras 1 e 2.

2. Germinação das sementes

2.1. Efeito de temperaturas constantes

A germinação de sementes de D. mollis e E. contortisiliquum foi verificada na faixa de 15 a 40°C (figuras 3 e 4). As faixas ótimas de germinação observadas, ocorrem entre 20 e 35°C em D. mollis e de 15 a 35°C para E. contortisiliquum.

Na faixa de 20 a 35°C em D. mollis, o início do processo ocorreu a partir de 4 dias e alcançou máximo de germinação com 9 dias. A 15°C a germinação iniciou-se com 10 dias, atingindo cerca de 32% com 16 dias e após, não foi observado aumento, embora os embriões ainda estivessem vivos como foi verificado pelo teste de Tetrazólio de acordo com DELOUCHE et al. (1962).

Em E. contortisiliquum, o início de germinação ocorreu no primeiro dia na faixa de 20 a 35°C, e a partir de 2 dias a 15 e 40°C. O máximo de germinação foi alcançado com 3 dias.

Figura 1. Morfologia da semente e desenvolvimento inicial da plântula de *D. mollis*.

a - semente - 0 dia

b - início da germinação - protrusão da radícula - 4 dias

c - aparecimento do hipocótilo - 8 dias

d - início da liberação da casca e aparecimento dos cotilédones - 12 dias

e - formação de raízes secundárias, maior desenvolvimento do hipocótilo, cotilédones expostos e aparecimento da plúmula - 19 dias

f - aparecimento do epicótilo, cotilédones e primeiras folhas expandidas - cerca de 25 dias

g - plântula com 30 dias.

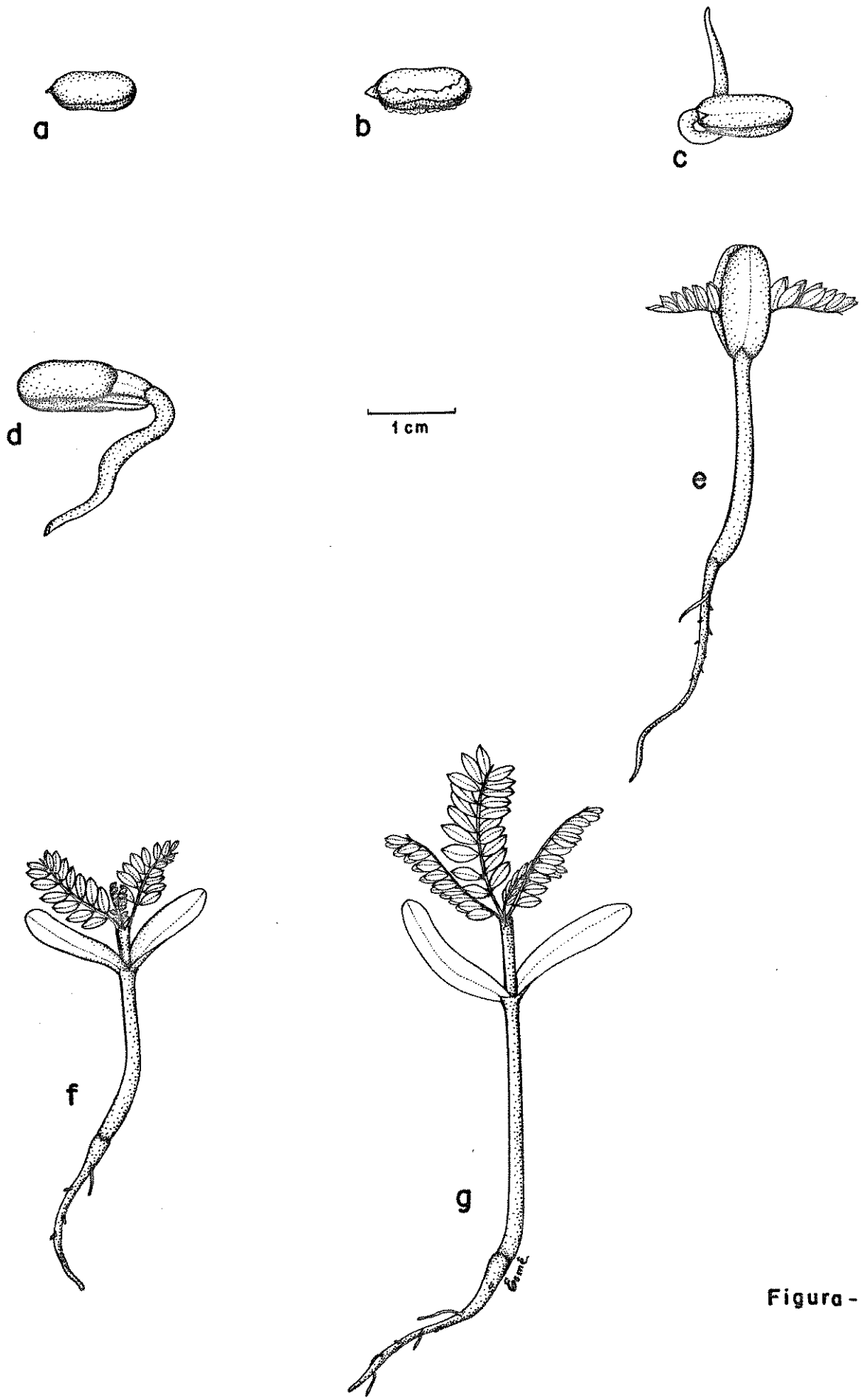


Figura - 1

Figura 2. Morfologia da semente e desenvolvimento inicial da plântula de E. contortisiliquum.

a - semente - 0 dia

b - início da germinação - protrusão da radícula -1 dia

c - início da liberação da casca, aparecimento do hipocótilo e cotilédones - 3 dias

d - cotilédones expostos, aparecimento da plúmula e maior desenvolvimento do hipocótilo - 6 dias

e - cotilédones e primeiras folhas expandidas - 9 dias

f - aparecimento do epicótilo, formação de raízes secundárias - plântula com 19 dias

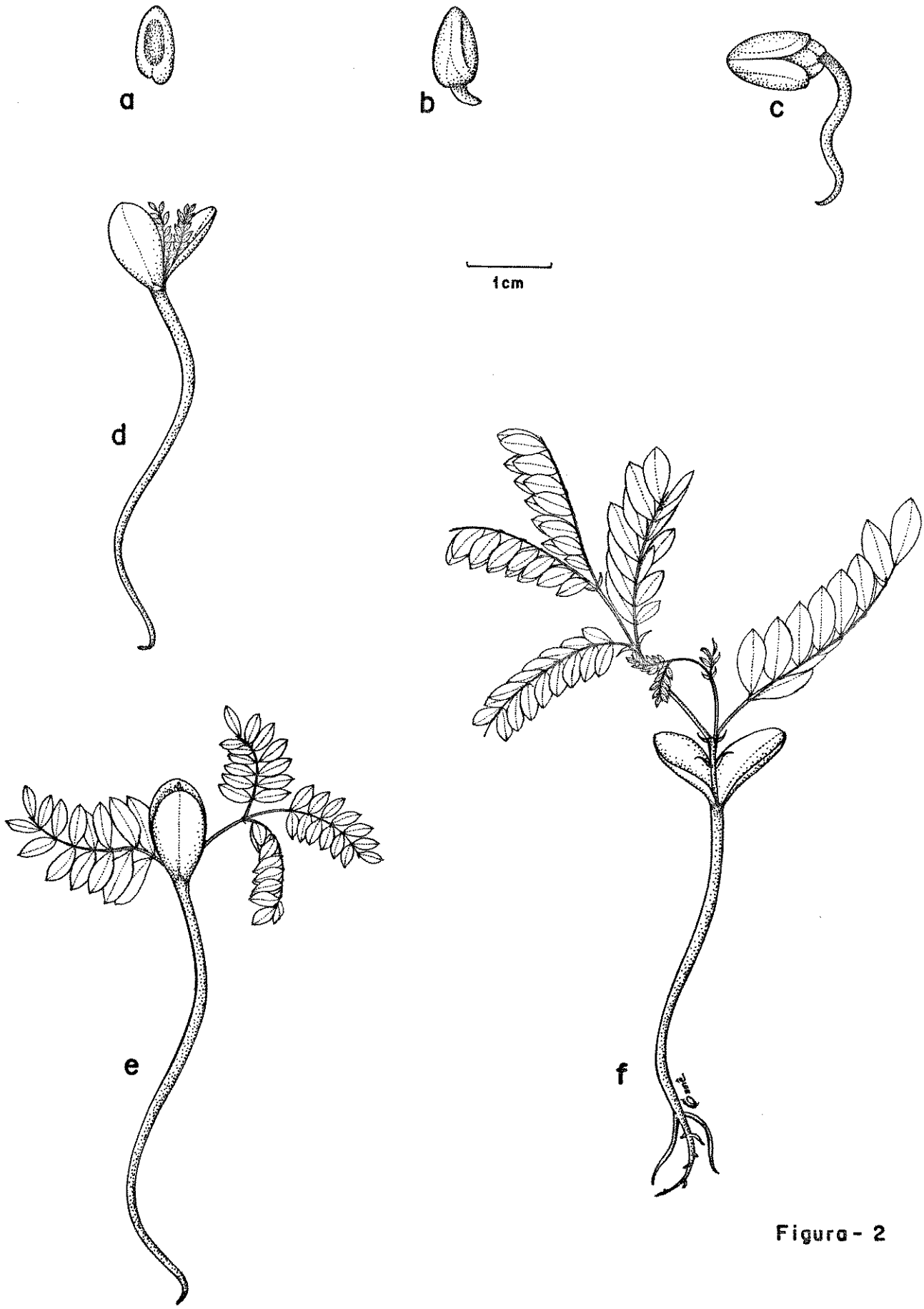


Figura - 2

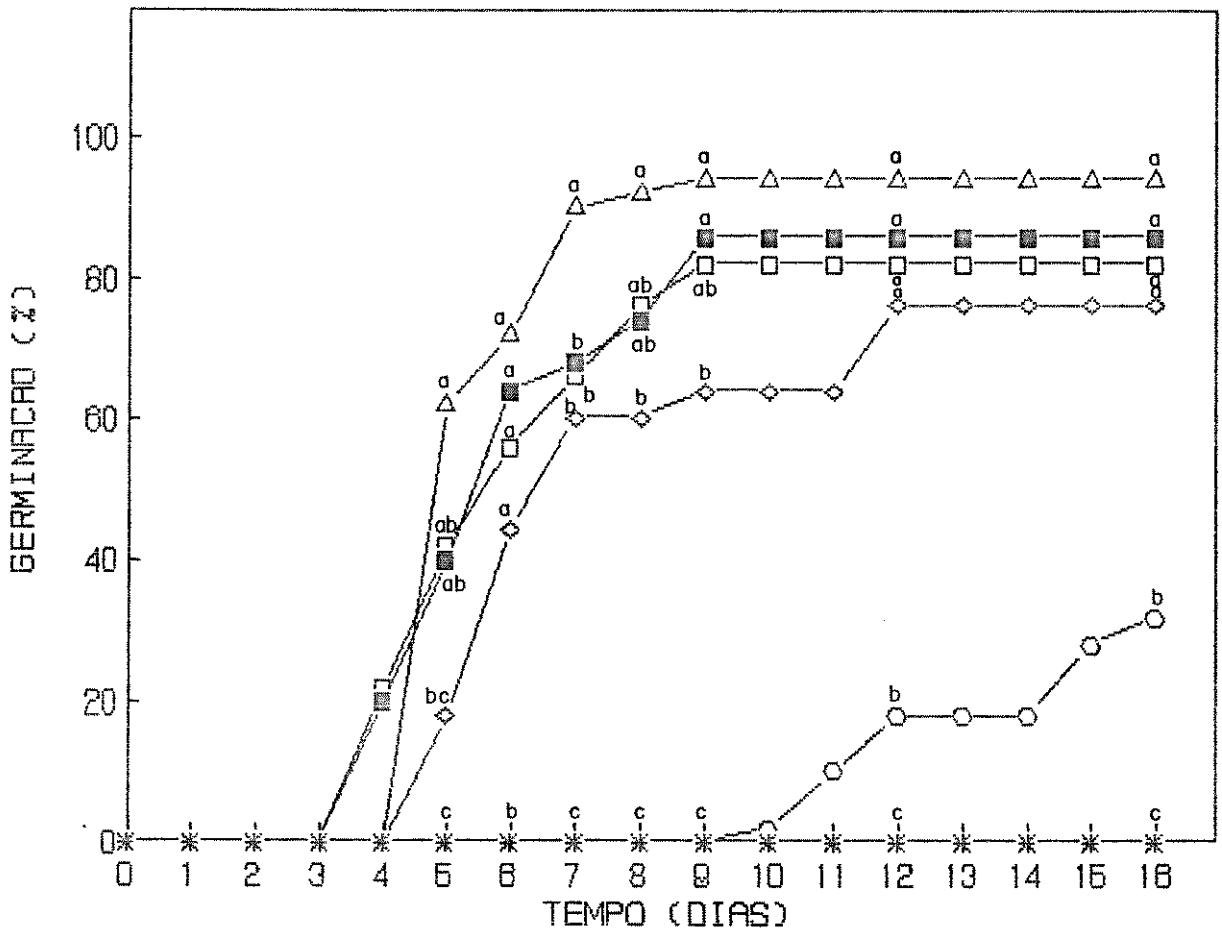


Figura 3. Germinação de sementes de D. mollis sob temperaturas constantes

○ – 15°C

△ – 20°C

□ – 25°C

◇ – 30°C

■ – 35°C

✳ – 40°C

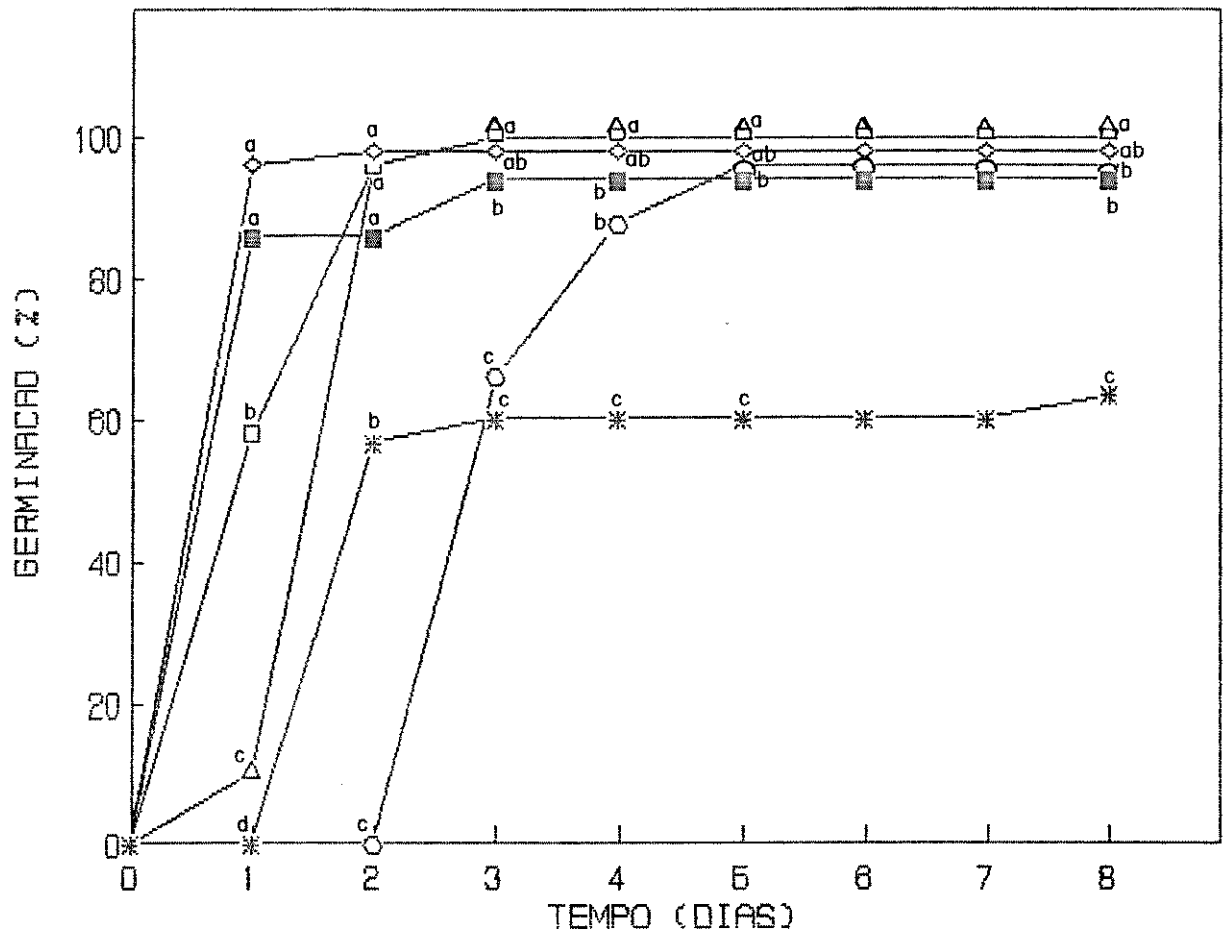


Figura 4. Germinação de sementes de E. contortisiliquum sob temperaturas constantes

○ - 15°C

△ - 20°C

□ - 25°C

◇ - 30°C

■ - 35°C

✳ - 40°C

Os resultados das figuras 3 e 4 mostram que existem diferenças significativas da germinação em função de diferentes temperaturas constantes.

2.2. Efeito de diferentes períodos de temperatura de 40°C em D. mollis e em E. contortisiliquum.

Em sementes de D. mollis (figura 5), a germinação foi alta apenas quando as sementes foram submetidas 24 horas a 40°C. À medida que o período de temperatura de 40°C aumentou, houve redução de cerca de 50% na germinação, com ausência do processo em sementes mantidas 96 horas a 40°C e em temperatura constante, sendo estes dois últimos tratamentos com períodos de temperatura de efeito letal (ao final do experimento, as sementes se encontravam em elevado estado de putrefação). O tratamento de 24 horas a 40°C mostrou porcentagem significativamente maior de germinação em relação ao tratamento de 25°C constante com 12 dias.

Em sementes de E. contortisiliquum (figura 6), a germinação foi alta quando as sementes foram submetidas por 24 horas a 40°C e à temperatura de 25°C constante. À medida que o período de temperatura de 40°C aumentou, houve redução na germinação.

Em D. mollis e em E. contortisiliquum, nos tratamentos com períodos a partir de 48 horas a 40°C e em temperatura constante de 40°C, as sementes germinaram, porém não houve desenvolvimento normal das plântulas. Estas apresentaram redução no comprimento do eixo embrionário.

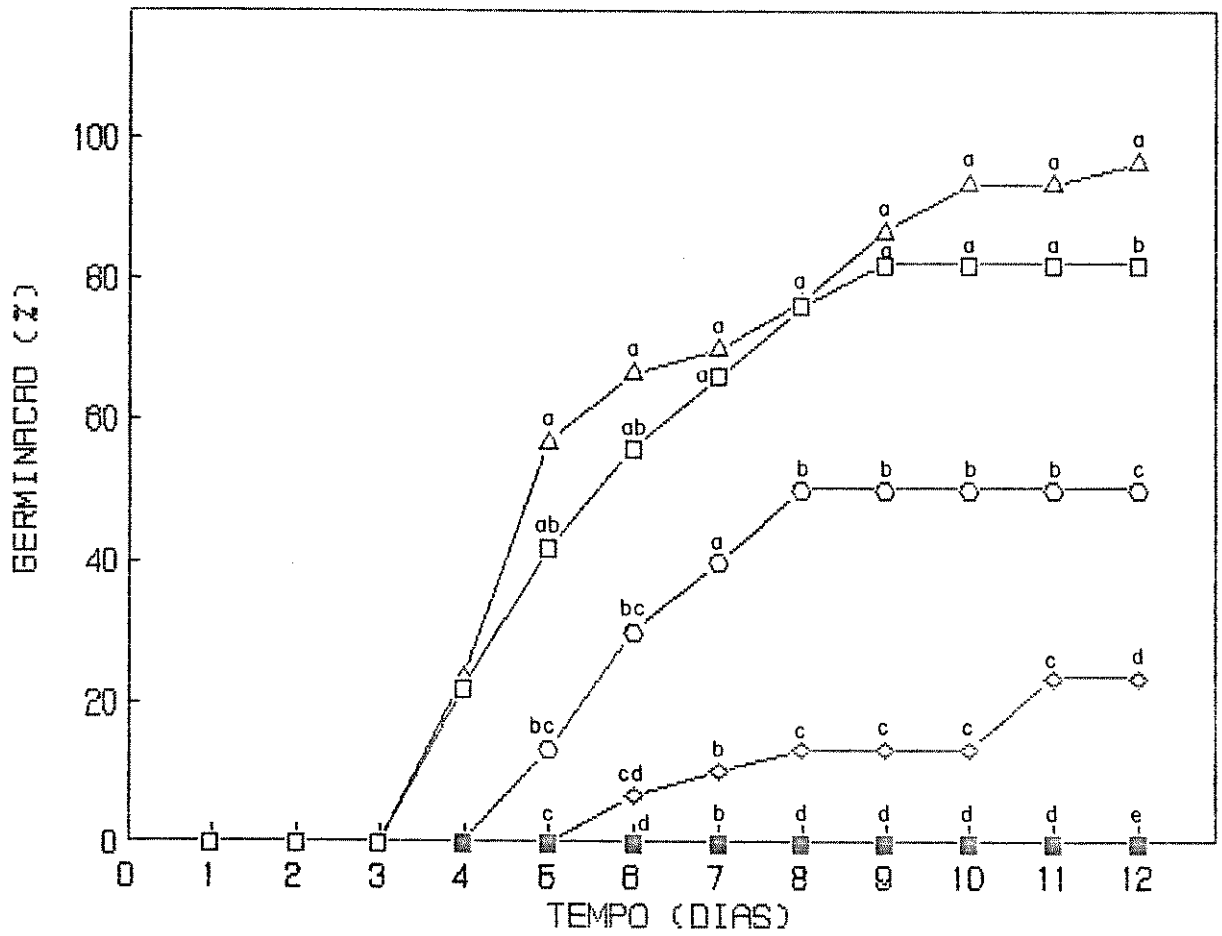


Figura 5. Germinação de sementes de D. mollis sob diferentes períodos de 40°C.

■ - 40°C constante e 96h a 40°C

△ - 24h a 40°C

○ - 48h a 40°C

◇ - 72h a 40°C

□ - 25°C constante

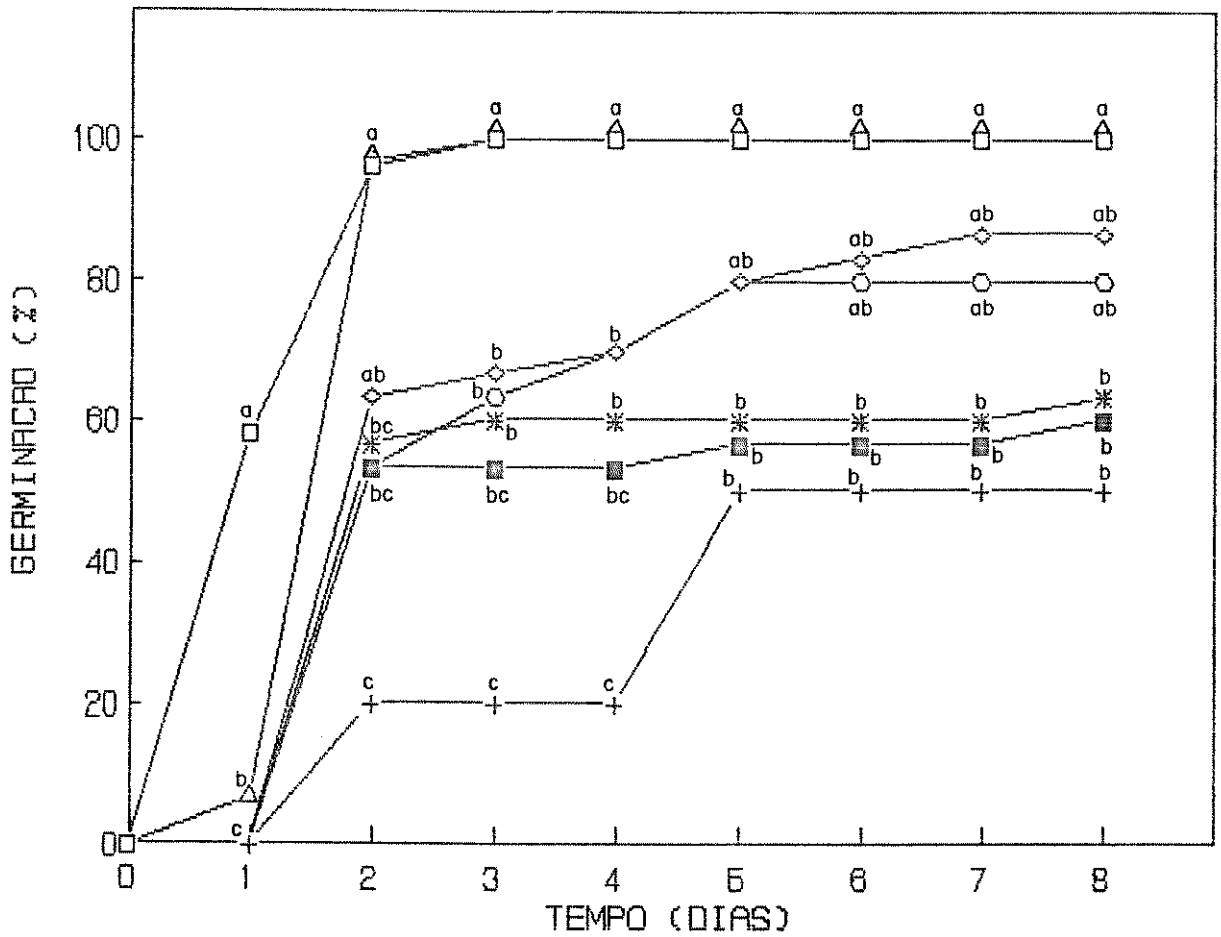


Figura 6. Germinação de sementes de E. contortisiliquum sob diferentes períodos de 40°C.

* - 40°C constante

△ - 24h a 40°C

○ - 48h a 40°C

◇ - 72h a 40°C

■ - 96h a 40°C

\+ -120h a 40°C

□ - 25°C constante

Os resultados mostram diferenças estatisticamente significativas ao nível de 5% em função do período de temperatura de 40°C.

2.3. Efeito do endosperma gelatinoso a 15°C em D. mollis

A figura 7 mostra que a germinação foi mais alta nas sementes com remoção diária do endosperma gelatinoso, em relação àquelas cujos endospermas gelatinosos foram mantidos intactos. No entanto, a análise estatística realizada mostrou que esta diferença não é significativa ao nível de 5% no final do experimento.

2.4. Efeito da remoção do endosperma e tegumentos no crescimento inicial da plântula de D. mollis

Comparando os dados da tabela 1, pode-se verificar que a porcentagem de sobrevivência foi maior para os tratamentos que mantiveram nas sementes, o endosperma e tegumentos por mais tempo. Nas sementes com remoção de endosperma e tegumentos após 24 horas, os embriões não sobreviveram (dados não apresentados), e naquelas com remoção após 48 horas, verificaram-se apenas 63,3% de sobrevivência após 10 dias. As remoções dos tegumentos e endosperma após 72 horas não afetaram o crescimento posterior da plântula, com diferenças estatisticamente significativas em relação à remoção com 48 horas.

Em termos do conteúdo de matéria fresca da parte aérea,

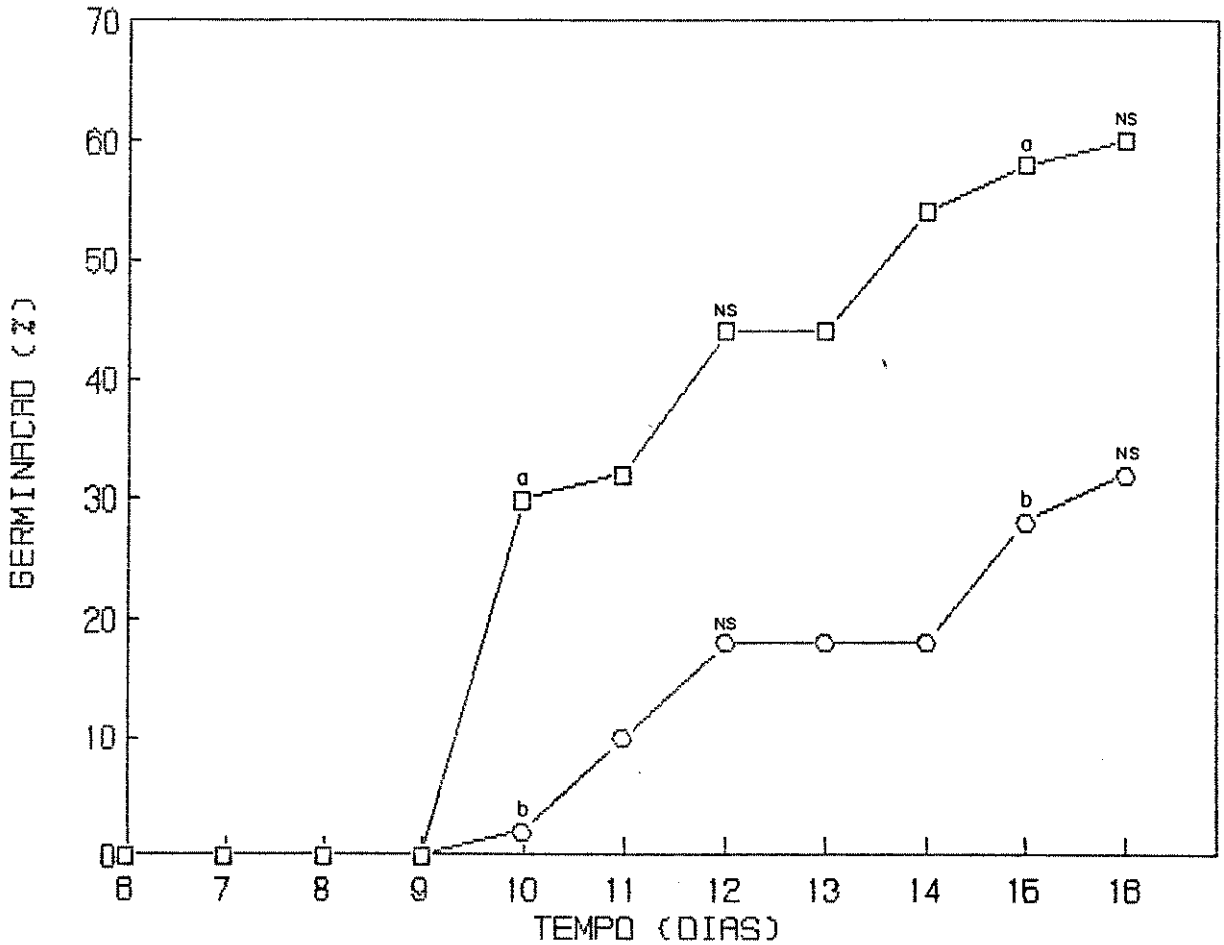


Figura 7. Germinação de sementes de D. mollis com (○) e sem (□) endosperma gelatinoso a 15°C.

Tabela 1. Efeito do endosperma e tegumentos no crescimento inicial da plântula de D. mollis, a partir de sementes intactas (I), sementes intactas porém lavadas a cada 24h (IL) e sementes com remoção de endosperma e tegumentos em tempos diferentes (48, 72, 96 e 120h). Resultados após 10 dias da remoção do endosperma e tegumentos.

Tratamentos	Sobrevivência (%)	Matéria Fresca (mg)			Relação MF/R/PA
		Parte aérea	Raiz	Total	
I	90,0a	429a	72a	501a	0,17ab
IL	90,0a	382a	74a	456a	0,19a
48h	63,3b	248b	7d	255b	0,03d
72h	90,0a	246b	12cd	258b	0,05d
96h	93,3a	232b	23c	255b	0,10c
120h	83,3a	298b	37b	335b	0,12bc

MF = matéria fresca R = raiz PA = parte aérea

as diferenças estatisticamente significativas ocorreram entre os tratamentos com sementes intactas e com remoção de endosperma e tegumentos. Quanto ao conteúdo de matéria fresca do sistema radicular, além das diferenças significativas entre sementes intactas e sementes com remoção de endosperma e tegumentos, há também diferenças entre os tratamentos com períodos diferentes de remoção. Pode-se verificar que o crescimento da raiz é menor quanto mais precoce a remoção do endosperma e tegumentos, e tende a aumentar à medida que o endosperma e tegumentos permaneçam no embrião por mais tempo.

Nas sementes intactas e intactas lavadas a cada 24 horas, não houve diferenças estatisticamente significativas e o crescimento radicular foi bem maior em relação ao crescimento da parte aérea quando comparados com os tratamentos de remoções de endospermas e tegumentos, dando, portanto, relações maiores de matérias frescas de raiz e parte aérea.

3. Crescimento de plantas de *D. mollis*

A sobrevivência de plantas de *D. mollis* foi verificada inicialmente durante crescimento de outono-inverno-primavera em solo de cerrado e solo de canteiro não esterilizado (tabela 2). Após cerca de 5 meses de experimento, observou-se 100% de sobrevivência em solo de cerrado e redução crescente em solo de canteiro não esterilizado.

Das plantas cultivadas em solo de cerrado, a partir de

Tabela 2. Sobrevivência de plantas de **D. mollis** durante crescimento de outono-inverno-primavera em solo de cerrado e solo de canteiro não esterilizado

Tempo d/m	Estação	Sobrevivência (%)	
		Solo de cerrado	Solo de canteiro não esterilizado
21/5	outono	100	100
17/6	outono	100	40
30/6	inverno	100	27
10/7	inverno	100	5
03/10	primavera	100	0

d/m = dia/mês

60 dias e a cada 30 dias, foi feita análise de crescimento como mostra a tabela 3. Nota-se que os cotilédones permaneceram nas plantas cerca de 120 dias com pouca variação de matéria seca. Observa-se que as relações de matérias secas de raiz/parte aérea aumentaram gradativamente, acentuando-se no final com maior acúmulo de matéria seca na raiz em relação a parte aérea. A figura 8 também mostra o teor mais elevado de matéria seca na raiz em relação a parte aérea, bem como o aumento gradativo da parte aérea em comprimento.

A taxa de crescimento relativo (TCR) é mostrada na figura 9. A raiz mostra um aumento no crescimento relativo com 60 dias, um declínio posterior (inverno) e novo aumento a partir de 120 dias que coincide com a primavera. A parte aérea apresenta aumento da TCR menos acentuado até 90 dias com posterior declínio no final do inverno e começo da primavera. A planta toda mostra aumento gradativo do crescimento relativo até 90 dias e a partir daí foi observada pequena variação e tendência de aumento no início da primavera. No geral, os aumentos do crescimento foram mais acentuados nos períodos de outono e primavera.

As análises dos solos de cerrado e de canteiro não esterilizado foram feitas pelo Instituto Campineiro de Análise de Solo e Adubo - ICASA (tabela 4). Pode-se observar que o solo de cerrado é um solo pobre, com pouco fósforo, pH baixo , alto conteúdo de alumínio e baixa capacidade de troca catiônica e o solo de canteiro não esterilizado apresenta teores elevados em nutrientes, ausência de alumínio e pH mais elevado.

Tabela 3. Crescimento de plantas de D. mollis durante outono-inverno-primavera em solo de cerrado.

Dias (meses)	Nº de Folha	Comp (cm) PA	Cotilédone (mg) MF	Cotilédone (mg) MS	Parte aérea (mg) MF	Parte aérea (mg) MS	Raiz (mg) MF	Raiz (mg) MS	Relações R/PA MF	Relações R/PA MS
60(M-J)	4,0	4,2±0,29	165±25,5	24±4,68	422±38,9	78±11,4	263±69,2	29±5,8	0,62	0,37
90(J-A)	8,1±0,74	4,9±0,38	173±24,2	27±6,44	549±64,0	132±14,8	452±106,5	57±13,6	0,55	0,43
120(A-S)	10,6±1,35	5,9±0,53	178±23,1	24±4,48	693±86,5	183±32,0	715±187,8	104±32,1	1,03	0,57
150(S-O)	12,7±1,16	6,6±0,57	--------	-------	624±89,3	204±35,6	1364±639,0	300±171,9	2,18	1,47

Comp = comprimento
PA = parte aérea
MF = matéria fresca
M = maio
R = raiz
MS = matéria seca
J = julho
A = agosto
S = setembro
O = outubro

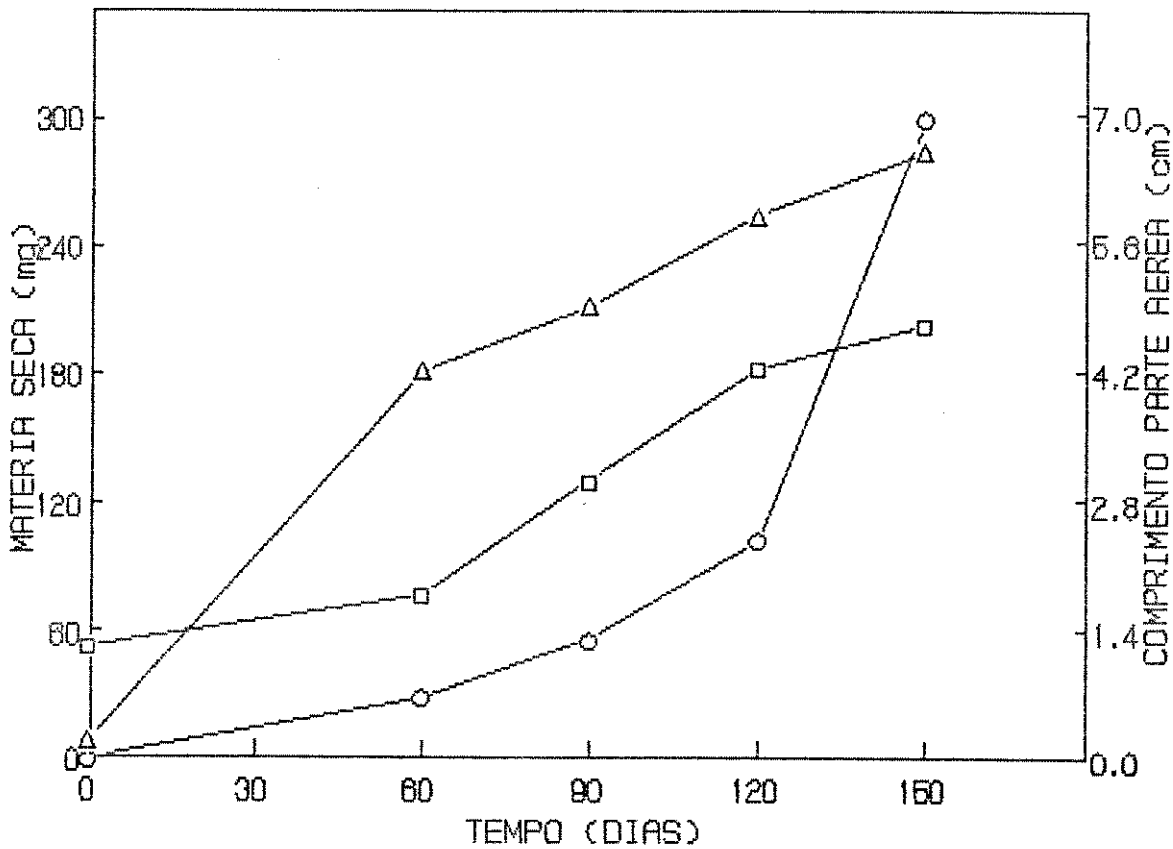


Figura 8. Comprimento da parte aérea (△) e matéria seca de raiz (○) e parte aérea (□) de plantas de D. mollis.

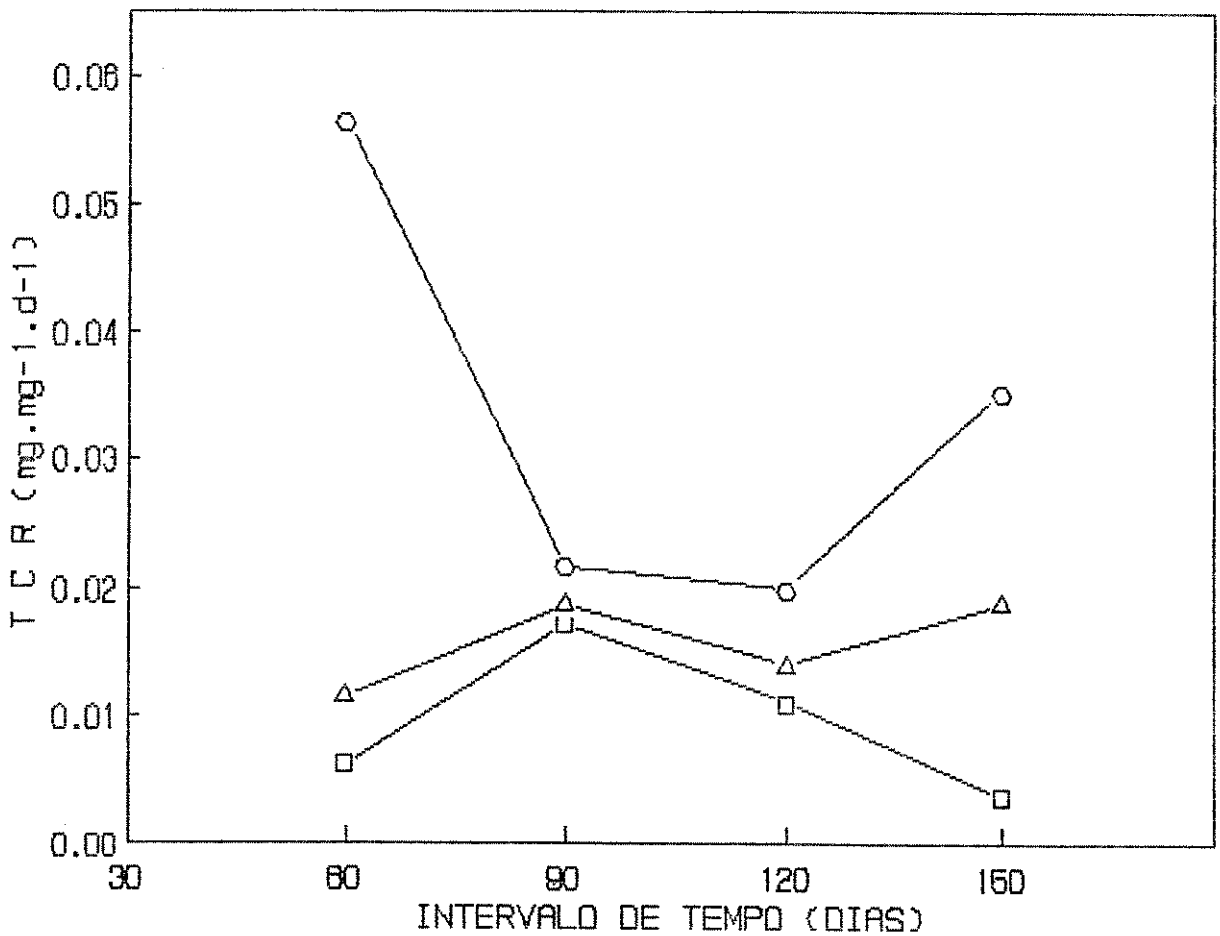


Figura 9. Taxa de crescimento relativo (TCR) de plantas de **D.mollis**.

○ - raiz

□ - parte aérea

△ - planta toda

Tabela 4. Análise química do solo de cerrado (C) e solo de canteiro não esterilizado (CN) utilizados nos experimentos

Solo	pH		%	ppm		mEq/100 ml TFSA							
	$CaCl_2$	H_2O	C	P	Pres	K	Ca	Mg	Al	H	S	CTC	V%
C	4.0	4.7	0.8	3.0	2.0	0.03	0.3	0.1	0.7	1.7	0.43	2.83	15.1
CN	5.3	5.9	4.6	92.0	66.0	0.60	5.7	3.3	---	3.4	9.60	13.00	73.8

Análise feita pelo Instituto Campineiro de Análise de Solo e Adubo (ICASA)

TFSA = terra fina seca no ar

CTC = capacidade de troca catiônica

S = soma de bases

V% = saturação de bases

Pres = fósforo resina

Como as plantas não se desenvolveram em solo de canteiro não esterilizado que contém teores elevados de nutrientes, pensou-se que isto pudesse ser o fator que estivesse limitando a sobrevivência das plantas, agindo desfavoravelmente no crescimento. Diante disto, foi testada a sobrevivência em areia e vermiculita regadas com soluções nutritivas a partir de 60 dias de desenvolvimento (tabela 5). Pode-se verificar que ao final de 100 dias, a sobrevivência foi de 90% em areia e 8% em vermiculita. Neste substrato, as plantas apresentaram 97% de sobrevivência com 30 dias, decaindo mesmo com solução nutritiva; as plantas apresentaram alterações no desenvolvimento tais como senescência e abscisão foliar mais acentuados a partir de 90 dias. Por isso, o substrato areia foi escolhido posteriormente para cultivos por tempo maior.

Os cotilédones das plantas de D. mollis pemaneceram longo tempo na planta. Diante disto foi verificado o crescimento de plantas com e sem cotilédones juntamente com nutrientes (a remoção dos cotilédones ocorreu com 60 dias). As plantas foram mantidas em areia regada com soluções nutritivas de Clark (tabela 6) e Hoagland (tabela 7). As análises estatísticas foram feitas separadamente na tabela 6 para soluções normais e diluídas, bem como na tabela 7 em termos de pH. Através dos dados da tabela 6, pode-se constatar que nas plantas que receberam soluções nutritivas normais não houve diferenças significativas, exceto para as matérias fresca e seca de raízes. A presença de nutrientes na solução normal de Clark e nos cotilédones justifica o maior acúmulo de matéria seca na parte aérea. Já com soluções nutritivas diluídas,

Tabela 5. Sobrevivência de plântulas de **D. mollis** cultivadas em areia e vermiculita, e regadas com solução nutritiva de Clark ou de Hoagland a partir de 60 dias (d) de desenvolvimento.

Tempo (d)	Sobrevivência (%)	
	Areia	Vermiculita
0	100	100
30	100	97
60	90	77
90	90	64
100	90	8

Tabela 6. Efeito da presença (C) e ausência (S) dos cotilédones (Cot) no crescimento da parte aérea (PA) e raiz (R) em plantas de D. mollis, cultivadas em areia regada com solução nutritiva de Clark, normal (N) e diluída 1/5 (D), em pH 4,3. Resultados após 100 dias.

Trat	Nº de Folha	Comp (cm) PA	PA (mg) S/Cot MF	PA (mg) S/Cot MS	PA (mg) C/Cot MF	PA (mg) C/Cot MS	Cot (mg) MF	Cot (mg) MS	R (mg) MF	R (mg) MS	Relações de R/PA C/Cot MF	Relações de R/PA C/Cot MS	Relações de R/PA S/Cot MF	Relações de R/PA S/Cot MS
N C	10,8ns	5,2ns	462ns	142ns	564ns	157ns	170	26	570b	72b	1,01	0,46	1,23	0,51
N S	11,0ns	5,4ns	467ns	152ns	467ns	152ns	---	--	808a	107a	----	----	1,73	0,70
D C	10,0ns	5,3ns	365a	117a	432a	128a	84	13	572ns	93ns	1,32	0,73	1,57	0,79
D S	10,2ns	4,4ns	261b	77b	261b	77b	--	--	392ns	51ns	----	----	1,51	0.66

Trat = tratamentos PA = parte aérea MF = matéria fresca

Comp = comprimento R = raiz MS = matéria seca

A remoção dos cotilédones e início de aplicação de solução nutritiva ocorreu com 60 dias.

Os resultados em solução N e D foram estatisticamente analisados separadamente

Tabela 7. Efeito da presença (C) e ausência (S) dos cotilédones (Cot) no crescimento da parte aérea (PA) e raiz (R) em plantas de D. mollis, cultivadas em areia regada com solução nutritiva de Hoagland, diluída 1/5 com pH 4,3 (A) e pH 6,0 (B). Resultados após 100 dias.

Trat	Nº de Folha	Comp (cm) PA	PA (mg) S/Cot MF	PA (mg) S/Cot MS	PA (mg) C/Cot MF	PA (mg) C/Cot MS	Cot (mg) MF	Cot (mg) MS	R (mg) MF	R (mg) MS	Relações de R/PA C/Cot MF	Relações de R/PA C/Cot MS	Relações de R/PA S/Cot MF	Relações de R/PA S/Cot MS
A	C	10,3ns	388a	135a	437a	144a	97	18	728a	103a	1,67	0,72	1,88	0,76
A	S	10,2ns	286b	82b	286b	82b	--	--	397b	51b	----	----	1,39	0,62
B	C	10,2ns	373ns	111ns	465a	128ns	136	25	641ns	71ns	1,38	0,55	1,72	0,64
B	S	9,8ns	321ns	82ns	321b	82ns	---	--	606ns	72ns	----	----	1,89	0.88

Trat = tratamentos PA = parte aérea MF = matéria fresca

Comp = comprimento R = raiz MS = matéria seca

A remoção dos cotilédones ocorreu com 60 dias.

Os resultados em pH 4,3 e pH 6,0 foram estatisticamente analisados separadamente,

ocorrem diferenças significativas quanto ao conteúdo de matérias fresca e seca da parte aérea. A análise fatorial realizada mostrou diferença significativa para as soluções normal e diluída quanto à matéria fresca da parte aérea e diferença não significativa entre presença e ausência de cotilédones. Interação significativa entre soluções (normal e diluída) e cotilédones (com e sem) foi verificada nas matérias secas da parte aérea e raiz, assim como matéria fresca da raiz.

Na tabela 7, verifica-se que a deficiência de nutrientes na solução diluída a pH 4,3, assim como a ausência de cotilédones, afetou o crescimento da planta, com uma relação de matéria seca de raiz/parte aérea menor, caracterizando menor crescimento da planta. No caso de análise fatorial, verificou-se diferença significativa entre os tratamentos com e sem cotilédones quanto ao conteúdo de matéria fresca da parte aérea e diferença não significativa entre os tratamentos com variação de pH. A interação entre os dois tratamentos não foi significativa.

O efeito dos cotilédones no crescimento de D. mollis em solo de cerrado é mostrado na tabela 8. Pode-se observar que a presença dos dois cotilédones na planta aumentou as matérias fresca e seca da parte aérea e raiz, com diferenças significativas em relação aos outros tratamentos. Ausência de cotilédones causou menor relação de matéria seca de raiz/parte aérea e menor acúmulo de nutrientes. Com a remoção dos cotilédones em 30 dias, todas as plântulas sobrevivem e crescem, embora o menor crescimento relaciona-se com a remoção dos 2 cotilédones da plântula.

Tabela 8. Efeito dos cotilédones (Cot) no crescimento da parte aérea (PA) e raiz (R) em plantas de D. mollis, cultivadas em solo de cerrado. Resultados após 110 dias.

Trat	Nº de Folha	Nº de Nod	Comp (cm)		PA (mg)		R (mg)		Relações R/PA		
			PA	R	MF	MS	MF	MS	Comp	MF	MS
0 Cot	12ns	14ab	6,7b	29,0ns	495b	178b	833b	173b	4,33	1,68	0,97
1 Cot	13ns	13b	6,5b	28,8ns	561b	182b	931b	202b	4,43	1,66	1,11
2 Cot	12ns	19a	7,2a	30,6ns	730a	260a	1310a	294a	4,25	1,79	1,13

Trat = tratamentos PA = parte aérea MF = matéria fresca

Comp = comprimento R = raiz MS = matéria seca

Nod = nódulos

A remoção dos cotilédones ocorreu com 30 dias

O efeito dos cotilédones também foi verificado no crescimento da parte aérea a partir do nó cotiledonar da planta de D. mollis em solo de cerrado como mostra a figura 10. Observa-se que com 2 cotilédones, o comprimento é maior em relação às plantas com 1 e ausência de cotilédones, com diferenças significativas até cerca de 100 dias. A partir daí, as diferenças significativas foram observadas entre os tratamentos com ausência e com 2 cotilédones.

Nos experimentos anteriores, verificou-se que soluções nutritivas favoreceram o crescimento da espécie e o teor de nutrientes não foi prejudicial. Isto levou a testar o crescimento em solo de cerrado, solo adubado esterilizado e solo adubado não esterilizado (tabela 9). Pode-se notar que apenas no solo de canteiro não esterilizado, os valores foram inferiores com apenas 2 sobreviventes (15%) e não entraram na análise estatística. No solo de canteiro esterilizado e solo de cerrado, houve diferenças significativas quanto ao crescimento da raiz, que foi maior no solo de cerrado e neste, a relação de comprimento raiz/hipocótilo foi maior. Em termos de matérias fresca e seca da parte aérea mais raiz, não houve diferenças. A planta se desenvolveu bem nestes dois solos.

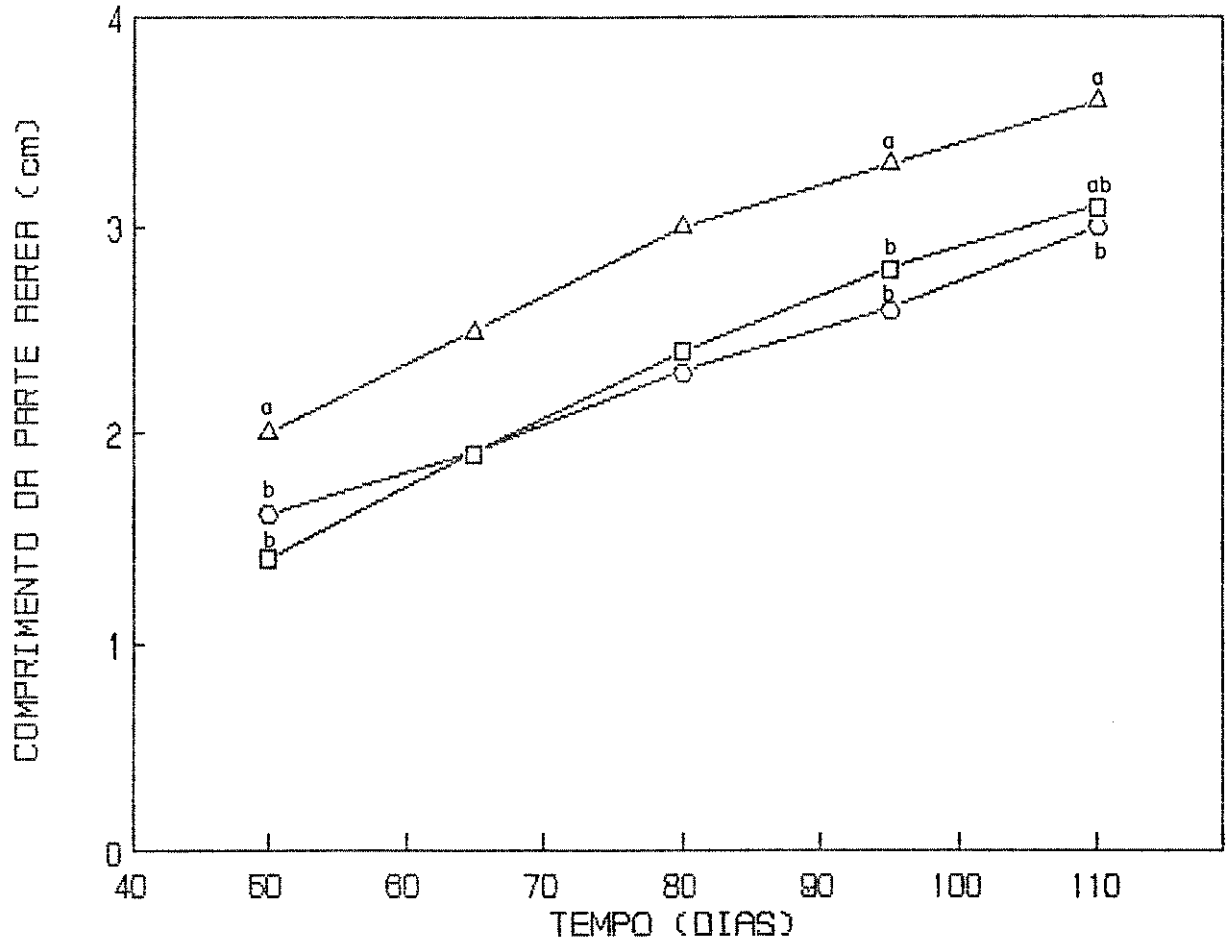


Figura 10. Efeito dos cotilédones no comprimento da parte aérea a partir do nó cotiledonar em plantas de **D. mollis** cultivada em solo de cerrado.

○ - sem cotilédones

□ - 1 cotilédone

△ - 2 cotilédones

Tabela 9. Crescimento de plantas de D. mollis em solo de cerrado (C), solo de canteiro esterilizado (CE) e solo de canteiro não esterilizado (CN). Resultados após 20 dias.

Tratamentos	Comprimento (cm)		Parte aérea+raiz (mg)		Relação Comp R/HIPO	Sobrevivência (%)
	Hipo	Raiz	MF	MS		
C	2,74ns	7,51a	431ns	79ns	2,7	100
CE	2,60ns	5,46b	442ns	78ns	2,1	100
CN	1,75	4,0	329	78	2,3	15

Os resultados do tratamento CN não entraram na análise estatística

Comp = comprimento MF = matéria fresca R = raiz

Hipo = hipocótilo MS = matéria seca

4. Crescimento de plantas de E. contortisiliquum

O crescimento inicial de E. contortisiliquum verificado nos períodos outono-inverno é mostrado na tabela 10. Observa-se que a presença de nutrientes caracterizada pelo solo de canteiro não esterilizado e areia regada com solução de Hoagland normal, estimula o crescimento da espécie o qual é afetado em solo de cerrado e areia regada com solução de Hoagland diluída. Os conteúdos de matérias fresca e seca de raiz e parte aérea aumentaram aproximadamente 4 vezes mais em solo de canteiro não esterilizado e areia regada com solução de Hoagland normal, quando comparado com solo de cerrado e areia regada com solução de Hoagland diluída, sendo estas diferenças estatisticamente significativas.

O número de folhas expandidas e nódulos foi maior em solo de canteiro não esterilizado, onde verificou-se menor relação de matérias fresca e seca de raiz/parte aérea. Estes resultados demonstram um conteúdo de matérias fresca e seca maior na parte aérea do que na raiz.

Através da figura 11, pode-se notar que o crescimento da parte aérea é maior em solo de canteiro não esterilizado e em areia regada com solução de Hoagland normal do que em solo de cerrado e areia regada com solução de Hoagland diluída, sendo estas diferenças significativas. O mesmo se verifica na tabela 10.

Tabela 10. Crescimento de plantas de E. contortisiliquum no período outono-inverno, em solo de cerrado (C), solo de canteiro não esterilizado (CN), areia regada com solução nutritiva de Hoagland, normal (HN) e diluída 10 vezes (HD). Resultados após 91 dias.

Trat	Nº de Folha	Nº Nod	Comp (cm) PA	PA (cm)		Nod (mg)		Raiz (mg)				Relações R/PA			
								c/Nod		s/Nod		c/Nod		s/Nod	
				MF	MS	MF	MS	MF	MS	MF	MS	MF	MS	MF	MS
C	5c	11b	9b	1338b	410b	51b	9b	1294b	236b	1244b	227b	0,97	0,57	0,93	0,55
CN	9a	23a	15a	6328a	2041a	227a	39a	4950a	1039a	4723a	1000a	0,78	0,51	0,75	0,49
HN	7ab	7b	13a	5509a	1840a	102ab	15ab	4905a	1083a	4843a	1068a	0,89	0,59	0,88	0,58
HD	6bc	14b	9b	1484b	437b	108ab	21ab	1660b	311b	1552b	289b	1,11	0,71	1,05	0,66

Trat = tratamentos
N F = número de folhas
Comp = comprimento
PA = parte aérea
R = raiz
c/Nod = com nódulo
MF = matéria fresca
MS = matéria seca
s/Nod = sem nódulo

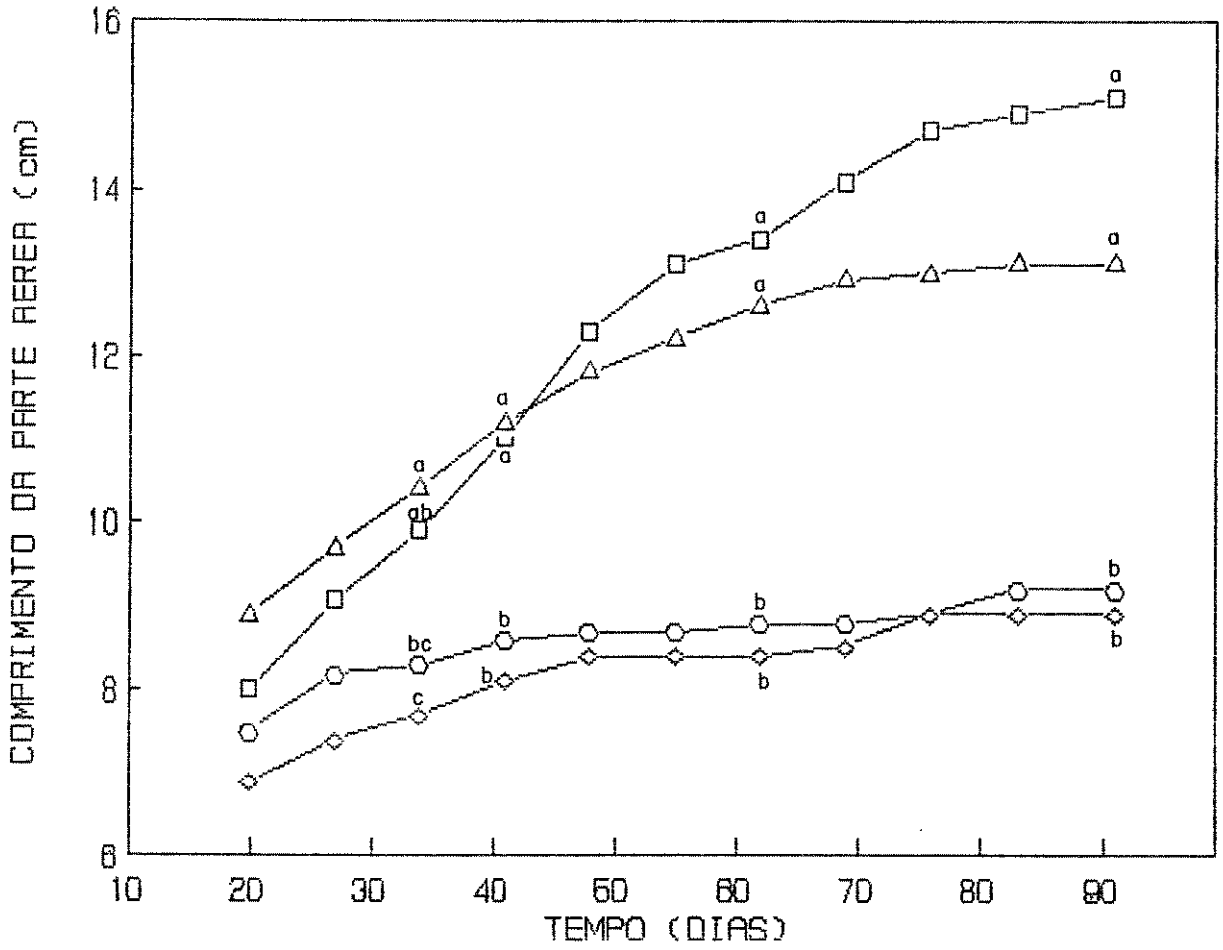


Figura 11. Crescimento da parte aérea de plantas de E. contortisiliquum cultivadas em solo de cerrado (○), solo de canteiro não esterilizado (□), areia regada com soluções de Hoagland normal (△) e diluída 10 vezes (◇).

5. Crescimento comparativo entre D. mollis e E. contortisiliquum

O crescimento de plantas de D. mollis e E. contortisiliquum com raiz principal ou com raízes adventícias em solo de cerrado durante 24 dias é mostrado na tabela 11. Pode-se verificar que a remoção da raiz principal causou aumento de peso da parte aérea e raiz em E. contortisiliquum. Esta espécie também apresentou sistema radicular mais ramificado, maior relação de peso de matéria seca de raiz/parte aérea, maiores comprimentos de parte aérea e raiz, e menor número de folhas expandidas. Em D. mollis observaram-se resultados contrários; porém, quando cultivada por 30 dias em solo de cerrado, com raiz principal ou com raízes adventícias, já foi constatado que a remoção da raiz principal levou a um aumento do peso da matéria seca da parte aérea e raiz, bem como aumentos de comprimentos de parte aérea, raiz e folhas expandidas (tabela 12).

Os resultados das tabelas 11 e 12 mostram que existem diferenças significativas do crescimento das espécies em função da remoção da raiz principal.

Para verificar o papel do ápice das plantas no crescimento das raízes, foi observado o efeito da remoção do mesmo no desenvolvimento do sistema radicular (tabela 13). Pode-se notar que a presença do ápice interferiu no crescimento das duas espécies, contribuindo em aumentos no comprimento da raiz, nos pesos das matérias fresca e seca de parte aérea e raiz, e na brotação.

Tabela 11. Crescimento de plantas de D. mollis (A) e E. contortisiliquum (B) com raiz principal (RP) ou com raízes adventícias (RA) em solo de cerrado. Resultados após 24 dias.

Trat		Nº de Folha	Nº de Nod	Comp (cm)		PA (mg)		R (mg)		Relações R/PA		
				PA	R	MF	MS	MF	MS	Comp	MF	MS
A	RP	6,8ns	2,3	7,7ns	20,9	564a	115ns	327	35	2,71	0,56	0,30
	RA	6,7ns	---	7,6ns	15,6	451b	108ns	263	27	2,05	0,58	0,25
B	RP	4,8ns	6,8	12,0b	18,5	963b	249b	698	88	1,54	0,72	0,35
	RA	5,2ns	6,0	13,1a	31,4	1245a	356a	1024	138	2,40	0,82	0,39

Trat = tratamentos PA = parte aérea MF = matéria fresca

Comp = comprimento R = raiz MS = matéria seca

Nod = nódulos

Os resultados das plantas A e B foram estatisticamente analisados separadamente.

Tabela 12. Crescimento de plantas de **D. mollis** com raiz principal (RP) ou com raízes adventícias (RA) em solo de cerrado. Resultados após 30 dias.

Trat	Nº de Folha	Nº de Nod	Comp (cm)		PA (mg)		R (mg)		Relações R/PA		
			PA	R	MF	MS	MF	MS	Comp	MF	MS
RP	7,0b	6,0	6,8b	23,6ns	532a	129b	413	56	3,47	0,78	0,43
RA	8,4a	7,8	8,2a	25,2ns	457b	154a	475	58	3,07	1,04	0,38

Trat = tratamentos PA = parte aérea MF = matéria fresca

Comp = comprimento R = raiz MS = matéria seca

Nod = nódulos

Tabela 13. Efeito da remoção do ápice no desenvolvimento do sistema radicular de plantas D. mollis (A) e de E. contortisiliquum (B) em solo de cerrado. Resultados após 30 dias da remoção do ápice dos epicótilos.

Tratamentos		Nº de Brot	Nº de Nod	Comp (cm) R	PA (mg) MF	PA (mg) MS	R (mg) MF	R (mg) MS	Relações R/PA MF	Relações R/PA MS
A	C/ápice	-	1,1	31,8a	405a	91a	261a	31a	0,6	0,3
	S/ápice	2	---	26,4b	341b	61b	179b	22b	0,5	0,4
B	C/ápice	-	12	33,4a	1023a	300a	1189a	162a	1,2	0,5
	S/ápice	5,3	---	20,5b	498b	70b	223b	25b	0,4	0,4

Brot = brotações PA = parte aérea MF = matéria fresca

Nod = nódulos R = raiz MS = matéria seca

C/ápice = com ápice = controle

S/ápice = remoção do ápice do epicótilo

Os resultados das plantas A e B foram estatisticamente analisados separadamente

Observa-se que a remoção do ápice causou raízes menos desenvolvidas. A análise estatística realizada mostrou que as diferenças encontradas são significativas ao nível de 5%. Verifica-se que os efeitos da remoção do ápice são mais acentuados em E. contortisiliquum.

Para que as duas espécies pudessem ser comparadas nos primeiros estádios de desenvolvimento da plântula, cultivada em solo de cerrado e solo de canteiro esterilizado, foi analisado o crescimento inicial a cada 5 dias até completar 20 dias (tabelas 14 e 15). Observa-se que em D. mollis, a cada 5 dias, o crescimento da raiz foi maior em solo de cerrado do que em solo de canteiro esterilizado, tanto no comprimento, quanto no acúmulo de matéria seca. Isto evidenciou maiores relações de comprimento e de pesos das matérias fresca e seca de raiz/parte aérea (tabela 14). O crescimento da parte aérea não mostrou aumentos evidentes nos dois tipos de solos. Já em E. contortisiliquum, verifica-se o inverso, ou seja, o crescimento da parte aérea foi maior em solo de canteiro esterilizado do que em solo de cerrado, e mais evidente do que o crescimento da raiz. Este teve pouca variação nos dois tipos de solos, evidenciando relações próximas de comprimento e matéria fresca de raiz/parte aérea, e relações iguais de matéria seca de raiz/parte aérea a cada 5 dias de crescimento (tabela 15). Os dados apresentados nas duas tabelas mostram que existem algumas diferenças significativas já no crescimento inicial das duas espécies, nos dois tipos de solos considerados.

Tabela 14. Crescimento inicial de plântulas de D. mollis em solo de cerrado (C) e solo de canteiro esterilizado (CE), durante 20 dias.

Dias	Trat	Nº de Folha	Comp (cm)		PA (mg)		R (mg)		Relações R/PA		
			PA	R	MF	MS	MF	MS	Comp	MF	MS
5	C	---	2,4ns	6,9a	278ns	45ns	86a	9a	2,9	0,3	0,2
	CE	---	2,1ns	3,4b	255ns	43ns	52b	6b	1,6	0,2	0,1
10	C	1,3ns	3,1ns	10,0ns	270ns	37ns	91ns	10ns	3,2	0,3	0,3
	CE	0,9ns	3,3ns	8,4ns	294ns	39ns	91ns	9ns	2,5	0,3	0,2
15	C	2,1ns	3,4ns	13,4a	290ns	36ns	125a	11a	3,9	0,4	0,3
	CE	2,5ns	3,3ns	8,3b	298ns	39ns	89b	8b	2,5	0,3	0,2
20	C	4,0a	3,9ns	16,1a	310ns	52ns	154a	14a	4,1	0,5	0,3
	CE	3,6b	4,0ns	11,2b	314ns	48ns	108b	10b	2,8	0,3	0,2

Trat = tratamentos PA = parte aérea MF = matéria fresca

Comp = comprimento R = raiz MS = matéria seca

Os resultados dos dias (5, 10, 15 e 20) foram analisados separadamente.

Tabela 15. Crescimento inicial de plântulas de *E. contortisiliquum* em solo de cerrado (C) e solo de canteiro esterilizado (CE), durante 20 dias.

Dias	Trat	Nº de Folha	Comp (cm)		PA (mg)		R (mg)		Relações R/PA		
			PA	R	MF	MS	MF	MS	Comp	MF	MS
5	C	0,8	5,4ns	10,0ns	474ns	71ns	82ns	10ns	1,9	0,2	0,1
	CE	0,9	5,9ns	10,1ns	529ns	75ns	107ns	10ns	1,7	0,2	0,1
10	C	1,9	7,0ns	17,7ns	578ns	79ns	148b	17ns	2,5	0,3	0,2
	CE	2,0	7,2ns	20,0ns	613ns	81ns	213a	19ns	2,8	0,3	0,2
15	C	2,6	8,8b	25,4ns	618ns	101ns	264b	33ns	2,9	0,4	0,3
	CE	3,0	10,0a	26,6ns	690ns	108ns	359a	35ns	2,7	0,5	0,3
20	C	3,1b	10,0b	30,0ns	624b	126b	375b	44ns	3,0	0,6	0,3
	CE	3,7a	12,8a	32,2ns	995a	178a	483a	45ns	2,5	0,5	0,3

Trat = tratamentos PA = parte aérea MF = matéria fresca

Comp = comprimento R = raiz MS = matéria seca

Os resultados dos dias (5, 10, 15 e 20) foram estatisticamente analisados separadamente.

A fim de constatar se a quantidade de nutrientes poderia interferir no crescimento das duas espécies, durante inverno-primavera-verão, foi conduzido um experimento para o crescimento em solo de cerrado, solo de canteiro não esterilizado, areia regada com soluções de Hoagland normal e diluída (tabela 16). Em solo de cerrado, verificou-se menor crescimento e maiores relações de comprimento e pesos das matérias fresca e seca de raiz/parte aérea para E. contortisiliquum e, menor crescimento e menores relações para D. mollis em solo de canteiro não esterilizado. Em D. mollis, observou-se maior relação de matéria seca de raiz/parte aérea em solo de cerrado, bem como aumentos no crescimento da parte aérea nos tratamentos com soluções nutritivas. No solo de cerrado, E. contortisiliquum, apresentou maior crescimento radicular quando comparado com solo de canteiro não esterilizado e areia regada com soluções de Hoagland, onde prevaleceu o crescimento da parte aérea, diminuindo as relações raiz/parte aérea. Durante este período de crescimento, medidas em altura das plantas a partir do nó cotiledonar foram realizadas como mostram as figuras 12 e 13. Pode-se notar que em D. mollis, o aumento em comprimento da parte aérea é mais lento e menor no solo de canteiro não esterilizado do que nos outros tratamentos (figura 12). Já em E. contortisiliquum, aumentos na altura da planta são mais evidentes em solo de canteiro não esterilizado e areia regada com solução de Hoagland normal. As análises estatísticas mostram que existem diferenças significativas do crescimento em função dos tratamentos aplicados.

Tabela 16. Crescimento de inverno-primavera-verão de plantas de D. mollis (A) e E. contortisiliquum (B) em solo de cerrado (C), solo de canteiro não esterilizado (CN) e areia regada com solução nutritiva de Hoagland, normal (HN) e diluída 10x (HD). Resultados após 120 dias.

Trat		Área Foliar (cm^2)	Nº de Nod	Nº de F	Comp (cm)		PA (mg)		R (mg)		Relações R/PA		
					PA	R	MF	MS	MF	MS	Comp	MF	MS
A	C	25a	18ab	14	7,8a	26,0b	889a	315a	1530a	427a	3,3	1,7	1,4
	CN	14b	6c	12	6,3b	14,3c	563b	189b	529b	90c	2,3	0,9	0,5
	HN	27a	13b	14	8,5a	28,8ab	991a	325a	1610a	318a	3,4	1,6	1,0
	HD	23a	21a	15	8,3a	31,5a	816a	258ab	1311a	262b	3,8	1,6	1,0
B	C	48c	8d	8	12,2c	34,0a	2095c	671c	3504c	703c	2,8	1,7	1,0
	CN	794a	106a	14	72,5a	28,6bc	37165a	9783a	21415a	4675a	0,4	0,6	0,5
	HN	503b	45b	13	58,4b	27,5c	18647b	5101b	12513b	2466b	0,5	0,7	0,5
	HD	161c	23c	10	18,7c	31,6ab	4111c	1129c	3836c	702c	1,7	0,9	0,6

Trat = tratamentos PA = parte aérea MF = matéria fresca

Nod = nódulos R = raiz MS = matéria seca

Comp = comprimento F = folha

Os resultados das plantas A e B foram estatisticamente analisados separadamente.

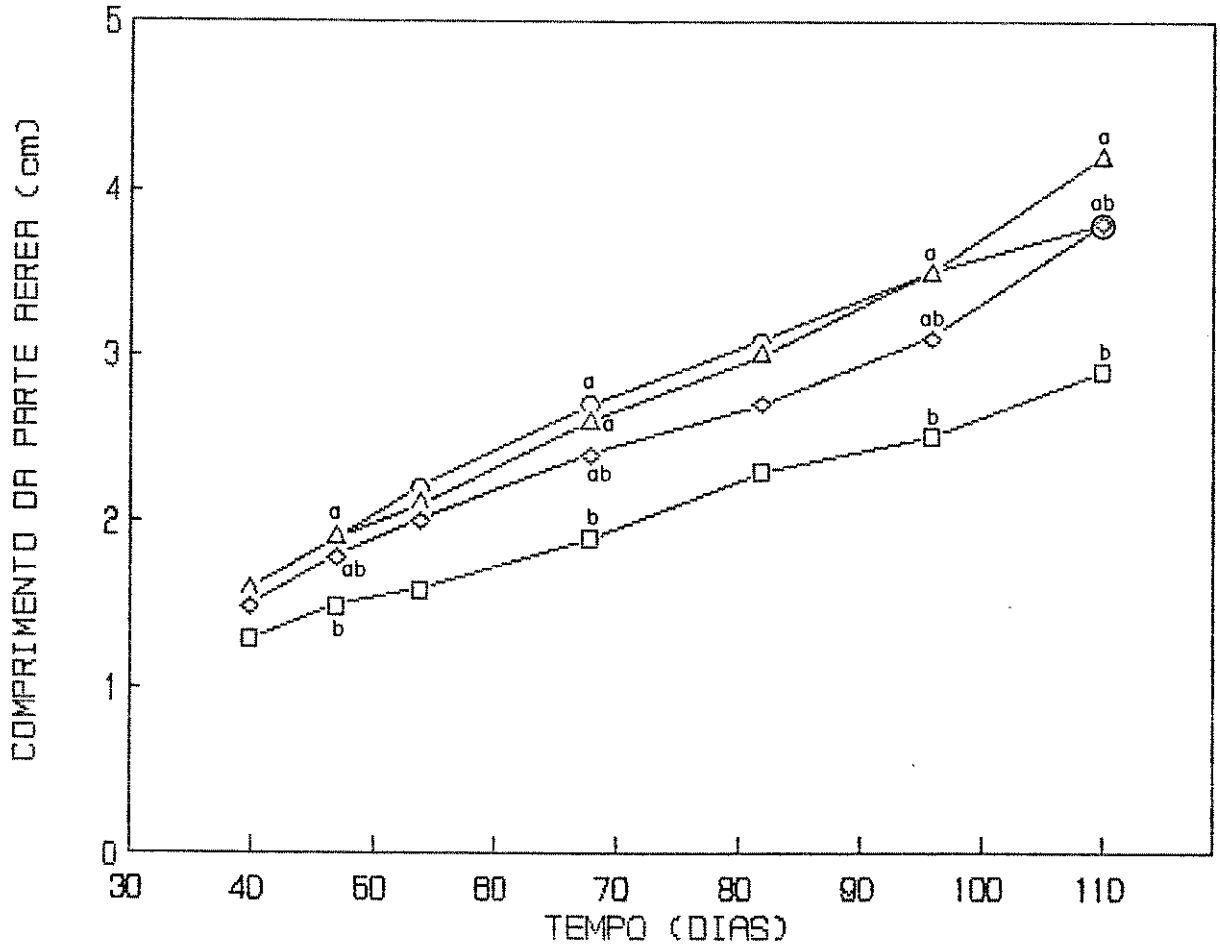


Figura 12. Crescimento da parte aérea a partir do nó cotiledonar de plantas de D. mollis cultivadas em solo de cerrado (○), solo de canteiro não esterilizado (□), areia regada com soluções de Hoagland normal (△) e diluída 10 vezes (◇).

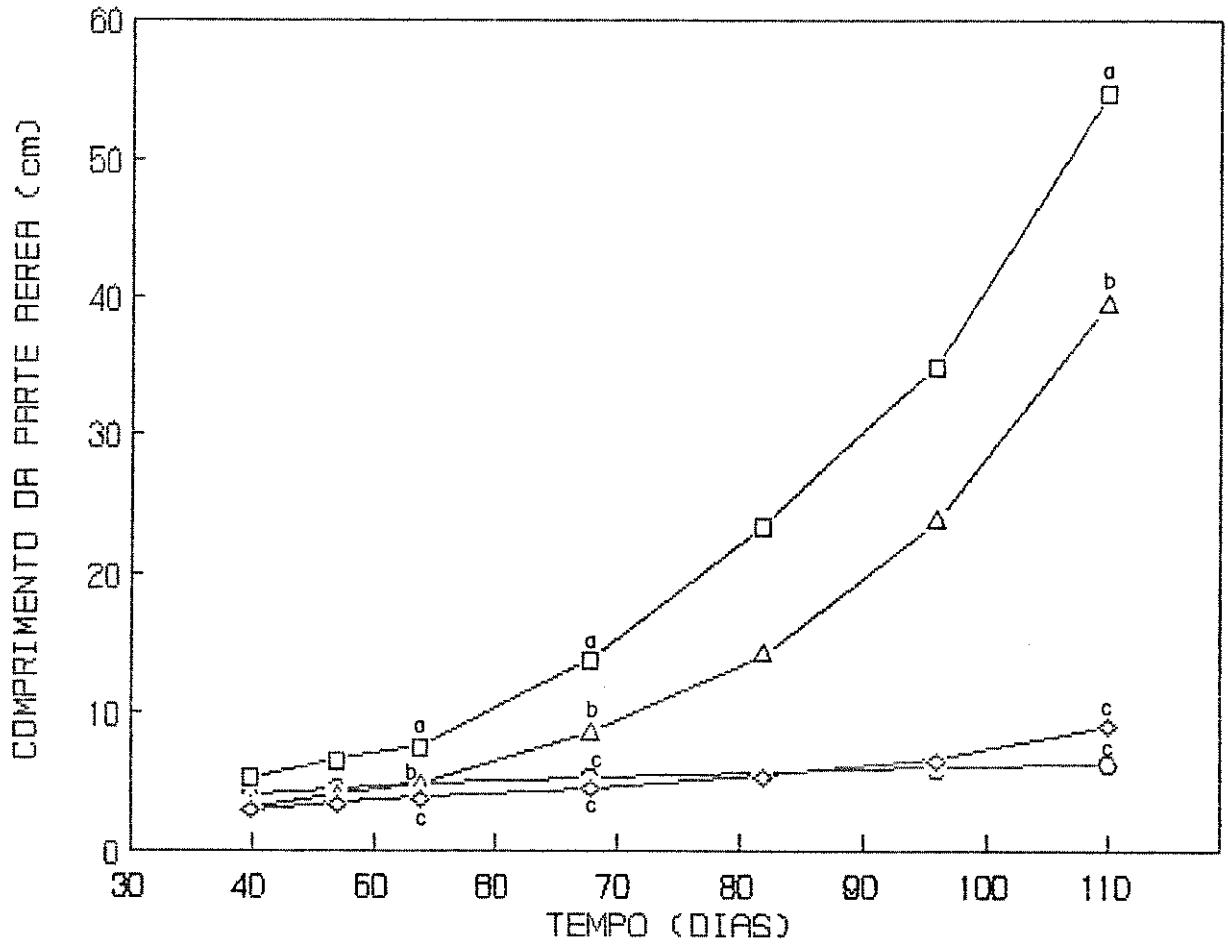


Figura 13. Crescimento da parte aérea a partir do nó cotiledonar de plantas de E. contortisiliquum cultivadas em solo de cerrado (○), solo de canteiro não esterilizado (□), areia regada com soluções de Hoagland normal (△) e diluída 10 vezes (◇).

Para elucidar se o teor de nutrientes, assim como presença de alumínio e variação no pH, poderiam contribuir para o crescimento das duas espécies, foram testados crescimentos em hidropônicas. As plântulas foram cultivadas em vermiculita, antes da montagem em hidropônica, apresentando D. mollis maior relação de matéria seca de raiz/parte aérea (tabela 17). Analisando os dados da tabela 18, verifica-se que a presença de alumínio, causa efeitos mais evidentes no crescimento de E. contortisiliquum, sendo o crescimento mais afetado quanto maior a concentração de alumínio. Em D. mollis, a presença de 4,5 mg/l de Al^{+3} favoreceu o crescimento da raiz e da parte aérea, assim como aumentos de matérias fresca e seca de raiz e parte aérea. Os resultados mostram que existem diferenças significativas do crescimento das espécies em função da concentração e da presença ou não de alumínio.

Posteriormente, testou-se em hidropônica, o crescimento em solução de Hoagland (concentrada 2 vezes) completa e deficiente em cálcio e fósforo. Comparando os dados da tabela 19, observa-se que a deficiência em cálcio, causa efeitos mais evidentes em D. mollis e em E. contortisiliquum. Nesta espécie, observou-se quebra de dominância apical no sistema radicular e na parte aérea. Por outro lado, efeitos menos evidentes já são observados entre as plantas de D. mollis com deficiência de fósforo e solução completa. Quanto ao crescimento das plantas, observou-se em E. contortisiliquum um efeito mais marcante das deficiências em relação a D. mollis. Diferenças significativas foram encontradas em função dos tratamentos aplicados.

Tabela 17. Crescimento de plântulas de D. mollis (14 dias) e E. contortisiliquum (7 dias) em vermiculita.

Planta	Comprimento (cm)			Relação R/PA
	PA	R	PA + R	MS
D. mollis	6,6 ± 0,94	8,7 ± 2,09	15,2 ± 1,86	1,32
E. contortisiliquum	9,6 ± 1,18	9,0 ± 0,96	18,6 ± 1,24	0,94

PA = parte aérea R = raiz MS = matéria seca

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

Tabela 18. Crescimento de plantas de D. mollis (A) e E. contortisiliquum (B) em hidropônica com solução nutritiva de Clark, sem alumínio (C), com 4,5 mg/l de alumínio (D) e 45 mg/l de alumínio (E), e pH 4,0. Resultados após 30 dias.

Trat	Nº de Folha	Comp (cm)		PA (mg)		R (mg)		Relações R/PA		
		PA	R	MF	MS	MF	MS	Comp	MF	MS
A	C	8,6ns	8,5ns	30,3b	989ab	245b	730ns	73b	3,56	0,74	0,29
	D	8,5ns	8,9ns	36,4a	1113a	297a	867ns	93a	4,09	0,78	0,31
	E	8,6ns	8,7ns	27,9b	836b	227b	679ns	72b	3,21	0,81	0,32
B	C	7,3a	23,4a	54,7a	4459a	1098a	3642a	483a	2,34	0,82	0,44
	D	6,1b	15,6b	55,4a	2275b	573b	1909b	254b	3,55	0,84	0,44
	E	5,3	14,2b	31,2b	1920b	484b	1339c	194c	2,20	0,70	0,40

Trat = tratamento PA = parte aérea MF = matéria fresca

Comp = comprimento R = raiz MS = matéria seca

Os resultados das plantas A e B foram estatisticamente analisados separadamente.

Tabela 19. Crescimento de plantas de **D. mollis** (A) e **E. contortisiliquum** (B) em hidropônica com solução nutritiva de Hoagland (concentrada 2 vezes), completa (C), deficientes em fósforo (-P) e em cálcio (-Ca), e pH 4,6. Resultados após 30 dias.

Trat	Nº de Folha	Comp (cm)		PA (mg)		R (mg)		Relações R/PA		
		PA	R	MF	MS	MF	MS	Comp	MF	MS
A	C	7,3a	8,5a	19,4b	722a	149a	365ab	35ab	2,28	0,51	0,23
	-P	7,2a	7,1b	25,9a	700a	158a	465a	49a	3,65	0,66	0,31
	-Ca	5,8b	7,4b	16,2b	513b	96b	245b	21b	2,19	0,48	0,22
B	C	7,8a	30,6a	68,0a	6973a	1454a	4691a	581a	2,22	0,67	0,40
	-P	6,1b	15,3b	66,2a	2028b	470b	1824b	242b	4,33	0,90	0,51
	-Ca	6,1b	12,2c	23,3b	2081b	454b	1750b	190b	1,91	0,84	0,42

Trat = tratamentos PA = parte aérea MF = matéria fresca

Comp = comprimento R = raiz MS = matéria seca

Os resultados das plantas A e B foram estatisticamente analisados separadamente.

Por último, verificou-se o crescimento em hidropônica, em soluções de Hoagland (diluídas 10 vezes) normal, deficientes em fósforo e cálcio contendo ou não alumínio. A tabela 20 mostra o crescimento mais rápido das plântulas de E. contortisiliquum antes da montagem em hidropônica. Comparando os resultados da tabela 21, nota-se que tanto a presença de alumínio quanto a deficiência de fósforo, causam efeitos menos evidentes no crescimento de D. mollis em relação a E. contortisiliquum. A presença de alumínio contribuiu para o encurtamento das raízes e quando associada com a deficiência de cálcio, causou maior espessamento e pouca ramificação lateral em E. contortisiliquum e em D. mollis. No geral, deficiência de cálcio afetou a quebra de dominância apical. No final do experimento, as plantas de D. mollis apresentavam 2, 1 ou zero cotilédones, e as de E. contortisiliquum continham poucos nódulos nos tratamentos de solução completa e inclusive com alumínio.

Para verificar, dentre os fatores químicos, físicos e biológicos, aqueles que mais limitam o crescimento das espécies estudadas, foram feitos experimentos com diferentes substratos sólidos.

Em D. mollis com 45 dias de crescimento (tabela 22), observou-se maior relação de comprimento de raiz/parte aérea em solo de cerrado, quando comparado com solos de canteiro. A espécie apresentou maiores crescimentos da parte aérea em solo de canteiro esterilizado, e da raiz em solo de cerrado em relação aos outros tratamentos. Em relação aos tratamentos com diferentes proporções

Tabela 20. Crescimento de plântulas de *D. mollis* e *E. contortisiliquum* mantidas 9 dias em placas de Petri e após, 12 dias em vermiculita.

Planta	Comprimento (cm)			Relação R/PA
	PA	R	PA + R	MS
D. mollis	3,5 ± 0,23	9,5 ± 1,30	13,0 ± 1,39	2,7 ±0,3
E. contortisiliquum	11,0 ± 0,93	12,0 ± 2,15	23,0 ± 2,45	1,1 ±0,2

PA = parte aérea R = raiz MS = matéria seca

Tabela 21. Crescimento de plantas de **D. mollis** (A) e **E. contortisiliquum** (B) em hidropônica com solução nutritiva de Hoagland (diluída 10 vezes), completa (C) e com 60 mg/l de alumínio (D), deficiente em fósforo (-P) e com alumínio (E) e, deficiente em cálcio (-Ca) e com alumínio (F), e pH 4,0. Resultados após 70 dias.

Trat		Nº Nod	Nº Folha	Comp (cm) PA	Comp (cm) R	PA (mg) MF	PA (mg) MS	R (mg) MF	R (mg) MS	Relações R/PA Comp	Relações R/PA MF	Relações R/PA MS
A	C	-	9,4a	6,4ns	36,6a	537a	178a	580ab	87ab	5,72	1,08	0,49
	D	-	6,9b	6,3ns	18,1b	425ab	131ab	444bc	81ab	2,87	1,04	0,62
	-P	-	9,6a	5,9ns	36,7a	453ab	134ab	691a	118a	5,81	1,52	0,88
	E	-	6,9b	5,9ns	15,2b	396ab	118b	343cd	61bc	2,57	0,86	0,52
	-Ca	-	7,5ab	6,1ns	18,5b	388b	118b	379bcd	52bc	3,03	0,97	0,44
	F	-	5,8b	5,6ns	11,0b	318b	110b	205d	31c	1,96	0,64	0,28
B	C	3	8,2a	18,0a	64,5a	4968a	1490a	6892a	1631a	3,58	1,39	1,09
	D	4	3,5c	12,5cd	18,9c	1150c	371c	1314c	254c	1,51	1,14	0,68
	-P	-	4,1c	13,9bc	37,1b	1711c	494c	1662c	356c	2,67	0,97	0,72
	E	2	2,9c	11,0d	22,3c	1173c	359c	1567c	347c	2,03	1,33	0,96
	-Ca	1	6,5b	16,5ab	46,8b	2984b	975b	4785b	1010b	2,84	1,60	1,03
	F	-	3,0c	12,5cd	15,1c	1078c	371c	916c	191c	1,21	0,85	0,51

Os resultados das plantas A e B foram estatisticamente analisados separadamente

Comp = comprimento PA = parte aérea R = raiz Nod = nódulo

Trat = tratamento MF = matéria fresca MS = matéria fresca

Tabela 22. Crescimento de plantas de D. mollis em solo de cerrado (C), solo de canteiro não esterilizado (CN), solo de canteiro esterilizado (CE), areia regada com solução nutritiva de Hoagland, normal (AH), proporções de solo de canteiro esterilizado em relação a areia, tais como 1:1 (D), 1:2 (E), 1:3 (F),solo de canteiro esterilizado em cima/solo de cerrado embaixo (G) e solo de cerrado em cima/solo de canteiro esterilizado embaixo (H). Resultados após 45 dias.

Trat	Nº de Nod	Nº de Folha	Comp (cm)		PA (mg)		R (mg)		Relações R/PA		
			PA	R	MF	MS	MF	MS	Comp	MF	MS
C	1,28	8,1abc	5,7abc	31,1a	497abc	121abc	479a	70a	5,5	1,0	0.6
CN	----	7,4bc	5,4abc	13,5c	308d	78c	164b	21c	2,5	0,5	0,3
CE	0,14	8,9a	6,3a	30,1a	552a	150a	400a	50abc	4,8	0,7	0,3
AH	----	7,3c	5,0abc	21,8b	343cd	85bc	313ab	37c	4,4	0,9	0,4
D	0,2	8,0abc	5,8abc	29,1ab	490abc	107abc	342ab	35c	5,0	0,7	0,3
E	1,28	7,9abc	4,6c	30,7a	350bcd	87bc	359ab	40bc	6,7	1,0	0,5
F	2,14	7,0c	4,7bc	29,2ab	319d	83c	361ab	46abc	6,2	1,1	0,6
G	----	8,6ab	6,0ab	31,1a	518ab	130ab	401a	45abc	5,2	0,8	0,3
H	0,72	8,9a	6,2a	31,9a	561a	151a	464a	68ab	5,1	0,8	0,5

Trat = tratamento PA = parte aérea MF = matéria fresca

Comp = comprimento R = raiz MS = matéria seca

Nod = nódulo

de areia, contribuindo em diferenças na aeração, verificaram-se maiores relações de pesos de matérias fresca e seca de raiz/parte aérea na proporção de 1:3 de solo de canteiro esterilizado:areia. A espécie com 90 dias de desenvolvimento (tabela 23) apresentou menor crescimento e menores relações de comprimento e pesos de matérias fresca e seca de raiz/parte aérea em solo adubado não esterilizado e, a nodulação foi maior, quando a espécie foi cultivada em solo de canteiro esterilizado.

Analisando o crescimento de E. contortisiliquum com 45 e 90 dias através das tabelas 24 e 25 respectivamente, nota-se menor crescimento e maior relação de comprimento de raiz/parte aérea em solo de cerrado. Nos demais tratamentos, caracterizados por teores diferentes de nutrientes, prevaleceram os crescimentos das partes aéreas, diminuindo as relações raiz/parte aérea. A espécie com 90 dias apresentou menor relação de comprimento de raiz/parte aérea em solo adubado não esterilizado, onde predominou o desenvolvimento da parte aérea, com redução no comprimento do sistema radicular e maior acúmulo de matéria seca. No tratamento com solo de cerrado na porção superior e solo de canteiro na porção inferior, a espécie apresentou menores comprimentos da parte aérea e raiz, bem como conteúdos menores de matérias secas do que o tratamento inverso. Nesta espécie, a nodulação foi mais evidente nos tratamentos com presença de solo de canteiro esterilizado.

Os resultados mostram que existem diferenças significativas do crescimento das espécies em função dos tratamentos aplicados.

Tabela 23. Crescimento de plantas de D. mollis em solo de cerrado (C), solo de canteiro não esterilizado (CN), solo de canteiro esterilizado (CE), areia regada com solução nutritiva de Hoagland, normal (AH), proporções de solo de canteiro esterilizado em relação a areia, tais como 1:1 (D), 1:2 (E), 1:3 (F),solo de canteiro esterilizado em cima/solo de cerrado embaixo (G) e solo de cerrado em cima/solo de canteiro esterilizado embaixo (H). Resultados após 90 dias.

Trat	Nº de Nod	Nº de Folha	Comp (cm)		PA (mg)		R (mg)		Relações R/PA		
			PA	R	MF	MS	MF	MS	Comp	MF	MS
C	5,3bcd	15,0a	8,1abc	35,1b	1275b	410b	1354b	266ab	4,3	1,1	0,7
CN	---	8,5c	5,7d	7,8c	286d	95d	135d	24c	1,4	0,5	0,3
CE	11,1a	14,7a	9,3a	45,8a	1834a	568a	2170a	371a	4,9	1,2	0,6
AH	0,5d	12,9b	6,7cd	38,3ab	773c	230c	1026bc	238b	5,7	1,3	1,0
D	1,6cd	13,6ab	8,3ab	38,3ab	831c	253c	747c	164b	4,6	0,9	0,6
E	4,9bcd	12,7b	6,7cd	40,5ab	645cd	202cd	777c	168b	6,0	1,2	0,9
F	6,3abc	13,3ab	7,4bc	38,9ab	702cd	231c	1096bc	227b	5,3	1,6	1,0
G	6,6abc	14,1ab	8,0abc	39,5ab	1274b	393b	1470b	261ab	4,9	1,2	0,7
H	7,9ab	12,4b	7,1bcd	36,0b	953bc	316bc	1026bc	218b	5,1	1,1	0,7

Trat = tratamento PA = parte aérea MF = matéria fresca

Comp = comprimento R = raiz MS = matéria seca

Nod = nódulo

Tabela 24. Crescimento de plantas de **E. contortisiliquum** em solo de cerrado (C), solo de canteiro não esterilizado (CN), solo de canteiro esterilizado (CE), areia regada com solução nutritiva de Hoagland normal (AH), proporções de solo de canteiro esterilizado em relação a areia, tais como 1:1 (D), 1:2 (E), 1:3 (F),solo de canteiro esterilizado em cima/solo de cerrado embaixo (G) e solo de cerrado em cima/solo de canteiro esterilizado embaixo (H). Resultados após 45 dias.

Trat	Nº de Nod	Nº de Folha	Comp (cm)		PA (mg)		R (mg)		Relações R/PA		
			PA	R	MF	MS	MF	MS	Comp	MF	MS
C	7b	5,4c	11,4c	38,7a	1508d	429c	1324b	193ns	3,4	0,9	0,4
CN	9b	6,7abc	21,8a	38,1a	3776ab	777abc	2149ab	227ns	1,7	0,6	0,3
CE	5b	7,3a	22,3a	39,0a	3907a	868a	2458a	286ns	1,7	0,6	0,3
AH	5b	6,6abc	11,4c	32,4a	2050cd	550abc	1771ab	234ns	2,8	0,9	0,4
D	12b	6,9ab	17,6ab	35,6a	3057abcd	766abc	2239ab	261ns	2,0	0,7	0,3
E	43a	6,4abc	13,4bc	36,1a	2270bcd	578abc	2064ab	253ns	2,7	0,9	0,4
F	48a	6,4abc	13,9bc	37,4a	2115cd	570abc	1508ab	222ns	2,7	0,7	0,4
G	3b	6,1abc	15,3bc	34,6a	3412abc	842ab	1972ab	294ns	2,3	0,6	0,3
H	5b	5,9bc	11,8c	34,6a	1831d	481bc	1473ab	200ns	2,9	0,8	0,4

Trat =tratamento PA = parte aerea MF = materia fresca

Nod = nódulo R = raiz MS = materia seca

Comp = comprimento

Tabela 25. Crescimento de plantas de E. contortisiliquum em solo de cerrado (C), solo de canteiro não esterilizado (CN), solo de canteiro esterilizado (CE), areia regada com solução nutritiva de Hoagland, normal (AH), proporções de solo de canteiro esterilizado em relação a areia, tais como 1:1 (D), 1:2 (E), 1:3 (F),solo de canteiro esterilizado em cima/solo de cerrado embaixo (G) e solo de cerrado em cima/solo de canteiro esterilizado embaixo (H). Resultados após 90 dias.

Trat	Nº de Nod	Nº de Folha	Comp (cm)		PA (mg)		R (mg)		Relações R/PA		
			PA	R	MF	MS	MF	MS	Comp	MF	MS
C	7c	5,4c	12,8d	38,8ab	1950d	540d	2309e	378f	3,0	1,2	0,7
CN	64bc	10,0ab	61,3a	37,6ab	31160a	8260a	16805a	3867a	0,6	0,5	0,5
CE	131a	10,8ab	53,1a	38,1a	21380b	5467b	13689ab	2693b	0,7	0,6	0,5
AH	8c	9,4ab	23,8c	39,1ab	8612c	2367c	9818bc	1800cde	1,6	1,1	0,8
D	90ab	10,0ab	26,5c	35,4b	10445c	2794c	9134cd	2061bcd	1,3	0,9	0,7
E	119ab	9,8ab	33,4bc	38,8ab	11250c	2840c	8307cd	1656cde	1,2	0,7	0,6
F	117ab	11,6a	40,2b	39,5ab	11723c	2877c	8138cd	1496de	1,0	0,7	0,5
G	134a	10,0ab	42,2b	43,6a	19130b	4906b	13631ab	2464bc	1,0	0,7	0,5
H	87ab	8,3b	29,6c	39,8ab	8131c	1982c	5693de	991ef	1,3	0,7	0,5

Trat = tratamento PA = parte aérea MF = matéria fresca

Nod = nódulo R = raiz MS = matéria seca

Comp = comprimento

As taxas de crescimentos relativos (TCR) das duas espécies a intervalos de 45 dias podem ser vistas através das figuras 14 e 15. Verifica-se que D. mollis apresenta TCR mais baixa do que E. contortisiliquum.

Crescimento relativo de eixo mais cotilédones foi verificado durante a germinação de sementes e o desenvolvimento inicial da plântula de D. mollis e E. contortisiliquum (figura 16). Pode-se constatar que a taxa de crescimento relativo é mais elevada para o E. contortisiliquum a partir de 12 dias de desenvolvimento da plântula; inicialmente esta espécie apresentou TCR mais baixa do que D. mollis.

Observando as tabelas 26 e 27,pode-se comparar o crescimento de raízes adventícias de uma mesma planta em solo de cerrado e solo de canteiro esterilizado separadamente ou simultaneamente.

Em plantas de D. mollis (tabela 26), dentre os parâmetros de crescimento analisados nos primeiros 45 dias, pode-se observar algumas diferenças significativas, embora as relações de matérias secas de raiz/parte aérea tenham sido semelhantes. Com 90 dias e solo de cerrado nos dois compartimentos, a espécie apresentou maior relação de matéria seca de raiz/parte aérea , evidenciando maior acúmulo de matéria orgânica na raiz. Por outro lado, o crescimento da parte aérea foi mais evidente em solo de canteiro esterilizado. No tratamento com solo de cerrado e solo de canteiro esterilizado simultaneamente, a planta apresentou conteúdo de matéria seca de parte aérea menor que o tratamento com solo de canteiro esterilizado e maior que o de cerrado, porém o conteúdo

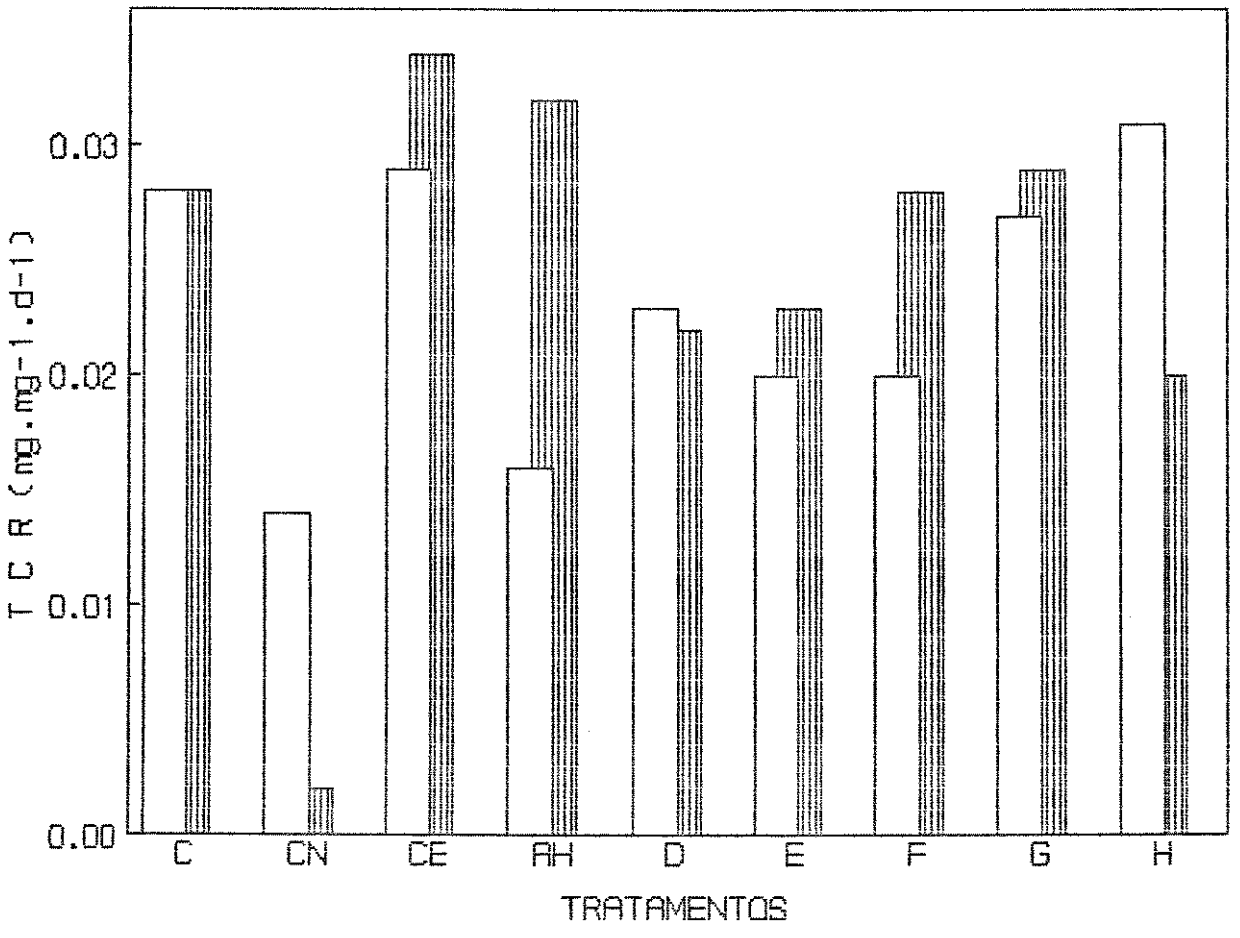


Figura 14. Taxa de crescimento relativo (TCR) de plantas de D.mollis cultivadas em solo de cerrado (C), solo de canteiro não esterilizado (CN), solo de canteiro esterilizado (CE), areia regada com Hoagland normal (AH), proporções diferentes de solo de canteiro esterilizado e areia, tais como, 1:1 (D), 1:2 (E), 1:3 (F), solo de canteiro esterilizado em cima/solo de cerrado embaixo (G) e solo de cerrado em cima/ solo de canteiro esterilizado embaixo (H). Resultados a intervalos de 45 dias.

□ - 45 dias ▥ - 90 dias

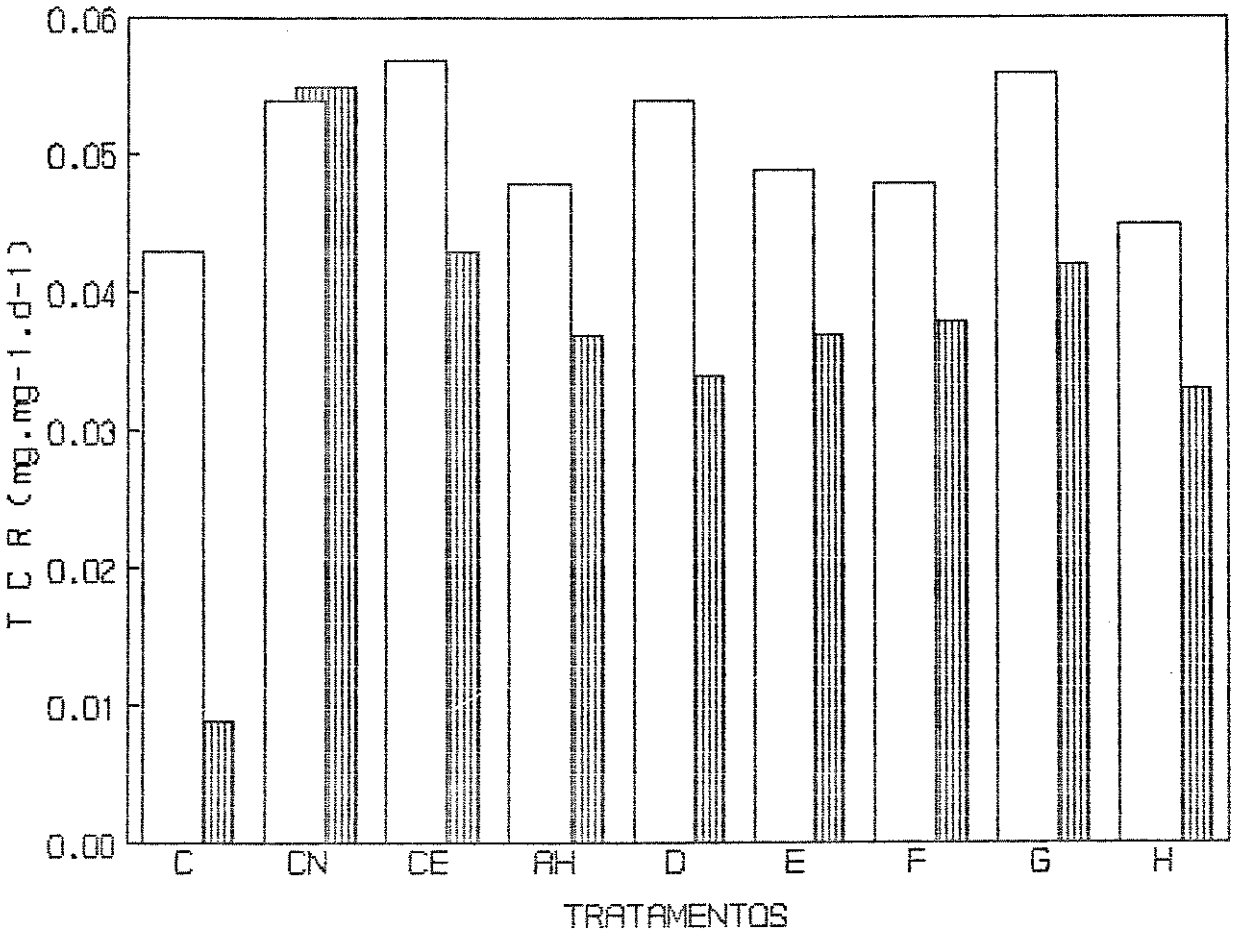


Figura 15. Taxa de crescimento relativo (TCR) de plantas de E.contortisiliquum cultivadas em solo de cerrado (C), solo de canteiro não esterilizado (CN), solo de canteiro esterilizado (CE), areia regada com Hoagland normal (AH), proporções diferentes de solo de canteiro esterilizado e areia, tais como, 1:1 (D), 1:2 (E), 1:3 (F), solo de canteiro esterilizado em cima/solo de cerrado embaixo (G) e solo de cerrado em cima/ solo de canteiro esterilizado embaixo (H). Resultados a intervalos de 45 dias.

□ - 45 dias ▨ - 90 dias

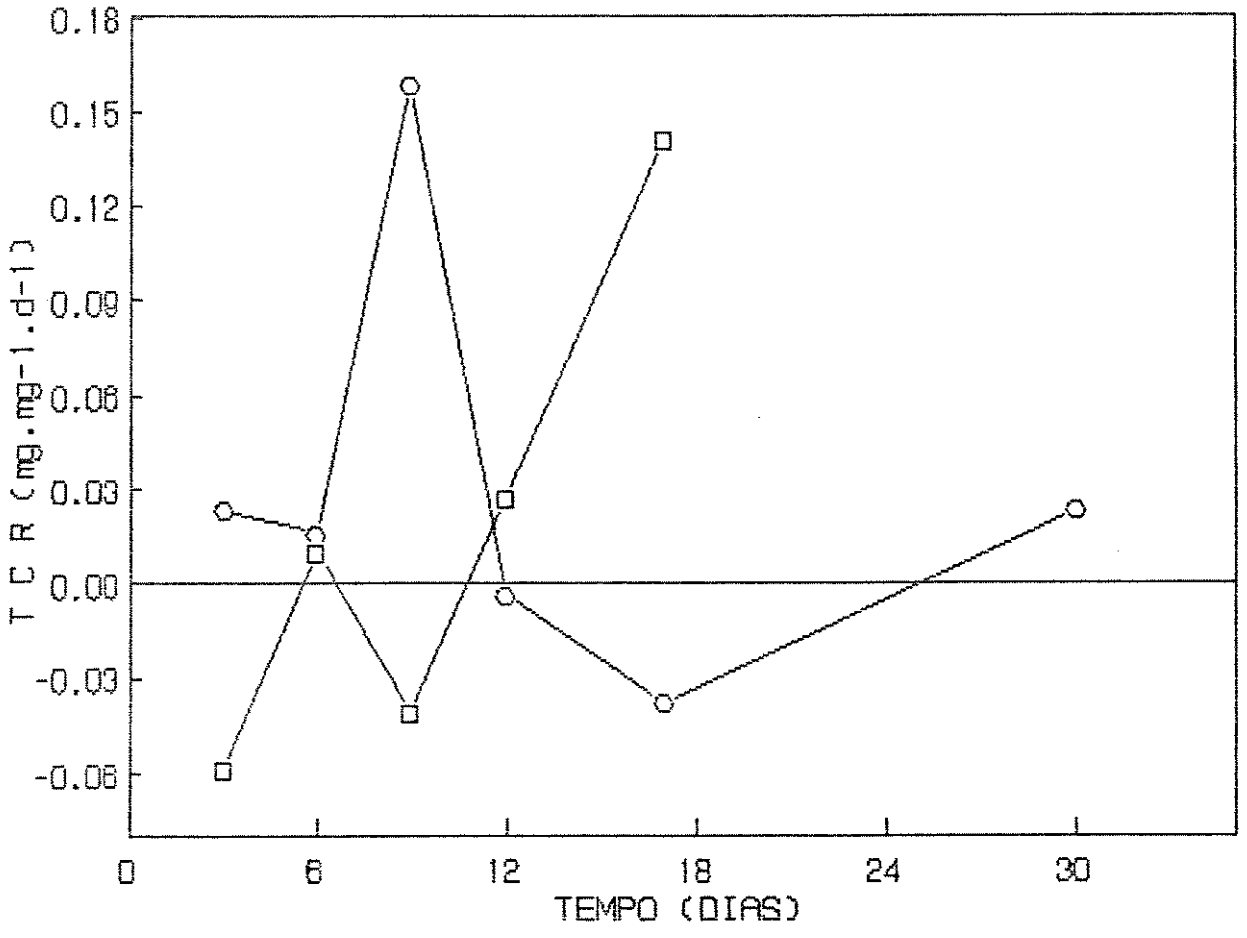


Figura 16. Taxa de crescimento relativo (TCR) de eixo embrionário mais cotilédones de D. mollis (○) e de E. contortisiliquum (□) durante a germinação e desenvolvimento inicial da plântula.

Tabela 26. Crescimento de plantas de D. mollis em sacos plásticos selados, contendo nos dois lados, solo de cerrado (A), solo de canteiro esterilizado (B) ou solo de canteiro esterilizado e solo de cerrado (C). Resultados após 45 e 90 dias (d).

Trat	Nº de Folha	Comp (cm) PA	Comp (cm) R			PA (mg) MF	PA (mg) MS	R (mg) R1 MF	R (mg) R1 MS	R (mg) R2 MF	R (mg) R2 MS	R (mg) R1+R2 MF	R (mg) R1+R2 MS	Relações R/PA Comp	Relações R/PA MF	Relações R/PA MS
			R1	R2	MR											
45d A	9ns	5b	17,7b	17,6ns	17,6b	347b	65b	110b	12ns	77b	6b	187b	18b	3,3	0,5	0,2
B	9ns	6b	18,9b	20,5ns	19,7b	375b	77b	117ab	11ns	132b	14b	249b	25b	3,5	0,7	0,3
C	10ns	7a	28,3a	23,2ns	25,8a	650a	161a	234a	24ns	198a	24ns	432a	48a	3,6	0,7	0,3
90d A	14ns	9ns	30,8b	27,3b	29,1b	1133ns	344ns	668ns	152ns	799ns	166ns	1467ns	318ns	3,4	1,3	0,9
B	16ns	10ns	36,8a	36,6a	36,7a	1483ns	443ns	864ns	125ns	880ns	137ns	1744ns	262ns	3,7	1,2	0,6
C	15ns	10ns	32,7ab	26,7b	29,7b	1293ns	396ns	956ns	139ns	473ns	120ns	1429ns	259ns	2,9	1,1	0,6

Trat = tratamento
PA = parte aérea
MF = matéria fresca
Comp = comprimento
R = raiz
MS = matéria seca
R1 = raiz do lado esquerdo
R2 = raiz do lado direito
MR = R1+R2/2

Em C, R1 = solo de canteiro esterilizado e R2 =solo de cerrado

Tabela 27. Crescimento de plantas de E. contortisiliquum em sacos plásticos selados , contendo nos dois lados, solo de cerrado (A), solo de canteiro esterilizado (B) ou solo de canteiro esterilizado e solo de cerrado (C). Resultados após 45 e 90 dias(d).

Trat	Nº de Folha	Comp (cm) PA	Comp (cm) R			PA (g) MF	PA (g) MS	R (g) R1 MF	R (g) R1 MS	R (g) R2 MF	R (g) R2 MS	R (g) R1+R2 MF	R (g) R1+R2 MS	Relações R/PA Comp	Relações R/PA MF	Relações R/PA MS
			R1	R2	MR											
45d A	6b	15c	30,6ns	30,5ns	30,6ns	1,8c	0,5c	0,7b	0,09b	0,7b	0,1b	1,4b	0,2b	2,1	0,8	0,4
B	8a	25a	36,9ns	35,6ns	36,2ns	6,5a	1,5a	1,8a	0,2a	2,1a	0,3a	3,9a	0,5a	1,5	0,6	0,3
C	8a	21b	35,5ns	36,0ns	35,8ns	4,4b	1,1b	2,3a	0,3a	0,6b	0,1b	2,9a	0,4a	1,7	0,7	0,4
90d A	6b	16c	38,6ns	37,8ns	38,3ns	3,1b	1,1b	1,8b	0,3b	1,4b	0,2b	3,2b	0,5b	2,4	1,0	0,5
B	10a	39b	38,9ns	39,3ns	39,1ns	19,8a	6,1a	8,9a	1,9a	9,6a	2,1a	18,6a	3,9a	1,0	0,9	0,6
C	11a	47a	38,6ns	39,3ns	38,9ns	21,2a	6,6a	12,2a	2,6a	3,2b	0,6b	15,6a	3,2a	0,8	0,7	0,5

Trat = tratamento
PA = parte aérea
MF = matéria fresca
Comp = comprimento
R = raiz
MS = matéria seca
R1 = raiz do lado esquerdo
R2 = raiz do lado direito
MR = R1+R2/2

Em C, R1 = solo de canteiro esterilizado e R2 =solo de cerrado

total de matéria seca das raízes foi menor em relação aos tratamentos com solo de cerrado e solo de canteiro esterilizado separadamente.

Em plantas de E. contortisiliquum (tabela 27), pode-se observar que tanto com 45 dias quanto 90 dias de desenvolvimento, o maior acúmulo de matéria seca ocorreu na parte aérea e nas raízes adventícias de solo de canteiro esterilizado.

6. Conteúdo de carboidratos solúveis totais, proteínas solúveis, fósforo total, cálcio e clorofilas.

O conteúdo de carboidratos solúveis totais em D. mollis (figura 17) aumenta inicialmente nos cotilédones, com redução a partir de 6 dias que também é verificada no endosperma (até sua queda com 17 dias), aumentando, ainda, no eixo embrionário de 3 a 12 dias, e após, ocorre redução. Considerando a planta toda há aumento de carboidratos até 9 dias e redução a partir daí.

Em E. contortisiliquum (figura 18), observa-se que a redução de carboidratos nos cotilédones e na plântula toda (até 9 dias) coincide com o aumento no eixo embrionário. Nos tegumentos, a quantidade de carboidrato apresenta pouca variação do início até 9 dias (onde ocorre queda). A partir de 12 dias ocorre aumento acentuado no conteúdo de carboidratos solúveis no eixo embrionário.

O conteúdo de proteínas solúveis em D. molis (figura 19) apresenta padrão semelhante com E. contortisiliquum (figura 20).

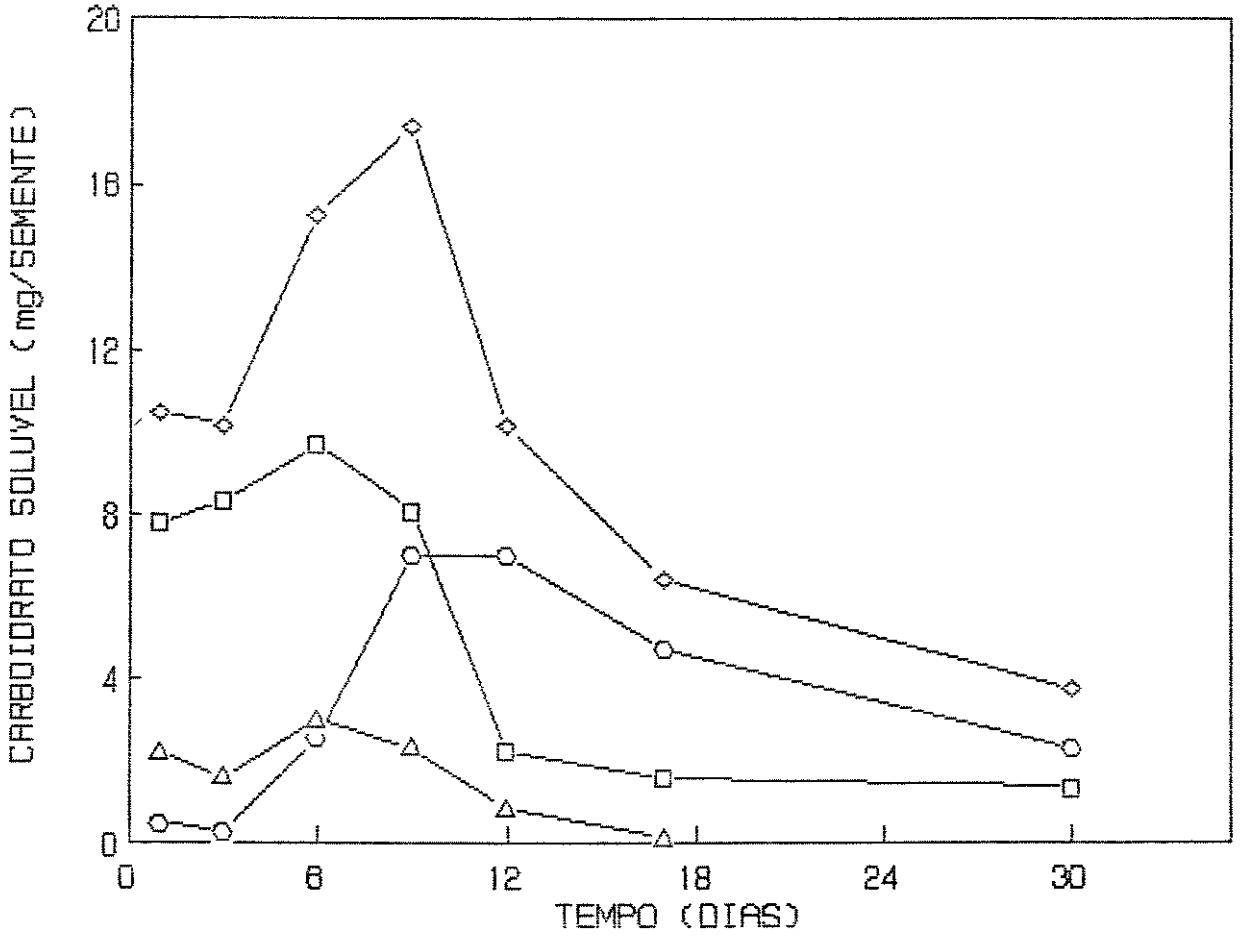


Figura 17. Conteúdo de carboidratos solúveis totais (mg/semente) em diferentes partes da semente de **D. mollis** durante a germinação e desenvolvimento inicial da plântula.

○ - eixo embrionário

□ - cotilédones

△ - endosperma e tegumentos

◇ - plântula toda

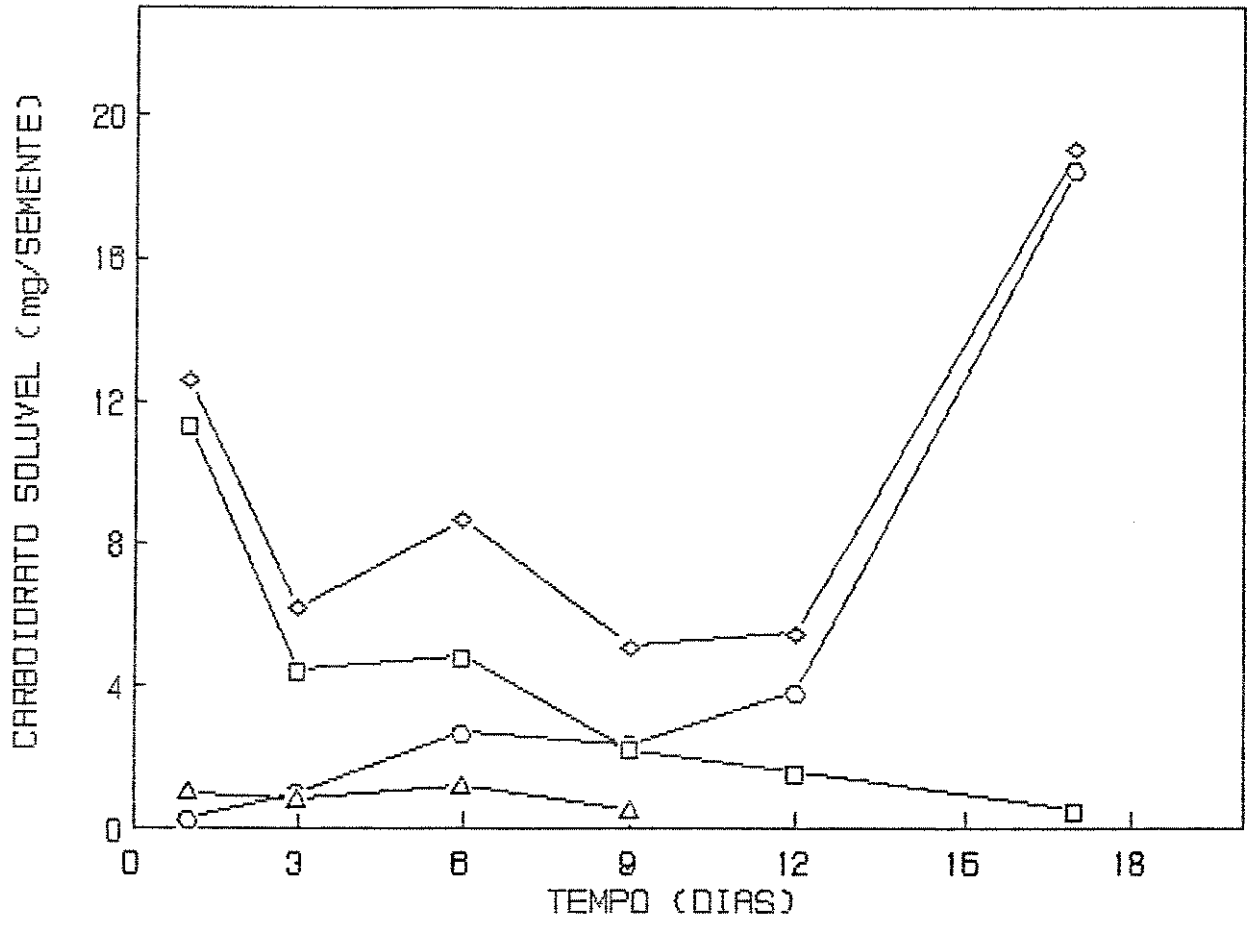


Figura 18. Conteúdo de carboidratos solúveis totais (mg/semente) em diferentes partes da semente de E. contortisiliguum durante a germinação e desenvolvimento inicial da plântula.

○ - eixo embrionário

□ - cotilédones

△ - tegumentos

◇ - plântula toda

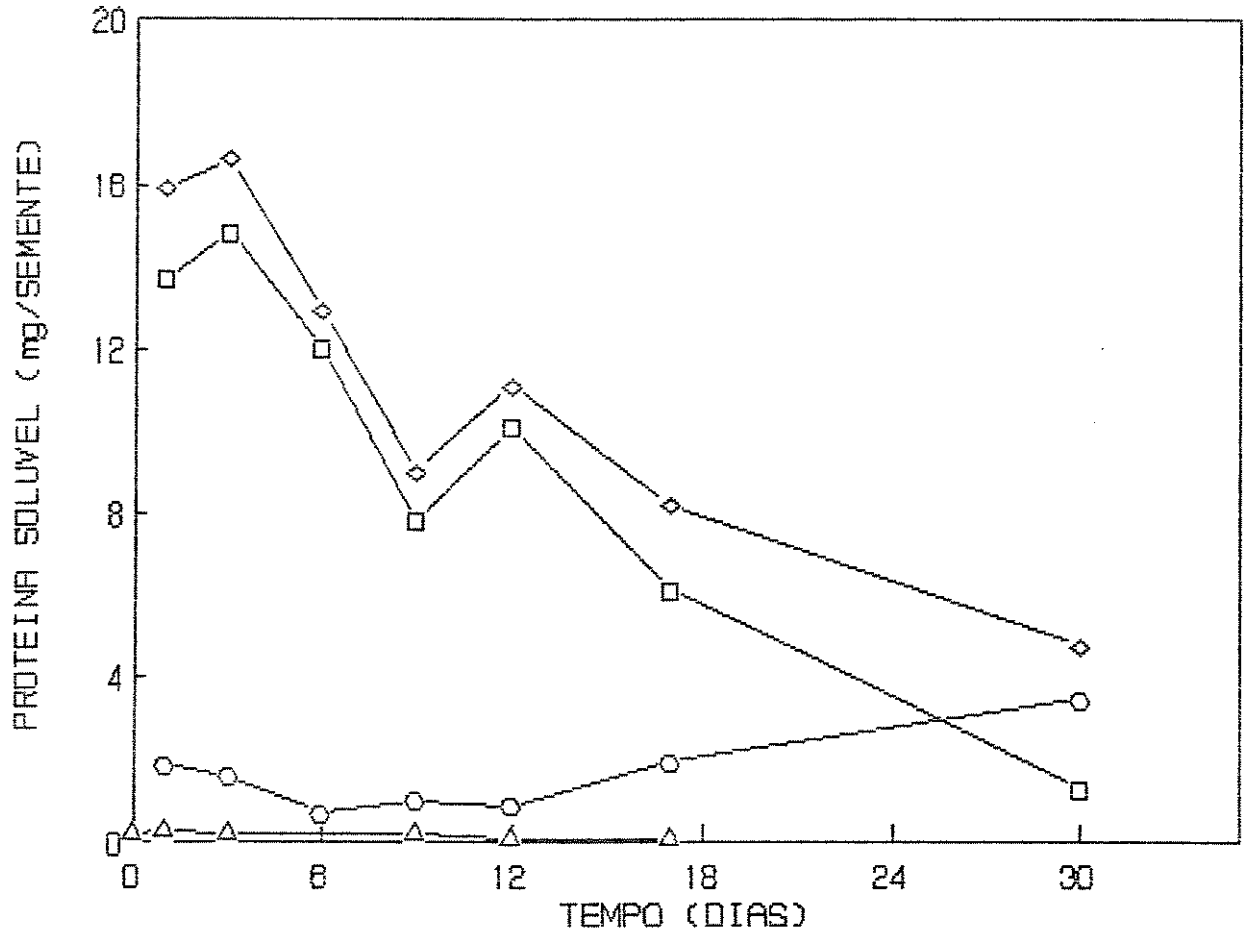


Figura 19. Conteúdo de proteínas solúveis (mg/semente) em diferentes partes da semente de D. mollis durante a germinação e desenvolvimento inicial da plântula.

○ - eixo embrionário

□ - cotilédones

△ - endosperma e tegumentos

◇ - plântula toda

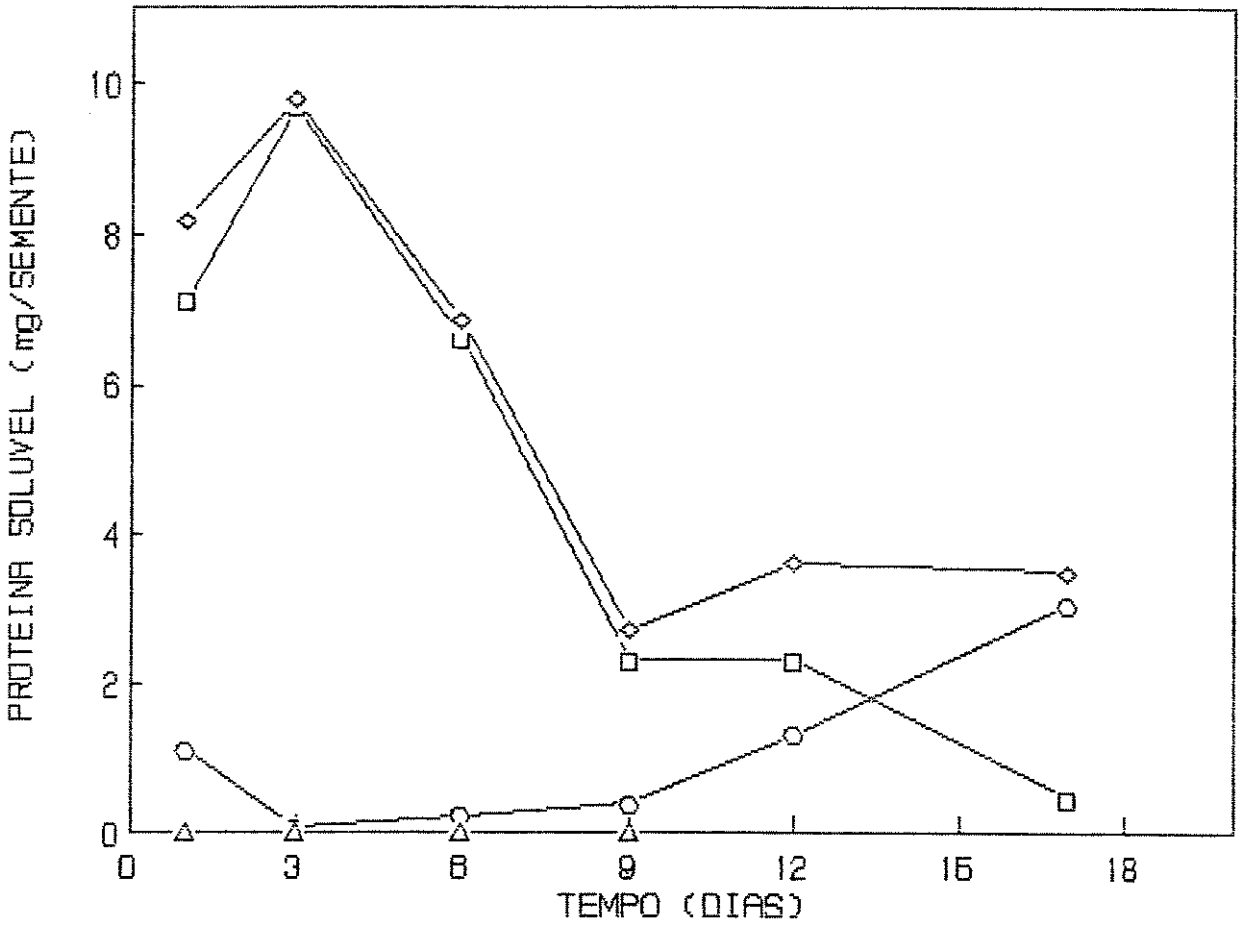


Figura 20. Conteúdo de proteínas solúveis (mg/semente) em diferentes partes da semente de E. contortisiliquum durante a germinação e desenvolvimento inicial da plântula.

○ - eixo embrionário

□ - cotilédones

△ - tegumentos

◇ - plântula toda

Notam-se traços de proteínas nos tegumentos, redução nos cotilédones que coincide com aumento no eixo embrionário. Inicialmente, observam-se, nas duas espécies, aumentos de proteínas nos cotilédones e reducões nos eixos embrionários. Em E. contortisiliquum, a quantidade de proteínas nos cotilédones é baixa com 9 dias quando comparada com D. mollis. Com 17 dias , enquanto os cotilédones de E. contortisiliquum apresentam cerca de 0,5 mg de proteína/plântula, os de D. mollis possuem 6 mg de proteína/plântula, portanto 12 vezes mais. Pode-se notar que a quantidade de proteína presente no eixo embrionário é semelhante em E. contortisiliquum com 17 dias e em D. mollis com 30 dias.

Observando-se os resultados obtidos pelas figuras 21 e 22, nota-se que nas duas espécies, o conteúdo de fósforo total no eixo embrionário tende a aumentar durante a germinação e desenvolvimento inicial da plântula, ocorrendo o inverso no endosperma e tegumentos, e cotilédones; e nestes, inicialmente, ocorre pequeno aumento em D. mollis (figura 21) . Em E. contortisiliquum (figura 22), o conteúdo de fósforo nos cotilédones é maior no 1º dia de germinação, decrescendo o seu teor a partir daí. Verifica-se nas duas espécies uma relação inversa, na qual o declínio de fósforo dos cotilédones e endosperma com casca coincide com o aumento no eixo embrionário. No início, a reserva de fósforo da semente em germinação encontra-se praticamente nos cotilédones, com traços no endosperma e tegumentos. Com 17 dias para o E. contortisiliquum (figura 22), o fósforo se encontra praticamente no eixo embrionário, ao passo que em D. mollis (figura 21) mostra que, a partir

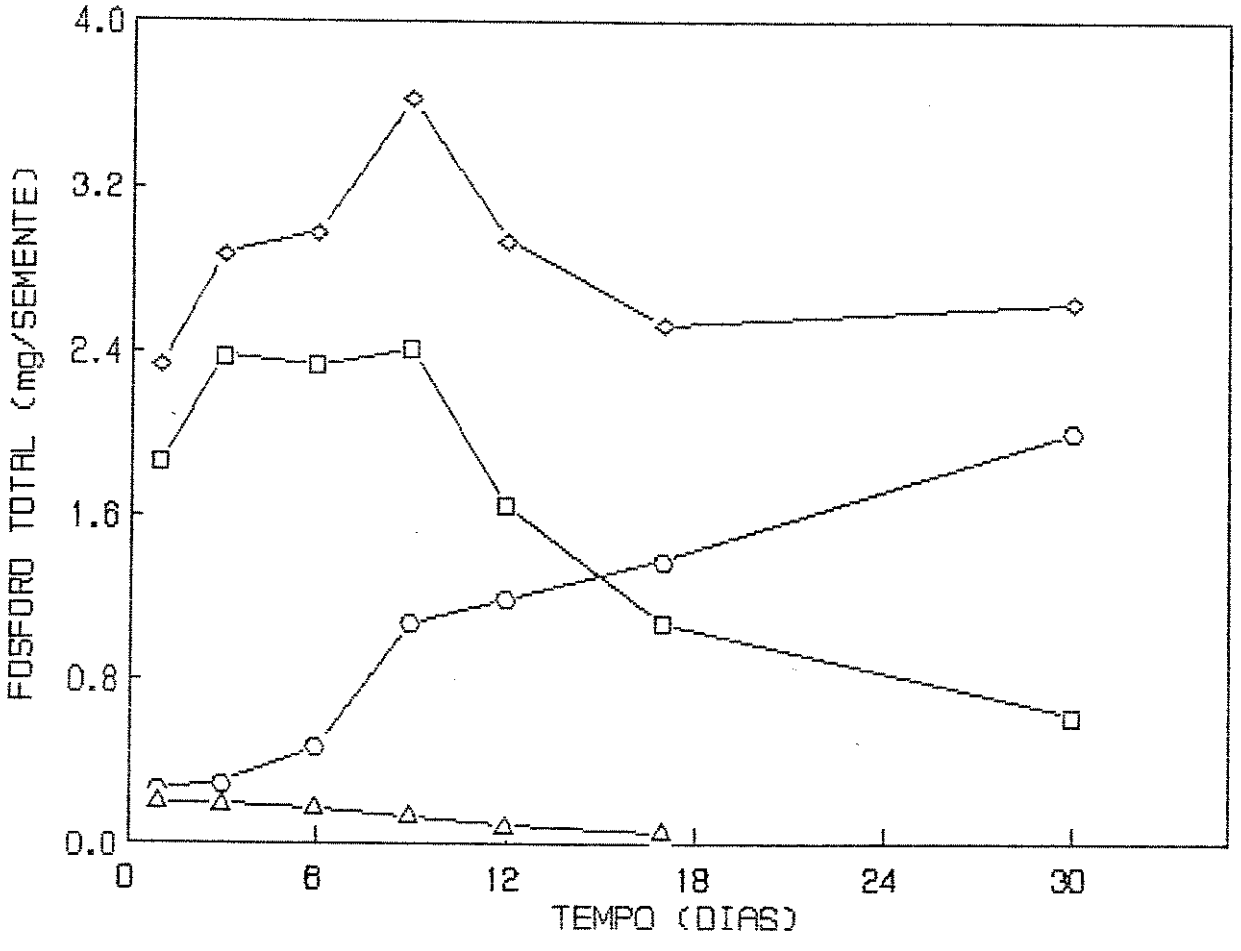


Figura 21. Conteúdo de fósforo total (mg/semente) em diferentes partes da semente de **D. mollis** durante a germinação e desenvolvimento inicial da plântula.

○ - eixo embrionário

□ - cotilédones

△ - endosperma e tegumentos

◇ - plântula toda

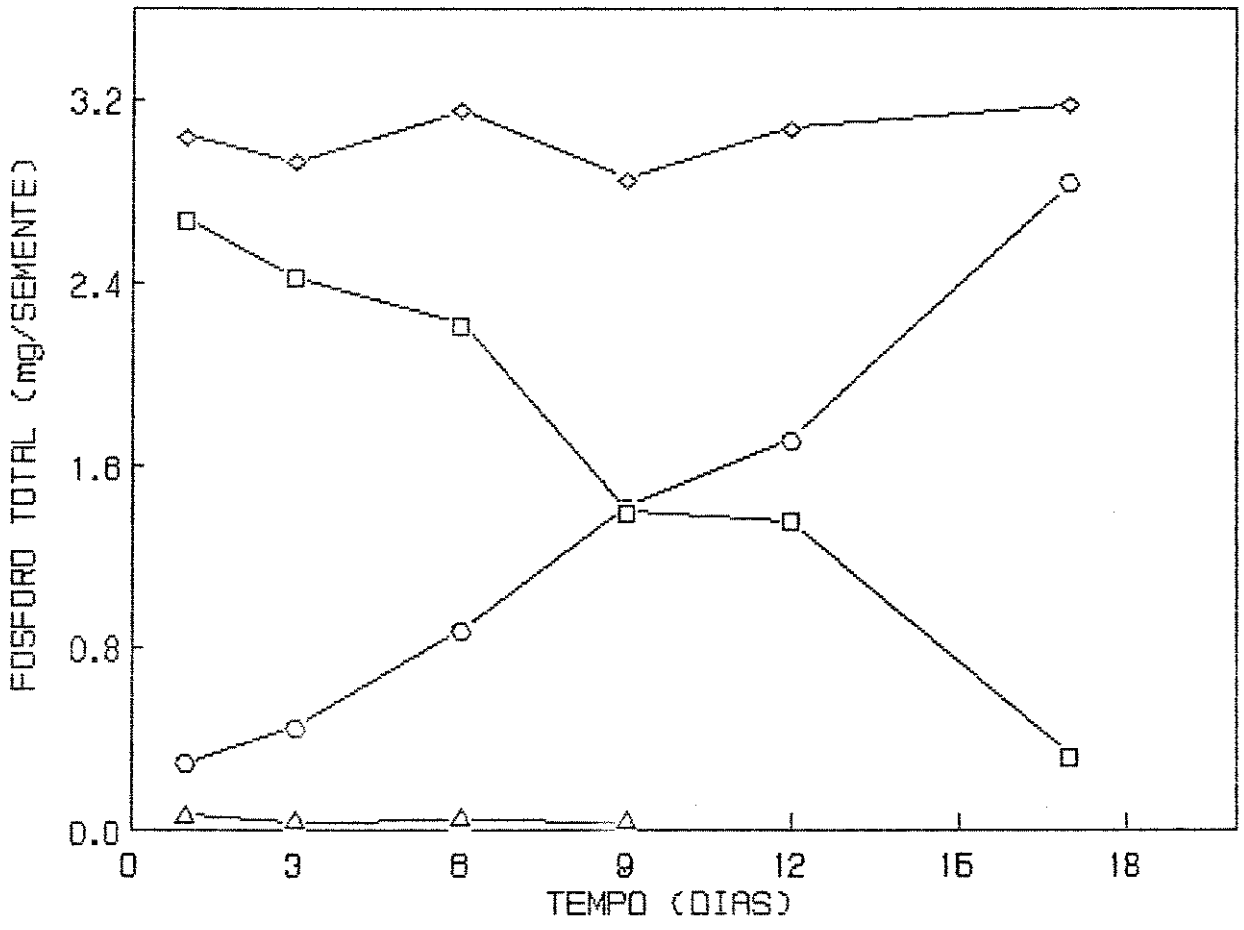


Figura 22. Conteúdo de fósforo total (mg/semente) em diferentes partes da semente de E. contortisiliguum durante a germinação e desenvolvimento inicial da plântula.

○ - eixo embrionário

□ - cotilédones

△ - tegumentos

◇ - plântula toda

desta época, aumentos gradativos no eixo embrionário coincidem com reduções nos cotilédones. Com 30 dias em D. mollis, a quantidade de fósforo presente nos cotilédones representa o dobro da quantidade existente no E. contortisiliquum com 17 dias. A semente de E.contortisiliquum no 1º dia de germinação apresenta mais fósforo total nos cotilédones do que D. mollis. Com 17 dias, o E. contortisiliquum apresenta uma quantidade de fósforo no eixo embrionário que praticamente corresponde à somatória do seu teor inicial com a translocação do fósforo inicialmente presente nos cotilédones e nos tegumentos. Pode-se verificar que a principal fonte de carboidratos solúveis totais, proteínas solúveis e fósforo total para o crescimento do eixo embrionário encontra-se nos cotilédones.

Analisando-se os dados do conteúdo de carboidratos solúveis (figuras 17 e 18), proteínas solúveis (figuras 19 e 20) e fósforo total (figuras 21 e 22), nota-se uma certa tendência para uma relação inversa nos conteúdos dos nutrientes presentes nos cotilédones, endosperma e tegumentos em relação ao eixo embrionário.

Os conteúdos de cálcio em D. mollis (figura 23) e em E. contortisiliquum (figura 24) apresentam um padrão inverso em relação aos constituintes de reservas já citados. A redução de cálcio no endosperma e tegumentos da semente ou plântula coincide com pequenos aumentos no eixo embrionário e cotilédones. Na época de queda dos endosperma e tegumentos das plântulas de D. mollis (após 17 dias) e E. contortisiliquum (após 9 dias), o nível de cálcio mantém-se elevado em relação ao 1º dia germinação.

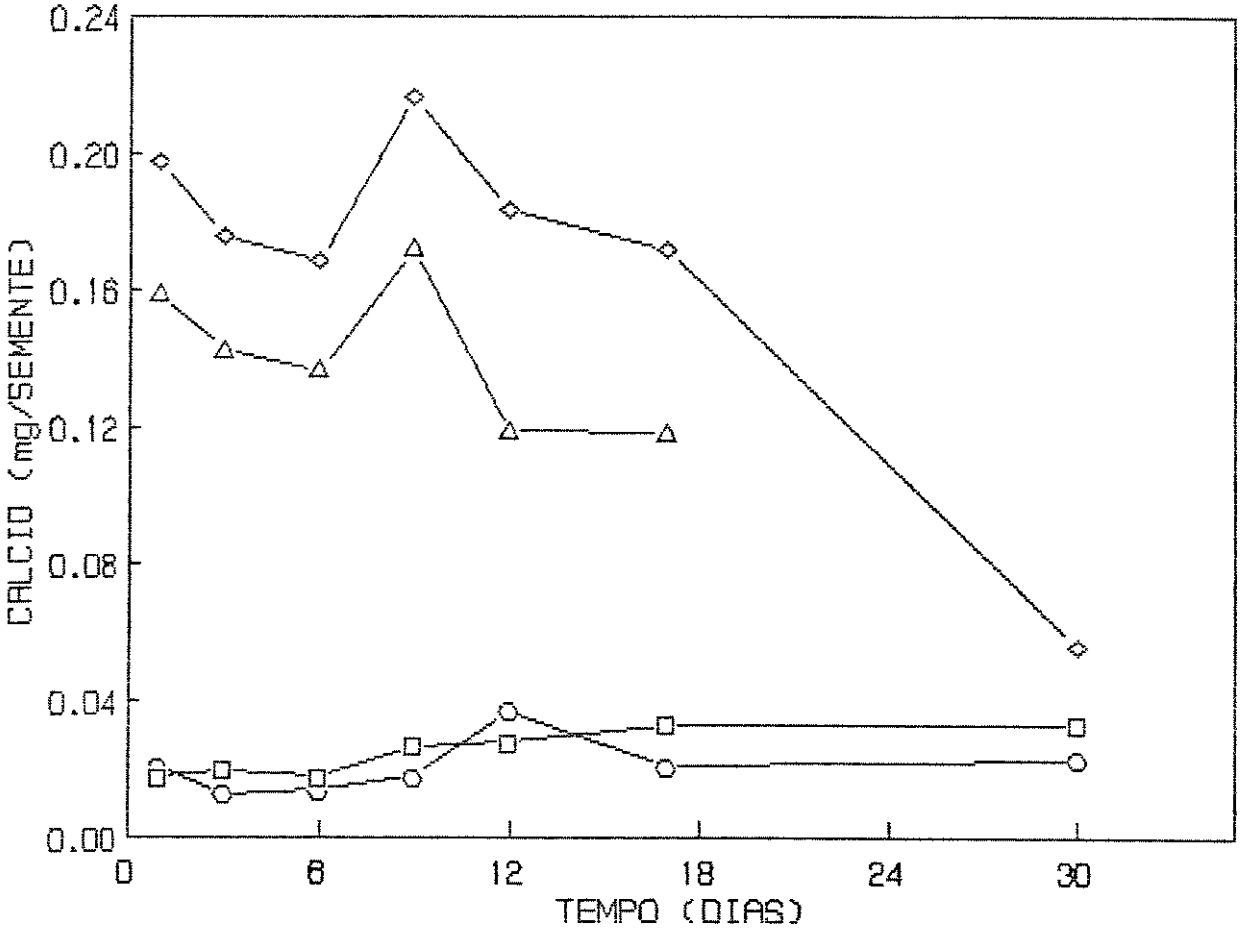


Figura 23. Conteúdo de cálcio (mg/semente) em diferentes partes da semente de D. mollis durante a germinação e desenvolvimento inicial da plântula.

○ - eixo embrionário

□ - cotilédones

△ - endosperma e tegumentos

◇ - plântula toda

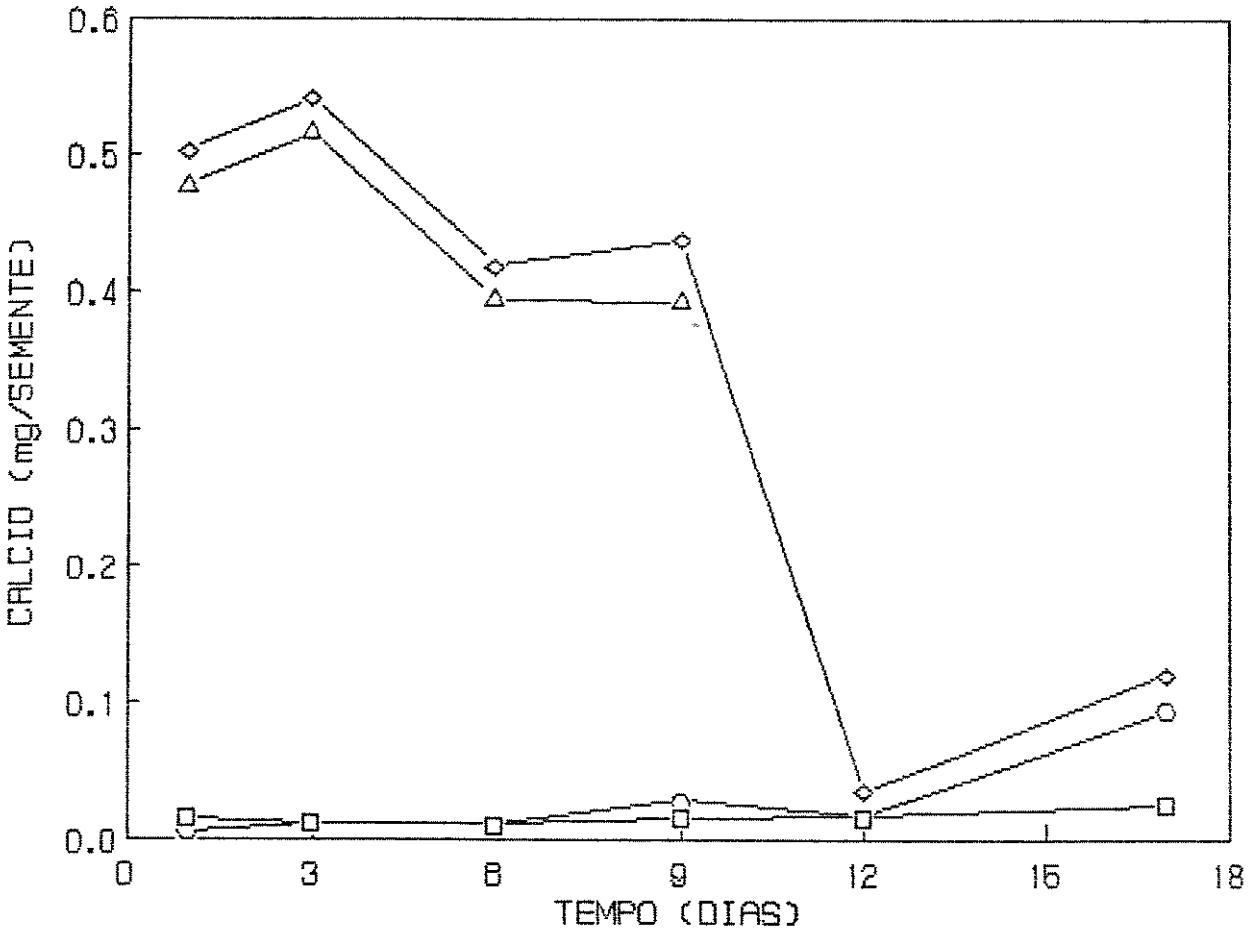


Figura 24. Conteúdo de cálcio (mg/semente) em diferentes partes da semente de E. contortisiliquum durante a germinação e desenvolvimento inicial da plântula.

○ - eixo embrionário

□ - cotilédones

△ - tegumentos

◇ - plântula toda

As figuras 25 (D. mollis) e 26 (E. contortisiliquum) mostram os conteúdos de carboidratos solúveis totais, proteínas solúveis, fósforo total e cálcio por semente ou plântula. Verifica-se que o nível de carboidratos apresenta uma inversão com o de proteínas até com 12 dias para D. mollis e com 6 dias para E. contortisiliquum. A partir daí, ocorre redução nos dois compostos para D. mollis, e em E. contortisiliquum a redução ocorre até com 9 dias, com pequeno aumento até com 12 dias e após, um grande aumento no nível de carboidratos solúveis, enquanto o de proteínas pouco altera. Os níveis de fósforo total e cálcio pouco variam em E. contortisiliquum e em D. mollis. Nesta espécie pequenas variações no teor de fósforo são observadas até com 17 dias.

A fim de testar a influência de nutrientes nas plantas estudadas, foram obtidos os conteúdos de fósforo total (figuras 27 e 28) e cálcio (figuras 29 e 30) em plantas cultivadas em solo de cerrado e solo de canteiro esterilizado, durante 45 e 90 dias. Pode-se observar o mesmo padrão em todos os tratamentos, ou seja, os conteúdos de fósforo total e cálcio são maiores nas partes aéreas e nas plantas cultivadas em solo de canteiro esterilizado do que nas raízes e nas plantas cultivadas em solo de cerrado. Estas diferenças são mais acentuadas com 90 dias de desenvolvimento para o conteúdo de cálcio, tanto em D. mollis (figura 29) quanto em E. contortisiliquum (figura 30). Também, verifica-se que os conteúdos de fósforo total e cálcio em toda planta foram menores para D. mollis com 45 e 90 dias do que para o E. contortisiliquum.

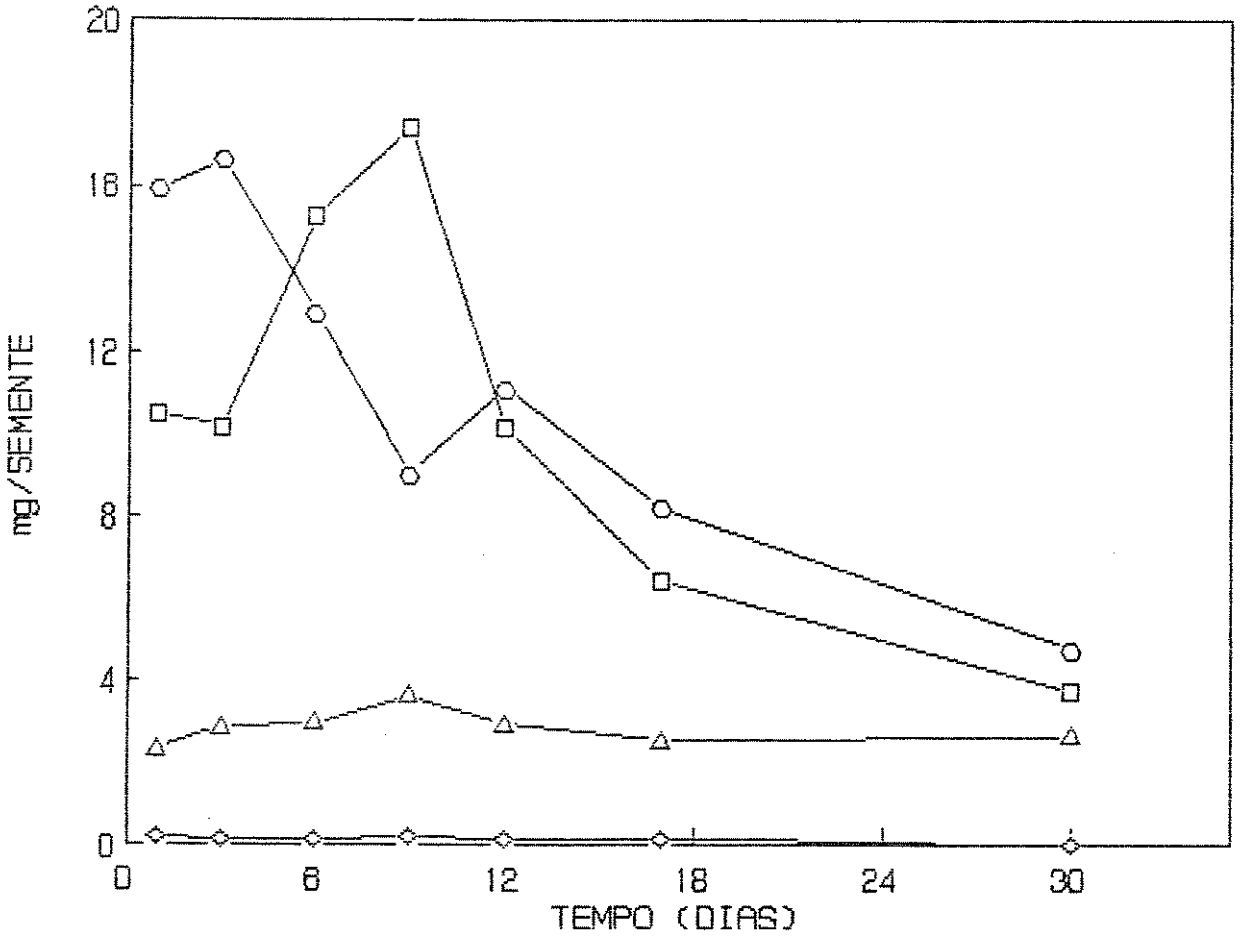


Figura 25. Conteúdo de carboidratos solúveis totais (□), proteínas solúveis (○), fósforo total (△) e cálcio (◇) em mg/semente da semente de D. mollis durante a germinação e desenvolvimento inicial da plântula.

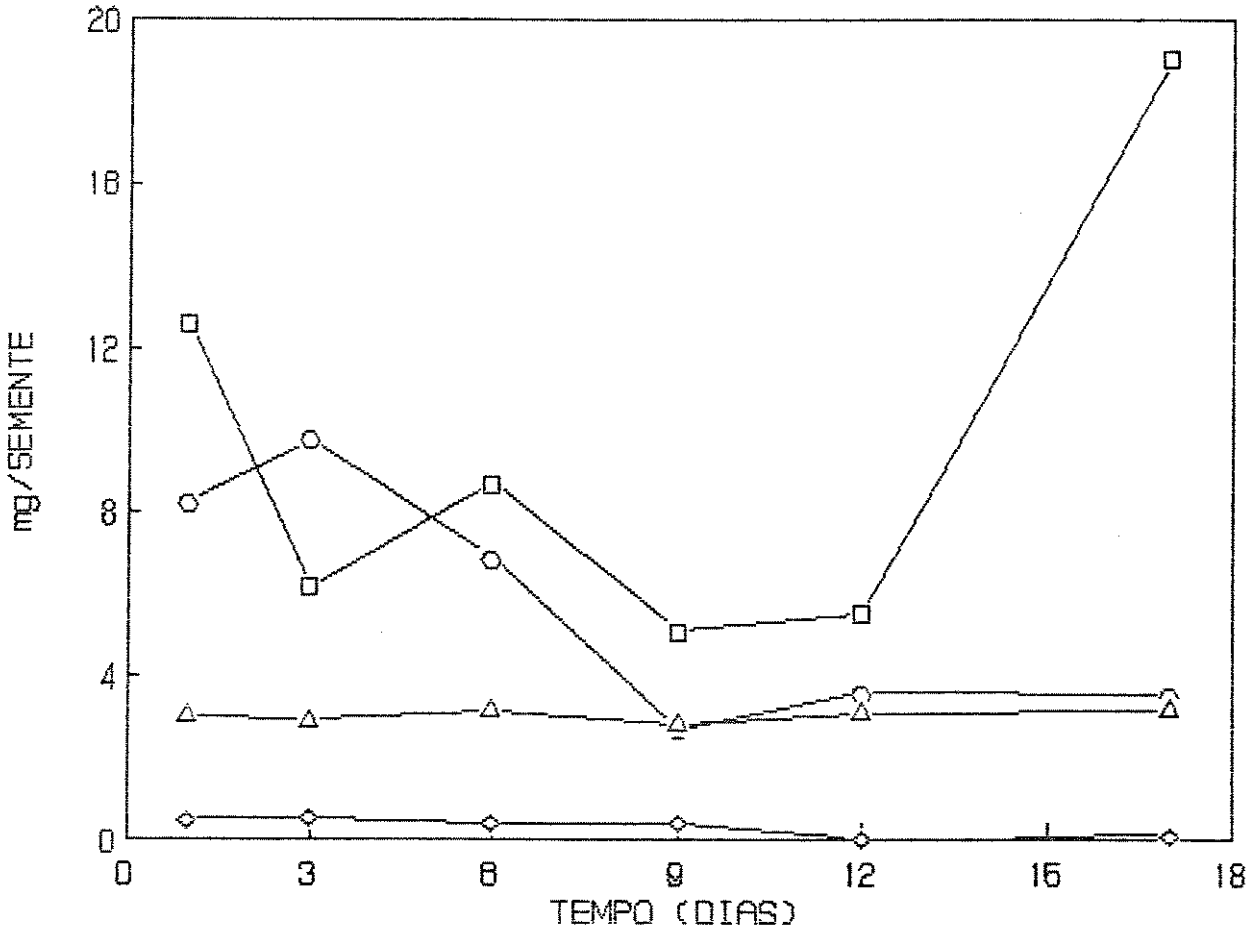


Figura 26. Conteúdo de carboidratos solúveis totais (□), proteínas solúveis (○), fósforo total (△) e cálcio (◇) em mg/semente da semente de E. contortisiliquum durante a germinação e desenvolvimento inicial da plântula.

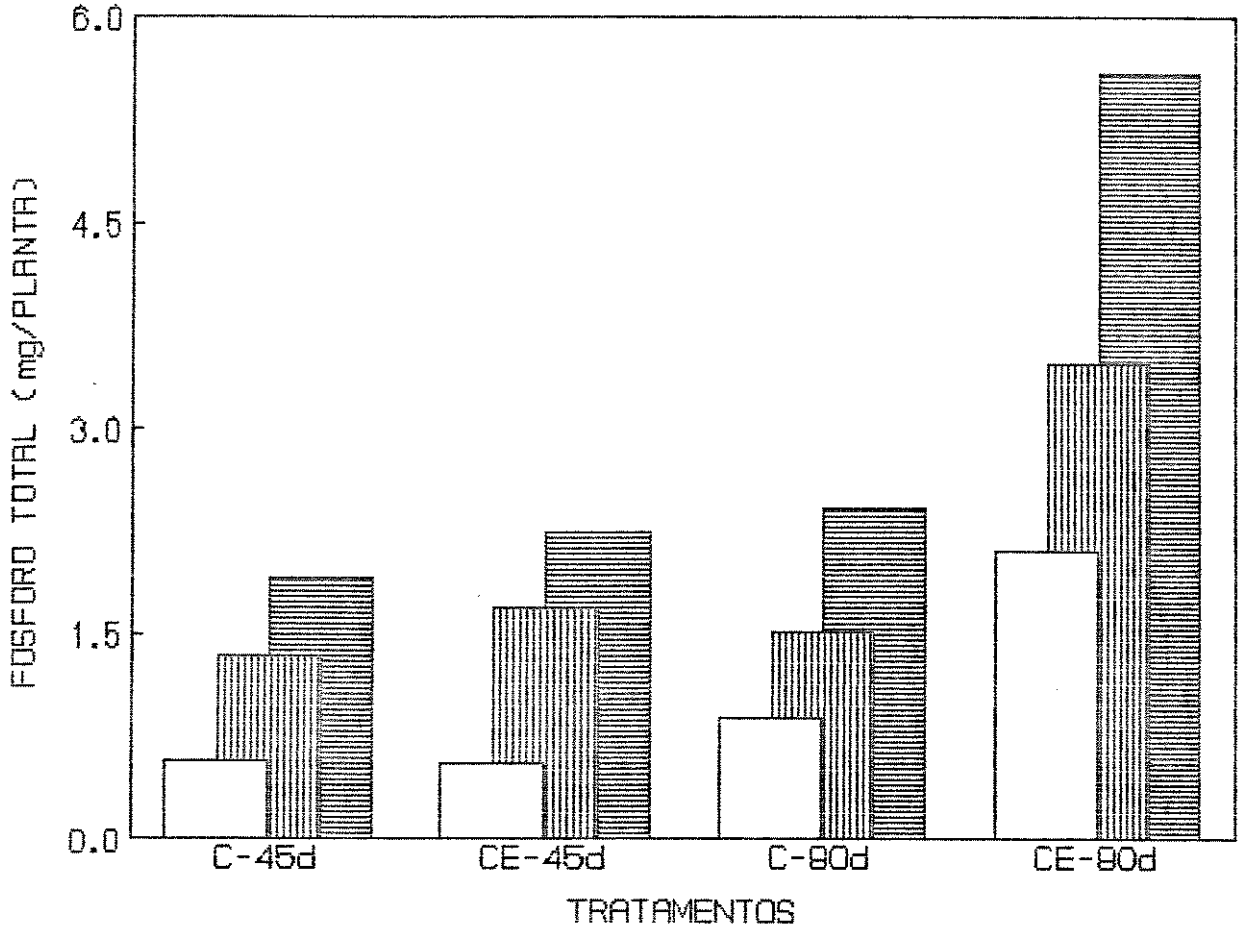


Figura 27. Conteúdo de fósforo total (mg/planta) de plantas de D. mollis cultivadas em solo de cerrado (C) e solo de canteiro esterilizado (CE) durante 45 e 90 dias (d).

- raiz
- parte aérea
- planta toda

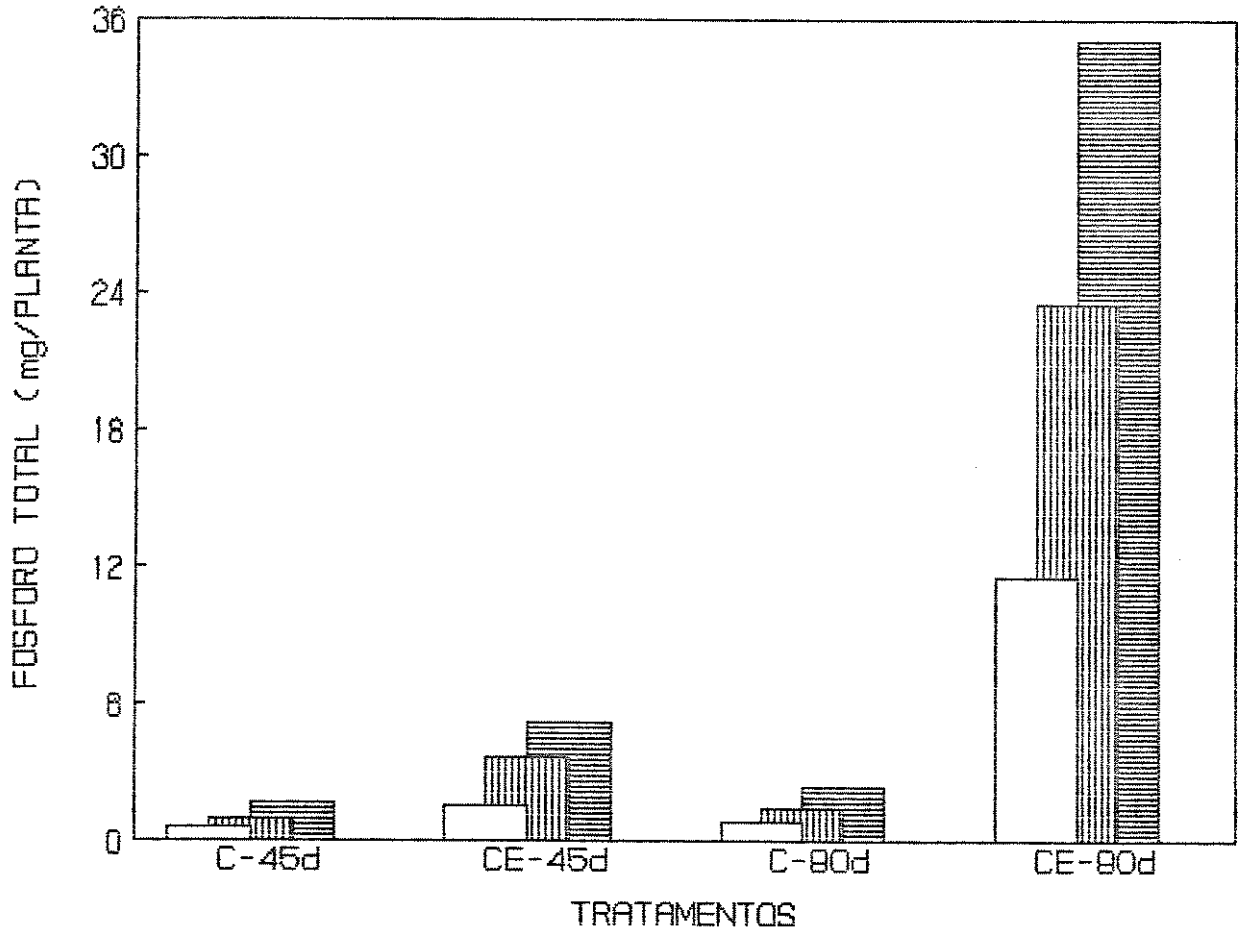


Figura 28. Conteúdo de fósforo total (mg/planta) de plantas de E. contortisiliquum cultivadas em solo de cerrado (C) e solo de canteiro esterilizado (CE) durante 45 e 90 dias (d).

□ - raiz

▥ - parte aérea

▤ - planta toda

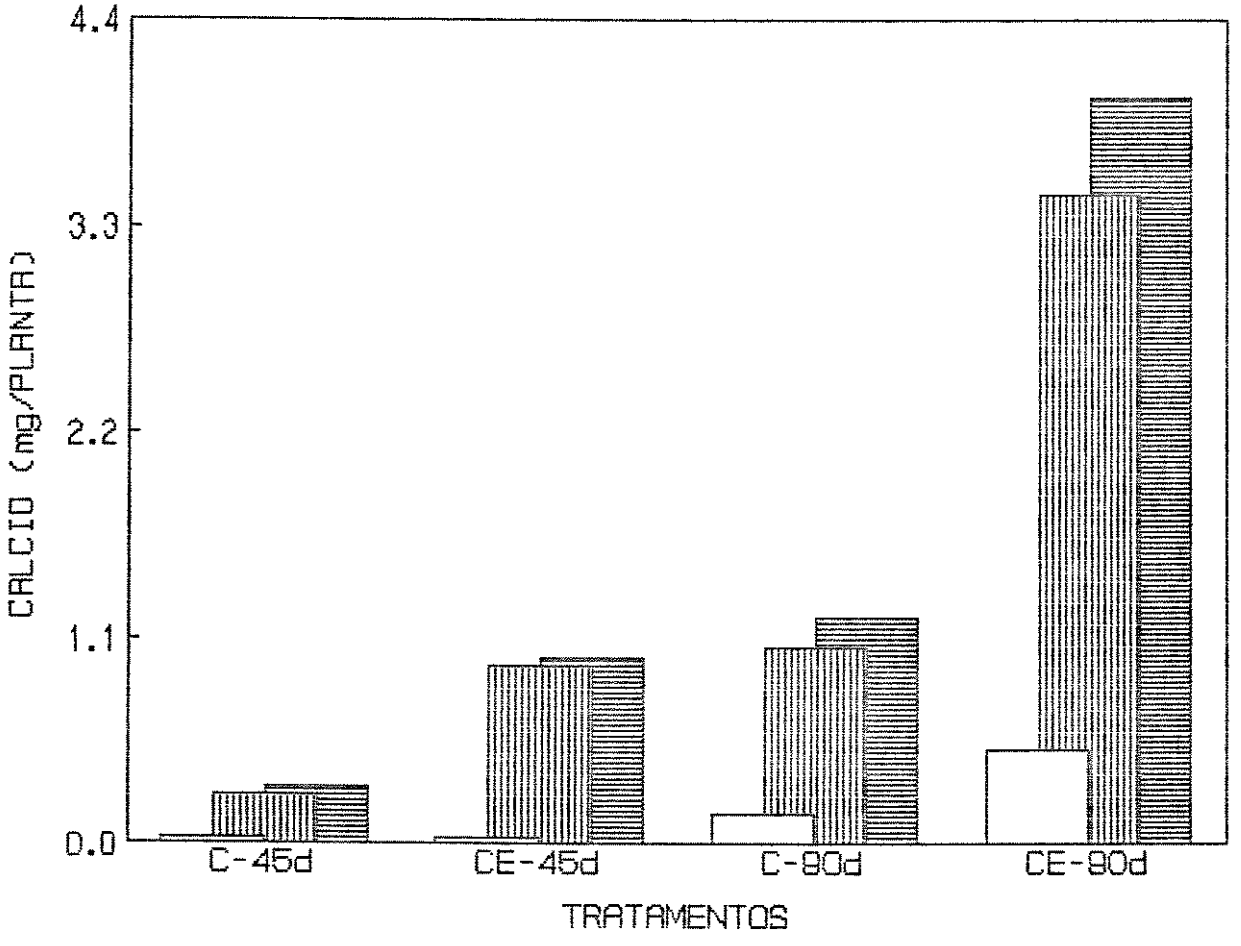


Figura 29. Conteúdo de cálcio (mg/planta) de plantas de D. mollis cultivadas em solo de cerrado (C) e solo de canteiro esterilizado (CE) durante 45 e 90 dias (d).

- raiz
- parte aérea
- planta toda

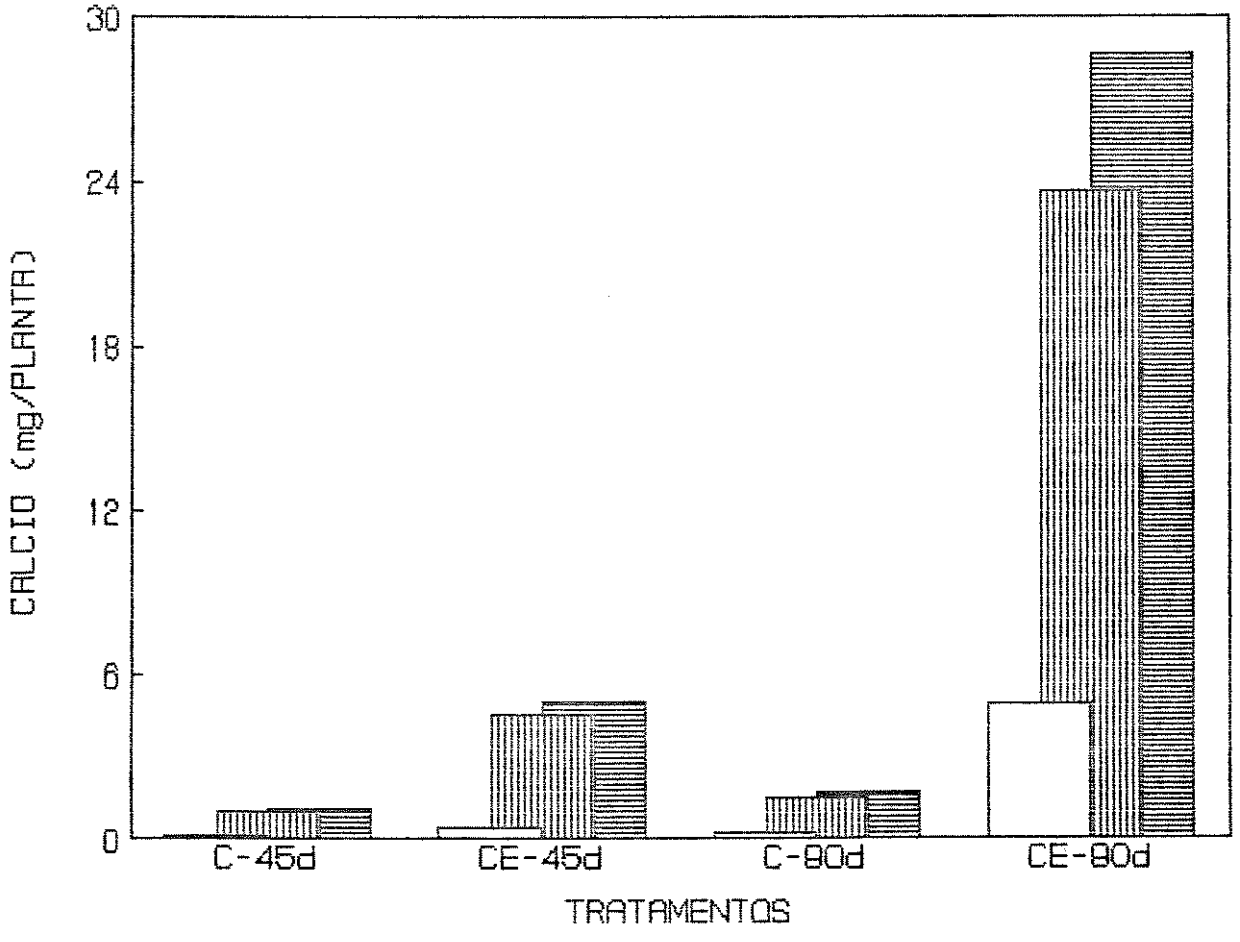


Figura 30. Conteúdo de cálcio (mg/planta) e plantas de E. contortisiliquum cultivadas em solo de cerrado (C) e solo de canteiro esterilizado (CE) durante 45 e 90 dias (d).

▭ - raiz

▥ - parte aérea

▤ - planta toda

Os dados de clorofila total podem ser analisados através das figuras 31 (D. mollis) e 32 (E. contortisiliquum). Verifica-se que durante o crescimento da planta de D. mollis, a clorofila total em mg/g de matéria fresca, tende a diminuir nos diversos tratamentos com alguns aumentos , porém, com 110 dias, apenas nas plantas cultivadas em areia regada com solução de Hoagland diluída, houve aumento significativo na clorofila total em relação aos demais tratamentos. Em E. contortisiliquum, as reduções na clorofila total durante crescimento da planta foram mais intensas nas plantas cultivadas em solo de cerrado com aumentos nos outros tratamentos. Os maiores teores de clorofila total foram encontrados nas plantas cultivadas em solo de canteiro não esterilizado e em areia regada com solução de Hoagland normal, sendo estes resultados estatisticamente diferentes em relação aos tratamentos de solo de cerrado e areia regada com solução de Hoagland diluída.

Os resultados das relações Cl_a/Cl_b mostram diferenças não significativas estatisticamente para D. mollis (figura 33) e, em E. contortisiliquum (figura 34) ocorrem diferenças significativas, sendo maior a relação de Cl_a/Cl_b em plantas cultivadas em solo de cerrado do que as relações dos outros tratamentos.

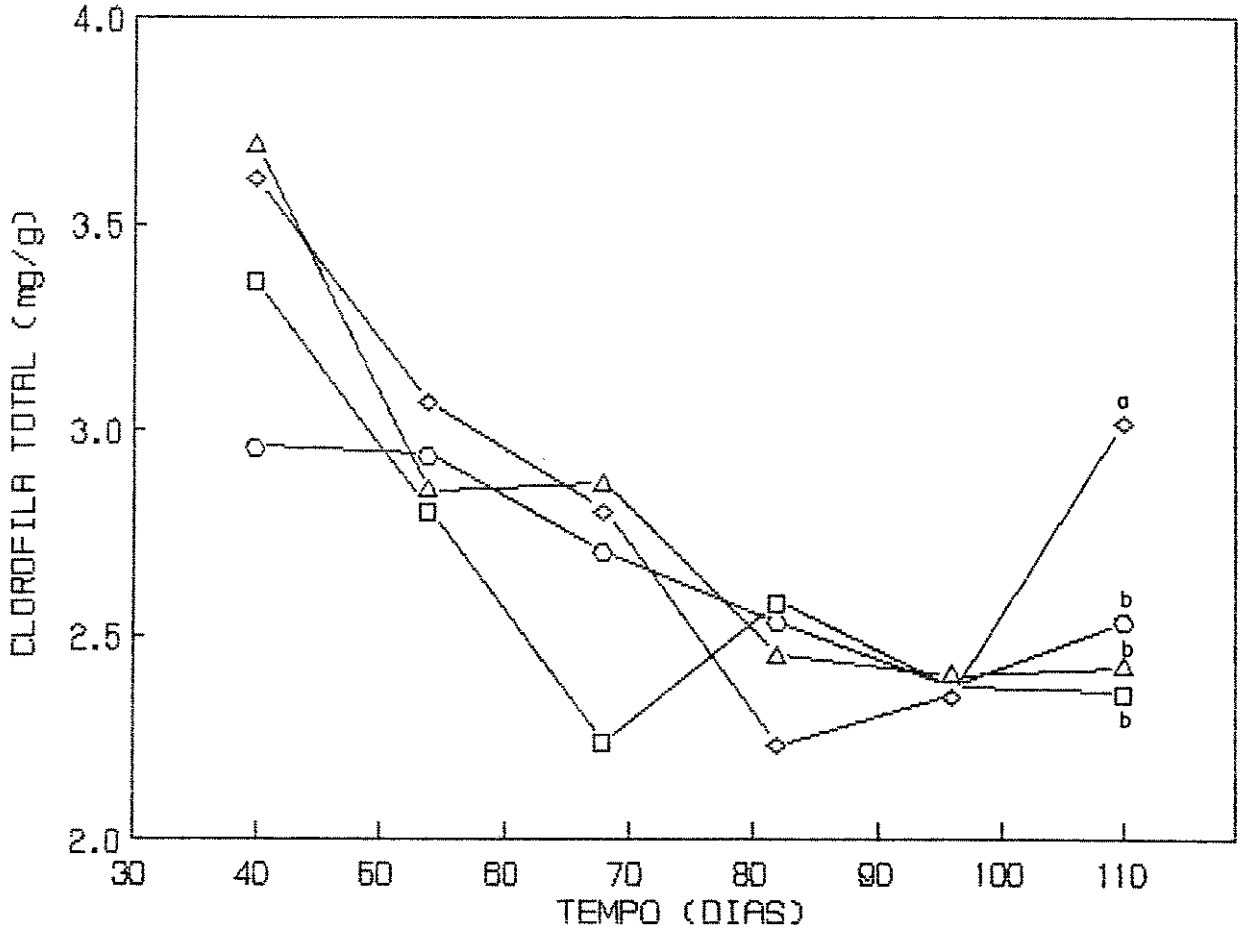


Figura 31. Conteúdo de clorofila total em mg/g de folíolos de plantas de **D. mollis** cultivadas em solo de cerrado (○), solo de canteiro não esterilizado (□), areia regada com soluções de Hoagland normal (△) e diluída 10 vezes (◇).

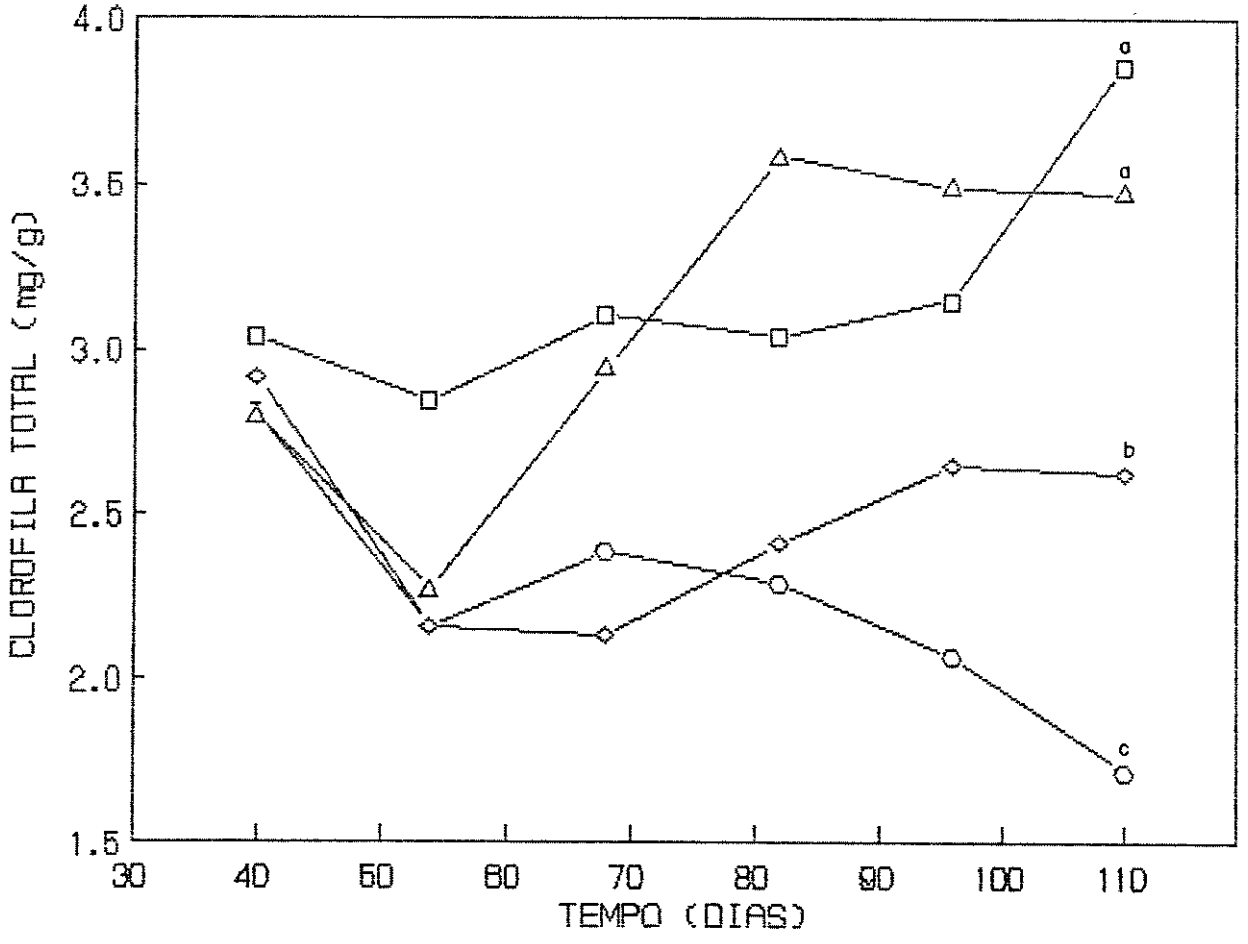


Figura 32. Conteúdo de clorofila total em mg/g de foliólulos de plantas de E. contortisiliquum cultivadas em solo de cerrado (○), solo de canteiro não esterilizado (□), areia regada com soluções de Hoagland normal (△) e diluída 10 vezes (◇).

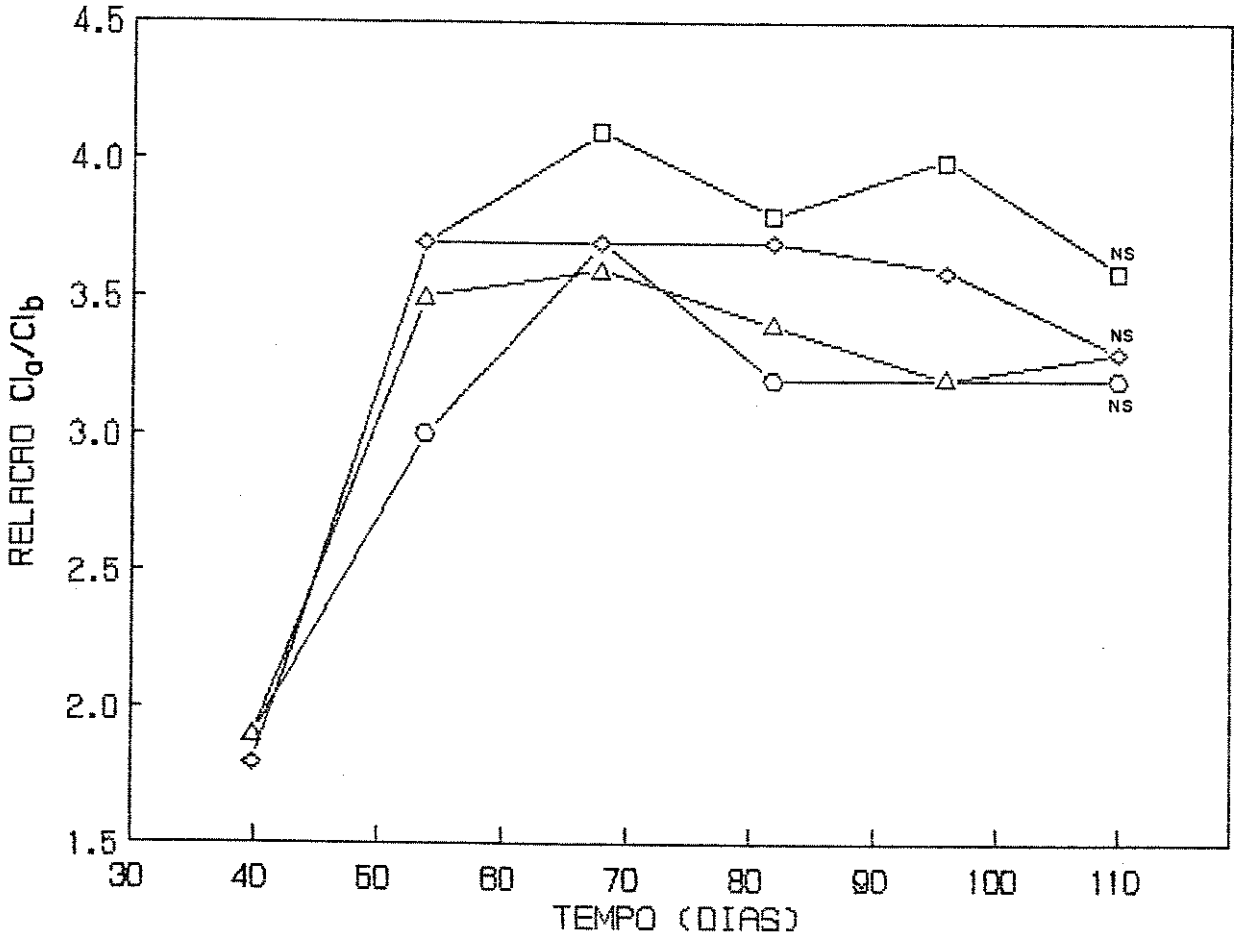


Figura 33. Relação clorofila a / clorofila b (Cl_a/Cl_b) em mg/g de foliolos de plantas de D. mollis cultivadas em solo de cerrado (○), solo de canteiro não esterilizado (□), areia regada com soluções de Hoagland normal (△) e diluída 10 vezes (◇).

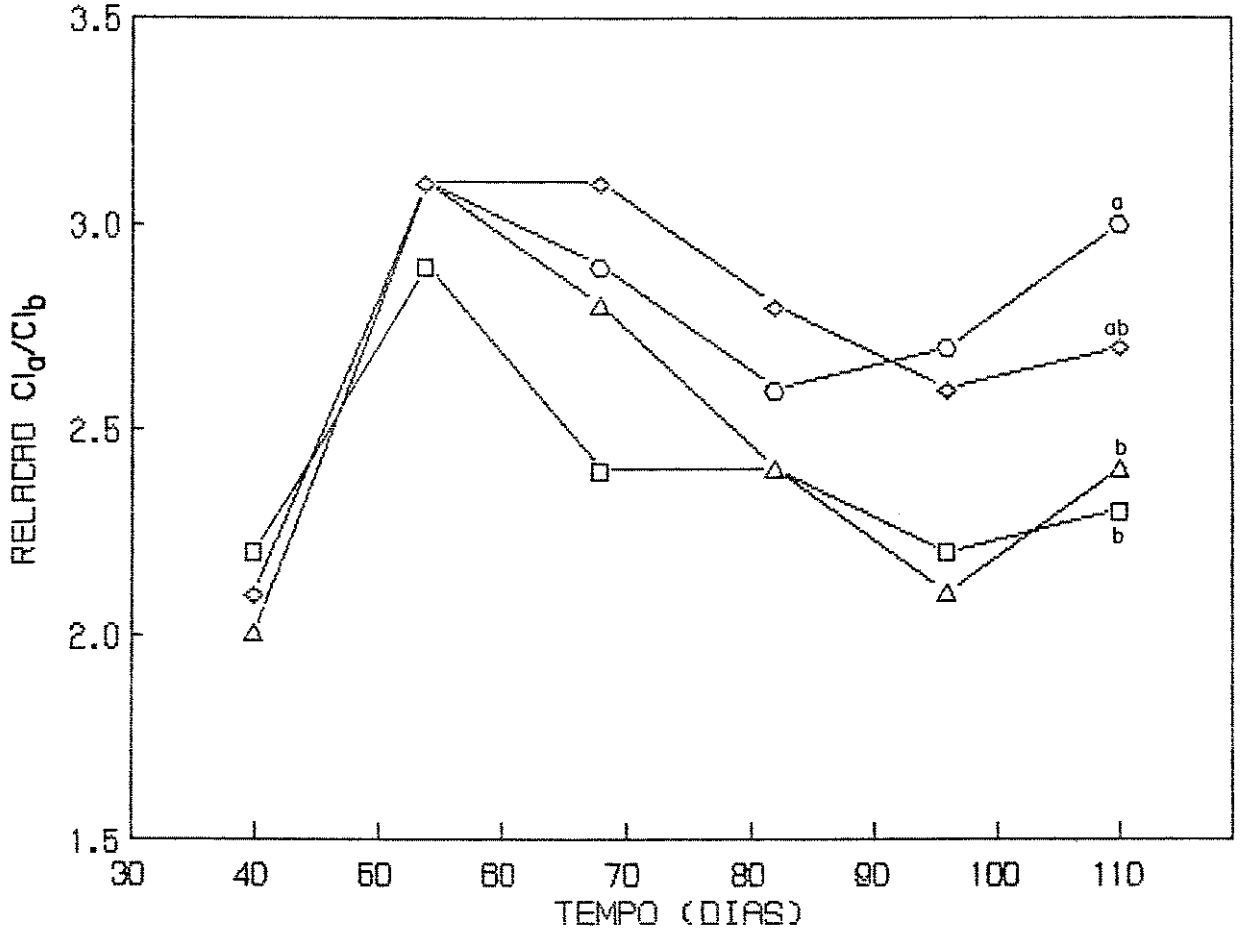


Figura 34. Relação clorofila a / clorofila b (Cl_a/Cl_b) em mg/g de foliólulos de plantas de E. contortisiliquum cultivadas em solo de cerrado (○), solo de canteiro não esterilizado (□), areia regada com soluções de Hoagland normal (△) e diluída 10 vezes (◇).

7. Sombreamento e competição em plantas de D. mollis

As plantas de D. mollis, quando cultivadas em vasos com solo de cerrado (tabela 28) ou em canteiro (tabela 29), apresentaram resultados semelhantes. Nos dois casos de sombreamentos artificial e cobertura vegetal, houve redução do crescimento. A porcentagem de sobrevivência para as plantas cultivadas em vasos (tabela 28) e sombreadas após 25 dias de crescimento foi cerca de 30% com 37 dias, 10% com 45 dias e ausência de sobreviventes com 52 dias. As plantas cultivadas em canteiro (tabela 29) e sombreadas após 80 dias apresentaram redução mais acentuada no crescimento com 53% de sobreviventes em 19 dias, apenas 7% em 30 dias e ausência de sobreviventes com 50 dias.

A espécie cultivada em canteiro com radiação solar total e não associada às espécies invasoras apresentou, com 4 meses, o dobro de matéria seca e, com 6 meses, 5 vezes mais matéria seca em relação às plantas cultivadas com as espécies invasoras (tabela 30). Nota-se que a presença de invasoras contribuiu na redução do crescimento. Isto foi verificado à medida que aumentou a densidade de plantas invasoras (tabela 31). Pode-se observar que as invasoras predominantes foram Bidens e Amaranthus , contribuindo num aumento acentuado de matéria seca quando comparado com a matéria seca das plantas de D. mollis com as quais associaram.

Tabela 28. Crescimento de plantas de D. mollis em vaso com solo de cerrado, recebendo radiação solar total (RST), sombreamento artificial (SA) e sombreamento de cobertura vegetal (SCV). Radiação fotossinteticamente ativa (PAR) medida ao redor das 12 horas.

Tratamentos	Sobreviventes (%)		
	37d	45d	52d
RST 0,1521 x 10^4 (uE.s^{-1}.m^{-2})	100	100	100
SA 0,5251 x 10^1 (uE.s-1.m^{-2})	20	10	0
SCV 0,1638 x 10^2 (uE.s^{-1}.m^{-2})	30	10	0

Tabela 29. Crescimento de plantas de **D. mollis** em canteiros expostos à radiação solar total (RST) e sombreamento artificial (SA). Radiação fotossinteticamente ativa (PAR) medida ao redor das 12 horas.

Tratamentos	Sobreviventes (%)		
	19d	30d	50d
RST 0,1521 x 10^4 (uE.s^{-1}.m^{-2})	100	100	100
SA 0,5251 x 10^1 (uE.s^{-1}.m^{-2})	53	7	0

Tabela 30. Crescimento de plantas de D. mollis em canteiros expostos à radiação solar total (RST) e com presença de invasoras (RSTI). Radiação fotossinteticamente ativa (PAR) medida ao redor das 12 horas.

Tratamentos	Tempo (meses)	
	4	6
	MS (mg/planta)	MS (mg/planta)
RST $0,1521 \times 10^4$ ($uE.s^{-1}.m^{-2}$)	526,20a	1088,70a
RSTI $0,1617 \times 10^3$ ($uE.s^{-1}.m^{-2}$)	237,21b	209,25b

Os resultados dos tratamentos foram analisados separadamente conforme o tempo.

Tabela 31. Crescimento de plantas de *D. mollis* em canteiros expostos à radiação solar total (RST), com presença de invasora (RSTI) e crescimento das invasoras após 4 meses.

Tratamentos		Plantas/m^2	MS (g/m^2)
RST		34	17,9
RSTI		32	7,6
Invasoras	*Amaranthus*	11	420,5
	Bidens	197	491,4
	Cyperus	5	8,0
	Emilia	3	12,6
	Euphorbia	6	1,0
	Oxalis	1	0,1
	Phylanthus	4	0,7
	Panicum	1	41,7
	Solanum	1	4,2
	Sonchus	2	2,0

DISCUSSÃO

Os estudos sobre a germinação de sementes de plantas do cerrado e da mata são de particular interesse, seja em virtude da possibilidade de aproveitamento de espécies úteis dessas formações vegetais, seja do ponto de vista físio-ecológico.

As sementes de D. mollis e E. contortisiliquum, por apresentarem teores de umidade relativamente baixos, cerca de 9,3 e 5,7% respectivamente, são consideradas sementes ortodoxas, apresentando viabilidade por tempo maior, como pôde ser constatado neste trabalho, uma vez que as sementes usadas foram coletadas em setembro de 1986 e 1987 e usadas até 1990.

As sementes de D. mollis e E. contortisiliquum são consideradas dormentes, germinam bem quando submetidas a escarificação química e apresentam 96 e 100% de germinação respectivamente. A dormência das sementes é causada pela impermeabilidade dos tegumentos, concordando com RIZZINI (1969, 1976) que obteve 90 e 60% de germinação em sementes de D. mollis escarificadas, e 40 e 20% em sementes íntegras respectivamente aos trabalhos citados. No entanto, HERINGER (1971), a fim de verificar quais as melhores condições para a sua implantação natural, conseguiu de 250 sementes, apenas 2,9% de germinação. Esta germinação reduzida mostra que o envoltório da semente oferece barreira para o processo. Posteriormente, HERINGER & FERREIRA (1973) informaram que em sementeiras realizadas em Paraopeba (Minas Gerais) com sementes recém-colhidas de D. mollis, obtiveram a germinação com demora de apenas 10 dias.

Considerando as sementes de **E. contortisiliquum**, os resultados encontrados corroboram aqueles de LÊDO (1977) quanto à dormência tegumentar, e os de LIMA-BORGES et al. (1980) que alcançaram 95% de germinação, porém com sementes cortadas na extremidade oposta ao embrião.

Pelos resultados apresentados, a germinação de sementes intactas atingiu 40% em **D. mollis** (RIZZINI, 1969) e 39% em **E. contortisiliquum** (LIMA-BORGES et al., 1980), sendo promovida até 96% e 100% respectivamente, quando as sementes foram escarificadas. Portanto, os envoltórios poderiam estar interferindo em algum dos passos iniciais da germinação, como absorção de água, penetração de gases, saída de inibidores endógenos ou oferecendo resistência mecânica à expansão do embrião.

As sementes de diferentes espécies germinam em diferentes faixas de temperaturas, sendo que, em temperaturas muito altas ou muito baixas, não ocorre germinação. Geralmente, na faixa de temperaturas em que uma semente germina, há uma temperatura ótima, onde ocorre a maior porcentagem de germinação em menor tempo, abaixo ou acima da qual a germinação é retardada (BEWLEY & BLACK, 1982; MAYER & POLJAKOFF-MAYBER, 1982).

As sementes de **D. mollis** e **E. contortisiliquum** germinam na faixa de 15 a 40°C. Esta faixa de temperaturas está dentro das temperaturas características de plantas tropicais, que apresentam, segundo LANG (1965), temperatura mínima de germinação de 10 a 20°C e a máxima raramente excede 40°C. No geral, em algumas espécies estudadas do cerrado, a faixa de temperatura é de 10 a 45°C (FE-

LIPPE & SILVA, 1984).

As temperaturas para a germinação das espécies estudadas comprovama proposição de que as leguminosas têm uma faixa ampla de temperatura para a germinação de suas sementes. Segundo LANG (1965), as sementes de Trifolium pratense, T. repens e Medicago sativa germinam em solo gelado e no gelo. Em Andira humilis, a temperatura máxima para a germinação é 44°C (HANDRO, 1969), em Parkia auriculata é 45°C (COUTINHO & STRUFFALDI, 1971), e em Dipterix alata é 43°C (MELHEM, 1975b).

As faixas ótimas de germinação de sementes de D. mollis e E. contortisiliquum ocorrem de 20 a 35°C e de 15 a 35°C respectivamente, e, apresentam diferenças e semelhanças com aquelas encontradas em outras plantas do cerrado; por exemplo, em Andira humilis, a faixa ótima situa-se entre 35 e 39°C (HANDRO, 1969), em Dipterix alata ocorre de 30 a 35°C (MELHEM, 1975b), em Hancornia speciosa encontra-se entre 20 e 30°C (OLIVEIRA, 1989; OLIVEIRA & VÁLIO, 1992), que também foi verificada em Kielmeyera coriacea (DIONELLO, 1978), em Magonia pubescens fica entre 25 e 30°C (JOLY et al., 1980), e em Rapanea guianensis ocorre de 15 a 35°C (JOLY & FELIPPE, 1979).

Quanto ao comportamento germinativo nas temperaturas acima e abaixo da faixa ótima, alguns autores (HANDRO, 1969; BARRADAS & HANDRO, 1974; MELHEM, 1975b; DIONELLO, 1978; JOLY & FELIPPE, 1979; OLIVEIRA, 1989), observaram nas temperaturas abaixo da ótima, dentro da faixa de germinabilidade da espécie, que ocorrem alterações quanto à velocidade do processo, que é menor do que na

faixa da ótima, e nas temperaturas acima da ótima ocorrem alterações no potencial de germinabilidade das sementes. Isto foi confirmado, de tal forma que a temperatura acima da ótima (40°C) afeta o potencial de germinação das sementes, com baixa germinação em E. contortisiliquum e ausência do processo em D. mollis. A temperatura abaixo da ótima (15°C) em D. mollis induz uma queda na velocidade do processo de germinação, o qual ocorre após 9 dias, atingindo um máximo com 16 dias , e após, não foi observado aumento. Conclui-se que a temperatura de 15°C não é favorável à germinação e não mata as sementes, pois os embriões com 30 dias apresentaram-se com coloração avermelhada, pelo teste do Tetrazólio. A redução do processo germinativo a 15°C pode ser atribuída aos efeitos da baixa temperatura nas células, que, segundo BEWLEY & BLACK (1982), compreendem alterações na taxa metabólica, alterações qualitativas no metabolismo como desnaturação enzimática, e estratégias adaptativas, tais como, alterações diferenciais na concentração e na produção de enzimas, modulação de atividade enzimática e alterações estruturais nas membranas. Também, temperatura baixa durante a embebição aumenta a liberação de eletrólitos de sementes, em decorrência da disfunção de membranas (SIMON, 1984). A temperatura de 15°C tem efeitos antagônicos para E. contortisiliquum.

As diferenças encontradas pela ação da temperatura elevada entre D. mollis e E. contortisiliquum levou a testar o comportamento germinativo com diferentes períodos de temperatura de 40°C. Os resultados sugerem que as sementes de D. mollis são mais

suscetíveis, podendo concluir que o período de 24h a 40°C seja benéfico para o processo germinativo, que reduz à medida que aumenta o período de 40°C. Como, as sementes de E. contortisiliquum germinam melhor nos períodos de 24, 48 e 72h a 40°C do que 96 e 120h, podem ser consideradas mais resistentes à temperatura do que as sementes de D. mollis. Isto sugere que temperatura elevada prolongada seja prejudicial para a germinação, inibindo precessos metabólicos com efeito letal. JOLY et al. (1980) verificaram que a germinação de sementes de Magonia pubescens foi mais afetada, com exposição de 72h a 45°C, nos períodos de menor tempo de pré-exposição a 25°C. A exposição de 24h a 45°C não afetou a germinação, estando em concordância com D. mollis , onde período de 24h a 40°C promoveu a germinação.

FELIPPE et al. (1970), procurando explicar o efeito de temperaturas na germinação de sementes, mostraram que o nível de substâncias semelhantes às giberelinas é aumentado quando sementes de Rumex obtusifolius são expostas a altas temperaturas, tratamento este que aumenta a germinação. Assim, o efeito de temperatura possivelmente seja devido a alterações nos níveis endógenos das substâncias de crescimento.

Em termos do crescimento da plântula de D. mollis, os períodos a partir de 48h a 40°C são prejudiciais, com desenvolvimento anormal, as plântulas apresentam sintomas de estresse, com redução no comprimento do eixo embrionário. Estes resultados podem ser explicados baseados na informação de que períodos longos (10 a 48h) de temperaturas consideravelmente elevadas (40 a 70°C) indu-

zem alguns tipos de danos, retardando ou diminuindo a germinação (KHAN et al., 1973; MAKHERJEE et al., 1973; ONWUEME, 1975; ONWUEME & ADEGOROYE, 1975), inibindo o crescimento com injúrias de toxicidade, resultantes de distúrbios respiratórios, diminuindo as reservas, como resultado da elevada taxa respiratória, desnaturação proteica , bem como a síntese de substâncias (LEVITT, 1980).

A semente de D. mollis apresenta endosperma bem desenvolvido, que durante a germinação, origina um material gelatinoso que não constitui barreira física ou química às trocas gasosas, havendo promoção de germinação. Também, em Magonia pubescens, a formação de hidrogel promove a germinação, assim como protege a semente do ataque por fungos (SALGADO-LABOURIAU, 1973). No entanto, em sementes de Blepharis persica, a formação de mucilagem evita a germinação, por constituir barreira à penetração de oxigênio (WITZTUM et al., 1969). Já, em Rapanea guianensis, o tegumento rígido pode provocar restrição ao crescimento do embrião, além de exercer barreira à entrada de água (JOLY & FELIPPE, 1979). Isto pode ser reportado às sementes de D. mollis e E. contortisiliquum que apresentam tegumentos rígidos, constituindo barreira física ou química às trocas gasosas, e contribuem para a adaptação das espécies em condições adversas. O tegumento impermeável é o mais efetivo tipo de dormência para prolongar a germinação de uma população de sementes (VILLIERS, 1972).

A quantidade de endosperma nas sementes de diferentes espécies de leguminosas varia de zero até cerca de 50% da semente e a porcentagem de mucilagem solúvel em alguns casos atinge além

de 40% da semente. As mucilagens endospérmicas das leguminosas são galactomananos (ANDERSON, 1949), que são polissacarídeos hidrofílicos e em contato com a água hidratam com diferentes velocidades, tornando-se mucilaginosos e eventualmente formam uma pasta que é impermeável à água (DEA & MORRISON, 1975). A semente de **D. mollis** contém cerca de 40% do seu peso seco em galactomanano (BUCKERIDGE & DIETRICH, 1990). A deposição do galactomanano ocorre no endosperma, como foi verificado em Trigonella foenum-graecum (REID, 1985), e durante a germinação, é rápido e completamente degradado, formando como produtos D-galactose e D-manose (REID, 1971; McCLEARY & MATHESON, 1976). Também, REID & BEWLEY (1979) observaram que o endosperma toma cerca de 60% da água embebida pela semente e que esta água é efetivamente distribuída em torno do embrião. Quando uma semente completamente embebida é submetida a um ambiente externo altamente dessecante, esta perde água seletivamente do endosperma, protegendo, dessa forma, o embrião contra o estresse hídrico. Além disso, foi demonstrado que o endosperma possui a interessante propriedade de perder quase toda a água nele contida com pequena variação em seu potencial de água.

As sementes de **D. mollis** apresentam 32% de germinação a 15°C. Isto levou a pensar que a mucilagem ao redor da semente, proveniente do endosperma rico em galactomanano, pudesse servir de barreira à penetração de oxigênio, inibindo a germinação, além da influência da temperatura baixa. Verificou-se que sementes sem o endosperma gelatinoso apresentam 60% de germinação (quase o dobro) embora as diferenças obtidas não foram estatisticamente significa-

tivas ao nível de 5%. Portanto, a ausência do endosperma gelatinoso contribuiu para que a protrusão da radícula ocorresse com mais velocidade, possivelmente, em decorrência de maior taxa metabólica e maior consumo de oxigênio. Diante disso, uma suposição pode ser levantada, quanto à possibilidade das sementes germinadas a partir da ausência e presença de endosperma terem condições de originar plântulas normais na mesma temperatura ou caso sejam transferidas para 25°C.

Através de resultados obtidos, a remoção do endosperma e tegumentos prejudica mais o crescimento da raiz do que o da plúmula, com relações mais baixas de matéria fresca de raiz/parte aérea. Quanto mais precoce a remoção do endosperma, menor o crescimento da raiz, sugerindo uma maior translocação de material do endosperma para a raiz em crescimento do que para a parte aérea. Isto é consistente com a evidência de que os tegumentos das sementes protegem o embrião de rápida embebição, evitando extensiva perda de eletrólitos (SIMON, 1984). Atenção tem sido dada ao papel da testa, durante a embebição. Quando ela é removida, a embebição torna-se mais rápida e a liberação de eletrólitos é aumentada (SIMON & MILLS, 1983). A liberação de substâncias é rápida em sementes com tegumentos danificados, sendo mais evidente nos tegumentos completamente removidos, e resultante do próprio embrião (POWELL & MATTHEUS, 1978; 1979). A redução no crescimento da plântula de D. mollis com endospermas removidos está de acordo com a afirmação de REID (1985) de que os galactomananos são macromoléculas com múltiplas funções. No início da germinação, o polímero au-

xilia na embebição de água, subseqüentemente protege o embrião em crescimento, contra períodos de estresse hídrico, funcionando assim, como um "tampão de água". Após a germinação, é mobilizado, servindo portanto com substrato de reserva. O autor, ainda, propôs que talvez o armazenamento de galactomananos em sementes de leguminosas seja uma adaptação às condições existentes no ambiente. A semente de E. contortisiliquum não apresenta endosperma, e portanto, a ausência de mucilagem foi verificada nesta espécie, que é de mata, onde o teor de umidade é maior e temperatura mais baixa, quando comparado com D. mollis, típica de cerrado com temperatura mais elevada e menor teor de umidade.

Neste trabalho, verificou-se que a espécie D. mollis mostra um crescimento mais rápido da raiz em relação à parte aérea, apresentando maior relação de raiz/parte aérea, quando comparada com a espécie E. contortisiliquum. O crescimento lento da parte aérea em relação à raiz tem sido apontado por alguns pesquisadores que estudaram o crescimento de plantas arbóreas do cerrado (RIZZINI, 1965; POGGIANI, 1971; MELHEM, 1975a; DIONELLO, 1978; ARASAKI, 1988; FELIPPE & DALE, 1990).

A sobrevivência de plantas de D. mollis foi de 100% em solo de cerrado, com redução crescente em solo de canteiro não esterilizado. Isto sugeriu, inicialmente, que o solo de canteiro não esterilizado, caracterizado por teor elevado de nutrientes, ausência de alumínio e pH mais elevado, fosse substrato desfavorável para o crescimento da espécie, e que as substâncias químicas em

quantidades mais elevadas pudessem ser prejudiciais, uma vez que a espécie é típica de cerrado, ambiente com baixo teor de nutrientes. Diante disto, pensou-se na existência de fator químico que pudesse prejudicar o crescimento da espécie.

Em solo de cerrado, a espécie D. mollis apresenta, no início do crescimento, teor mais elevado de matéria seca na parte aérea do que na raiz, com inversão em crescimento prolongado (150 dias), havendo aumentos gradativos das relações de matérias secas de raiz/parte aérea. Isto sugere que a raiz armazene mais nutrientes do que a parte aérea, o que caracteriza planta de crescimento lento. Resultados semelhantes foram encontrados por ARASAKI (1988) com Kielmeyera coriacea. Em D. mollis, os cotilédones permaneceram nas plantas cerca de 120 dias (4 meses) com pouca variação de matéria seca. Pela presença de matéria seca nos cotilédones, pode-se inferir que os mesmos, ainda se encontram fotossinteticamente ativos. Enquanto POGGIANI (1971) verificou que a queda dos cotilédones na mesma espécie ocorreu entre 30 e 40 dias, neste trabalho, o resultado é contraditório, pois os cotilédones permanecem 3 vezes mais na planta, com duração de cerca de 120 dias. Embora os dados não mostrem, neste trabalho foi verificado, em testes iniciais, que, quando a semente recém-germinada era colocada num substrato, ocorria crescimento irregular. Por isso, procurou-se colocar, no substrato, plântula com pelo menos 7 dias e com 1 cm de raiz. Entretanto, POGGIANI (1971) colocava em solo de cerrado, sementes após 4 dias de germinação e com radícula de 0,2-0,5 mm. As discordâncias dos resultados podem ser explicadas pelos métodos

diferentes de plantio e talvez pelos diferentes conjuntos de fatores ambientais que estiveram interagindo durante o crescimento. A permanência de cotilédones também foi verificada em Sweetia pseudelegans por pelo menos 54 dias de desenvolvimento, em Stryphnodendron adstringens, de 30 a 40 dias (POGGIANI, 1971), em Kielmeyera coriacea, durante 6 meses (ARASAKI, 1988), e em Dalbergia miscolobium, por pelo menos dois meses e meio (SASSAKI, 1991).

Considerando que a emergência da parte aérea das plântulas e a realização da fotossíntese possam ser limitadas pelas condições de deficiências hídrica nas camadas superficiais do solo e nutricional, características do cerrado, pode-se sugerir uma dependência das plântulas do cerrado em relação à manutenção dos cotilédones, por um extenso período, durante o desenvolvimento inicial.

Durante a germinação da semente, o desenvolvimento do embrião se faz às custas das estruturas anexas e dos cotilédones (MELHEM, 1975a). Alguns trabalhos mostram a redução no crescimento do eixo embrionário, com a remoção dos cotilédones, demonstrando que estes constituem fontes importantes de reserva em leguminosas. Em Glycine max, foi observado que a remoção precoce de ambos os cotilédones provoca uma redução no crescimento, com atraso do desenvolvimento das folhas primárias e da primeira folha trifoliolada (CHIN et al., 1977), o mesmo não ocorrendo com as plântulas que permaneceram com 1 cotilédone (CARELLI & MAGALHÃES, 1981). Em Phaseolus vulgaris, o crescimento da primeira folha trifoliolada e

das folhas primárias foi afetado pela remoção de um cotilédone e/ou das folhas primárias, que também afetou a floração (PEREIRA, 1981).

Neste trabalho, a redução no crescimento, tanto em matéria fresca e seca de parte aérea e raiz, de plantas de D. mollis, também foi causada pela remoção, porém tardia (30 dias) de 1 ou de ambos os cotilédones, indicando uma certa dependência das plantas em relação à permanência dos cotilédones. Isto pode sugerir, que as folhas em expansão compensam em parte o fornecimento de reservas da fotossíntese. Em E. contortisiliquum, não foi verificado o efeito da remoção de cotilédones, uma vez que os mesmos permanecem nas plantas cerca de 25 dias.

Efeito no comprimento da parte aérea a partir do nó cotiledonar foi mais evidente com a remoção dos 2 cotilédones. Os resultados mostram que os cotilédones são importantes órgãos de reserva, mais do que órgãos fotossintetizantes, mantendo aquela função até a sua queda. A presença dos 2 cotilédones é importante para o crescimento de D. mollis.

O efeito prejudicial da remoção dos cotilédones, ainda que tardia, era esperado, uma vez que as plantas perdem uma fonte de reserva ativa. Diante disso, pode-se inferir um efeito negativo no crescimento inicial em plantas de D. mollis, com a remoção dos cotilédones, logo nos primeiros dias de germinação. Isto foi observado em plantas de Qualea cordata, com a remoção de cotilédones com 10 dias (GODOY, 1991), e em Dalbergia miscolobium, com a remoção até 30 dias (SASSAKI, 1991).

Em plantas de D. mollis, a remoção de cotilédones mais tardia (60 dias) associada com a aplicação de diferentes soluções nutritivas e pH (tabelas 6 e 7) sugerem que a presença de cotilédones não parece ter efeito com disponibilidade de nutrientes, passando a ser limitante com a sua deficiência. Os pesos de matérias secas de raízes foram semelhantes nos tratamentos, com presença e ausência dos cotilédones, em plantas regadas com soluções diluídas e pH 6,0. Em solução normal e pH 4,3 houve redução no sistema radicular em plantas com cotilédones e efeito promotor com a sua ausência. O efeito promotor do pH 4,3 em solução diluída confirma a proposição de que plantas típicas do cerrado ocorrem em solos com pH de 4,2 a 4,6 (ALVIM & ARAÚJO, 1952) e com baixo teor de alguns nutrientes (ALVIM & ARAÚJO, 1952; ALVIM et al., 1968; ARENS, 1971). Comparando estes resultados com os da tabela 3 (solo de cerrado), conclui-se que a adição de nutrientes teve pouco efeito sobre o crescimento de plântulas (ao redor de 100 dias). A redução no crescimento causada pela remoção de cotilédones não pôde ser atenuada pelo fornecimento de nutrientes.

A entrada de água na semente facilita a mobilização de reservas e a utilização dessas reservas no crescimento do eixo (INGLE et al., 1964). Alterações na composição de algumas sementes foram observadas em Zea mays (INGLE et al., 1964), Oryza sativa (PALMIANO & JULIANO, 1972), Euphorbia lathyris (GROENEVELD et al., 1987) e Hancornia speciosa (OLIVEIRA, 1989). Nessas espécies, o endosperma mostra uma redução dos compostos estudados, evidencian-

do uma relacão inversa em relação aos cotilédones e eixo embrionário, enquanto ocorre aumento destes compostos em outros órgãos.

O crescimento inicial da plântula ocorre às custas dos produtos de hidrólise dos compostos de reserva. Estas substâncias podem estar no endosperma ou nos cotilédones, e são representadas, em sua maioria, por proteínas, lipídios e carboidratos (BEWLEY & BLACK, 1983).

Durante a germinação de sementes e desenvolvimento inicial das plântulas de D. mollis e E. contortisiliquum, ocorre uma tendência para uma relação inversa nos conteúdos de carboidratos solúveis, proteínas solúveis e fósforo total dos cotilédones, endosperma e tegumentos, em relação ao eixo embrionário. Os dados sugerem hidrólise e translocação de carboidratos, proteínas e fósforo no decorrer do experimento.

As diferenças nos níveis de carboidratos do eixo embrionário em D. mollis e em E. contortisiliquum são marcantes. Estas , para E. contortisiliquum, são devidas a uma translocação mais rápida até 9 dias, e após, acentuou o conteúdo de carboidratos no eixo embrionário. Isto se justifica pelo aparecimento das primeiras folhas expandidas, que contribuem em maior atividade fotossintética, com redistribuição do produto fotossintético pelo eixo embrionário. Também, significa que a reposição pela fotossíntese passa a ser maior que a utilização em processos energéticos, evidenciando uma maior eficiência do sistema fotossintético. O pequeno aumento de carboidratos nos cotilédones, a partir de 3 dias, quando já estão verdes, decorre da atividade fotossintética. Em D.

mollis, o início do crescimento do eixo embrionário até 6 dias coincide com aumentos de carboidratos nos cotilédones e endospermas e tegumentos. Para estes últimos não se tem explicação para o aumento, ao passo que nos cotilédones e no eixo embrionário, pode ser devido a uma possível transferência do galactomanano de reserva do endosperma para o embrião em crescimento, como foi sugerido por PANEGASSI et al. (1988). Após a germinação, o galactomanano é completamente degradado a manose e galactose (REID, 1971; McCLEARY & MATHESON, 1976; BUCKERIDGE, 1988). Conclui-se que os cotilédones, endosperma e tegumentos, constituem fontes de carboidratos para **D. mollis**, diferente de Hancornia speciosa, que também é típica de cerrado, e cuja fonte encontra-se no endosperma abundante (OLIVEIRA, 1989). Já, em **E. contortisiliquum**, a fonte se localiza nos cotilédones, por não possuir endosperma. A queda de carboidratos solúveis em **D. mollis**, no eixo embrionário a partir de 12 dias, pode ser explicada pela maior utilização do que produção, perda pela respiração, e pela presença de maior quantidade de carboidratos insolúveis do que solúveis. Nesta espécie, verificou-se que apesar dos cotilédones permanecerem por mais tempo na planta, o seu teor de carboidratos com 30 dias é baixo. Isto pode ser inferido pela reduzida atividade fotossintética, em decorrência da menor eficiência do sistema fotossintético. Em Qualea grandiflora, espécie do cerrado, houve uma tendência para o aumento de açúcares solúveis em cotilédones e não no eixo, sendo os cotilédones a única fonte de fotossíntese durante 30 dias de crescimento da plântula. Nesta espécie, os cotilédones permanecem verdes até 4

meses de desenvolvimento (PAULILO, 1991).

O crescimento do eixo embrionário praticamente ocorre às custas de reservas nos cotilédones, no caso de proteínas e fósforo.

Em termos de proteínas solúveis, os valores obtidos estão sujeitos a críticas, pois o método de BRADFORD (1976) utilizado neste trabalho para a dosagem de proteínas sofre a interferência de fenóis, que estão presentes em plântulas de D. mollis (POGGIANI, 1990) , e talvez para E. contortisiliquum devido aos valores baixos. Quando a extração de proteínas é feita em meio básico e em presença de fenóis, há formação de complexos proteína-poliquinonas, evitando a ligação do corante, resultando em valores proteicos menores que o normal (MATTOO et al., 1987).

A nítida relação inversa do conteúdo de proteínas dos cotilédones em relação ao eixo embrionário deste trabalho diverge dos resultados apresentados por PAULILO (1991), nos quais Qualea grandiflora apresenta pouca alteração nos cotilédones, enquanto ocorre aumento no eixo embrionário.

A diminuição do fósforo total dos cotilédones coincide com aumentos no eixo embrionário. Estudos com radiofósforo forneceram provas da rapidez da translocação deste elemento para as partes em crescimento da planta (BIDDULPH, 1969).

Quando as plantas das duas espécies foram cultivadas em solo de cerrado e solo de canteiro esterilizado, durante 45 e 90 dias, observou-se que o acúmulo de fósforo na planta toda foi maior em solo de canteiro esterilizado do que em solo de cerrado.

Isto se justifica pelo teor mais elevado de fósforo presente em solo de canteiro esterilizado. Estes resultados corroboram aqueles de FELIPPE & DALE (1990) que obtiveram aumentos de fósforo à medida que a planta era suprida com solução de Hoagland diluída 10 vezes (100 uM), bem como, quando esta solução era ajustada a diferentes fornecimentos de fósforo. Conclui-se, portanto, que a acumulação de fósforo nas plantas foi maior, quanto maior o nível de fósforo presente no substrato de cultivo.

Neste trabalho, verificou-se que o teor de fósforo acumulado foi maior na parte aérea do que no sistema radicular, sendo estas diferenças mais acentuadas para **E. contortisiliquum** com 90 dias e em solo de canteiro esterilizado, evidenciando rapidez de translocação deste elemento, para as partes em crescimento da planta. Também, esta espécie apresentou uma relação de matéria fresca de raiz/parte aérea de 0,6, enquanto em **D. mollis** foi de 1,2 (tabelas 23 e 25). Esta maior relação está de acordo com a distribuição preferencial de matéria para as raízes, que é característica de muitas espécies lenhosas do cerrado, refletindo em valores mais elevados para raiz do que para a parte aérea (FELIPPE & DALE, 1990). Apesar do maior crescimento radicular, houve maior acúmulo de fósforo na parte aérea.

O aumento de fósforo na parte aérea, supondo que houve saturação das células do sistema radicular, pode ser explicado pela hipótese de JONES (1961). Segundo este autor, ácidos orgânicos produzidos pelas plantas podem agir como agentes quelantes, evitando a precipitação do fosfato de alumínio que normalmente ocorre

a valores de pHs fisiológicos, deixando o fósforo disponível para ser translocado para a parte aérea.

Quanto ao conteúdo de cálcio, o endosperma e tegumentos apresentam relação inversa em relação a cotilédones e eixo embrionário, sendo o teor deste elemento no eixo embrionário inferior ao originalmente presente no endosperma e tegumentos. Estes resultados sugerem que os teores de cálcio no eixo embrionário e cotilédones são baixos e entram na constituição de lamela média, paredes celulares, em formas insolúveis na água e na participação em atividade metabólica. Ainda, pode-se inferir pouca absorção de cálcio pelas raízes, uma vez que as plântulas de D. mollis (12 dias) e E. contortisiliquum (9 dias) foram colocadas em solos de cerrado (baixo teor de cálcio) e canteiro esterilizado, com poucas alterações nestes substratos em relação às dosagens. Também, os dados não ressaltam a translocação deste elemento do endosperma e tegumentos, pois de acordo com CLARKSON & HANSON (1980), o cálcio tem baixa mobilidade fisiológica, que é refletida numa baixa taxa de acumulação, transporte de célula para célula e transporte do floema, havendo necessidade crítica de Ca no lado externo do protoplasma, na superfície externa da plasmalema e na parede celular, e parece ter papéis limitantes como um cofator enzimático.

Em relação ao conteúdo de cálcio nas plantas cultivadas por 45 e 90 dias em solo de cerrado e solo de canteiro esterilizado, os resultados foram similares aos de fósforo, com maior acúmulo de cálcio na parte aérea e em solo de canteiro esterilizado. Isto evidencia que as duas espécies absorvem cálcio e fósforo à

medida que aumenta o seu teor. Considerando a argumentação de (CLARKSON, 1965b) de que as espécies calcícolas apresentam níveis elevados de cálcio na parte aérea e aumento na taxa de crescimento, à medida que aumenta a concentração externa de cálcio, podemos inferir que as duas espécies estudadas neste trabalho possam ser consideradas como calcícolas, uma vez que há relação consistente entre taxa de crescimento e a absorção de cálcio, que parece ser uma função complexa da concentração do meio. Segundo BURSTRÖM (1968), as calcífugas precisam de um nível baixo de cálcio para crescer, apresentam inibição em concentrações elevadas, e são resistentes à toxicidade de alumínio. Com este argumento, foi verificado que D. mollis em solo de canteiro esterilizado, contendo maior teor de cálcio, teve promoção de crescimento, o qual não foi inibido pelo aumento de cálcio. Isto sugere característica de calcícola, pois elas não necessariamente precisam de nível baixo de cálcio para crescer. No ambiente de cerrado, com nível baixo de cálcio, e de acordo com CLARKSON (1965b), tanto as calcícolas como as calcífugas têm capacidades similares de absorver o cálcio, porém as calcífugas apresentam crescimento normal em concentrações menores de cálcio, enquanto as calcícolas, na mesma concentração externa, têm crescimento retardado. Isto foi evidenciado em E. contortisiliquum. As espécies calcífugas não são inibidas pelas mesmas concentrações externas de alumínio e mesmo nível de pH que as espécies calcícolas. Portanto, conclui-se que E. contortisiliquum é uma calcícola, desenvolve melhor com aumento de cálcio no substrato e têm crescimento inibido com alumínio, ao

passo que D. mollis , embora se comporta como calcícola segundo CLARKSON (1965b), mas de acordo com BURSTRöM (1968), a sua capacidade de crescimento como calcícola em solo ácido, seria limitada, devido à toxicidade de metais pesados, inclusive o alumínio . Neste solo, o alumínio não limitou o crescimento de plantas de D. mollis, que apresentou melhor resistência ao íon do que E. contortisiliquum, e, crescimento normal em concentrações menores de cálcio, podendo considerá-la como calcífuga. Outros experimentos seriam necessários para se afirmar o seu comportamento em relação ao cálcio. A presença de alumínio em solução ácida, causa diminuição de fosfato na parte aérea de espécies calcícolas (RORISON,1960b). Esta observação foi mais evidente em E. contortisiliquum do que em D. mollis cultivadas em solo de cerrado, podendo justificar o comportamento de calcícola. Também, ressalta adaptação a uma ampla variação de condições de solo para as duas espécies, apresentando melhores respostas a solos de maior fertilidade, podendo ser calcífuga em solo distrófico ou calcícola em solo mesotrófico (rico em Ca), considerando a proposição de HARIDASAN & ARAÚJO (1988) de que as espécies comuns em cerradão distrófico e mesotrófico mostraram concentração foliar de Ca maior em solo mesotrófico do que no distrófico, onde a falta de Ca seria limitante ao seu crescimento.

A presença de nutrientes em solo de canteiro esterilizado contribuiu com teores mais elevados de fósforo e cálcio nas plantas estudadas. Já em solo de cerrado, o conteúdo reduzido de fósforo e cálcio nas raízes e parte aérea de plantas de D. mollis

e em E. contortisiliquum pode ser justificado pela presença do alumínio, corroborando com FOY & BROWN (1963), que associaram a toxicidade de alumínio em algodão, em solução nutritiva mantida a pH 4,8, com a absorção reduzida de fosfato e cálcio nas raízes e parte aérea. Também , SANTANA & BRAGA (1977) observaram que as concentrações de P, Ca e Mg na parte aérea de plantas de arroz diminuíam com aumento da concentração de alumínio no solo.

Com base em todas as plântulas de D. mollis e E. contortisiliquum , os níveis de fósforo e cálcio pouco alteraram, com redução dos teores de carboidratos solúveis e proteínas solúveis em D. mollis, e, em E. contortisiliquum ocorreu aumento acentuado de carboidratos. A redução dos constituintes solúveis pode ser atribuída à incorporação no metabolismo.

Segundo FIELD & MOONEY (1986), quanto maior o teor de nitrogênio, maior é a atividade fotossintética, podendo-se estabelecer uma alta correlação entre teor de nitrogênio nas plantas e a atividade fotossintética. Com base nesta informação, pode-se inferir que as plantas de E. contortisiliquum apresentaram maior atividade fotossintética, evidenciada pelo maior teor de clorofila total, quando cultivadas em solo de canteiro não esterilizado e areia regada com solução de Hoagland normal, contendo maior teor de nitrogênio do que solo de cerrado e solução de Hoagland diluída 10 vezes. Nestes dois últimos substratos usados, o baixo teor de nitrogênio pode ter levado a um estresse deste elemento (mais evidente em solo de cerrado).

Em plantas de **E. contortisiliquum**, houve tendência para relação direta entre nutrientes presentes no solo e teor de clorofila total, durante o crescimento. Pode-se inferir aumento da eficiência fotossintética em função do suprimento mineral, pois, de acordo com SALISBURY & ROSS (1978), um suprimento adequado de nutrientes é essencial para a fotossíntese, por participarem da composição de proteínas e da atividade enzimática ou de compostos de transferência de energia. Também, pode-se estabelecer uma relação direta entre a área foliar (tabela 16), nutrientes e teor de clorofila total, sendo relacionados inversamente, com a relação de clorofila a/clorofila b. Os aumentos em clorofila total coincidem com as reduções nas relações de clorofila a/clorofila b. Em relação ao conteúdo de clorofilas a e b, os valores obtidos corroboram a citação de SALISBURY & ROSS (1978) de que o conteúdo de clorofila a é usualmente de 2-3 vezes maior do que o de clorofila b nas plantas verdes. Uma correlação positiva entre conteúdo de clorofila e taxa fotossintética, também, tem sido considerada (FREELAND, 1970; BUTTERY & BUZZEL, 1977).

Em plantas de **D. mollis**, torna-se difícil estabelecer uma relação entre nutrientes e teor de clorofila total, devido a grande variação e redução de clorofila total nos diferentes tratamentos, até 96 dias, onde o teor de clorofila encontra-se ao redor de 2,4 mg/g de matéria fresca, e após, ocorrem aumentos nas plantas em solo de cerrado e em areia regada com solução de Hoagland diluída 10 vezes. A menor relação de clorofila a/clorofila b coincide com o tratamento de solo de cerrado, que, segundo FELIPPE &

DALE (1990), fornece nutrientes em quantidade menor que a solução de Hoagland diluída 10 vezes. As relações mais elevadas de clorofila a/clorofila b podem ser explicadas, através de possíveis alterações nos cloroplastos que levam à deficiência no esquema Z. O conteúdo de clorofila a variou de 1,8-4,1 vezes maior que o de clorofila b, porém com 110 dias ficou entre 3,2-3,6, divergindo daquele apresentado pela literatura. Embora diferenças significativas fossem encontradas para clorofila total, para a relação clorofila a/clorafila b, as diferenças não foram significativas. Nesta espécie, a menor área foliar foi encontrada em solo de canteiro não esterilizado.

A redução no conteúdo de clorofila total nas duas espécies estudadas e cultivadas em solo de cerrado pode ser devido à presença do alumínio neste substrato, pois, segundo ROY et al. (1988), o alumínio causa redução no conteúdo de clorofila e no fluxo de elétrons, afetando o processo fotossintético.

Devido à redução marcante na sobrevivência de plantas de D. mollis em solo de canteiro não esterilizado e o desenvolvimento em solução nutritiva diluída 1/5, começou a ser descartada a idéia de que fator químico pudesse prejudicar o crescimento da espécie, que foi testado em diferentes condições, e em parte comparativamente com E. contortisiliquum.

Inicialmente, quando D. mollis foi cultivada em solo de canteiro esterilizado, apresentou resultados semelhantes aos de solo de cerrado, inclusive 100% de sobrevivência, que reduziu para

15% em solo de canteiro não esterilizado. A partir deste experimento, ficou realçado, que a espécie desenvolveu bem em meio rico em nutrientes e que outros fatores físico e biológico no solo não esterilizado pudessem contribuir para o seu insucesso.

Para as plantas de E. contortisiliquum, inicialmente, o melhor crescimento foi verificado em solo de canteiro não esterilizado e em areia regada com solução de Hoagland normal. Conclui-se que esta espécie para o seu crescimento necessita de teor mais elevado de nutrientes, uma vez que o menor crescimento foi encontrado em solo de cerrado e com solução de Hoagland diluída 10 vezes, com diferenças significativas em relação aqueles tratamentos.

Diante dos resultados já obtidos, procurou-se verificar o comportamento das duas espécies cultivadas, em diferentes condições experimentais.

Segundo VÁLIO (1979), quanto à formação de raízes, é antiga a observação de que estacas com folhas ou gemas em desenvolvimento enraízam mais facilmente do que sem aqueles órgãos. Isto sugeriu que um hormônio formador de raízes se translocaria das gemas para a parte basal das estacas, provocando o enraizamento. Também, o transporte de auxinas nas raízes, é acrópeto, isto é, da base para o ápice.

A utilização de auxinas para estimular o enraizamento de estacas foi a primeira aplicação prática dos hormônios vegetais na agricultura (EPSTEIN & LAVEE, 1984). Efeitos promotores de auxinas no enraizamento foram obtidos por FELIPPE (1979) e FELIPPE & MARCONDES-FERREIRA(1979). Neste trabalho, verificou-se efeito promo-

tor de IBA no enraizamento das duas espécies estudadas.

A remoção da raiz principal causa aumento de peso da parte aérea e raiz em E. contortisiliquum, possivelmente devido a sua maior ramificação. Resultado similar foi encontrado em D. mollis, quando cultivada por mais tempo. No entanto, quando comparamos as espécies com raízes adventícias (tabelas 11 e 12) e com raiz principal (tabelas 22 e 24) em solo de cerrado, apresentando a mesma idade fisiológica, podemos inferir que a remoção da raiz principal afetou mais o desenvolvimento da raiz do que o da parte aérea em D. mollis. Os resultados podem ser explicados pelo transporte acrópeto de auxinas endógenas ou pelo efeito promotor de IBA, justificando o seu crescimento rápido.

O crescimento das duas espécies com o desenvolvimento de raízes laterais mantidas em dois compartimentos através de sacos selados, com o mesmo ou diferentes substratos, também evidencia, que a remoção da raiz principal afeta mais o teor de matérias fresca e seca das raízes laterais e da parte aérea, bem como o seu crescimento em plantas de E. contortisiliquum cultivadas em solo de cerrado nos dois compartimentos. Quando as raízes desta espécie se desenvolveram, em solo de cerrado e de canteiro esterilizado, simultaneamente, ou, em solo de canteiro esterilizado, apresentaram o mesmo padrão de crescimento com diferenças estatisticamente significativas em relação ao tratamento de solo de cerrado nos dois lados. Nesta espécie, as raízes laterais do compartimento com solo de canteiro esterilizado se sobrepujam em crescimento, em relação ao lado com solo de cerrado. Os resultados evidenciam a re-

dução do crescimento em solo com menor disponibilidade de nutrientes. Já, em plantas de D. mollis, o padrão de crescimento foi similar nos 3 tratamentos, sem diferenças significativas, mostrando que a espécie cresce tanto em solo fértil quanto em solo com baixa fertilidade.

A dominância apical é determinada pela quantidade e o balanço dos vários hormônios, bem como, pelo estado nutricional dos tecidos. Também, o meristema apical de um caule inibe o desenvolvimento de gemas laterais (VÁLIO, 1979). A dominância apical em relação às gemas laterais é denominada inibição correlativa (HILLMAN, 1984).

A remoção do ápice nas duas espécies promove o desenvolvimento de gemas cotiledonares, causa redução no desenvolvimento do sistema radicular, com diferenças estatisticamente significativas do comprimento da raiz, matérias fresca e seca de parte aérea e raiz, em relação às plantas com os ápices mantidos. As plantas de E. contortisiliquum com remoção do ápice no sétimo dia apresentaram epinastia nos cotilédones, que tiveram queda mais precoce e diferenças mais evidentes nos parâmetros de crescimento analisados. Estas podem ser justificadas pela maior dependência das plântulas em relação às reservas dos cotilédones, e, sendo planta de crescimento rápido, houve redução marcante no crescimento em relação ao controle, apesar de que esta espécie apresenta maior número de brotações em relação às plantas de D. mollis, que por ser de crescimento lento, apresenta efeitos menos evidentes com a remoção do ápice e o controle.

A análise do crescimento inicial das duas espécies a cada 5 dias em solo de cerrado e solo de canteiro esterilizado evidencia o lento crescimento para D. mollis, que é cerca de 3 vezes menor com 20 dias, em relação a E. contortisiliquum. Neste período, foi verificado menor crescimento em altura e maior acúmulo de matérias fresca e seca na parte aérea do que na raiz. O solo de canteiro esterilizado promove o crescimento em plantas de E. contortisiliquum, com diferenças significativas na parte aérea, em relação ao solo de cerrado, confirmando resultados anteriores. Já, em plantas de D. mollis, embora o melhor crescimento ocorra em solo de cerrado, a espécie também desenvolve em solo de canteiro esterilizado.

Quando foi considerado o cultivo das duas espécies por tempo prolongado (tabela 16 e figuras 12 e 13), verificou-se, em solo de cerrado, menor crescimento e maiores relações de comprimento e de pesos das matérias fresca e seca de raiz/parte aérea para E. contortisiliquum. Esta espécie, por ser adaptada ao cerrado, apresenta neste, maior crescimento radicular, quando comparado com solo de canteiro não esterilizado ou areia regada com solução de Hoagland, onde prevaleceu o crescimento da parte aérea, diminuindo a relação raiz/parte aérea. Conclui-se, para esta espécie, que o melhor crescimento ocorre em solo de canteiro não esterilizado. As plantas de D. mollis apresentaram menor crescimento em solo de canteiro não esterilizado. Esta espécie mostrou maiores relações de matérias fresca e seca de raiz/parte aérea em solo de cerrado, características de muitas espécies nativas do cerrado,

evidenciando maior acúmulo de material no sistema radicular. Estes resultados corroboram aqueles de ARASAKI (1988), e em relação a FELIPPE & DALE (1990), reafirmam também quanto ao maior peso da raiz em relação à parte aérea com 130 dias. No entanto, pequenas diferenças foram encontradas entre solo de cerrado e os tratamentos com solução de Hoagland, evidenciando crescimento normal na presença de nutrientes e sua redução em solo de canteiro não esterilizado.

De um modo geral, quando as duas espécies foram cultivadas em hidropônica com soluções nutritivas diferentes apresentaram um padrão característico de crescimento. Conclui-se que tanto a presença de alumínio quanto a deficiência de fósforo causam efeitos menos evidentes no crescimento de plantas de D. mollis, em relação às plantas de E. contortisiliquum. Isto mostra uma maior adaptação para D. mollis, que é planta típica do cerrado, em comparação com E. contortisiliquum, que é encontrada em regiões com maior disponibilidade de nutrientes.

Os efeitos mais acentuados do alumínio e do fósforo na redução do crescimento em E. contortisiliquum podem ser explicados com base na literatura conhecida. O alumínio compete efetivamente com a raiz pelo P, produz deficiência de P em algodão, toxicidade por competir com outros íons na raiz, e no caso do P, a competição parece ser devido à combinação com P no meio de crescimento e na superfície ou no interior da raiz. Isto torna o P menos disponível para absorção e utilização como um nutriente vegetal (FOY & BROWN, 1963). Outros resultados sugerem que existem 2 reações entre alu-

mínio e fósforo. A primeira, na superfície celular ou no espaço livre que resulta na fixação de fosfato por uma reação de precipitação-adsorção; a segunda, dentro da célula, possivelmente na mitocôndria, que resulta numa diminuição na taxa de fosforilação do açúcar, provavelmente efetuada pela inibição da hexoquinase (CLARKSON, 1966a). Ainda, o alumínio interfere com a divisão celular nas raízes das plantas, fixa fósforo em formas menos disponíveis no solo e na raiz vegetal internamente e externamente, diminui respiração radicular, interfere com certas enzimas que governam a deposição de polissacarídeos na parede celular, e interfere com a absorção, transporte e uso de vários elementos (Ca, Mg, P, K) e água pelas plantas (FOY et al., 1978).

Diante das atuações do alumínio, torna-se mais fácil entender as relações mais acentuadas no crescimento de E. contortisiliquum nos tratamentos com diferentes concentrações de alumínio e mesmo quando associado à deficiência de P e Ca. O teor de alumínio de 4,5 mg/l reduz o crescimento da espécie praticamente 2 vezes, exceto no comprimento da raiz, quando comparado com o tratamento sem alumínio, Isto evidencia a suscetibilidade da espécie em relação à toxicidade do alumínio, que caracteriza uma relação direta entre teor de alumínio e redução do crescimento. Esta redução também foi verificada com as deficiências de fósforo e cálcio. Isto sugere que por ser espécie de crescimento rápido consome mais nutrientes, sendo planta mais exigente em relação ao teor de nutrientes, caracterizando uma calcícola, pois a espécie com deficiência de Ca e também quando associada ao alumínio apre-

sentou quebra de dominância apical, no sistema radicular e parte aérea, e, de igual modo, as raízes laterais ficaram mais curtas e grossas, com mais ramificações "vassoura". Estes sintomas atribuídos à toxicidade do alumínio aparecem como uma deficiência de cálcio ou deficiência no transporte de cálcio, com foi sugerido por alguns pesquisadores (REID et al., 1971; FOY, 1976; FOY et al., 1978). Os sintomas de toxicidade do alumínio nem sempre são facilmente identificáveis. Em algumas plantas, os sintomas foliares lembram os da deficiência de fósforo (FOY et al., 1978).

A relação teor de alumínio e crescimento em plantas de D. mollis é menos evidente do que em E. contortisiliquum. Em plantas de D. mollis, a presença de 4,5 mg/l de alumínio favoreceu o crescimento tanto da raiz quanto da parte aérea, em relação ao controle e 45 mg/l de alumínio. Já com 60 mg/l de alumínio houve redução do crescimento, quando comparado com o controle de Hoagland diluída 10 vezes. Estas variações podem ser atribuídas a diferentes soluções e sugerem uma precipitação do fósforo pelo alumínio nas soluções nutritivas, caracterizando tolerância a esta espécie tanto para a presença do alumínio quanto para a deficiência de fósforo. Esta contribuiu num melhor crescimento que o controle de Hoagland concentrado 2 vezes. Os resultados podem ser justificados, com base na descrição de FOY & BROWN (1964), de que um dos possíveis mecanismos de tolerância ao alumínio seria a capacidade da planta de absorver fósforo na presença de alumínio ou se desenvolver com baixa disponibilidade de fósforo.

O alumínio reduz a absorção de nitrogênio e sua translocação para as partes aéreas da planta (GOMES et al., 1985). Também, existe uma alta correlação entre teor de nitrogênio e atividade fotossintética (FIELD & MOONEY, 1986). Com base nestas informações, a redução de nitrogênio causada pelo alumínio pode alterar a sua correlação com a atividade fotossintética, com menor eficiência de utilização de nitrogênio e produção de fotossintatos. Isto poderia justificar a redução no crescimento da parte aérea que foi mais acentuada em **E. contortisiliquum**.

A presença do alumínio associado ou não com as deficiências de Ca e P contribuiu na redução do comprimento radicular e pesos das matérias frescas e secas de raiz e parte aérea, sendo mais evidentes em **E. contortisiliquum**. Os resultados do efeito do alumínio corroboram os de REID et al. (1971) que obtiveram redução no comprimento radicular e peso da raiz/planta em cevada, e, os de SILVA (1990), onde crescimento e/ou desenvolvimento da soja como um todo foram dependentes da concentração do íon no meio de cultura, bem como o alumínio inibiu o processo de nodulação em plantas de soja, exercendo seu efeito tanto sobre o estabelecimento dos nódulos como sobre seu crescimento. Isto também foi confirmado neste trabalho nas duas espécies estudadas. Também, segundo FAGERIA et al. (1988), toxicidade de alumínio reduz tanto crescimento de raiz e parte aérea. A redução no crescimento radicular reduz a absorção de nutrientes e água, e, conseqüentemente, o desenvolvimento da planta.

A formação de nódulos foi baixa em E. contortisiliquum e ausente em D. mollis, em condições de hidropônica. Este resultado pode ser explicado pela presença de alumínio, que afetando a fotossíntese (ROY et al., 1988), inibe o processo de nodulação. Sabe-se pela literatura que a deficiência na fotossíntese causa redução de produtos, como sacarose, que são necessários para a nodulação (RAGGIO et al., 1965; NEVES & HUNGRIA, 1987).

Os resultados obtidos para as plantas de D. mollis em hidropônica com soluções de diferentes concentrações também comprovam que o teor de nutrientes é benéfico para o desenvolvimento da espécie. Portanto, nao é fator químico que limita o seu crescimento.

Após a germinação, o alumínio tem o seu efeito inibindo o crescimento da raiz jovem na época mais crítica para o estabelecimento da plântula (RORISON, 1958; BOLLARD & BUTLER, 1966). Com o avanço da idade da planta ocorre redução na sensibilidade ao alumínio (RORISON, 1958), sendo de importância prática em regiões de solos altamente ácidos (THAWORNWONG & VAN DIEST, 1974). A acidez, por sua vez, aumenta o processo de decomposição, e, nas condições ácidas, os nutrientes tornam-se menos disponíveis às plantas, devido à redução de solubilidade (GOODLAND, 1971a). Segundo este autor, a distribuição espalhada das árvores do cerrado pode ser devido tanto à morte das plântulas pelo alumínio, fogo e animais, quanto à competição das raízes pelos nutrientes tão raros.

As plantas comumente encontradas no cerrado parecem ter sido selecionadas por sua tolerância ao alumínio, nenhuma sendo

sensível e muitas acumulando-o facultativa ou obrigatoriamente. As espécies dos gêneros Miconia, Palicourea, Qualea, Vochysia, e Strychnos acumulam milhares de ppm de alumínio na matéria seca (GOODLAND, 1971a; MALAVOLTA, 1980) e nas folhas (HARIDASAN, 1982), e esta acumulação não interfere na absorção de outros cátions como P, K, Ca e Mg (MEDEIROS & HARIDASAN, 1985), sugerindo que as espécies acumuladoras de alumínio não sejam necessariamente plantas calcífugas (HARIDASAN & ARAÚJO, 1988). Segundo GOODLAND (1971a),na família Leguminosae, as plantas são não-acumuladoras tolerantes. Esta família tem uma nutrição que deve conferir uma certa tolerância (RORISON, 1958), a qual foi mais evidenciada em plantas de D. mollis do que em E. contortisiliquum. Isto se justifica pelo fato da espécie D. mollis ser típica do cerrado e segundo GOODLAND (1971a), as plantas do cerrado devem ser tolerantes ao alumínio.

A fim de testar a influência de fatores físicos, limitando o crescimento, foram utilizados substratos com teores de nutrientes e porosidades diferentes (tabelas 22 a 25). Os resultados confirmam aqueles da tabela 16, com melhor crescimento para as plantas de E. contortisiliquum cultivadas em solo de canteiro não esterilizado, e, também, em solo de canteiro esterilizado, com algumas diferenças estatisticamente significativas entre os dois substratos. Isto demonstra comportamento de planta típica de ambiente com disponibilidade de nutrientes, embora a espécie sobreviva também em solo de cerrado, onde as relações de comprimento e pesos das matérias freca e seca de raiz/parte aérea são maiores, evidenciando maior crescimento radicular, típico de solo de cerra-

do, porém com menos matéria orgânica acumulada em relação aos outros tratamentos. As plantas de D. mollis apresentaram aumentos no crescimento em solo adubado esterilizado, com maior teor de nutrientes. O aumento do crescimento com aumento de nutrição mineral também foi encontrado em outras plantas arbóreas de cerrado, como, Miconia albicans (HARIDASAN, 1988) e Kielmeyera coriacea (SELF, 1989). As plantas de D. mollis desenvolveram bem em solo de cerrado e em solo de canteiro esterilizado, com algumas reduções e diferenças significativas estatisticamente, em relação aos outros tratamentos, porém a espécie apresentou menor crescimento em solo de canteiro não esterilizado. Isto sugere que o crescimento da espécie possa ser limitado pela presença de fatores biológicos e não de fatores físicos e químicos, uma vez que a espécie desenvolveu bem em solos contendo nutrientes, e em solos com diferenças na aeração e compactação, como foi demonstrado pelas proporções diferentes de areia:solo de canteiro esterilizado. A espécie, quando cultivada em saco plástico contendo solo de cerrado na porção superior e solo de canteiro esterilizado na porção inferior, apresentou, em comparação com o experimento inverso, menor crescimento de raiz e parte aérea, possivelmente devido à deficiência de nutrientes no solo de cerrado localizado em cima. Esta espécie apresentou relações maiores de comprimento nos diversos tratamentos, quando comparada com E. contortisiliquum, evidenciando nesta maior crescimento da parte aérea em relação a raiz. A redução do crescimento em plantas de E. contortisiliquum em solo de cerrado pode ser justificada com base na argumentação de ROBINSON & WALKER

(1981) de que a deficiência nutricional neste solo, principalmente de nitrogênio e fósforo, pode levar a uma deficiência no aproveitamento do carbono fixado, por falta de enzimas ou compostos ricos em energia, levando ao acúmulo de carboidratos, que acaba inibindo a fixação de carbono.

A nodulação foi maior para E. contortisiliquum e D. mollis nos dois solos com maior disponibilidade de nutrientes, onde o processo de fixação de nitrogênio foi promovido. Em solo de cerrado, a redução dos nódulos é marcante. Isto pode ser justificado pela presença do alumínio inibindo a nodulação como já foi discutido.

Pelos resultados já obtidos, verificou-se que em D. mollis o sistema radicular de crescimento rápido chega até cerca de 7 vezes a altura da planta, enquanto em E. contortisiliquum ocorre até 3 vezes a parte aérea da planta, com relações bem menores nos solos de canteiros, porém, em alguns tratamentos em condições de hidropônica, com deficiência de fósforo, a relação raiz/parte aérea foi maior. O maior crescimento da raiz em relação à parte aérea pode ser explicado de acordo com POGGIANI (1990), que observou em plântulas de Stryphnodendron adstringens e D. mollis, a atividade AIA-oxidásica dos tecidos radiculares até 38 dias após a germinação. O autor verificou que a destruição da auxina por ação enzimática diminui gradativamente nas raízes com a idade das plântulas, ao contrário do que tem sido observado em plantas de cultura. Ainda, observou aumento na concentração de compostos nos tecidos radiculares, que são conhecidos com "prote-

tores" da auxina, inibindo a atividade da AIA-oxidase. O autor propôs que este comportamento bioquímico pode explicar o alongamento da raiz, que manteria um nível ótimo de auxina em relação à parte aérea de plantas adaptadas às condiçoes do cerrado, onde a baixa fertilidade do solo prejudica a síntese de auxina. No entanto, pelos resultados deste trabalho, observou-se nas plantas de D. mollis em solo de canteiro esterilizado e em outros substratos com maior teor de fertilidade, alongamento de raiz, como no solo de cerrado, sugerindo uma possível inibição de AIA-oxidase e cuja ação estaria em E. contortisiliquum inibindo e promovendo a ação de auxina no sistema radicular e parte aérea respectivamente, evidenciando um maior crescimento para o caule. Enquanto os comprimentos radiculares nas duas espécies foram semelhantes, em E. contortisiliquum, a parte aérea foi até cerca de 7 vezes maior do que as plantas de D. mollis, considerando os maiores valores obtidos. Estes resultados reforçam o rápido crescimento para E. contortisiliquum. Os resultados deste trabalho , do crescimento do sistema radicular em relação à parte aérea corroboram os de outros autores. Por exemplo, em plantas de D. mollis, Sweetia pseudelegans e Stryphnodendron adstringens com 7 semanas, a razão foi cerca de 4 a 7 vezes (POGGIANI, 1971), em Kielmeyera coriacea com 6 meses de idade, foi de 50 vezes (DIONELLO, 1978) e de 7 a 20 vezes (ARASAKI, 1988), em Dipteryx alata que cresce em qualquer tipo de solo de cerrado, e mesmo no da mata, o sistema radicular chegou a ter durante os estádios iniciais de 2 a 3 vezes a altura da planta (MELHEM, 1975a). Também, WILSON (1988) em outro ambien-

te, encontrou maior crescimento da raiz em relação à parte aérea com diminuição da fertilidade do solo.

A simples observação dos resultados permite verificar que a raiz se aprofunda rapidamente no solo, enquanto a parte aérea permanece reduzida. Tudo indica que, se a raiz mantiver sempre o mesmo padrão de crescimento, em poucos meses atingirá as camadas do solo, onde a quantidade de água, mesmo durante a época da seca, não é inferior às necessidades da planta que permanece reduzida em sua parte aérea. O rápido alongamento da raiz e o pequeno desenvolvimento da parte aérea é, portanto, um caráter seletivo, próprio das plantas que sobrevivem às condições do cerrado (POGGIANI, 1971).

A taxa máxima de crescimento relativo (TCR), de 0,056mg. $mg^{-1}.d^{-1}$ para as raízes de D. mollis com 60 dias, e no decorrer de 150 dias variou de 0,056 a 0,020 $mg.mg^{-1}.d^{-1}$. Em relação à parte aérea, a maior TCR foi de 0,017 $mg.mg^{-1}.d^{-1}$ entre 60 e 90 dias (figura 9). Estes resultados evidenciam o maior crescimento da raiz em relação à parte aérea. Considerando a planta toda cultivada em copos com 12 cm de comprimento, a TCR variou durante o experimento de 0,012 a 0,019 $mg.mg^{-1}.d^{-1}$. As taxas máximas obtidas são mais elevadas quando comparadas com as taxas máximas encontradas para Kielmeyera coriacea por ARASAKI (1988), de 0,047 $mg.mg^{-1}.d^{-1}$ para raiz e de 0,013 $mg.mg^{-1}.d^{-1}$ para parte aérea. Entretanto, no caso da planta toda, a taxa máxima alcançada foi inferior a de Kielmeyera coriacea, de 0,023 $mg.mg^{-1}.d^{-1}$ entre 30 e 180 dias, em

condições de campo e cultivo em sacos de 40 cm de profundidade. FELIPPE & DALE (1990) mostraram que, sob condições controladas, plantas de Qualea grandiflora apresentam taxas máximas de crescimento para raiz e parte aérea, de 0,066 e 0,027 $mg.mg^{-1}.d^{-1}$ respectivamente, superiores àquelas obtidas para **D. mollis**. Estes autores encontraram para a planta toda, uma variação na TCR de 0,008 a 0,036 $mg.mg^{-1}.d^{-1}$.

As TCR em **D. mollis** e **E. contortisiliquum** (figura 16) de eixo embrionário mais cotilédones, durante a germinação e desenvolvimento inicial da plântula, foram negativas em alguns períodos da análise. Inicialmente (9 dias), a TCR foi em **D. mollis** 0,16 $mg.mg^{-1}.d^{-1}$, e após, **E. contortisiliquum** apresentou 0,14 $mg.mg^{-1}.d^{-1}$com apenas 17 dias, quando **D. mollis** teve taxa negativa, evidenciando crescimento mais rápido para o **E. contortisiliquum**. Isto também foi verificado, quando as duas espécies foram cultivadas em diferentes substratos (figuras 14 e 15), com TCR mais baixa para **D. mollis**, que variou de 0,014 a 0,031 $mg.mg^{-1}.d^{-1}$ com 45 dias, e de 0,002 a 0,034 $mg.mg^{-1}.d^{-1}$ com 90 dias. A menor TCR verificada em solo de canteiro não esterilizado, evidencia que este substrato é prejudicial para a espécie. Estes resultados estão mais próximos daqueles encontrados por FELIPPE & DALE (1990). Em **E. contortisiliquum**, a variação da TCR fica entre 0,043 e 0,057 $mg.mg^{-1}.d^{-1}$ com 45 dias, e de 0,009 a 0,045 $mg.mg^{-1}.d^{-1}$ com 90 dias. Esta menor taxa pode ser devido ao tempo prolongado do experimento, no qual as plantas foram cultivadas em sacos plásticos de 35 cm de profundidade, constituindo fator limitante ao crescimento

desta espécie, que é de crescimento mais rápido. A TCR mais elevada apresentada pelas plantas de **E. contortisiliquum** traz conseqüência vantajosa para a espécie, pois segundo GRIME & HUNT (1975), a elevada TCR é correlacionada com a capacidade de produção mais rápida de matéria seca. Além disso, as espécies com elevada TCR possuem outras condições que as tornam vantajosas para ambientes produtivos ou perturbados. Estas incluem grande plasticidade na distribuição de fotossintatos entre raiz e parte aérea, e uma rápida taxa de resposta à variação ambiental especialmente no crescimento em extensão de caules, pecíolos e raízes, e na expansão da área foliar. A faixa da TCR de **D. mollis** e **E. contortisiliquum** é semelhante à de algumas árvores, da mata temperada, como *Fraxinus excelsior* de 0,043 $mg.mg^{-1}.d^{-1}$ (JARVIS & JARVIS, 1964) e *Acer pseudoplatanus* de 0,03 $mg.mg^{-1}.d^{-1}$ (DALE, 1990), e da floresta tropical, como *Khaya ivorensis* de 0,027 $mg.mg^{-1}.d^{-1}$ (OKALI & DODOO, 1973). No entanto, os valores citados são baixos, quando comparados com algumas espécies herbáceas, como a C_3 *Phaseolus vulgaris* de 0,1-0,2 $mg.mg^{-1}.d^{-1}$ e as C_4, *Zea mays* de 0,33 $mg.mg^{-1}.d^{-1}$ (DALE, 1990) e *Amaranthus viridis* de 0,37 $mg.mg^{-1}.d^{-1}$ (JARVIS & JARVIS, 1964).

As TCR encontradas para **D. mollis** e **E. contortisiliquum** confirman a proposição apresentada por GRIME & HUNT (1975), de que baixas TCR constituem uma tendência apresentada por espécies lenhosas. Estes autores propõem que espécies com baixas TCR são melhores adaptadas à sobrevivência de períodos, nos quais pouco ou nenhum crescimento ocorre, inclusive em condições de estresse, e

que, a escassez de espécie com baixa TCR em vegetação produtiva sugere que a espécie tenha uma habilidade competitiva menor. Ainda, consideram a baixa TCR como uma estratégia de sobrevivência de plantas em ambientes menos férteis, como é o ambiente de cerrado. Devido à baixa TCR, as plantas apresentam menor necessidade de nutrientes, não esgotando as reservas do ambiente. Também, possuem taxas menores de incorporação de fotossintatos e nutrientes minerais na estrutura, permitindo formar reservas na planta.

Até agora, ficou caracterizado que as duas espécies estudadas se desenvolvem em solo de cerrado e em solo de canteiro esterilizado. No entanto, D. mollis apresenta redução na sobrevivência em solo de canteiro não esterilizado, que pelos resultados analisados, não é devido aos fatores físicos e químicos, e, sim, aos fatores biológicos que compõem a microflora (fungos e bactérias patogênicas) do solo, tendo em vista que a espécie sobrevive em solo de canteiro esterilizado. Em camadas superiores de solo de cerrado foi constatado que o número de bactérias é menor do que em floresta (LINHARES & DROZDOWICZ, 1972). Os fungos são mais tolerantes à deficiência de carbono ou nitrogênio do que bactéria, e a fitotoxicidade é maior em solos argilosos (WEYMAN-KACZMARKOWA, 1991).

O fungo do gênero Pythium ocorre em abundância em culturas de sol, próximo à região da raiz, e, não é comum em solos ácidos e não cultivados. Foi verificado, em experimento adicional, que a inoculação deste fungo em solo de canteiro esterilizado ini-

biu o crescimento da plântula de D. mollis. Baseado neste fato, conclui-se que este fungo, pertencente à microflora de solo de canteiro não esterilizado, seja o responsável pela redução da sobrevivência da espécie, e, a sua destruição, durante a esterilização do solo, contribuiu numa promoção do seu crescimento. Isto pode ser uma das causas da espécie D. mollis ser típica do cerrado, cuja acidez inibe o Pythium, servindo de parâmetro para explicar porque a espécie não é encontrada na mata, visto que, de acordo com RIBEIRO et al.(1985), a espécie tem a sua maior ocorrência em cerrado típico, a qual decresce de cerrado ralo a cerradão. Isto explica a sua ausência em mata, onde a espécie não resistiria à microflora que deve diferir daquela do cerrado.

A fim de entender a distribuição ecológica de D. mollis, e, a sua falta em matas, foi verificado o crescimento das plantas submetidas à radiação solar total e a sombreamentos. As plantas, quando cultivadas em vasos com solo de cerrado, apresentaram resultados semelhantes, com redução do crescimento em sombreamentos artificial e por cobertura vegetal, que não foi devido à diferença espectral de luz, e, sim, à quantidade reduzida de energia luminosa. Estes resultados comprovam a citação de GRIME (1981) de que na vegetação sombreada, a quantidade de radiação fotossinteticamente ativa é reduzida, e a qualidade ou distribuição espectral de luz é alterada. Além disso, o declínio na taxa de crescimento com aumento de sombreamento é associado com um declínio na taxa fotossintética com pouca alteração no comprimento da parte aérea principal (FRANKLAND & LETENDRE, 1978). Segundo estes autores, a taxa de

fluxo e qualidade de luz não são os únicos fatores ambientais afetados pelo sombreamento, incluem, ainda, a umidade e temperatura. Além disso, em condições de baixa intensidade luminosa, característica de sombreamento, as plântulas apresentam baixa resistência à doença por fungos, e, na ausência destes, algumas plântulas toleram sombreamento (VAARTAJA, 1962).

As plantas de D. mollis, quando cultivadas con radiação solar total e associadas às espécies invasoras, com as quais competem, apresentaram redução acentuada na matéria seca no que tange àquelas sem invasoras. Estes resultados corroboram a descrição de GRIME (1979), na qual plantas que crescem bem próximas, sendo ou não da mesma espécie, apresentam diferenças no crescimento vegetativo, producão de sementes e mortalidade. No entanto, quando plantas vizinhas utilizam a mesma radiação solar, íon de um nutriente mineral, água ou volume de espaço, competem pelas mesmas condições, modificando o ambiente ao redor. Ainda, a produção de matéria seca na vegetação está sujeita às variações ambientais, sendo as mais freqüentes relacionadas à falta ou excesso no suprimento de energia solar, água e nutrientes minerais.

Pelos resultados obtidos, conclui-se que D. mollis necessita para o seu crescimento de alta intensidade luminosa para manter uma elevada taxa fotossintética, e, conseqüentemente, mostram taxas mais baixas de fotossíntese, a baixas intensidades luminosas, sendo considerada de acordo com HALE & ORCUTT (1987), planta de sol, não tolerante a sombreamento. Desta maneira, não resiste à competição com as espécies de rápido crescimento, pois à

medida que a densidade de plantas invasoras aumenta, reduz o crescimento da espécie.

Segundo GRIME (1973b), um fornecimento limitado de nutrientes restringiria o crescimento vegetal e reduziria a chance de interação com a vizinhança, mas com um suprimento adequado de nutrientes, aumentaria o crescimento da planta e a demanda pelos recursos, aumentando a chance de interação com as plantas vizinhas e a competição. Esta idéia pode ser aplicada às plantas de **D. mollis** em solo de cerrado, onde o suprimento limitado de nutrientes reduz a sua chance de competição, que aumenta em solo com maior teor de nutrientes (mata), contribuindo, na sua eliminação, em associação com a radiação solar reduzida.

As competições por nutrientes e água possivelmente não estão envolvidas nestes resultados, uma vez que as plantas foram cultivadas em canteiros adubados com regas periódicas.

Através dos resultados encontrados, pode-se tentar explicar a distribuição ecológica da espécie **D. mollis** e as adaptações que favoreçam o seu desenvolvimento no cerrado : apresenta crescimento lento, que permite adaptação e desenvolvimento em solos pobres, resistência a solos ácidos e à toxicidade de alumínio, e ausência de competidores, por ser o cerrado, ambiente com vegetação aberta. Segundo COUTINHO (1990), as espécies de cerrado certamente dispõem de mecanismos que lhes permitam sobrepujar as dificuldades nutricionais do solo e absorver o que é essencial para sobreviver.

A espécie **E. contortisiliquum** é restrita aos solos de mata, embora possa se desenvolver em solo de cerrado. A sua distribuição característica de solos com maior teor de nutrientes (mata) é decorrente do seu rápido crescimento, sobrepujando na competição as espécies de crescimento mais lento.

RESUMO

O presente trabalho mostra, através de um estudo comparativo, que as sementes de D. mollis e de E. contortisiliquum são consideradas ortodoxas e dormentes, com faixa de germinação e processo germinativo diferentes.

Durante a germinação de sementes e desenvolvimento inicial das plântulas das duas espécies, ocorre uma tendência para uma relação inversa nos conteúdos de carboidratos solúveis, proteinas solúveis e fósforo total dos cotilédones, endosperma e tegumentos, em relação ao eixo embrionário. Relação inversa, também, foi verificada no conteúdo de cálcio do endosperma e tegumentos em relação a cotilédones e eixo embrionário.

Em hidropônica, verificou-se que tanto a presença de alumínio quanto a deficiência de fósforo e cálcio causam efeitos menos evidentes no crescimento de plantas de D. mollis em relação às plantas de E. contortisiliquum.

A análise do crescimento inicial das duas espécies em diferentes substratos sólidos evidencia menor comprimento e maior relação de comprimento e peso de matéria seca de raiz/parte aérea para E. contortisiliquum em solo de cerrado. Já as plantas de D. mollis apresentam desenvolvimento normal na presença de nutrientes e no solo de cerrado, com crescimento mais rápido da raiz/parte aérea, caracterizando planta de crescimento lento, e , sua redução em solo de canteiro não esterilizado, que não é devido aos fatores químicos e físicos, uma vez que a espécie desenvolveu bem em solos

contendo nutrientes e em solos com diferenças na aeração e compactação, e, sim, aos fatores biológicos que compõem a microflora (fungos e bactérias patogênicas).

As maiores taxas de crescimento relativo foram verificadas em E. contortisiliquum, e trazem conseqüências vantajosas para a espécie, ou seja, a capacidade de produção mais rápida de matéria seca, evidenciando espécie de crescimento rápido, com condições que as tornam vantajosas para ambientes produtivos ou perturbados. Já em D. mollis, as menores taxas de crescimento relativo sugerem melhor adaptação à sobrevivência de períodos, nos quais, pouco ou nenhum crescimento ocorre, inclusive em condições de estresse, menor necessidade de nutrientes, não esgotando as reservas do ambiente, menores taxas de incorporação de fotossintatos e nutrientes na estrutura, permitindo formar reservas na planta e menor habilidade competitiva, constituindo estratégias de sobrevivência em ambientes menos férteis, como o cerrado.

Verificou-se, também, que D. mollis é uma planta de sol, não tolerante a sombreamento, necessitando para o seu crescimento de alta intensidade luminosa.

Por fim, constatou-se que a espécie de D. mollis apresenta crescimento lento que permite adaptação e desenvolvimento em solos pobres, resistência a solos ácidos e à toxicidade de alumínio, e ausência de competidores, por ser o cerrado, ambiente com vegetação aberta, e, que E. contortisiliquum é restrita aos solos de mata, embora possa se desenvolver em solo de cerrado.

ABSTRACT

This work shows, by a comparative study, that D. mollis and E. contortisiliquum seeds are considered orthodox and dormant, with different rate of germination and germinative process.

During the seed germination and the initial development of the two kinds of seedlings, an inverse relation occurs in the soluble carbohydrates content, soluble protein and cotyledon total phosphorus, endosperm and teguments, in relation to the embryonic axis. An inverse relation, also, was seen in the endosperm calcium content and teguments in relation to cotyledons and embryonic axis.

In hydroponics, it was seen that the presence of aluminum as well as phosphorus and calcium deficiency cause less evident effects on D. mollis plants growth in relation to E. contortisiliquum.

The initial growth analysis of the two species in different solid substratum evidences a diminished length and a greater ratio of length and dry weight of root to shoot, in the case of E. contortisiliquum grown in cerrado soil. On the other hand, D. mollis shows normal development in the presence of nutrients and in the cerrado soil, with faster growth of the root to shoot,characterizing it as a slow growing plant. Its reduced growth in non-sterilized soil, did not appear to be due to chemical or physical factors, since the specimen developed well in soils that contain nutrients as well as in soils with different

degrees of aeration and compactation. Probably, biologic factors are involved, which include the microflora (fungi and bacteria pathogenics).

Greater rates of relative growth were seen in *E. contortisiliquum*, and they bring advantageous consequences to the specimen, i.e., capacity for faster production of dry matter, evidencing a fast growth specimen, conditions that bring advantages in both productive or adverse environments. In *D. mollis*, the lower rates of relative growth suggest better adaptation for survival over long periods in which little or no growth occurs, including stress conditions. This can be related to a lower nutrient necessity, thereby diminishing the possibility of exhausting the environment reserves; lower rates of incorporation photosynthates and nutrients in the plant structure, permitting the formation of reserves in the plant; and minor competitive ability, constituting survival strategies in unfertile environments like the cerrado.

It was also observed that *D. mollis* is a sun plant, not adapted to shade, needing high luminous intensity for its growth.

Finally, it was observed that *D. mollis* shows a slow growth pattern that permits adaptation and development in poor soils, resistence to acid soil and aluminium toxicity, and absence of competitors, because cerrado is an environment with open vegetation, and, that *E. contortisiliquum* proliferates in forest soils, although it can develop in cerrado soils.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADÁMOLI, J.; MACÊDO, J.; AZEVEDO, L.G. & MADEIRA NETTO, J. 1981. Caracterização da região dos cerrados. In: GOEDEIT, W.J., ed. Solos dos cerrados : tecnologias e estratégias de manejo. São Paulo, Nobel. Planaltina, Embrapa-CPAC. p.33-74.

ALVIM, P.T. & ARAÚJO, W.A. 1952. El suelo como fator ecológico en el desarrolo de la vegetación en el centro-oeste del Brasil. Turrialba, 2(4):153-60.

--------; SANTANA, C.J. & MIRANDA, E.R. 1968. Avaliação da fertilidade de alguns solos de cerrado em Brasília por meio de ensaios microparcelas. Ciênc. Cult., S Paulo, 20:613-9.

ANDERSON, E. 1949. Endosperm mucilages of legumes. Ind. Engin. Chem., 41(12):2887-90.

ANDRADE, S.O.; LEE,J.M.; SARTORI, C. & AUGUSTO, A. 1970. Estudos sobre os efeitos tóxicos do Enterolobium ellipticum Benth (Leguminosa). Arq. Inst. Biol., 37(supl.1):38.

ARASAKI, F. 1988. Relação entre parte aérea e sistema radicular de Kielmeyera coriacea. Tese (Mestrado). Campinas. Instituto de Biologia. Universidade Estadual de Campinas. 96p

ARENS, K. 1958. O cerrado como vegetação oligotrófica. Bol. Fac. Filos. Ciênc. Letr. Univ. S Paulo, série Botânica, 15:59-77.

-------- 1971. As plantas lenhosas dos campos cerrados como flora adaptada às deficiências minerais do solo. In: FERRI, M.G., coord. Simpósio sobre o cerrado. São Paulo, Edgard Blücher e EDUSP. p.249-265.

ARNON, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in Beta vulgaris. Pl. Physiol., 24:1-15.

-------- & HOAGLAND, D.R. 1940. Crop production in artificial culture solutions and in soils with special reference to factors influencing yields and absorption of inorganic nutrients. Soil Sci., 50:463-85.

BARRADAS, M.M. & HANDRO, W. 1974. Algumas observações sobre a germinação da semente do barbatimão, Stryphnodendron barbadetiman (Vell.) Mart. (Leguminosae-Mimosoideae). Bol. Botânica, Univ. S Paulo, 2:139-50.

BENTHAM, G. 1870. Leguminosae II. In: MARTIUS, C.F.P., ed. Flora brasiliensis enumeratio plantarum in Brasilia hactenus detectarum quas suis aliorumque botanicorum studiis descriptas et methodo naturali digestas partim icone illustratas. Lipsiae, Frid. Fleischer in comm. v.15, pt.II, p.252.

-------- 1876. Leguminosae III. In: MARTIUS, C.F.P., ed. Flora brasiliensis enumeratio plantarum in Brasilia hactenus detectarum quas suis aliorumque botanicorum studiis descriptas et methodo naturali digestas partim icone illustratas. Lipsiae, Frid. Fleischer in comm. v.15, pt.II, p.456, t.121.

BEWLEY, J.D. & BLACK, M. 1982. Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination : viability, dormancy, and environmental control. Berlin, Springer-Verlag. v.2, 375p.

-------- & -------- 1983. Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination : development, germination and growth. Berlin, Springer-Verlag. v.1, 306p.

-------- & -------- 1986. Seeds : physiology of development and germination. New York, Plenum. 367p.

BIDDULPH, O. 1969. Mechanisms of translocation of plant metabolites. In: EASTIN, J.D., ed. Physiological aspects of crop yield. Madison, American Society of Agronomy, p.143-164.

BIELESKI, R.L. & TURNER, N.A. 1966. Separation and estimation of amino acids in crude plant extrats by thin-layer eletrophoresis and chromatography. Analyt. Biochem., 17:278-93.

BEIGUELMAN, B. 1962. Cerrado: vegetação oligotrófica. Ciênc. Cult., S Paulo, 14(2):99-107.

BOLLARD, E. G. & BUTLER, G. W. 1966. Mineral nutrients of plants. A. Rev. Pl. Physiol., 17:77-112.

BOULIèRE, F. & HADLEY, M. 1983. Present-day savannas : an overview. In: BOULIèRE, F., ed. Ecosystems of the word : tropical savannas. Oxford, Elsevier. v.13, p.1-15.

BRADFORD, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analyt. Biochem., 72:248-54

BUCKERIDGE, M.S. 1988. Galactomananos de sementes de leguminosas nativas brasileiras : ocorrência e metabolismo. Tese (Mestrado). São Paulo. Escola Paulista de Medicina. 144p.

BUCKERIDGE, M.S. & DIETRICH, S.M.C. 1990. Galactomannans from Brazilian legume seeds. Rev. bras. Bot., 13(2):109-12.

BURKART, A. 1979. Leguminosas : Mimosoideas. In: REITZ, P.R., ed. Flora ilustrada catarinense. Itajaí. IBDF. p.86-89.

BURSTRöM, H.G. 1968. Calcium and plant growth. Biol. Rev., 43:287-316.

BUTTERY, B.R. & BUZZEL, R.L. 1977. The relationship between chlorophyll content and rate of photosynthesis in soybeans. Can. J. Pl. Sci., 57:1-5.

CALBO, A.G. 1978. Efeito do alumíniio sobre a absorção, o transporte e a distribuição de alguns elementos minerais em dois cultivares de sorgo (Sorghum bicolor L. Moench). Tese (Mestrado). Viçosa. Universidade Federal de Viçosa. 43p.

CALDWELL, C.R. & HAUG, A. 1982. Divalent cation inhibition by barley root plasma membrane-bound Ca^{2+}-ATPase activity and its reversal by monovalent cations. Physiologia Pl., 54:112-8.

CAMARGO, A.P. 1971. Clima do cerrado. In: FERRI, M.G., coord. Simpósio sobre o cerrado. São Paulo, Edgard Blücher e EDUSP. p.75-95.

CAMBRAIA, J. 1989. Mecanismos de tolerância à toxidez de alumínio em plantas. Reunião Brasileira de Fisiologia Vegetal, 2. Anais. Piracicaba. p. 85-92.

-------- & CALBO, A.G. 1980. Efeito do alumínio sobre a absorção e sobre o transporte de fósforo em dois cultivares de sorgo (Sorghum bicolor L. Moench). Rev. Ceres, 27(154):615-25.

--------; GALVANI, F.R.; ESTEVÃO, M.M. & SANT'ANNA, R. 1983. Effects of aluminum on organic acid, sugar and amino acid composition of the root. J. Pl Nutr., 6(4):313-22.

--------; CHANDÍAS, J.E.T.; SANT'ANNA, R. & ESTEVÃO, M.M. 1988 Efeito do alumínio e da proporção NO_3^-/NH_4^+ sobre a composição do nitrogênio solúvel em sorgo. Rev. Ceres, 35(199):273-82.

CAMPELO, C.R. 1969. Estudo sobre algumas plantas tóxicas do Brasil. Congresso Nacional de Botânica, 20. Anais. Goiânia. p.80-81.

CARELLI, M.L.C. & MAGALHÃES, A.C.N. 1981. Efeito da remoção dos cotilédones no desenvolvimento das plântulas e na atividade da redutase de nitrato em soja (Glycine max L. Merr.). Rev. bras. Bot., 4:43-7.

CHIN, H.F. & NEALES, T.F. & WILSON, J.H. 1977. The effects of cotyledon excision on growth and leaf senescence in soya-bean plants. Ann. Bot., 41:771-7.

CLARK, R.B. 1975. Characterization of phosphatase of intact maize roots. J. Agric. Food Chem., 23:458-60.

-------- & BROWN, J.C. 1974. Differential phosphorus uptake by phosphorus-stressed corn inbreds. Crop Sci., 14:505-8.

CLARKSON, D.T. 1965a. The effect of aluminum and some other trivalent metal cations on cell division in the root apices of Allium cepa. Ann. Bot., 29:309-15.

-------- 1965b. Calcium uptake by calcicole and calcifuge species in the genus Agrostis L. J. Ecol., 53:427-35.

-------- 1966a. Effect of aluminum on the uptake and metabolism of phosphorus by barley seedlings. Pl. Physiol., 41:165-72.

-------- 1966b. Aluminum tolerance in species within the genus Agrostis. J. Ecol., 54:167-78.

--------- 1969. Metabolic aspects of aluminum toxicity and some possible mechanisms for resistance. In: RORISON, I.H., ed. Ecological aspects of mineral nutrition of plants. Oxford, Blackwell. p.381-397.

-------- & HANSON, J.B. 1980. The mineral nutrition of higher plants. A. Rev. Pl. Physiol., 31:239-98.

COCHRANE, T.T. & AZEVEDO, L.G. 1988. As savanas do trópico sul americano. In: EMBRAPA, ed. Simpósio sobre o cerrado. 6. Planaltina, Embrapa. p.40-51.

COLE, M.M. 1982. The influence of soils, geomorphology and geology on the distribution of plant communities in savanna ecosystems. In: HUNTLEY, B.J. & WALKER, B.H., eds. Ecological studies : ecology of tropical savannas. Berlin, Springer-Verlag. v.42, p.145-174.

CORRÊA, M.P. 1984. Dicionário de plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas. Brasília, Gráfica Brasiliana. IBDF. v.1, p.267.

COUTINHO, L. M. 1978. O conceito de cerrado. Rev. bras. Bot., 1:17-23.

-------- 1982. Ecological effects of fire in brazilian cerrado. In: HUNTLEY, B.J. & WALKER, B.H., eds. Ecological studies : ecology of tropical savannas. Berlin, Springer-Verlag. v.42, p.273-291.

-------- 1990. O cerrado e a ecologia do fogo. Ciênc. Hoje, 12(68):22-30.

-------- & LAMBERTI, A. 1971. Respiração edáfica e produtividade primária numa comunidade amazônica de terra firme. Ciên. Cult., 23: 411-9.

-------- & STRUFFALDI, Y. 1971. Observação sobre a germinação das sementes e o crescimento das plântulas de uma leguminosa da mata amazônica de igapó (Parkia auriculata Spruce Mss.). Phyton, 28(2):149-59.

COWAN, R.S. 1981. Caesalpinoideae. In: POLHILL, R.M. & RAVEN, P.H., eds. Advances in legume systematics. Kew, Royal Botanic Gardens. v.1, p.57-64.

CRUZ, G.L. 1982. Dicionário das plantas úteis do Brasil. 2ed. Rio de Janeiro, Civilização Brasileira. 599p.

DALE, J.E. 1990. Do cerrado trees grow more slowly than other woody species?. Congresso da Sociedade Botânica de São Paulo e Reunião Internacional de Biologia de Plantas do Cerrado Brasileiro,8. Resumos. Campinas. p.51.

DEA, I.C.M. & MORRISON, A. 1975. Chemistry and interactions of seed galactomannans. Adv. Carb. Chem. Biochem., 31:241-312.

DELOUCHE, J.C.; STILL, T.W.; RASPET, M. & LIENHARD, M. 1962. The tetrazolium test for seed viability. Miss. Agric. Exp. Sta. Tech. Bull., 51:1-63.

DIETER, P. 1984. Calmodulin and calmodulin-mediated processes in plants. Pl. Cell Environ., 7:371-80.

-------- 1987. Calcium and calmodulin. In: NEWMAN, D.W. & WILSON, K.G., eds. Models in plant physiology and biochemistry. Boca Raton, CRC. v.3, p.11-14.

DIONELLO, S.B. 1978. Germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de Kielmeyera coriacea Mart. São Paulo. Tese (Doutorado). São. Paulo. Instituto de Biociências. Universidade de São Paulo. 123p.

EITEN, G. 1971. Habitat flora of fazenda campininha, São Paulo, Brazil. I - Introduction, species of the "cerrado", species of open wet ground. In: FERRI, M.G., coord. Simpósio sobre o cerrado. São Paulo, Edgard Blücher e EDUSP. p.155-202.

-------- 1972. The cerrado vegetation of Brazil. Bot. Rev., 38:201-341.

-------- 1982. Brazilian "savannas". In: HUNTLEY, B.J. & WALKER, B.H., eds. Ecological studies : ecology of tropical savannas. Berlin, Springer-Verlag. v.42, p.25-47..

ELIAS, T.S. 1981. Mimosoideae. In : POLHILL, R.M. & RAVEN, P.H., eds. Advances in legume systematics. Kew, Royal Botanic Gardens. v.1, p.143-151.

EPSTEIN, E. & LAVEE, S. 1984. Conversion of indole-3-butyric acid to indole-3-acetic acid by cuttings of grapevine (Vitis vinifera) and olive (Oliva europea). Pl. Cell Physiol., 25(5):697-703.

FAGERIA, N.R. 1982. Differential aluminum tolerance of rice cultivars in nutrient solution. Pesq. Agropec. bras., 15:259-65.

-------- 1985. Influence of aluminum in nutrient solutions on chemical composition in two rice cultivars at different growth stages. Pl. Soil, 85:423-9.

-------- & CARVALHO, J.R.P. 1982. Influence of aluminum in nutrient solution on chemical composition in upland rice cultivars. Pl. Soil, 69:31-44.

--------; BALIGAR, V.C. & WRIGHT, R.J. 1988. Aluminum toxicity in crop plants. J. PL. Nutr., 11(3):303-19.

FELIPPE, G.M. 1979. Promotion of rooting in stem cuttings of Panicum maximum Jacq.by gibberellic acid and other growth regulators. Rev. bras. Bot., 2:73-6.

-------- & DALE, J.E. 1990. The effects of phosphate supply on growth of plants from the brazilian cerrado : experiments with seedlings of the annual weed, Bidens gardneri Baker (Compositae)

and the tree, Qualea grandiflora (Mart.) (Vochysiaceae). Oecologia, 82:81-6.

-------- & MARCONDES-FERREIRA, W. 1979. Promotion of adventitions root formation by 2,4-D in stem of Bidens pilosa L. Hoehnea, 8:65-72.

-------- & SILVA, J.C.S. 1984. Estudos de germinação em espécies do cerrado. Rev. bras. Bot., 7(2):157-63.

--------; GHERARDI, E.; PENTEADO, L.B.K.; ANNES, V.C.S. & SENE, C.M. 1970. Detecção de giberelinas durante a germinação de Rumex obtusifolius L. Arq. Inst. Biol., 37(3):177-87.

FERRI, M.G. 1960. Nota preliminar sobre a vegetação do cerrado em Campo do Mourão (Paraná). Bol. Fac. Filos. Ciênc. Letr. Univ. S Paulo, série Botânica, 17: 109-15.

-------- 1963. Evolução do conceito de xerofitismo. Bol. Fac. Filos. Ciênc. Letr. Univ. S Paulo, série Botânica, 19:101-14.

-------- 1969. Plantas do Brasil : espécies do cerrado. São Paulo. Edgard Blücher e EDUSP. 239p.

-------- 1971. Histórico dos trabalhos botânicos sobre o cerrado. In: FERRI, M.G., coord. Simpósio sobre o cerrado. São Paulo,

Edgard Blücher e EDUSP, p.7-35.

-------- 1973. Ecological problems in Latin America. In: SRB, A.M. ed. Genes, enzymes and populations. New York, Plenum. p.5-24.

-------- 1975. Os cerrados de Minas Gerais. Ciênc. Cult., S Paulo, 27(11):1217-20.

-------- 1977. Ecologia dos cerrados. In: FERRI, M.G., coord. Simpósio sobre o cerrado : bases para a utilização agropecuária, 4, Belo Horizonte, Itatiaia, São Paulo, EDUSP. p.15-36.

-------- 1978. Ecologia comparada del "cerrado" y de la "caatinga". In: Congresso Venezuelano de Botânica, 5. Memórias, Barquissimeto, Universidad Centro Ocidental. p.189-243.

-------- 1983. Os cerrados, um grupo de formas de vegetação semelhantes às savanas. Rev. Biol., 12:491-500.

FIELD, C. & MOONEY, H.A. 1983. Leaf age and seazonal effects on light, water and nitrogen use efficiency in a Californian shrub. Oecologia, 56:348-55.

-------- & -------- 1986. The photosynthesis nitrogen relationship in wild plants. In: GIVINISH, T.J., ed. On the economy of plant form and function. Cambridge, Cambridge University Pr. p.25-55.

FOY, C.D. 1976. Differential aluminum and manganese tolerances of plant species and varieties in acid soils. Ciênc. Cult., 28(2):150-5.

-------- 1983. The physiology of plant adaptation to mineral stress. Iowa State J. Res., 57(4):355-91.

-------- & BROWN, J.C. 1963. Toxic factor in acid soils. I- Characterization of aluminum toxicity in cotton. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 27:403-7.

-------- & -------- 1964. Toxic fator in acid soils. II- Differential aluminum tolerance of plant species. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 28:27-32.

-------- & FLEMING, A.L. 1982. Aluminum tolerances of two wheat genotypes related to nitrate reductase activities. J. Pl. Nutr., 5(11):1313-33.

-------- & CHANEY, R.L. & WHITE, M. C. 1978. The physiology of metal toxicity in plants. A. Rev. Pl. Physiol., 29:511-66.

FRANKLAND, B. & LETENDRE, R.J. 1978. Phytochrome and effects of shading on growth woodland plants. Photochemistry Photobiology, 27:223-30.

FREELAND, R.O. 1970. Photosynthesis in relation to stomatal frequency and distribution. Pl. Physiol., 23:595-7.

FREITAS, L.M.M. ; MIKKELSEN, D.S; McCLUNG, A.C. & LOTT, W.L. 1971. Agricultura no cerrado. In: FERRI, M.G., coord. Simpósio sobre o cerrado. São Paulo. Edgard Blücher e EDUSP. p.283-314.

FURLEY, P.A. & RATTER, J.A. 1988. Soil resources and plant communities of the central brazilian cerrado and their development. J. Biogeogr., 15:97-108.

GEPSTAIN, S. & ILAN, I. 1970. A promotive action of kinetin on amylase activity in cotyledons of Phaseolus vulgaris. Pl. Cell Physiol., 11:819-22.

GIBBS, P.E.; LEITÃO FILHO, H.F. & SHEPHARD, G. 1983. Floristic composition and community structure in an area of cerrado in SE Brazil. Flora, 173:433-49.

GOCHMAN, N. & GIVELBER, H. 1970. Automated, simultaneous microdetermination of calcium and magnesium by atomic absorption. Clin. Chem., 16:229-34.

GODBOLD, D.L.; FRITZ, E. & HUETTERMANN, A. 1988. Aluminum toxicity and forest decline. Proc. Natl. Acad. Sci. USA., 85(11);3888-92.

GODOY, S.M.A. 1991. Germinação e crescimento de Qualea cordata Spreng. Tese (Mestrado). Campinas. Instituto de Biologia. Universidade Estadual de Campinas. 106p.

GOMES, M.M.S.; CAMBRAIA, J.; SANT'ANNA, R. & ESTEVÃO, M.M. 1985. Aluminum effects on uptake and translocation of nitrogen in sorghum (Sorghum bicolor, L. Moench). J. Pl. Nutr., 8(6):457-65.

GOODLAND, R. 1971a. Oligotrofismo e alumínio no cerrado. In: FERRI, M.G., coord. Simpósio sobre o cerrado, 3. São Paulo, Edgard Blücher e EDUSP. p.44-60.

-------- 1971b. A physiognomic analysis of the "cerrado" vegetation of central Brazil. J. Ecol., 59:411-9.

-------- & POLLARD, R. 1973. The brazilian cerrado vegetation : a fertility gradient. J. Ecol., 61:219-24.

GRIME, J.P. 1965. Comparative experiments as a key to the ecology of flowering plants. Ecology, 46:513-15.

-------- 1973a. Competition and diversity in herbaceous vegetation - a reply. Nature, 244:310-1.

-------- 1973b. Competitive exclusion in herbaceous vegetation. Nature, 242:344-7.

-------- 1979. Plant strategies and vegetation processes. New York, John Wiley & Sons. 222p.

-------- 1981. Plant strategies in shade. In: SMITH, H., ed. Plant and the daylight spectrum. London, Academic. p.159-186.

-------- & HUNT, R. 1975. Relative growth-rate : its range and adaptive significance in a local flora. J. Ecol., 63:393-422.

-------- & JEFFREY, D.W.1965. Seedlings establishment in vertical gradients of sunlight. J. Ecol., 53:621-42.

GROENEVELD, H.W.; ELINGS, J.C. & KOOPS, A.J. 1987. Mobilisation of reserves and the earliest synthesis of sterols and latex triterpenes during germination and early seedling growth of Euphorbia lathyris. Physiologia Pl., 71:296-301.

HACKETT, C. 1964. Ecological aspects of the nutrition of Deschampsia flexuosa (L.) Trin. I- The effect of aluminium, manganese and pH on germination. J. Ecol., 52:159-67.

-------- 1965. Ecological aspects of the nutrition of Deschampsia flexuosa (L.) Trin. II- The effects of Al, Ca, Fe, K, Mn, N, P and pH on the growth of seedlings and established plants. J. Ecol., 53(2):315-33.

HALE, M.G. & ORCUTT, D.M. 1987. The physiology of plants under stress. New York, John Wiley & Sons. 206p.

HANDRO, W. 1969. Contribuição ao estudo da unidade de dispersão e da plântula de Andira humilis Mart. ex Benth. (Leguminosae-Mimosoideae). Bol. Botânica, Univ. S Paulo, 2:139-50.

HARIDASAN, M. 1982. Aluminum accumulation by some cerrado native species of central Brazil. Pl. Soil, 65:265-73.

-------- 1988. Performance of Miconia albicans (SW) triana, an aluminum accumulating species, in acid and calcareous soils. Commun. Soil Sci. Pl. Anal., 19:1091-1103.

-------- & ARAÚJO, G.M. 1988. Aluminum-accumulating species in two forest communities in the cerrado region of central Brazil. Forest Ecol. Mgmt., 24:15-26.

--------; PAVIANI, T.I. & SCHIAVINI, I. 1986. Localization of aluminum in the leaves of some aluminum-accumulating species. Pl. Soil, 94:435-7.

HERINGER, E.P. 1971. Propagação e sucessão das espécies arbóreas do cerrado em função do fogo, do cupim, da capina e do aldrim (inseticida). In: FERRI, M.G., coord. Simpósio sobre o cerrado, 3. São Paulo, Edgard Blücher e EDUSP. p.167-179.

-------- & FERREIRA, M.B. 1973. Árvores úteis da região geo-econômica do Distrito Federal, faveiro do campo, o gênero Dimorphandra Schott. Cerrado, 5(20):26-31.

--------; BARROSO, G.M.; RIZZO, J.A. & RIZZINI, C.T. 1977. A flora do cerrado. In: FERRI, M.G., coord. Simpósio sobre o cerrado : bases para a utilização agropecuária, Belo Horizonte, Itatiaia, São Paulo, EDUSP. p.211-232.

HILMAN, J.R. 1984. Apical dominance. In: WILKINS, M.B., ed. Advanced plant physiology. Bath, Pitman. cap.6. p.127-148.

HOLMES, M.G. 1981. Spectral distribution of radiation within plant canopies. In: SMITH, H., ed. Plant and the daylight spectrum. London, Academic. p.147-158.

HOPE-SIMPSON, J.F. 1938. A chalk flora of the lower greensand; its uses in interpreting the calcicole habitat. J. Ecol., 26:218-35.

HORST, W.J.; WAGNER, A. & MARSCHNER, H. 1982. Mucilage protects root meristems from aluminum injury. Z. Pflanzenphysiol., 105:435-44.

HOU, H-YU & MERKLE, F.G. 1950. Chemical composition of certain calcifugous and calcicolous plants. Soil Sci., 69:471-86.

INGLE, J; BEEVERS, L. & HAGEMAN, R.H. 1964. Metabolic changes associated with the germination of corn. I. Changes in weight and metabolites and their redistribution in the embryo axis, scutellum and endosperm. Pl. Physiol., 39:735-40.

JACKSON, W. 1967. Physiological effects of soil acidity. In: PEARSON, R.W. & ADAMS, F., eds. Soil acidity and liming. Amer. Soc. Agron., Madison, Wisconsin. v.12, p.43-124.

JARVIS, P.G. & JARVIS, M.S. 1964. Growth rates of woody plants. Physiologia Pl., 17:654-66.

JOHNSON, C.; FRANCO, A.C. & CALDAS, L.S. 1983. Fotossíntese e resistência foliar em espécies nativas do cerrado : metodologia e resultados preliminares. Rev. bras. Bot., 6(2):91-7.

JOHNSON, R.E. & JACKSON, W.A. 1964. Calcium uptake and transport by wheat seedlings as affected by aluminum. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 28:381-6.

JOLY, C.A.; FELIPPE, G.M. 1979. Dormência das sementes de Rapanea guianensis Aubl. Rev. bras. Bot., 2:1-6.

--------; --------; DIETRICH, S.M.C. & CAMPOS-TAKAKI, G.M. 1980. Physiology of germination and seed gel analysis in two populations of Magonia pubescens St. Hil. Rev. bras. Bot.,

3:1-9.

JONES, L.H. 1961. Aluminum uptake and toxicity in plants. Pl. Soil, 13:297-310.

KHAN, R.A.; AHMAD, S. & HUSSAIN, S. 1973. Effects of pre-sowing high temperature stress on seedling emergence and yield of seed cotton. Exp. Agric., 9:9-14.

LABOURIAU, L.G. 1966. Revisão da situação da ecologia vegetal nos cerrados. Anais Acad. bras. Ciênc., 38:5-38.

--------; VÁLIO, I.F.M. & HERINGER, E.P. 1964. Sobre o sistema reprodutivo de plantas dos cerrados - I. Anais Acad. bras. Ciênc., 36(4):449-64

LANG, A. 1965. Effects of some internal and external conditions on seeds germination. In: RUHLAND, W., ed. Encyclopedia of plant physiology. Berlin, Springer-Verlag. v.15/2, p.849-893.

LARKIN, P.J. 1987. Calmodulin levels are not responsible for aluminum tolerance in wheat. Aust. J. Pl. Physiol., 14:377-85.

LEE, C.R. 1971. Influence of aluminum on plant growth and mineral nutrition of potatoes. Agron. J., 63:604-8.

LEE, E.H. & FOY, C.D. 1986. Aluminum tolerances of two snapbean cultivars related to organic acid content evaluated by high-performance liquid chromatography. J. Pl. Nutr., 9(12):1481-98.

LÊDO, A.A.M. 1977. Estudo da dormência em semente de guapuruvu [Schizolobium parahyba (Vell.) Blake] e orelha de negro [Enterolobium contortisiliquum (Vell.) Morong] e métodos para sua quebra. Tese (Mestrado). Viçosa. Universidade Federal de Viçosa. 57p.

LEVITT, J. 1980. Responses of plants to environmental stress : chilling, freezing, and high temperature stresses. 2ed. London, Academic. 497p.

LIMA-BORGES, E.E.; BORGES,R.C.G. & TELES, F.F.F. 1980. Avaliação da maturação e dormência de sementes de orelha de negro. Rev. bras. Sem., 2:29-32.

LINDEMAN, W. 1958. Observations on the behaviour of phosphate compounds in Chlorella at the transition from dark to light. In: United Nations, ed. United Nations International Conferences on the Peacefull uses of Atomic Energy. 2.ed. 24., Genebra. p.8-15.

LINHARES, L.F.T.L. & DROZDOWICZ, A. 1972. Atividade celulolítica em alguns solos brasileiros. Rev. Microbiol., 3(2):91-100.

LOACH, K. 1967. Shade tolerance in three seedlings. I- Leaf photosynthesis and respiration in plants raised under artificial shade. New Phytol., 66:607-21.

-------- 1970. Shade tolerance in tree seedlings. II- Growth analysis of plants raised under artificial shade. New Phytol., 69:273-86.

LOCKER, A. & ILAN, I. 1975. On the nature of the hormonal regulation of amylase activity in cotyledons germinating peas. Pl. Cell Physiol., 16:449-54.

LOPES, A.S. & COX, F.R. 1977. Cerrado vegetation in Brazil : an edaphic gradient. Agron. J., 69:828-31.

LOVELESS, A.R. 1962. Further evidence to support a nutritional interpretation of sclerophylly. Ann. Bot., 26(104):551-61.

MACKINNEY, G. 1941. Absorption of light by chlorophyll solutions. J. Biol. Chem., 140:315-22.

MAHMOUD, A. & GRIME,J.P. 1974. A comparison of negative relative growth rates in shaded seedlings. New Phytol., 73:1215-19.

MAKHERJEE, J.; MUKHERJI, S. & SIRCAR, S.M. 1973. High temperature-induced changes in germination, seedling vigor and the metabolic

activities in rice seeds. Biol. Pl., 15:65-71.

MALAVOLTA, E. 1980. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Agronômica Ceres. 251p.

MARQUES, D.C.; SANTOS, H.L.; COUTO, E.S.; MELLO, M.A.; RIBEIRO, R.M.P. & FERREIRA, P.M. 1974. Intoxicação experimental pelo tamboril Enterolobium contortisiliquum (Vell.) Morong em bovinos. Arq. Esc. Vet. UFMG., 26(3):283-6.

MARTINS, F.R. & MATTES, L.A.F. 1978. Respiração edáfica e nutrientes na Amazônia (Região de Mamaus) : floresta arenícola, campinarana e campina. Acta Amazônica, 8:233-44.

MATSUMOTO, H. 1988. Changes of the structure of pea chromatin by aluminum. Pl. Cell Physiol., 29:281-7.

--------; HIRASAWA, E.; TORIKAI, H. & TAKAHASHI, E. 1976. Localization of absorbed aluminum in pea root and its binding to nucleic acids. Pl. Cell Physiol., 17:127-37.

--------; MORIMURA, S. & TAKAHASHI, E. 1977. Less involvement of pectin in the precipitation of aluminum in pea roots. Pl. Cell Physiol., 18:325-35.

MATTOO, R.L.; ISHAQ, M. & SALEEMUDDIN, M. 1987. Protein assay by coomassie brilliant blue G-250-binding method is unsuitable for plant tissues rich in phenols and phenolases. Analyt. Biochem., 163:376-84.

MAYER, A.M. & POLJAKOFF-MAYBER, A. 1982. The germination of seeds. 3ed. New York, Pergamon. 211p.

McCLEARY, B.V. & MATHESON, N.K. 1976. Galactomannan utilization in germinating legume seeds. Phytochemistry, 15;43-7.

McCORMICK, L.H. & BORDEN, F.Y. 1974. The ocorrence of aluminum-phosphate precipitate in plant roots. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 38:931-4.

McLACHLAN, K.D. 1980. Acid phosphatase activity of intact roots and phosphorus nutrition in plants. II- Variations among wheat roots. Aust. J. Agric. Res., 31:441-8.

MEDINA, E. 1982. Physiological ecology of neotropical savanna plants. In: HUNTLEY, B.J. & WALKER, B.H., eds. Ecological studies : ecology of tropical savannas. Berlin, Springer-Verlag. v.42, p.308-335.

MELHEM, T.S. 1975a. Desenvolvimento da plântula de Dipterix alata Vog. (Leguminosae-Lotoideae). Hoehnea, 5:91-121.

-------- 1975b. Fisiologia da germinação de sementes de Dipterix alata Vog. (Leguminosae-Lotoideae). Hoehnea, 5:59-90.

MEDEIROS, R.A. & HARIDASAN, M. 1985. Seasonal variations in the foliar concentrations of nutrients in some aluminum accumulating and non-accumulating species of the cerrado region of central Brazil. Pl. Soil, 88:433-6.

METIVIER, J. & PAULILO, M.T. 1980. The utilization of cotyledonary reserves in Phaseolus vulgaris L. cv. carioca. II- The effects of 6-benziladenine and gibberellic acid upon embryonated and detached cotyledons. J. exp. Bot., 31(124):1271-82.

MONTEIRO, A.M.; SANDBERG, G. & CROZIER, A. 1987. Detection of abscisic acid, indole-3-acetic acid and indole-3-ethanol in seeds of Dalbergia dolichopetala. Phytochemistry, 26(2):327-8.

--------; CROZIER, A. & SANDBERG, G. 1988a. Endogenous hormones, germination and early growth of Dalbergia dolichopetala. J. Pl. Physiol., 132:762-5.

--------; -------- & -------- 1988b. The biosynthesis and conjugation of indole-3-acetic acid in germinating seed and seedlings of Dalbergia dolichopetala. PLanta, 174:561-8.

MOONEY, H.A. 1972. The carbon balance of plants. A. Rev. Ecol. Syst., 3:315-46.

MURAD, J.E.; GAZZINELLI, N.; SANTANA, M.; LACOMBE, O. & FORTINI, L.G. 1968. Propriedades farmacológicas de uma planta do cerrado a Dimorphandra mollis Benth. Ciênc. Cult., 20(2):309-10.

NEVES, M.C.P. & HUNGRIA, M. 1987. The physiology of nitrogen fixation in tropical grain legumes. CRC Critical Rev. Pl. Sci., 6:267-321.

NEWMANN, E.I. 1973. Competition and diversity in herbaceous vegetation. Nature, 244:310-1.

OKALI, D.U.U. & DODOO, G. 1973. Seedling growth and transpiration of two west African mahogany species in relation to water stress in root medium. J. Ecol., 61(2):421-39.

OLIVA, M.L.V.; SAMPAIO, M.U. & SAMPAIO, C.A.M. 1987. Serine and SH-proteinase inhibitors from Enterolobium contortisiliquum beans. Purification and preliminary characterization. Braz. J. Med. Biol. Res., 20:767-70.

--------; -------- & -------- 1988. Purification and partial characterization of a thiol proteinase inhibitor from Enterolobium contortisiliquum beans. Biol. Chem.,

369(suppl):229-32.

OLIVEIRA, L.M.Q. 1989. Germinação das sementes de Hancornia speciosa Gom. com ênfase nos teores de umidade. Tese (Mestrado). Campinas. Instituto de Biologia. Universidade Estadual de Campinas. 126p.

-------- & VÁLIO, I.F.M. 1992. Effects of moisture content on germination of seeds of Hancornia speciosa Gom. (Apocynaceae). Ann. Bot., 69(1):1-5.

ONCKELEN, H.V.; CAUBERGS, R.; HOREMANS, S. & GREEF, J.A. 1980. Metabolism of abscisic acid in developing seeds of Phaseolus vulgaris L. and its correlation to germination and c -amilase activity. J. exp. Bot., 31(123):913-20.

ONWUEME, I.C. 1975. Changes in imbibition rate of okra (Hibiscus esculentus) seeds following high temperature treatments. Phyton, 33:139-42.

-------- & ADEGOROYE, S.A. 1975. Emergence of seedlings from different depths following high temperature stress. J. Agric. Sci., 84:525-8.

PALMIANO, E.P. & JULIANO, B.O. 1972. Biochemical changes in the rice grain during germination. Pl. Physiol., 49:751-6.

PANEGASSI, V.R.; BUCKERIDGE, M.S. & DIETRICH, S.M.C. 1988. Galactomanano de sementes de Dimorphandra mollis Benth. Congresso da Sociedade Botânica de São Paulo, 7. Resumos. Rio Claro, p.56.

PAULILO, M.T.S. 1991. Qualea grandiflora Mart : Crescimento inicial e crescimento foliar em árvores. Tese (Doutorado). Campinas. Instituto de Biologia. Universidade Estadual de Campinas. 183p.

PEREIRA, M.F.A. 1981. Regulation of seedling development in Phaseolus vulgaris L. by the cotyledons and primary leaves. Rev. bras. Bot., 4:39-42.

PEREIRA NETTO, A.B. 1988. Comportamento fisio-ecológico de plantas de kudzu (Pueraria spp) no estado de São Paulo: efeito da temperatura e da deficiência hídrica sobre a assimilação do nitrato e balanço hídrico na planta. São Paulo. Tese (Mestrado). 119p. Instituto de Biologia. Universidade Estadual de Campinas.

-------- & HAY, J.D. 1986. Fotossíntese em Caryocar brasiliensis no cerrado. Rev. bras. Bot., 9(2):259-62.

POGGIANI, F. 1971. Estudo do crescimento e da atividade AIA-oxidásica em algumas espécies do cerrado. In: FERRI, M.G., coord. Simpósio sobre o cerrado. 3. São Paulo, Edgard Blücher e

EDUSP. p.201-211.

-------- 1990. Aspectos do metabolismo da auxina em plântulas do cerrado e relações com o padrão de crescimento do sistema radicular. Congresso da Sociedade Botânica de São Paulo, 8 e Reunião Internacional de Biologia de plantas do Cerrado Brasileiro. Resumos. Campinas. p.89.

POWELL, A.A. & MATTHEUS, S. 1978. The damaging effect of water on dry pea embryos during imbibition. J. exp. Bot., 29(112):1215-29.

-------- & -------- 1979. The influence of testa condition on the imbibition and vigour of pea seeds. J. exp. Bot., 30(114):193-7.

RAGGIO, M.; RAGGIO, N. & TORREY, J.G. 1965. The interaction of nitrate and carbohydrates in rhizobial root nodule formation. Pl. Physiol., 40:601-6.

RANZANI, G. 1971a. Solos do cerrado. In: FERRI, M.G., coord. Simpósio sobre o cerrado. São Paulo, Edgard Blücher e EDUSP. p.37-74.

-------- 1971b. Solos do cerrado no Brasil. In: FERRI, M.G., coord. Simpósio sobre o cerrado, 3. São Paulo, Edgard Blücher e EDUSP. p.26-43.

RATTER, J.A. 1971. Some notes on two types of cerradão occurring in north eastern Mato Grosso. In: FERRI, M.G., coord. Simpósio sobre o cerrado, 3. São Paulo, Edgard Blücher e EDUSP. p.100-102.

--------; ASKEW, G.P.; MONTGOMERY, R.F. & GIFFORD, D.R. 1977. Observações adicionais sobre o cerradão de solos mesotróficos no Brasil Central. In: FERRI, M.G., coord. Simpósio sobre o cerrado : bases para utilização agropecuária, 4. São Paulo, EDUSP, Belo Horizonte, Itatiaia. p.303-316.

--------; --------; -------- & -------- 1978. Observations on forests of some mesotrophic soils in central Brazil. Rev. bras. Bot., 1:47-58.

RAWITSCHER, F.; FERRI, M.G. & RACHID, M. 1943. Profundidade dos solos e vegetação em campos cerrados do Brasil Meridional. Anais Acad. bras. Ciênc., 15:264-94.

READER, R.J. & BEST, B.J. 1989. Variation in competition along and environmental gradient : Hieracium floribundum in an abandoned pasture. J. Ecol., 77:673-84.

REID, J.S.G. 1971. Reserve carbohydrate metabolism in germinating seeds of Trigonella foenum-graecum L. (Legum.). Planta, 100:131-42.

-------- 1985. Galactomannans. In: DEY, P.M. & DIXON, R.A., eds. Biochemistry of storage carbohydrate in green plants. London, Academic. p.265-288.

-------- & BEWLEY, J.D. 1979. A dual rôle for the endosperm and its galactomannan reserves in the germinative physiology of fenugreek (Trigonella foenum-graecum L.), an endospermic leguminous seed. Planta, 147:145-50.

REID, D.A; FLEMING, A.L. & FOY, C.D. 1971. A method for determining aluminum response of barley in nutrient solution in comparison to response in Al-toxic soil. Agron. J., 63:600-3.

REIS, A.C. 1971. Climatologia dos cerrados. In: FERRI, M.G., coord. Simpósio sobre o cerrado, 3. São Paulo, Edgard Blücher e EDUSP. p.15-25.

RHUE, R.D.; GROGAN, C.O.; STOCKMEYER, E.W. & EVERETT, H.L. 1978. Genetic control of aluminum tolerance in corn. Crop Sci., 18:1063-7.

RIBEIRO, J.F.; SILVA, J.C.S. & BATMANIAN, G.J. 1985. Fitossociologia de tipos fisionômicos de cerrado em Planaltina-DF. Rev. bras. Bot., 8(2):131-42.

RIZZINI, C.T. 1963. O fator edáfico na formação do xilopódio de Mimosa multipinna Benth. Anais Acad. bras. Ciênc., 35:75-7.

-------- 1965. Experimental studies on seedlings development. Ann. Mo. Bot. Gdn., 52:410-26.

-------- 1969. Espécies novas de árvores do planalto central brasileiro. Anais Acad. bras. Ciênc., 41(2):240-1.

-------- 1971a. Sobre as principais unidades de dispersão do cerrado. In: FERRI, M.G., coord. Simpósio sobre o cerrado, 3. São Paulo, Edgard Blücher e EDUSP. p.117-132.

-------- 1971b. A flora do cerrado : análise florística das savanas centrais. In: FERRI, M.G., coord. Simpósio sobre o cerrado. São Paulo, Edgard Blücher e EDUSP, p.105-153.

-------- 1976. Influência da temperatura sobre a germinação de diásporos do cerrado. Rodriguesia, 41:341-83.

-------- 1978. Plantas do Brasil : árvores e madeiras úteis do Brasil - manual de dendrologia brasileira. 2ed. São Paulo, Edgard Blücher. 296p.

-------- & HERINGER, E.P. 1962. Studies on the underground organs of trees and shrubs from some southern brazilian savannas. Anais

Acad. bras. Ciênc., 34(2):235-47.

ROBERTS, E.H. 1973. Predicting the storage life of seeds. Seed Sci. Technol., 1:499-514.

-------- 1975. Problems of long-term storage of seed and pollen for genetic resources conservation. In: FRANKEL, O.H. & HAWKES, J.G., eds. Crop genetics resources for today and tomorrow. London, Cambridge University Pr. p.269-294.

ROBINSON, S.P. & WALKER, D.A. 1981. Photosynthetic carbon reduction cycle. In: HATCH, M.D. & BOARDMAN, N.K., eds. The biochemistry of plants photosynthesis. London, Academic. p.194-234.

RORISON, I.H. 1958. The effect of aluminum on legume nutrition. In: HALLSWORTH, E.G., ed. Nutrition of the legumes. London, Butterworth. p.43-61.

-------- 1960a. Some experimental aspects of the calcicole-calcifuge problem. I- The effects of competition and mineral nutrition upon seedling growth in the field. J. Ecol., 48:585-99.

-------- 1960b. The calcicole-calcifuge problem. II- The effects of mineral on seedling growth in solution culture. J. Ecol.,

48:679-88.

ROY, A.K.; SHARMA, A. & TALUKDER, G. 1988. Some aspects of aluminum toxicity in plants. Bot. Rev., 54(2):145-78.

SALGADO-LABOURIAU, M.L. 1973. A semente de Magonia pubescens St. Hil. - morfologia e germinação. Anais Acad. bras. Ciênc., 45(3/4):501-37.

SALISBURY, F.B. & ROSS, C.W. 1978. Plant physiology. 2ed. California. Wadsworth. 436p.

SANDBERG, G.; ERNSTSEN, A. & HAMNEDE, M. 1987. Dynamics of indole-3-acetic acid and indole-3-ethanol during development and germination of Pinus sylvestris seeds. Physiologia Pl., 71:411-518.

SANTANA, M.B. & BRAGA, J.M. 1977. Aluminum-phosphorus interactions in acidic soils in Southern Bahia. Rev. Ceres, 24:200-11.

SANTOS, F.C.C.; COUTO, E.S. & SANTOS, H.L. 1974. Intoxicação experimental de bovinos pela "faveira" Dimorphandra mollis Benth. Arq. Esc. Vet. UFMG, 26(3):319-29.

SARMIENTO, G. 1984. The ecology of neotropical savannas. Cambridge, Harvard University Pr. 235p.

SASSAKI, R.M. 1991. Desenvolvimento inicial de Dalbergia miscolobium. Tese (Mestrado). Campinas. Instituto de Biologia. Universidade Estadual de Campinas. 142p.

SCALA, J.; PATRICK, C. & MACBETH, G. 1969. Gibberellic acid and the castor bean fructose-1,6-diphosphatases. Phytochemistry, 8:37-44.

SELF, G.K. 1989. Studies of xylopodium formation and early seedlings growth in Kielmeyera coriacea Mart. PhD Thesis. Edinburgh. University of Edinburgh. 219p.

SIEGEL, N & HAUG, A. 1983a. Calmodulin-dependent formation of membrane potential in barley root plasma membrane vesicles : a biochemical model of aluminum toxicity in plants. Physiologia Pl., 59:285-91.

-------- & -------- 1983b. Aluminum interaction with calmodulin : evidence for altered structure and function from optical and enzymatic studies. Biochim. Biophys. Acta, 744:35-45.

SILVA, M.F. 1986. Dimorphandra (Caesalpiniaceae). Flora neotopica, monograph 44:1-128.

SILVA, D.M. 1990. Efeitos do alumínio sobre a fixação biológica do nitrogênio em soja [Glycine max (L.) Merril] cv. Santa Rosa

Tese (Mestrado). Campinas. Instituto de Biologia. Universidade Estadual de Campinas. 98p.

SILVA, A.F. & LEITÃO FILHO, H.F. 1982. Composição florística e estrutura de um trecho da Mata Atlântica de encosta no município de Ubatuba (São Paulo, Brasil). Rev. bras. Bot., 5:43-52.

SIMON, E.W. 1984. Early events in germination. In: MURRAY, D.R., ed. Seed physiology : germination and reserve mobilization. London, Academic. v.2, p.77-115.

-------- & MILLS, L.K. 1983. Imbibition, leakage and membranes. Recent Adv. Phytochem., 17:9-27.

SMITH, H. & MORGAN, D.C. 1981. The spectral characteristics of the visible radiation incident upon the surface of the earth. In: SMITH, H. ed. Plants and the daylight spectrum. London, Academic. p.3-20.

SNEDECOR, G.W. & COCHRAN, W.G. 1967. Statistical methods. Iowa, Iowa State University Pr. 593p.

SUHAYDA, C.D. & HAUG, A. 1986. Organic acid reduce aluminum toxicity in maize root membranes. Physiologia Pl., 68:189-95.

TAYLOR, R.J. & PEARCY, R.W. 1976. Seasonal patterns in the CO_2 exchange characteristics of understory plants from a decidous forest. ~~Can. J. Bot.~~, ~~54~~:1094-103.

TILMAN, D. 1987. On the meaning of competition and the mechanisms of competitive superiority. Functional Ecol., 1:304-15.

THAWORNWONG, N. & VAN DIEST, A. 1974. Influences of high acidity and aluminum on the growth of lowland rice. Pl. Soil, 41:141-59.

TOKARNIA, C.H. & DöBEREINER, J. 1967. Intoxicação experimental pela fava da "faveira" (Dimorphandra mollis Benth) em bovinos. Pesq. Agropec. bras., 2:367-73.

--------; CANELA, C.F.C. & DOBEREINER, J. 1960. Intoxicação experimental pela fava da "timbaúba" [Enterolobium contortisiliquum (Vell.) Morong] em bovinos. Arq. Inst. Biol. Ani., 3:73-81.

TOLLEY-HENRY, L. & RAPER Jr., C.D. 1986. Utilization of aluminum as a nitrogen source. Effects of ambient acidity on growth and nitrogen accumulation by soybean. Pl. Physiol., 82:54-60.

TOMASSINI, E. & MORS, W.B. 1966. Dimorphandra mollis Benth e D. gardneriana Tul., novas e excepcionais fontes de rutina. Anais Acad. bras. Ciênc., 38:321-23.

UMBREIT, W.W. & BURRIS, R.H. 1964. General method for carbohydrates. In: UMBREIT, W.W.; BURRIS, R.H. & STAUFFER, J.F., eds. Manometric techniques. 4 ed. Minnesota, Burgess. cap.11, p.210.

VÁLIO, I.F.M. 1979. Auxinas. In: FERRI, M.G., coord. Fisiologia vegetal. São Paulo. E.P.U. & EDUSP. v.2, cap.2, p.39-72.

-------- & MORAES, V. 1966. Sobre o sistema reprodutivo de plantas dos cerrados-II. Anais Acad. bras. Ciênc., 38:219-24.

VAARTAJA, O. 1962. The relationship of fungi to survival of shaded tree seedlings. Ecology, 43(3):547-9.

VILLIERS, T.A. 1972. Seed dormancy. In: KOZLOWSKI, T.T., ed. Seed biology. New York, Academic. v.2, p.220-281.

WARMING, E. 1908. Lagoa Santa : contribuição para a geografia phytobiologica. Belo Horizonte. Oficina do Estado de Minas Gerais, 282p.

WEYMAN-KACZMARKOWA, W. & WOJCIK-WOJTKOWIAK, D. 1991. The dynamics of microflora and the ocorrence of phytotoxic substances in different soils with corn residues and inorganic nitrogen. Pl. Soil, 132:11-20.

WILLIAMS, R.F. 1946. The physiology of plant growth with special reference to the concept of net assimilation rate. Ann. Bot., 10:41-72.

WILSON, J.B. 1988. A review of evidence on the control of shoot: root ratio in relation to models. Ann. Bot., 61:433-49.

WITZTUM, A.; GUTTERMAN, Y. & EVENARI, M. 1969. Integumentary mucilage as an oxigen barrier during germination of Blepharis persica (Burm.) Kuntze. Bot. Gaz., 130(4):238-41.

YOUNG, J.L.; HUANG, R.C.; VANECKO, S.; MARKS, J.D. & VARNER, J.E. 1960. Conditions affecting enzyme synthesis in cotyledons of germinating seeds. Pl. Physiol., 35:288-92.

ZHAO, X-J.; SUCOFF, E. & STADELMANN, E.J. 1987. Al^{3+} and Ca^{2+} alteration of membrane permeability of Quercus rubra root cortex cells. Pl. Physiol., 83:159-62.

APÊNDICE

Composição da solução nutritiva de Hoagland e da solução de Clark.

Sais	Solução de Hoagland mg/l			Solução de Clark mg/l
	Normal	-P	-Ca	
MACRONUTRIENTES				
$Ca(NO_3)_2.4H_2O$	1180	1180	-	810
KNO_3	506	506	506	54
$MgSO_4.7H_2O$	241	241	241	-
KH_2PO_4	136	-	136	4
KCl	-	75	-	41
$CaCl_2$	-	219	-	-
$NaNO_3$	-	-	425	-
NH_4NO_3	-	-	-	101
K_2SO_4	-	-	-	97
$Mg(NO_3)_2.6H_2O$	-	-	-	214
MICRONUTRIENTES				
H_3BO_3	2,86	2,86	2,86	2,86
$MnCl_2.4H_2O$	1,81	1,81	1,81	1,81
$ZnSO_4.7H_2O$	0,22	0,22	0,22	0,22
$CuSO_4$	0,08	0,08	0,08	0,08
H_2MoO_4	0,09	0,09	0,09	0,09
$FeSO_4.7H_2O$	25	25	25	17
EDTA	33,2	33,2	33,2	18
$KAl(SO_4)_2.12H_2O$				
60 mg/l (Al^{+3})	1 054	1 054	1 054	
45 mg/l (Al^{+3})				791
4,5 mg/l (Al^{+3})				79

A solução de Clark contém algumas modificações.