



**GERMINAÇÃO, CRESCIMENTO INICIAL E
ANATOMIA FOLIAR DE PLANTAS JOVENS
DE *Cryptocarya aschersoniana* MEZ. SOB
DIFERENTES NÍVEIS DE RADIAÇÃO**

LUCIANO PESSOA DE ALMEIDA

2001

52368

MFN:37194

LUCIANO PESSOA DE ALMEIDA

**GERMINAÇÃO, CRESCIMENTO INICIAL E
ANATOMIA FOLIAR DE PLANTAS JOVENS DE
Cryptocarya aschersoniana MEZ. SOB DIFERENTES
NÍVEIS DE RADIAÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Fisiologia Vegetal, para a obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. Dr. Amauri Alves de Alvarenga

LAVRAS

MINAS GERAIS - BRASIL

2001

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Almeida, Luciano Pessoa de

Germinação, crescimento inicial e anatomia foliar de plantas jovens de
Cryptocarya aschersoniana Mez. Sob diferentes níveis de radiação / Luciano
Pessoa de Almeida. --Lavras : UFLA, 2001.

96 p. : il.

Orientador: Amauri Alves de Alvarenga.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. *Cryptocarya aschersoniana*. 2. Germinação. 3. Crescimento. 4. Anatomia
foliar. 5. Ecofisiologia vegetal. 6. Fotossíntese. 7. Aclimação. I. Universidade
Federal de Lavras. II. Título.

CDD-583.931

-634.973931

LUCIANO PESSOA DE ALMEIDA

**GERMINAÇÃO, CRESCIMENTO INICIAL E
ANATOMIA FOLIAR DE PLANTAS JOVENS DE
Cryptocarya aschersoniana MEZ. SOB DIFERENTES
NÍVEIS DE RADIAÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal
de Lavras, como parte das exigências do Curso
de Mestrado em Agronomia, área de
concentração em Fisiologia Vegetal, para a
obtenção do título de "Mestre"

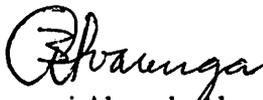
APROVADA em 30 de agosto de 2001

Prof. PhD. Ivany F. M. Válio

UNICAMP

Prof^ª. Dra. Angela Maria Soares

UFLA



Prof. Dr. Amauri Alves de Alvarenga

UFLA

(Orientador)

LAVRAS

MINAS GERAIS - BRASIL

Aos meus pais Luiz Alberto e Maria Aparecida, pelo amor, dedicação e incentivo.

Ao meu irmão Luis Gustavo, pelo carinho.

A minha noiva Silvia, pelo amor, dedicação e principalmente pelo auxílio nos momentos mais tensos da caminhada

Aos meus sogros Dirceu e Nely, pelo carinho e atenção.

DEDICO.

A todos aqueles que acreditam em uma agricultura sustentável, respeitando sempre o meio ambiente e as dádivas do mesmo.

OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus pela vida.

Aos meus pais, Luiz Alberto Pessoa de Almeida e Maria Aparecida Rabelo de Almeida e ao meu irmão Luis Gustavo Pessoa de Almeida, pelo incentivo, apoio e carinho.

A todos os familiares que direta ou indiretamente contribuíram para que eu pudesse concluir este curso.

Em especial a minha noiva Silvia Mara Zanela, que além de carinho e conforto nos momentos mais difíceis da caminhada, auxiliou muito nos trabalhos de campo, laboratório e redação deste trabalho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Amauri Alves de Alvarenga e à minha co-orientadora Profa. Dra. Angela Maria Soares, pelos ensinamentos e ajuda na condução dos experimentos.

Ao Prof. PhD. Ivany M. F. Valio, pelas sugestões ao trabalho e participação na banca examinadora.

Com muito carinho, aos colegas da minha turma de mestrado: Fabiano, Silvia, Rúbia, Cintia e Lucinéa; pelos momentos partilhados durante o curso.

Aos demais colegas, em especial: Breno, Jorge, Edna, Sandra, Erivaldo, Claudio, Juliana, Artiaga, Vânia, Leandro, Fabiano, Leonardo, Moisés, Janaína, Daniela, Aramália, Ana Hortênsia, Guilherme, Laudiene, Sandro, Darlan, José Carlos, Raniere e todos aqueles que não foram citados aqui, mas que contribuíram para minha formação.

Aos alunos de iniciação científica: Érico, Carlos Vinicio, Marcio e Evandro que ajudaram na condução dos experimentos.

Ao Prof. Evaristo Mauro pela interpretação da anatomia foliar das plantas.

Aos funcionários do Setor de Fisiologia Vegetal: Joel, Odorêncio, Lena, Izonel, Mauro, Tanhã, Evaristo, pelo suporte técnico dado ao trabalho.

A CAPES (Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior) pela concessão da bolsa e ao CNPq e FAPEMIG pelos recursos concedidos para a realização dos experimentos.

E, por fim, a todos os professores e amigos que colaboraram para a execução desta etapa tão importante da minha vida.

BIOGRAFIA

LUCIANO PESSOA DE ALMEIDA, filho de Maria Aparecida Rabelo de Almeida e Luiz Alberto Pessoa de Almeida, nasceu em 23 de julho de 1976, em Vargem Grande do Sul-SP. Iniciou o curso de Engenharia Agrônômica na Universidade Federal de Lavras (UFLA) em julho de 1994, graduando-se em setembro de 1999. Nesse período destaca-se o trabalho de monitoria em Zoologia Geral por dois períodos, e as pesquisas desenvolvidas no Setor de Fisiologia Vegetal, durante 3 anos como bolsista do PIBIC/CNPq. Logo após a graduação, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia/Fisiologia Vegetal na UFLA, em setembro de 1999, concluindo-o em agosto de 2001.

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT	ii
CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO GERAL	1
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 Caracterização e importância da <i>Cryptocarya aschersoniana</i> Mez...	3
2.2 Fisiologia da germinação	6
2.3 Dormência	8
2.4 Fisiologia do crescimento e do desenvolvimento.....	12
2.4.1 Trocas gasosas, fluorescência, concentração de clorofilas, nitrogênio foliar e radiação	12
2.4.2 Crescimento e radiação	16
2.4.3 Anatomia foliar e radiação	20
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22
CAPÍTULO 2: INFLUÊNCIA DA ESCARIFICAÇÃO MECÂNICA, TEMPERATURA E AGENTES QUÍMICOS NA GERMINAÇÃO DE DIÁSPOROS DE <i>CRYPTOCARYA ASCHERSONIANA</i> MEZ	33
1. RESUMO	33
2. ABSTRACT	34
3. INTRODUÇÃO	35
4. MATERIAL E MÉTODOS	37
4.1 Considerações gerais	37
4.2 Avaliações realizadas	37
4.2.1 Massa fresca de 100 diásporos intactos	37
4.2.2 Teor de umidade dos diásporos	38
4.2.3 Curva de embebição	38
4.3 Efeito da temperatura na germinação de diásporos de <i>Cryptocarya aschersoniana</i> Mez.	38
4.4 Efeito do ácido giberélico e de nitrato de potássio na germinação de diásporos de <i>Cryptocarya aschersoniana</i> Mez.	39
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
5.1 Avaliações realizadas	41
5.2 Efeito da temperatura na germinação de diásporos de <i>Cryptocarya aschersoniana</i> Mez.	43
5.3 Efeito do ácido giberélico e de nitrato de potássio na germinação de diásporos de <i>Cryptocarya aschersoniana</i> Mez.	45
6. CONCLUSÕES	47

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
-------------------------------------	----

CAPÍTULO 3: ASPECTOS FISIOLÓGICOS DO CRESCIMENTO INICIAL DE PLANTAS JOVENS DE <i>CRYPTOCARYA ASCHERSONIANA</i> MEZ. SUBMETIDAS A DIFERENTES NÍVEIS DE RADIAÇÃO	51
1. RESUMO.....	51
2. ABSTRACT	52
3. INTRODUÇÃO.....	53
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	54
4.1 Considerações gerais.....	54
4.2 Condições experimentais.....	55
• Material vegetal	55
• Condições climáticas	56
4.3 Características avaliadas	57
4.4 Análises estatísticas.....	60
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	60
5.1 Microambiente.....	60
5.2 Trocas gasosas, fluorescência da clorofila e potencial hídrico foliar.	62
5.3 Nitrogênio foliar e clorofila.....	69
5.4 Crescimento e alocação de biomassa.....	72
6. CONCLUSÕES.....	76
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77

CAPÍTULO 4: ASPECTOS ANATÔMICOS DE PLANTAS JOVENS DE <i>CRYPTOCARYA ASCHERSONIANA</i> MEZ. SUBMETIDAS A DIFERENTES NÍVEIS DE RADIAÇÃO.....	83
1. RESUMO.....	83
2. ABSTRACT	84
3. INTRODUÇÃO.....	84
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	86
4.1 Considerações gerais.....	86
4.2 Condições experimentais.....	86
• Material vegetal	86
• Condições climáticas	88
4.3 Características anatômicas.....	89
4.4 Análises estatísticas.....	89
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	89
6. CONCLUSÕES.....	94
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	94

RESUMO

ALMEIDA, L. P. de. **Germinação, crescimento inicial e anatomia foliar de plantas jovens de *Cryptocarya aschersoniana* Mez. sob diferentes níveis de radiação.** Lavras: UFLA, 2001. 96 p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia – Área de concentração Fisiologia Vegetal)*

O plantio de essências nativas, seja com finalidade econômica ou conservacionista, requer uma série de cuidados que dependem do conhecimento prévio de suas características fisiológicas e exigências ecológicas nas diversas etapas de seu ciclo vital. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a germinação de diásporos em laboratório, as trocas gasosas, a fluorescência da clorofila *a*, as concentrações de clorofilas e nitrogênio foliar, o crescimento e a anatomia foliar em plantas jovens de *Cryptocarya aschersoniana* Mez. submetidas a diferentes níveis de radiação. Os resultados de germinação demonstraram que apenas a escarificação dos diásporos é suficiente para que se atinja considerável germinação, sendo as melhores respostas em temperaturas constante de 25°C e alternada de 30/20°C (dia/noite). Tratamentos dos diásporos escarificados com soluções de giberelina e nitrato de potássio não proporcionaram incrementos na porcentagem de germinação, sendo satisfatória mesmo em água destilada. Nos experimentos de campo em que foram utilizados diferentes de radiação (pleno sol, como controle; 30; 50 e 70 % de sombreamento, as plantas apresentaram comportamentos diferenciados quanto algumas características químicas, anatômicas e de crescimento avaliadas. As trocas gasosas foram mais eficientes nas plantas cultivadas em 30 e 50% de sombra, o mesmo ocorrendo com a distribuição de biomassa. Foram observados danos fotoinibitórios nas plantas cultivadas a pleno sol, redução na quantidade de clorofila total e aumento na concentração de nitrogênio foliar. Redução na clorofila total foi também observada sob 50% de sombreamento, porém maior razão clorofila *a/b* na condição de 70% de sombreamento. O crescimento em altura e diâmetro foram mais expressivos nas plantas sob condições sombreadas (30 e 50% de sombreamento). Baseado nesses resultados, é possível sugerir que as melhores condições de cultivo para *Cryptocarya aschersoniana* Mez. são sob 30 ou 50% sombreamento.

* Comitê Orientador: Prof. Dr. Amauri Alves de Alvarenga – UFLA (Orientador), Prof. Dra. Ângela Maria Soares – UFLA (Co-orientadora).

ABSTRACT

ALMEIDA, L. P. de. Germination , early growth and leaf anatomy of young plants of *Cryptocarya aschersoniana* Mez. under different radiation levels. Lavras: UFLA, 2001. 96p. (Dissertation - Master in Agronomy-Major Plant Physiology)*

The cultivation of native essences with economical or conservacionist purpose needs a serie of cares that need some previous knowledgment in characteristics physiological and ecologic from the diversed phases of life cycle. Based in these facts, this research aimed to evaluete the diaspore germination in lab conditions, gaseous exchanges, chlorophyll a fluorecence, leaf nitrogen and chlorophyll concentration, growth and leaf anatomy in *Cryptocarya aschersoniana* Mez. submitted to different radiation levels. The germination results showed anly the diaspore scarification is enough to reach considerable germination, and the results were attained with constant temperature at 25°C and alternate of 30/20°C (day/night). Treatment of scarified diaspores with gibberelin solution and potassium nitrate did not cause increments in germination percentage, being also satisfactory with distilled water. In field experiment that were used different radiation levels (full sunlight, 30, 50 and 70% shading), the plants showed differentiated responses in relation to some chemicals characteristics, anatomical and growth parameters analyzed. The gaseous exchanges were more efficient in plants cultivated in 30 and 50 shading, fact also observed with biomass. There were observed photoinhibitory effect in plants cultivated under full sunlight, reduction in total chlorophyll and increase in leaf nitrogen. Decrease in total chlorophyll was observed under 50% shading, although the higher chlorophyll a/b rate was observed in 70% shading. The height and diameter were more expressive in plants under shaded conditions (30 and 50% shading). Based in these results, it is possible to suggest that the best conditions of cultivation for *Cryptocarya aschersoniana* Mez. are under 30 or 50% shading.

* Guidance Committee: Prof. Dr. Amauri Alves de Alvarenga (Major Professor),
Profa. Dra. Angela Maria Soares.

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO GERAL

1. INTRODUÇÃO

Atualmente a revegetação de matas ciliares as quais utilizam o conceito de sucessão secundária, tem sido empregada no Brasil e com bons resultados quanto à implantação de matas em curto espaço de tempo, com menor custo e maior número de espécies. Contudo, esta tecnologia ainda não se encontra totalmente estabelecida, pois necessita de mais estudos, com ênfase às características dos ecossistemas, à ecofisiologia da germinação de espécies nativas e aos sistemas de produção de mudas em larga escala.

O plantio de essências nativas, seja com finalidade econômica ou conservacionista, requer conhecimentos de suas características fisiológicas e exigências ecológicas nas diversas etapas de seu biociclo. Dentre os principais aspectos necessários para a implantação e o manejo de florestas nativas destaca-se o processo de germinação das sementes, que pode fornecer subsídio para a compreensão da regeneração natural e a tecnologia de produção de mudas.

A crescente necessidade de se conhecer os principais processos que envolvem a germinação e a fisiologia do crescimento e desenvolvimento de espécies nativas e exóticas se evidenciou no Brasil, principalmente, devido aos incentivos destinados à revegetação da composição florística de ambientes degradados nas margens dos reservatórios da CEMIG, áreas de recomposição de matas ciliares e ambientes perturbados.

Vários programas de revegetação de ambientes degradados têm sido cobertos de insucessos devido à pouca atenção dada ao conhecimento autoecológico das espécies que podem ser utilizadas nestes programas (Engel e Poggiani, 1991).

Neste contexto e com a crescente demanda por informações sobre espécies com potencial para serem implantadas em ambientes degradados, torna-se fundamentalmente importante o conhecimento das bases fisiológicas da germinação; o conhecimento da performance da espécie em estudo frente às condições ecofisiológicas, particularmente no que se refere a diferentes níveis de irradiância sobre o desenvolvimento inicial e as características anatômicas foliares. Estas respostas serão de fundamental importância no estabelecimento de protocolo para produção de mudas visando uma exploração mais racional das potencialidades da *Cryptocaria aschersoniana* Mez em projetos de reflorestamento de ambientes perturbados e/ou degradados, visto que esta espécie, segundo Davide, Faria e Botelho (1995) é promissora para programas de revegetação de matas ciliares.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Caracterização e importância da *Cryptocarya aschersoniana* Mez.

A espécie *Cryptocarya aschersoniana* Mez, pertencente à família Lauraceae, é também conhecida pelos nomes populares de canela-batalha, canela-areia, canela-fogo (SC), canela-pururuca (SC). Sua ocorrência abrange uma vasta região do território brasileiro, desde o estado de Minas Gerais até o Rio Grande do Sul, principalmente na floresta pluvial da encosta atlântica e nas submatas de pinhais. Sua altura quando adulta pode atingir de 15 a 25 m, com tronco de 70 a 90 cm de diâmetro. Possui folhas glabras, de 5 a 10 cm de comprimento por 3 a 5 cm de largura, sustentadas por um pecíolo de 7 a 8 cm. A floração ocorre durante os meses de agosto-outubro e o amadurecimento dos frutos, a partir do mês de fevereiro, prolongando-se até abril. Sua madeira pode ser empregada para acabamentos internos, laminados, caixotaria, e uma gama de utilidades no setor da construção civil. A árvore proporciona ótima sombra, o que a torna recomendada para a arborização urbana e rural. Seus frutos são consumidos por várias espécies de animais, o que a torna interessante para o reflorestamento de áreas degradadas e de preservação permanente em composições mistas (Lorenzi, 1992).

A espécie *Cryptocarya aschersoniana* Mez. é uma espécie emergente, cuja distribuição é contínua em matas de galeria e freqüente ao longo de cursos d'água, características estas que comprovam a sua potencialidade para a recuperação de ambientes degradados (Felfili, 1993, 1995).

Suas sementes apresentam uma taxa de germinação baixa e lenta, podendo chegar até 70 dias para que ocorra a emergência das plântulas (Lorenzi, 1992). Um fato que merece destaque é que suas sementes são predadas por

larvas de inseto da família Curculionidae, ordem Coleoptera (Rezende et al., 1998), além do que elas são revestidas por espesso e resistente envoltório (o endocarpo), o que impede sua pronta germinação. Essas características, particulares a esta espécie, fazem com que sua propagação seja difícil, o que justifica um estudo mais detalhado no tocante as bases morfofisiológicas que regulam a germinação das sementes desta espécie, no sentido de utilizá-la em futuros programas de revegetação de ambientes degradados. A Figura 1 a seguir, mostra o aspecto geral da planta bem como suas principais estruturas.



FIGURA 1: Aspecto geral da planta de *Cryptocarya aschersoniana* Mez. e seus principais órgãos componentes (Lorenzi, 1992).

2.2 Fisiologia da germinação

Considera-se a germinação de uma semente a retomada das atividades metabólicas do eixo embrionário, o qual se encontra em estado de inatividade na semente madura, com o conseqüente rompimento do tegumento pela radícula. É uma etapa crítica do biociclo vegetal, visto que o processo está associado a vários fatores de natureza extrínseca (fatores do ambiente físico) e intrínseca (processos fisio-metabólicos) (Popinigis, 1977; Labouriau, 1983; Andrade e Damião-Filho, 1989; Bianchetti, 1991; Borges e Rena, 1993; Bewley e Black, 1994; Santos, 1999).

O ambiente exerce um papel fundamental na fisiologia da germinação. A sensibilidade da semente à luz, temperatura e ao estresse hídrico é determinante na germinação de uma determinada semente em uma situação particular (Bewley e Black, 1994).

A temperatura exerce grande influência, tanto na porcentagem final de germinação como na velocidade do processo germinativo (Andrade e Pereira, 1994). Temperaturas abaixo da faixa ótima reduzem a velocidade de germinação devido à redução do metabolismo das sementes e, aquelas acima dessa faixa reduzem o poder germinativo das sementes possivelmente devido a alterações nas enzimas envolvidas com o processo germinativo (Toledo e Marcos Filho, 1977).

Alguns trabalhos relatam que sementes de algumas espécies florestais necessitam de alternância de temperatura para que ocorra a germinação (Borges e Rena, 1993; Khan, Gul e Weber, 2000; Gulzar e Khan, 2001). Essa alternância, segundo os autores, corresponde, provavelmente, a uma adaptação frente às flutuações naturais do ambiente. Todavia, em outras espécies, uma temperatura constante é mais apropriada para que se atinja uma ótima germinação (Al-Yemini e Basahy, 1999; Adams, 1999).

O efeito da luz na germinação das sementes é regulado pela molécula de fitocromo, por meio de mecanismos complexos e ainda pouco conhecidos, com grande diversidade de respostas, incluindo as interações com temperatura, nitrato e giberelinas (Attridge, 1990; Hilhorst, 1990; Bewley e Black, 1994; Baskin e Baskin, 1998).

No processo germinativo das sementes é muito importante a utilização de um substrato adequado para o tipo de semente com que se trabalha. O substrato tem a função de fornecer à semente o ambiente no qual ela possa germinar e se desenvolver. Na escolha do substrato, deve-se levar em consideração o tamanho da semente, sua exigência com relação à umidade e luz e ainda, a facilidade na contagem e avaliação das plântulas (Popinigis, 1977; Aguiar, Piña Rodrigues e Figliola, 1993).

Há certas espécies de plantas em que a população de sementes inicia e completa a germinação de maneira bem uniforme. Isso ocorre particularmente com as espécies de rápida germinação, incluindo muitas herbáceas, gramíneas e espécies arbóreas como o salgueiro, o choupo e outras espécies lenhosas pioneiras. Essa estratégia permite a rápida exploração das condições favoráveis para a germinação e estabelecimento das plantas. Em contraste, a germinação é mais lenta em muitas espécies por várias razões. As sementes destas espécies germinam de maneira muito irregular: significa que durante um longo período somente uma pequena porção da reserva de sementes será usada até seu final de uma só vez. Desta forma, as plantas emergem em tempos diferentes e parte da progênie evita as condições climáticas mais desfavoráveis e uma herbivoria severa (Larcher, 2000).

Desta maneira, o conhecimento da ecofisiologia da germinação, principalmente das espécies representativas de cada estágio sucessional, permite não só discriminar os fatores indutores e/ou catalisadores dos processos

fisiológicos da germinação, como também compreender melhor a dinâmica da sucessão natural nos trópicos (Seghese, Isshiki e Vitti, 1992).

2.3 Dormência

Uma real definição do termo dormência tem sido tema de muito debate, e nem sempre de consenso. Segundo Bewley e Black (1994), a dormência corresponde a um estado funcional no qual a semente se encontra viável, contudo não germina nas condições supostamente permissíveis. Entende-se por condições permissíveis a disponibilidade de água para a embebição da semente, o oxigênio atmosférico e a temperatura favorável para a germinação. Estes três requisitos são comuns a todas as sementes conhecidas. No caso, a luz não entra como um fator essencial, pois nem todas as sementes necessitam de luz para germinar.

A definição mencionada para dormência possibilita diferenciar entre sementes quiescentes e dormentes. Quando uma semente é colocada sob condições supostamente apropriadas para germinar e efetivamente germina em um espaço de tempo, considera-se que ela se encontrava num estado quiescente. Quando sob tais condições a semente se hidrata, respira, metaboliza, mas não germina, trata-se então de uma semente dormente (Popinigis, 1977; Desai, Kotecha e Salunkhe, 1997; Borghetti, 2000). Destaca-se, ainda, que as sementes de muitas espécies silvestres não cultivadas, bem como a maioria daquelas recentemente domesticadas, possuem diferentes graus e mecanismos de dormência, sem os quais elas não sobreviveriam na natureza.

O significado adaptativo da dormência é explicável pela necessidade do estádio de plântula, um dos mais críticos na vida da planta, de evitar as condições desfavoráveis do meio para garantir a sobrevivência da espécie (Vázquez-Yanes, 1979; Bradbeer, 1988).

De acordo com Bewley e Black (1994), a dormência pode ser classificada em três tipos básicos: a) dormência devido à imaturidade de embrião, no qual a semente dispersa contém um embrião que ainda não completou seu desenvolvimento; b) dormência fisiológica, no qual o embrião, maduro, apresenta impedimentos metabólicos à germinação, como hormônios e proteínas inibidoras. c) dormência tegumentar, na qual o bloqueio à germinação encontra-se nos tegumentos que revestem o embrião.

Em muitas espécies, a dormência nas sementes é imposta pelas estruturas ao redor do embrião (tegumento da semente), o qual pode incluir glumas, páleas e lemas, o pericarpo, testa, perisperma e endosperma. O embrião, nestes casos, é então isolado experimentalmente destas estruturas que o cercam sendo, então, não dormente (Desai, Kotecha e Salunkhe, 1997).

A dormência tegumentar também pode ser dividida em quatro tipos, segundo Noggle e Fritz (1976): impermeabilidade à água, em que as sementes permanecem intactas quando imersas nesse líquido; impermeabilidade aos gases, quando ocorre a penetração de água, mas a restrição às trocas gasosas impede a respiração e, conseqüentemente, a germinação; resistência mecânica, quando há entrada de água, mas o embrião não é capaz de romper o tegumento; presença de substâncias inibidoras, quando há absorção de água, mas não há germinação; e ainda a possibilidade de ocorrer interação entre alguns destes fatores. Em adição, Bewley e Black (1994) relatam os seguintes possíveis mecanismos de prevenção à germinação pelas estruturas de cobertura das sementes: interferência com ganho de água, interferência com as trocas gasosas, presença de inibidores químicos, tegumento da semente como uma barreira para a saída dos inibidores da semente, modificações na luz que alcança o embrião, tegumento da semente exercendo uma restrição mecânica. Os métodos para superar a dormência variam de acordo com a natureza e a intensidade do bloqueio à germinação (Roberts, 1972).

Villiers (1975) afirmou que a dormência devido à dureza do tegumento pode ser superada naturalmente por danos mecânicos, danos causados por insetos, decomposição microbiana do tegumento ou ainda pelo fogo. Entretanto, Akamine (1942) já afirmava que estes processos requerem vários anos para produzirem uma germinação satisfatória.

Alguns tratamentos físicos ou químicos no tegumento da semente podem permitir que o embrião germine, por exemplo, abrasão (escarificação), armazenamento úmido a altas temperaturas, perfuração, uso de solventes orgânicos para remover as substâncias impermeabilizantes ou tratamento com ácidos minerais. A finalidade destes tratamentos é tentar reduzir a resistência à germinação promovida pelo tegumento (Desai, Kotecha e Salunkhe, 1997; Teketay, 1998; Morris, Tieu e Dixon, 2000).

Também tem sido hipotetizado que a dormência de sementes é regulada pela interação de promotores de crescimento e inibidores; os últimos, em particular, controlando o início e a manutenção da dormência. Dentre os inibidores, tem-se dado grande importância ao ácido abscísico (ABA), sendo a sua presença ou ausência um indicativo da duração da dormência. Esta substância inibe a síntese de enzimas hidrolíticas essenciais ao processo de mobilização das reservas contidas nas sementes que serão posteriormente alocadas para que ocorra a retomada de crescimento do eixo embrionário (Taiz e Zeiger, 1998). Destaca-se, como hormônios promotores, as giberelinas e as citocininas, sendo sua ação antagonista à do ácido abscísico (Desai, Kotecha e Salunkhe, 1997).

As giberelinas, mais do que qualquer outro fito-hormônio, estão envolvidas no início da germinação (Khan, 1971). De acordo com Kigel e Galili (1995), as giberelinas também aceleram a germinação, aumentando a hidrólise das reservas. Em sementes de *Cupressus sempervirens*, John e Paul (1994)

observaram um incremento de 25 % na germinação em relação ao controle em sementes tratadas com solução a 20 ppm de ácido giberélico (GA₃).

Trabalhando com sementes de *Fagus sylvatica*, Nicolas, Nicolas e Rodrigues (1996) constataram o efeito positivo do ácido giberélico (GA₃) na superação da dormência e ao mesmo tempo substituindo a estratificação. Neste mesmo trabalho, observaram efeitos antagônicos do ácido abscísico (ABA) em relação ao ácido giberélico (GA₃). Em *Acacia concina*, Swaminathan e Srimathi (1994) concluíram que sementes tratadas com GA₃ 1000 ppm, tiveram um incremento em sua germinação, o mesmo acontecendo com sementes de *Dendrocalamus strictus*, em que o ácido giberélico estimulou a germinação final (Richa e Sharma, 1994).

Kitchen e Meyer (1991), quando estudaram os aspectos da germinação de 27 espécies de *Penstemon* sp., observaram que a germinação variou de 0 a 88% em sementes não tratadas e de 13 a 100% em sementes tratadas com 250 ppm de GA₃. Em estudo com a espécie *Guarea guidonea* (L.), Sleumer, Castro et al. (1999) observaram um maior índice de velocidade de germinação nas sementes tratadas com 300 mg/l de GA₃, sendo a porcentagem final inalterada em relação ao controle. Na espécie *Koelreuteria paniculata* Laxm. a porcentagem final de germinação aumentou de 0 (controle) para 60 % com a aplicação exógena de 100 ppm de GA₃, especialmente nas sementes que passaram por um chiling de 15 dias em água destilada a 4 °C (Rehman e Park, 2000).

Com relação ao nitrato de potássio (KNO₃), vários trabalhos têm demonstrado o efeito estimulador deste sal na germinação de sementes, entretanto, ainda não se sabe quais os efeitos fisiológicos do KNO₃ que promovem o estímulo na germinação de sementes (Ruy, Capucho e Lopes, 1997; Ribeiro et al., 1995). Ruy, Capucho e Lopes (1997), trabalhando com *Solanum pimpinellifolium* Jual., verificaram que sementes desta espécie tratadas

com KNO_3 a 0,2 % apresentaram aumentos substanciais na germinação em relação às sementes não tratadas. Em trabalhos com sementes de tangerina Sunki (*Citrus sunki* Hort ex Tan.), Ribeiro et al. (1995) verificaram que a associação de KNO_3 a 0,4 % e ácido giberélico a 100 ppm proporcionaram um percentual final de germinação de 85 % sem, contudo, alterar a velocidade de germinação.

2.4 Fisiologia do crescimento e do desenvolvimento

2.4.1 Trocas gasosas, fluorescência, concentração de clorofilas, nitrogênio foliar e radiação

Um grande número de pesquisas ecofisiológicas em plantas tem dado ênfase às trocas gasosas, devido a sua relação direta com a sobrevivência e o crescimento das plantas, ambos limitados pela demanda e o suprimento de fotossintatos (Layne e Flore, 1993). Gifford et al. (1984) sugeriram que incrementos no crescimento e produção serão maiores quando ambas atividades de fonte e dreno de carbono aumentarem simultaneamente.

A absorção e a utilização da radiação fotossinteticamente ativa é um dos mais importantes fatores que limitam a produtividade das plantas (Jackson, 1978; Jackson, 1980). Plantas de espécies tolerantes à sombra, quando cultivadas em ambientes sombreados, geralmente exibem menor taxa fotossintética à luz saturante, menor ponto de compensação luminoso e menor taxa de respiração no escuro do que a mesma espécie crescendo sob condições de altas densidades de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA). Frequentemente estas plantas são mais eficientes em baixos níveis de DFFFA (Boardman, 1977; Björkman, 1981).

Estudos desenvolvidos por Abrams e Mostoller (1995) com espécies de diferentes grupos sucessionais, precoces e tardias, em ambiente aberto,

constatarem melhor performance fotossintética das espécies precoces em relação às tardias. Resultados semelhantes foram observados por Riddoch, Lehto e Grace (1991) que, trabalhando com plantas tropicais, verificaram uma maior taxa fotossintética na espécie pioneira em relação às demais espécies estudadas.

Os mecanismos fisiológicos primários que garantem a sobrevivência das plantas exigem o fluxo de CO₂ e vapor d'água através dos estômatos pelos processos de fotossíntese e transpiração. A exemplo de muitas estruturas vegetais, os estômatos respondem a variados estímulos ambientais, os quais constituem um mecanismo de controle das interações da planta com o meio. Entretanto, os resultados dessas interações não são facilmente identificados, uma vez que são complexos os mecanismos de interação entre os diversos fatores do meio ambiente (Kwesiga, Grace e Sandford, 1986; Will e Teskey, 1999).

O comportamento estomático é complexo, considerando os fatores ambientais e os respectivos processos fisiológicos envolvidos. Desta maneira, torna-se necessário estudar as respostas ambientais dos estômatos para entender o controle da transpiração bem como a assimilação em ambientes naturais e artificiais (Barradas, Jones e Clark, 1994).

A radiação fotossinteticamente ativa é um fator do ambiente particularmente importante que afeta tanto a condutância estomática como a transpiração. A irradiância é particularmente dinâmica para plantas em que a descontinuidade dos dosséis produzem feixes de sol de diferentes tamanhos e intensidades no tempo e no espaço (Barradas, Jones e Clark, 1994; Bazzaz, 1979). Geralmente, a condutância estomática e a transpiração de folhas sombreadas são menores que em folhas de plantas cultivadas em altas densidades de fluxo de fótons (Huante e Rincón, 1998; Chartzoulakis, Therios e Noitsakis, 1993; Kwesiga, Grace e Sandford, 1986; Boardman, 1977).

Em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), quando a irradiância varia de 50 para 350 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ por aproximadamente 60 minutos, a condutância foliar

aumenta significativamente, sugerindo uma curva sigmóide (Barradas, Jones e Clark, 1994). Resultados contrastantes foram observados por Tinoco-Ojanguren e Percy (1993) que, trabalhando com espécies de interior de florestas ou ambientes sombreados, observaram que a abertura estomática continua por um longo período após a abertura do dossel ou do feixe de luz, com o estômato tendendo a alcançar sua máxima condutância por volta de 20 minutos após a radiação ter retornado ao nível baixo.

Um aumento na densidade do fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA) provocou um aumento na taxa de transpiração em plantas de *Quercus robur* L. (Welander e Ottosson, 2000). Comportamento semelhante que foi observado em plantas de Kiwi as quais, quando em condições sombreadas, apresentam taxas de transpiração menores que em condições de pleno sol (Chartzoulakis, Therios e Noitsakis, 1993).

A fotoinibição da fotossíntese geralmente ocorre na natureza quando as plantas são expostas em excesso de radiação necessária aos processos fotossintéticos e fotorrespiratórios (Long, Humphries e Falkowski, 1994; Krause e Winter, 1996). Plântulas de árvores de dossel de florestas tropicais geralmente crescem em ambientes muito sombreados; conseqüentemente, elas podem se tornar fotoinibidas quando subitamente expostas a altas irradiâncias (Kamaluddin e Grace, 1992; Castro, Fetcher e Fernández, 1995). A fotoinibição e sua conseqüente recuperação tem sido estudada em folhas pelo monitoramento da razão entre a fluorescência da clorofila variável e a máxima (F_v/F_m), a qual provê uma medida do transporte de elétrons no complexo do fotossistema II (Hideg e Murata, 1997). Em *Vicia faba*, estes mesmos autores constataram uma queda na razão F_v/F_m quando as folhas desta espécie foram expostas a uma fonte de luz forte ($2500 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) por um período de 5 horas. Em *Prunus cerasus* L., a razão F_v/F_m foi significativamente reduzida dentro de um dia de iluminação contínua (Layne e Flore, 1993).

Em algumas plantas tropicais, a razão F_v/F_m permaneceu próxima dos valores ótimos (0,75 – 0,80), indicando que a eficiência fotoquímica não foi afetada pela exposição a pleno sol ou sombreamento (Castro, Fetcher e Fernández, 1995). Estudos com espécies pioneiras cultivadas em condições de níveis baixos de radiação fotossinteticamente ativa têm evidenciado a ocorrência de fotoinibição da capacidade fotossintética em folhas maduras (Powels e Thorne, 1981).

O crescimento e a adaptação da planta a ambientes caracterizados por diferentes condições de disponibilidade de radiação relacionam-se a sua eficiência fotossintética que, por sua vez, depende, dentre outros fatores, dos teores de clorofila presentes na folha (Leverenz, 1987; Ellsworth e Reich, 1992; Mendes, Gazarini e Rodrigues, 2001). Segundo Kramer e Kozlowski (1979), a clorofila está sendo constantemente sintetizada e destruída (foto-oxidação) em presença de luz, mas sob intensidades luminosas muito altas ocorre uma maior destruição em relação a quantidade sintetizada, e o equilíbrio é estabelecido a uma concentração mais baixa. Desta maneira, folhas de sombra possuem uma concentração maior de clorofilas do que folhas de sol.

O sombreamento em folhas de Kiwi proporcionou teores de clorofila quase três vezes maior nas folhas sombreadas em relação às folhas expostas ao sol, com base na matéria seca. No entanto, as folhas de sol apresentaram uma razão clorofila a/b significativamente maior do que as folhas de sombra (Chartzoulakis, Therios e Noitsakis, 1995). A proporção entre clorofilas a e b , de uma maneira geral, tende a diminuir com a redução da intensidade luminosa (Boardman, 1977; Kozlowski, Kramer e Pallardy, 1991), devido a uma maior proporção relativa de clorofila b em ambiente sombreado. Este aumento da clorofila b em ambientes sombreados é associado a sua degradação ser mais lenta do que a clorofila a (Engel e Poggiani, 1991). Contudo, em plantas jovens

de pêsego, cultivadas em diferentes níveis de luminosidade, não foram observadas diferenças na relação entre clorofilas *a* e *b* (Kappel e Flore, 1983).

Estudando a concentração de clorofilas em quatro espécies florestais nativas, submetidas a quatro níveis de sombreamento (0, 41, 68 e 82%), Engel e Poggiani (1991) encontraram que o teor de clorofila nas folhas correlacionou-se positivamente com o nível de sombra em todas as espécies, sendo esta correlação mais elevada para a clorofila *b*. Naves, Alvarenga e Oliveira (1994), em estudos semelhantes, encontraram resultados com tendências semelhantes.

Altas taxas de trocas gasosas em muitas espécies são associadas com altas concentrações de nitrogênio foliar, embora poucos estudos tenham comparado concentrações de nitrogênio com taxas de trocas gasosas em ambientes contrastantes de radiação (Reich et al., 1990; Ellsworth e Reich, 1992).

O conteúdo de nitrogênio foliar, expresso com base na área foliar, foi maior nas folhas de sol do que nas folhas sombreadas de espécies arbóreas (Abrams e Mostoller, 1995). Resultados semelhantes foram obtidos por Dias-Filho (1997), com a espécie *Solanum crinitum* L. Entretanto vários autores observaram que no conteúdo de nitrogênio foliar, quando baseado na massa foliar, o resultado é inverso, sendo maior o conteúdo nas folhas crescidas sob baixas intensidades luminosas (Dias-Filho, 1997; Holmes e Cowling, 1993).

2.4.2 Crescimento e radiação

A adaptação das plantas à disponibilidade de luz está fundamentalmente relacionada ao ajuste do aparelho fotossintético no contexto da intensidade de radiação (Kramer e Kozlowski, 1979; Dias-Filho, 1997). Logo, o modelo de crescimento pode refletir a habilidade de adaptação das espécies às condições de radiação do ambiente em que estão se desenvolvendo; geralmente as

características de crescimento são utilizadas para inferir o grau de tolerância ou intolerância das espécies à baixa disponibilidade de luz (Naves, Alvarenga e Oliveira, 1994). A sobrevivência de uma espécie pode ser relacionada à habilidade de aclimação das plantas às condições de intensidade luminosa do ambiente (Engel e Poggiani, 1991; Dias-Filho, 1997).

O crescimento das plantas resulta de correlações internas envolvendo carboidratos, hormônios, água e minerais. Embora a fotossíntese seja considerada o mais importante processo fisiológico do crescimento, por fornecer a matéria prima necessária (Kozlowski, 1962), o desenvolvimento de uma planta por outro lado, envolve importantes mecanismos regulatórios de conversão e alocação de assimilados (Engel e Poggiani, 1991). Os estímulos físicos, representados pelos fatores ambientais, constituem o sustentáculo do crescimento; entretanto, a regulação biológica define seu padrão de expressão (Reis e Muller, 1979). Dentre as várias características que têm sido usadas para avaliar as respostas de crescimento de espécies florestais à intensidade luminosa, o crescimento da parte aérea é considerado uma característica bastante inconstante. Trabalhando com *Cabralea canjerana*, Sousa-Silva et al. (1999) verificaram que os maiores valores em altura ocorreram nas plantas em condições extremas de luz (pleno sol e 90% de sombreamento). Na condição de pleno sol, a tendência de maior altura pode estar vinculada à maior produção de fotossintatos, enquanto na condição de 90% de sombreamento, a tendência de maior altura pode estar vinculada ao estiolamento das plantas.

Em *Schefflera morototoni*, os resultados mostram que as maiores médias de altura foram observadas quando as plantas foram cultivadas em 90 % de sombreamento (Mazzei et al., 1998). Resultados semelhantes foram observados por Salgado et al. (1998) com a espécie *Zanthoxylum rhoifolium*. Contudo, nas espécies *Hymenaea courbaril* var. *stilbocarpa* e *Aloe vera*, os maiores valores de

altura foram observados nas plantas cultivadas em 70 % de sombreamento (Mazzei et al., 1999; Paez et al., 2000).

Castro, Alvarenga e Gomide (1996), em pesquisa sobre crescimento e distribuição de matéria seca em mudas de calabura (*Muntingia calabura* L.), submetidas a três níveis de irradiância, observaram que os níveis de sombreamento estudados (67 e 48% de luz solar) proporcionaram melhor desenvolvimento em altura nas plantas do que aquelas cultivadas a pleno sol. A espécie *Platycyamus regnelli* Benth. comportou-se de maneira idêntica ao crescimento em altura, tendo alcançado as maiores médias sob 50% de radiação fotossinteticamente ativa (Alvarenga e Scalón, 1993).

O diâmetro do caule, por ser uma medida de fácil determinação e por não implicar na destruição da planta, tem sido utilizado com certa regularidade na avaliação do crescimento da planta. Ele tem sido reconhecido como um dos melhores, senão o melhor dos indicadores de padrão de qualidade de mudas (Castro, Alvarenga e Gomide, 1996).

O crescimento em diâmetro depende da atividade cambial que, por sua vez, é estimulada por fotoassimilados e hormônios translocados das regiões apicais (Kozłowski, 1962). Portanto, o crescimento em diâmetro é um bom indicador da assimilação líquida, sendo que depende mais diretamente da fotossíntese (Engel e Poggiani, 1991).

Muitos autores concordam em relacionar um maior diâmetro do colo a uma maior intensidade luminosa. De fato, Naves, Alvarenga e Oliveira (1994) verificaram este tipo de relação em *Sesbania sesban*, *Cybistax antisyphilitica* e *Copaifera landsgorffii*, quando cultivadas sob condições de maior disponibilidade de radiação fotossinteticamente ativa (RFA). Plantas de *Zeyhera tuberculosa*, *Tabebuia avellanadae*, *Erythrina speciosa* e *Zanthoxylum rhoifolium* Lam. também exibiram o mesmo padrão de resposta (Salgado et al., 1998; Engel e Poggiani, 1991). Por outro lado, Alvarenga e Scalón (1993)

constataram que o diâmetro do caule de mudas de *Platycamus regnelli* não foi alterado pelo sombreamento, muito embora, em *Amburana cearensis*, o nível de 82 % de sombra tenha proporcionado os maiores valores de diâmetro do caule. Resultados semelhantes foram encontrados em *Schefflera morototoni* e *Hymenaea coubaril* var. *stilbocarpa*, quando as plantas foram expostas em condições sombreadas (Mazzei et al., 1998; Mazzei et al., 1999).

Outra característica de grande importância no contexto de uma análise de crescimento é a matéria seca. A quantidade total de matéria seca acumulada pela planta é um reflexo direto da produção fotossintética líquida, portanto, a maioria dos estudos de crescimento de plantas, envolvendo respostas à intensidade luminosa, utilizam o peso seco total como índice de acúmulo de matéria seca (Engel e Poggiani, 1991).

Estudos conduzidos por Naves, Alvarenga e Oliveira (1994), testando quatro níveis de luminosidade, demonstraram que aos 150 dias de idade, as mudas de *Sesbania sesban* apresentaram um incremento no acúmulo de matéria seca, conforme o aumento da porcentagem da luminosidade, sendo que as mudas de *Cybistax antisiphilitica* apresentaram os maiores acúmulos de matéria seca total sob os extremos de luminosidade, ou seja, 100% e 29% de radiação solar. Por outro lado, as mudas de *Copaifera landsgiorffii* não apresentaram qualquer diferença quanto ao acúmulo de matéria seca.

Plantas de *Schefflera morototoni* cultivadas a pleno sol apresentaram menor acúmulo de biomassa, enquanto mudas sombreadas não diferiram entre si (Mazzei et al., 1998). Entretanto, os maiores valores totais de matéria seca para Jatobá (*Hymenaea courbaril* var. *stilbocarpa*) foram observados nas plantas sob condições de pleno sol (Mazzei et al., 1999; Ferreira et al., 1977).

Outro aspecto que deve também ser levado em consideração numa análise de crescimento é o padrão de alocação de biomassa para os diversos órgãos da planta. O padrão de distribuição de matéria seca entre raiz, caule e

folhas tem sido considerado como um dos mais eficientes critérios para avaliação da qualidade da muda (Castro, Alvarenga e Gomide, 1996).

Trabalhando com a espécie *Bauhinia forficata*, submetida a três condições de luminosidade (100%, 70% e 50%), Atroch (1999) observou uma maior proporção de biomassa alocada nas folhas e raízes das plantas a pleno sol em relação às sombreadas. Resultados semelhantes foram observados por Souza-Silva et al. (1999), com *Cabralea canjerana* os quais verificaram um maior investimento de biomassa no sistema radicular especialmente para as plantas expostas a pleno sol, o mesmo ocorrendo com *Solanum crinitum* e *Aloe vera*, cujas espécies alocaram mais biomassa para as raízes nas plantas a pleno sol em relação às sombreadas (Dias-Filho, 1997; Paez et al., 2000). Indivíduos de uma espécie com sistemas radiculares mais desenvolvidos em determinada condição, credenciam-nos a terem maior capacidade de aclimação do que aqueles com sistemas radiculares reduzidos (Claussen, 1996).

2.4.3 Anatomia foliar e radiação:

A anatomia foliar é geralmente um forte indicador da disponibilidade de luz entre os diversos ambientes que uma planta pode ocupar (Carpenter e Smith, 1981; Abrams e Kubiske, 1990). A maioria das espécies florestais possuem a capacidade de desenvolver diferentes estruturas anatômicas e morfológicas quando crescem sob diferentes condições de radiação (Engel e Poggiani, 1991).

Folhas de sombra possuem uma anatomia e propriedades fisiológicas que as capacitam a utilizar baixas intensidades luminosas com grande eficiência; no entanto estas não podem fazer uso eficiente de altas intensidades de luz, devido à grande exposição dos plastídeos na superfície foliar, os quais podem ser destruídos pelo excesso de radiação (Engel e Poggiani, 1991). Entretanto, a adaptação das folhas de sol caracteriza-se por uma maior organização das

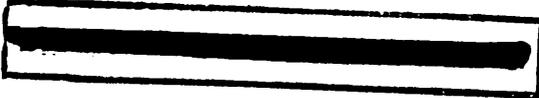
células da paliçada, as quais são mais unidas e mais alongadas em direção perpendicular à superfície da folha. O arranjo dos cloroplastídeos nas laterais dessas células, colocando-os em um plano paralelo à luz incidente, caracteriza o mecanismo de proteção ao aparelho fotossintético, prevenindo um dano quando o nível de irradiância é elevado (Cui, Vogelmann e Smith, 1991; Boardman, 1977).

Altas intensidades luminosas conferem às plantas uma morfologia foliar diferente daquelas crescidas sob baixas intensidades luminosas. Altas luminosidades causam um forte desenvolvimento das regiões da paliçada e do mesofilo esponjoso, resultando em folhas mais grossas (Castro et al., 1998; Strauss-DeBenedetti e Berlyn, 1994; Abrams e Mostoller, 1995; Boardman, 1977). No entanto folhas de sombra são geralmente mais delgadas e extensas que folhas expostas a plena luz solar (Boardman, 1977).

Em tecidos foliares de *Guarea guidonea*, as espessuras dos parênquimas paliçádico e total aumentaram com a intensidade luminosa (Castro et al., 1998), fato este confirmado por Abrams e Mostoller (1995), que verificaram um maior desenvolvimento relativo do parênquima paliçádico nas folhas das espécies *Acer rubrum*, *Cornus florida*, *Fraxinus americana*, *Carya tormentosa*, *Prunus serotina* e *Populus grandidentata* quando as mesmas foram expostas a pleno sol.

Os estômatos são as estruturas utilizadas pelas plantas para realizarem as trocas gasosas com o ambiente. Portanto, qualquer variação no número destes podem acarretar maior ou menor eficiência da planta, tanto na taxa fotossintética quanto na eficiência do uso da água (Sun et al., 1995).

Essas estruturas foliares sofrem mudanças consideráveis em respostas à luz. Vários estudos têm constatado que altas intensidades luminosas aumentam a frequência de estômatos por unidade de área superficial de folha (Castro et al., 1998; Ashton e Berlyn 1992; Boardman, 1977). Um aumento na frequência estomática tem sido observado em folhas expostas a altas intensidades



luminosas e isto pode ser um mecanismo importante de adaptação das plantas às condições ambientais mais xéricas (Abrams, Kubiske e Mostoller, 1994). Entretanto, Kramer e Kozlowski (1979) consideram que a capacidade de respostas dos estômatos às variáveis ambientais são mais importantes na determinação da condutância estomática do que o seu próprio número.

Uma outra característica anatômica de interesse associada aos estômatos são os diâmetros polar e equatorial que conjuntamente com a frequência estomática evidenciam a máxima condutância estomática de uma planta (Boardman, 1977).

Atroch (1999) não verificou mudanças no diâmetro polar e equatorial dos estômatos de *Bauhinia forficata* quando suas folhas foram expostas a diferentes intensidades luminosas. Entretanto, Castro et al. (1998), trabalhando com *Guarea guidonea*, observaram que apenas o diâmetro polar mostrou-se maior no tratamento com 50% de sombreamento.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAMS, M.D.; KUBISKE, M.E. Leaf structural characteristics of 31 hardwood and conifer tree species in central Wisconsin: influence of light regime and shade tolerance rank. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v.31, p.245-253, 1990.
- ABRAMS, M.D.; KUBISKE, M.E.; MOSTOLLER, S.A. Relating wet and dry year ecophysiology to leaf structure in contrasting temperate tree species. *Ecological Society of America*, Washington, v.75, n.1, p.123-133, 1994.
- ABRAMS, M.D.; MOSTOLLER, S.A. Gas exchange, leaf structure and nitrogen in contrasting successional tree species growing in open and understory sites during a drought. *Tree Physiology*, Victoria, v.15, n.6, p.361-370, June 1995.

- ADAMS, R. Germination of *Callitris* seeds in relation to temperature, water stress, priming, and hydration-dehydration cycles. **Journal of Arid Environments**, London, v. 43, p.437-448, 1999.
- AGUIAR, I.B. de; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLA, M.B. **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993, 350p.
- AKAMINE, E.K. **Methods of increasing the germination of *Koa haole* seed**. Honolulu: Hawaii Agricultural Experiment Station. 1942. 14p. (Circular, 21).
- AL-YEMENI, M.N.; BASAHY, A.Y. Breaking of seed dormancy in *Ducrosia anethifolia* (DC.) Boiff. **Pakistan Journal of Botany**, Karachi, v.31, n.2, p.247-252, Dec. 1999.
- ALVARENGA, A.A. de; SCALON, S.P.Q. Efeitos do sombreamento sobre a formação de mudas de pau-pereira (*Platycyamus regnelli* BENTH.). **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.17, n.3, p.265-270, set./dez. 1993.
- ANDRADE, A.C.S.; PEREIRA, T.S. Efeito do substrato e da temperatura na germinação e no vigor de sementes de cedro-*Cedrela odorata* L. (Meliaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.16, n.1, p.34-40, jan./jun. 1994.
- ANDRADE, V.M.M.; DAMIÃO-FILHO, C.F. **Morfologia vegetal**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 1989. 259p.
- ASHTON, P.M.S.; BERLYN, G.P. Leaf adaptations of some *Shorea* species to sun and shade. **New Phytologist**, Cambridge, v.121, p.587-596, Aug. 1992.
- ATROCH, E.M.A.C. **Aspectos fisiológicos, anatômicos e biossíntese de flavonóides em plantas jovens de *Bauhinia forficata* Link. submetidas a diferentes níveis de irradiância**. Lavras: UFLA, 1999. 62p. (Dissertação - Mestrado em Agronomia/Fisiologia Vegetal).
- ATTRIDGE, T.H. **Light and plant responses**. London: Edward Arnold, 1990. 148p.
- BARRADAS, V.L.; JONES, H.G.; CLARK, J.A. Stomatal responses to changing irradiance in *Phaseolus vulgaris* L. **Journal of Experimental Botany**, v.45, n.276, p.931-936, July 1994.

- BASKIN, C.C.; BASKIN, J.M. **Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination**. San Diego: Academic Press, 1998. 666p.
- BAZZAZ, F.A. The physiological ecology of plant succession. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v.10, p.351-371, 1979.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: Physiology of development and germination**. New York: Plenum Press, 1994, 2ª ed. 445p.
- BIANCHETTI, A. Tratamentos pré-germinativos para sementes florestais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE TECNOLOGIA DE SEMENTES FLORESTAIS, 2, 1989, Atibaia. **Anais...** São Paulo: Instituto Florestal, 1991. p.237-246.
- BJÖRKMAN, O. Responses to different quantum flux densities. In: LANGE, O.L.; NOBEL, P.S.; OSMOND, C.B.; ZIEGLER, H. (eds.). **Physiological plant ecology I - responses to the physical environment**. encyclopedia of plant physiology, New York: Springer-Verlag, 1981. 652p.
- BOARDMAN, N. K. Comparative photosynthesis of sun and shade plantas. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.28, p. 355-377, 1977.
- BORGES, E.E.L.; RENA, A.B. Germinação de sementes. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA- RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLA, M.B. (Coord.). **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993, p.83-135.
- BORGHETTI, F. Ecofisiologia da germinação das sementes. **Universa**, Brasília, v.8, n.1, p.149-180, 2000.
- BRADBEER, J.W. **Seed dormancy and germination**. London, Blackie and Son, 1988. 146p.
- CARPENTER, S.B.; SMITH, N.D. A comparative study of leaf thickness among southern Appalachian hard-woods. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v.59, n.8, p.1393-1396, Aug. 1981.
- CASTRO, E.M. de; ALVARENGA, A.A. de; ALMEIDA, L.P. de; GAVILANES, M.L.; PEREIRA, P.A. Influência do ácido giberélico e do nitrato de potássio na germinação de *Guarea guidonia* (L.) Sleum. **Revista Árvore**, Viçosa, v.23, n.2, p.255-258, abr./jun. 1999.

- CASTRO, E.M. de; ALVARENGA, A.A. de; GOMIDE, M.B. Crescimento e distribuição de matéria seca de mudas de calabura (*Muntingia calabura* L.) submetidas a três diferentes níveis de irradiância. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.20, n.3, p.357-365, jul./set. 1996.
- CASTRO, E.M. de; GAVILANES, M.L.; ALVARENGA, A.A. de; CASTRO, D.M. de; GAVILANES, T.O.T. Aspectos da anatomia foliar de mudas de *Guarea guidonea* (L.) Sleumer, sob diferentes níveis de sombreamento. **Daphne**, Belo Horizonte, v.8, n.4, p.31-35, Dez. 1998.
- CASTRO, Y.; FETCHER, N.; FERNÁNDEZ, D.S. Chronic photoinhibition in seedlings of tropical trees. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.94, n.4, p.560-565, Aug. 1995.
- CHARTZOULAKIS, K.; THERIOS, I.; NOITSAKIS, B. Effects of shading on gas exchange, specific leaf weight and chlorophyll content in four kiwifruit cultivars under field conditions. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v.68, n.4, p.605-611, July 1993.
- CLAUSSEN, J.W. Acclimation abilities of three tropical rainforest seedlings to an increase in light intensity. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.80, n.1/3, p.245-255, Jan. 1996.
- CUI, M.; VOGELMANN, T.C.; SMITH, W.K. Chlorophyll and light gradients in sun and shade leaves of *Spinacia oleracea*. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v.14, n.5, p.493-500, June 1991.
- DAVIDE, A.C.; FARIA, J.M.R.; BOTELHO, S.A. **Propagação de espécies florestais**. Belo Horizonte: CEMIG/UFLA/FAEPE, 1995. 40p.
- DESAI, B.B.; KOTTECHA, P.M.; SALUNKE, D.K. **Seeds Handbook: biology, production, processing, and storage**. New York: Marcel Drekker, 1997, 627p.
- DIAS-FILHO, M.B. Physiological response of *Solanum crinitum* Lam. to contrasting light environments. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.8, p.789-796. Ago. 1997.
- ELLSWORTH, D.S.; REICH, P.B. Leaf mass per area, nitrogen content and photosynthetic carbon gain in *Acer saccharum* seed-lings in contrasting forest light environments., **Functional Ecology**, Oxford, v.6, p.423-435, 1992.

- ENGEL, V.L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v.3, n.1, p.39-45, Jun. 1991.
- FELFILI, J.M. Diversity, structure and dynamics of a gallery forest in central Brazil. **Vegetatio**, The Hague, v.117, n.1, p.1-15, 1995.
- FELFILI, J.M. **Structure and dynamics of a gallery forest in central Brazil**. Oxford: University of Oxford, 1993. 180 p. (D. Phil. Thesis).
- FERREIRA, M. DAS G.M.; CÂNDIDO, J.F.; CANO, M.A.O.; CONDÉ, A.R. Efeito do sombreamento na produção de mudas de quatro espécies florestais nativas. **Revista Árvore**, Viçosa, v.1, n.2, p.121-133, Dez. 1977.
- GIFFORD, R.M.; THORNE, J.H. HITZ, W.D.; GIAQUINTA, R.T. Crop productivity and photoassimilate partitioning. **Science**, London, v.225, n.4663, p.801-808, Aug. 1984.
- GULZAR, S.; KHAN, A. Seed germination of a halophytic grass *Aeluropus lagopoides*. **Annals of Botany**, London, v.87, n.3, p.319-324, Mar. 2001.
- HIDEG, E.; MURATA, N. The irreversible photoinhibition of the photosystem II complex in leaves of *Vicia faba* under strong light. **Plant Science**, Dordrecht, v.130, n.1, p.151-158, 1997.
- HILHORST, H.W.M. Dose response analysis of factors involved in germination and secondary dormancy of seeds of *Sisymbrium officinale*; I. Phytochrome. **Plant Physiology**, Rockville, v.94, n.3, p.1090-1095, Nov. 1990.
- HOLMES, P.M.; COWLING, R.M. Effects of shade on seedling growth, morphology and leaf photosynthesis in six subtropical thicket species from the eastern Cape, South Africa. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.61, p.199-220, 1993.
- HUANTE, P.; RINCÓN, E. Responses to light changes in tropical deciduous woody seedlings with contrasting growth rates. **Oecologia**, Berlin, v.113, n.1, p.53-66, 1998.
- JACKSON, J.E. Light interception and utilization by orchard systems. **Horticulturae Review**, New York, v.2, p.208-267, 1980.

- JACKSON, J.E. Utilization of light resources by high density planting systems. **Acta Horticulturae**, Amsterdam, v.65, p.61-70, 1978.
- JOHN, A.Q., PAUL, T.M. Effect of pressowing treatments of Italian cypress (*Cupressus sempervirens* L.) seed. **Advances in Plant Sciences**, Oxford, v.7, n.1, p.191-193, Jan. 1994.
- KAMALUDDIN, M.; GRACE, J. Photoinhibition and light acclimation in seedlings of *Bischofia javanica*, a tropical forest tree from Asia. **Annals of Botany**, London, v.69, n.1, p.47-52, Jan.1992.
- KAPPEL, F.; FLORE, J.A. Effect of shade on photosynthesis, specific leaf weight chlorophyll content of leaves and morphology of young peach trees. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.108, n.4, p.541-544, July 1983.
- KHAN, A.A. Cytokinins: permissive role and seed germination. **Science**, Washington, n.171, n.3974, p.853-859, Mar. 1971.
- KHAN, M.A.; GUL, B.; WEBER, D.J. Germination responses of *Salicornia rubra* to temperature and salinity. **Journal of Arid Environments**, London, v.45, p.207-214, 2000.
- KIGEL, J.; GALILI, G. **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, 1995, 853p.
- KITCHEN, S.G.; MEYER, S.E. Seed germination of intermountain penstemons as influenced by stratification and GA₃ treatments. **Journal of Environmental Horticulture**, Utah, v.9, n.1, p.51-56, 1991.
- KOZLOWSKI, T.T. (ed.) **Tree growth**. New York: The Ronald Press Company, 1962. p.149-170.
- KOZLOWSKI, T.; KRAMER, P. J.; PALLARDY, S. G. **The physiological ecology of woody plants**. London: Academic Press, 1991. 657p.
- KRAMER, T.; KOSLOWSKI, T. **Physiology of woody plants**. New York, Academic Press, 1979. 811p.
- KRAUSE, G.H.; WINTER, K. Photoinhibition of photosynthesis in plants growing in natural forest gaps. A chlorophyll fluorescence study. **Botanica Acta**, Stuttgart, v.109, p.456-462, 1996.

- KWESIGA, F.R.; GRACE, J.; SANDFORD, A.P. Some photosynthetic characteristics of tropical timber trees as affected by the light regime during growth. *Annals of Botany*, London, v.58, n.1, p.23-32, July 1986.
- LABOURIAU, L.G. *A germinação da semente*. Washington: Secretaria Geral da O. E. A., 1983. 173p.
- LARCHER, W. *Ecofisiologia vegetal*. Tradução de Carlos Henrique B.A. Prado. São Carlos: RiMa Artes e Textos, 2000. 531p.
- LAYNE, D.R.; FLORE, J.A. Physiological responses of *Prunus cerasus* to whole-plant source manipulation. Leaf gas exchange, chlorophyll fluorescence, water relations and carbohydrate concentrations. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v.88, n.1, p.44-51, 1993.
- LEVERENZ, J.W. Chlorophyll content and the light response curve of shade-adapted conifer plants. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v.71, n.1, p.20-29, May 1987
- LONG, S.P.; HUMPHRIES, S.; FALKOWSKI, P.G. Photoinhibition of photosynthesis in nature. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, Palo Alto, v.14, p.633-662, 1994.
- LORENZI, H. *Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 352p.
- MAZZEI, L. J.; FELFILI, J. M.; REZENDE, A. V.; FRANCO, A.C.; SOUSA-SILVA, J.C. Crescimento de plântulas de *Schefflera morototoni* (Aubl.) Maguire, Steyermark e Frodin em diferentes níveis de sombreamento no viveiro. *Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer*, Brasília, v.3, p.27-36, 1998.
- MAZZEI, L.J.; SOUSA-SILVA, J.C.; FELFILI, J.M.; REZENDE, A.V.; FRANCO, A.C. Crescimento de plântulas de *Hymenaea coubaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee e Lang. em viveiro. *Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer*, Brasília, v.4, p.21-29, 1999.
- MENDES, M.M.; GAZARINI, L.C.; RODRIGUES, M.L. Acclimation of *Myrtus communis* to contrasting Mediterranean light environments - effects on structure and chemical composition of foliage and plant water relations. *Environmental and Experimental Botany*, Elmsford, v.45, p.165-178, 2001.

- MORRIS, E.C.; TIEU, A.; DIXON, K. Seed coat dormancy in two species of *Grevillea* (Proteaceae). **Annal of Botany**, London, v.86, p.771-775, June 2000.
- NAVES, V.L.; ALVARENGA, A.A. de; OLIVEIRA, L.E.M. de. Comportamento estomático de mudas de três espécies florestais submetidas à diferentes níveis de radiação fotossinteticamente ativa. **Ciência e Prática**, Lavras, v.18, n.4, p.408-414, out./dez. 1994.
- NICOLAS, C., NICOLAS, G., RODRIGUES, D. Antagonistic effects of abscisic acid and gibberellic acid on the breaking of dormancy of *Fagus sylvatica* seeds. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.96, n.2, p.244-250, 1996.
- NOGGLE, R.G.; FRITZ, G.J. **Introductory plant physiology**. New Jersey: Prentice-Hall, 1976. 187p.
- PAEZ, A.; GEBRE, G.M.; GONZALEZ, M.E.; TSCHAPLINSKI, T.J. Growth, soluble carbohydrates, and aloin concentration of *Aloe vera* plants exposed to three irradiance levels. **Environmental and Experimental Botany**, Elmsford, v.44, p.133-139, 2000.
- POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1977. 289p.
- POWELS, S.B.; THORNE, S.W. Effect of high-light treatments in inducing photoinhibition of photosynthesis in intact leaves of low-light grown *Phaseolus vulgaris* and *Lactuca microcarpa*. **Planta**, Berlin, v.152, p.471-477, 1981.
- REICH, P.B.; ABRAMS, M.D.; ELLSWORTH, D.S.; KRUGER, E.L.; TABONE, T.J. Fire affects ecophysiology and community dynamics of central Wisconsin oak forest regeneration. **Ecology**, Washington, v.71, p.2179-2190, 1990.
- REIS, G.G. DOS; MULLER, M.W. **Análise do crescimento de plantas: mensuração do crescimento**. Belém: FCAP - Serviço de Documentação e Informação, 1979. 39p. (Informe Didático, 1).
- REHMAN, S.; PARK, I. Effect of scarification, GA and chilling on the germination of goldenrain-tree (*Koelreuteria paniculata* Laxm.) seeds. **Scientia Horticulturae**, v.85, p.319-324, 2000.

- RESENDE, A.V.; SALGADO, M.A. de S.; FELFILI, J.M.; FRANCO, A.C.; SOUSA-SILVA, J.C.; CORNACHIA, G.; SILVA, M.A. Crescimento e repartição de biomassa em plântulas de *Cryptocaria aschersoniana* Mez. submetidas a diferentes regimes de luz em viveiro. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, Brasília, v.2, p.19-34, 1998.
- RIBEIRO, V.G.; RAMOS, J.D.; SILVA, A.T.; PASQUAL, M. Uso de GA₃ e nitrato de potássio na germinação de sementes do porta-enxerto de tangerina 'Sunki' (*Citrus sunki* Hort. Ex Tan.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 5., 1995, Lavras, MG. **Resumos...** Lavras, MG: UFLA, 1995. v.1, p.38.
- RICHA; SHARMA, M.L. Enhancing the germination of stored bamboo seeds using plant regulators. **Seed Science and Tecnology**, Zurich, v.22, n.2, p.313-317, 1994.
- RIDDOCH, I.; LEHTO, T.; GRACE, J. Photosynthesis of tropical tree seedlings in relation to light and nutrient supply. **New Phytologist**, Cambridge, v.119, n.1, p.137-147, Sept. 1991.
- ROBERTS, E.H. **Viability of seeds**. New York: Syracuse University, 1972. 448p.
- RUY, J.; CAPUCHO, M.T.; LOPES, J.C. Observações preliminares sobre a germinação de *Solanum pimpinellifolium* Jual. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 6., 1997, Belém. **Resumos...** Belém, 1997. v.1, p.38.
- SALGADO, M.A.S.; REZENDE, A.V.; SOUSA-SILVA, J.C.; FELFILI, J.M.; FRANCO, A.C. Crescimento inicial de *Zanthoxylum rhoifolium* Lam. em diferentes condições de sombreamento. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, Brasília, v.3, p.37-45, 1998.
- SANTOS, S.R.G. dos. **Efeito da temperatura na germinação de sementes de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) Smith e Downs (Branquilha)**. Jaboticabal: UNESP, 1999. 76p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia/Produção e Tecnologia de Sementes).
- SEGUESE, F.; ISSHIKI, K.; VITTI, A.P. Ecofisiologia da germinação de espécies arbóreas. **IPEF Série Técnica**, Piracicaba, v.8, n.25, p.9-11, dez. 1992.

- SOUSA-SILVA, J. C.; SALGADO, M. A. de S.; FELFILI, J. M.; REZENDE, A.V.; FRANCO, A.C. Desenvolvimento inicial de *Cabrlea canjerana* Saldanha em diferentes condições de luz. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, Brasília, v.4 p.80-89, 1999.
- STRAUSS-DEBENEDETTI, S.; BERLYN, G.P. Leaf anatomical responses to light in five tropical Moraceae of different successional status. **American Journal of Botany**, Ames, v. 81, n.12, p. 1582-1591, Dec. 1994.
- SUN, O.J.; SWEET, G.B.; WHITEHEAD, D. et al. Physiological responses to water stress and waterlogging in *Nothofagus* species. **Tree Physiology**, Victoria, v.15, n.10, p.629-638, Oct. 1995.
- SWAMINATHAN, C.; SRIMATHI, P. Importance of seed management on germination and seedling growth of four tropical legumes. **Range Management and Agroforestry**, Kerala, v.15, n.1, p.43-47, 1994.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 2.ed. Massachusetts: Sinauer Associates, 1998. 792p.
- TEKETAY, D. Germination of *Acacia origena*, *A. pillispina* and *Pterolobium stellatum* in response to different pre-sowing seed treatments, temperature and light. **Journal of Arid Environments**, London, v.38, p.551-560, 1998.
- TINOCO-OJANGUREN, C.; PEARCY, R.W. Stomatal dynamics and its importance to carbon gain in two rainforest *Piper* species. I. VPD effects on the transient stomatal responses to lightflecks. **Oecologia**, Berlin, v.94, p.388-394, 1993.
- TOLEDO, F.F.; MARCOS-FILHO, J. **Manual das sementes: tecnologia da produção**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1977. 224p.
- VÁZQUEZ-YANES, C. Estudios sobre la ecofisiología de la germinación en una zona cálido-húmeda de México. In: GÓMEZ-POMPA, A. et al., (eds). **Investigacione sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México**. México, Editora Continental, 1979. p.527-548.
- VILLIERS, T.A. **Dormancy and the survival of plants**. London: The Institute of Bilogy's, 1975. 68p. (Studies in Biology, 57)

WELANDER, N.T.; OTTOSSON, B. The influence of low light, drought and fertilization on transpiration and growth in young seedlings of *Quercus robur* L. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.127, n.1/3, p.139-151, Mar. 2000.

WILL, R.E.; TESKEY, R.O. Influence of rate of change in stomatal conductance to fluctuating irradiance on estimates of daily water use by *Pinus taeda* leaves. **Tree Physiology**, Victoria, v.19, n.9, p.761-765, Sept. 1999.

CAPÍTULO 2: INFLUÊNCIA DA ESCARIFICAÇÃO MECÂNICA, TEMPERATURA E AGENTES QUÍMICOS NA GERMINAÇÃO DE DIÁSPOROS DE *Cryptocarya aschersoniana* Mez.

1. RESUMO

ALMEIDA, L. P. de. Influência da escarificação mecânica, temperatura e agentes químicos na germinação de diásporos de *Cryptocarya aschersoniana* Mez. Lavras: UFLA, 2001. 18 p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia – Área de concentração Fisiologia Vegetal)*

A espécie *Cryptocarya aschersoniana* Mez. é uma espécie nativa, ocorrendo desde o estado de Minas Gerais até o Rio Grande do Sul, principalmente na floresta pluvial e nas submatas de pinhais. É uma espécie recomendada para o reflorestamento de áreas degradadas e de preservação permanente em composições mistas. Objetivou-se neste trabalho avaliar a influência da escarificação mecânica, temperatura e alguns agentes químicos na germinação dos diásporos desta espécie. No primeiro experimento, foram testadas três temperaturas: 15 °C e 25 °C (constantes), e alternada 30/20 °C (dia/noite). No segundo experimento, foram avaliadas diferentes concentrações de GA₃ (0, 150, 300 e 450 ppm) e KNO₃ (0; 0,25; e 0,50 %) em esquema fatorial com 12 tratamentos. Em ambos experimentos foram utilizados diásporos intactos e escarificados mecanicamente. A germinação foi realizada em rolos de papel germitest e em câmaras BOD com controle fototermoperiódico de 12 horas. A temperatura de germinação no segundo experimento foi a alternada 30/20°C (dia/noite). Pelos resultados obtidos observa-se que somente aqueles diásporos que foram escarificados mecanicamente apresentaram germinação. As temperaturas de 25 °C constantes e a alternada 30/20 °C (dia/noite) foram as que apresentaram as melhores porcentagens de germinação e de IVG (Índice de Velocidade de Germinação), em relação ao tratamento de 15 °C, aos 28 dias de avaliação. No experimento com ácido giberélico (GA₃) e nitrato de potássio (KNO₃), não foram observadas diferenças na porcentagem de germinação bem como no IVG. Com base neste estudo, pôde-se concluir que a retirada do endocarpo dos diásporos de Canela-Batalha e a utilização de temperaturas adequadas são suficientes para obter elevados índices de germinação dos diásporos desta espécie.

*Comitê Orientador: Prof. Dr. Amauri Alves de Alvarenga – UFLA (Orientador), Prof. Dra. Angela Maria Soares – UFLA (Co-Orientadora)

2. ABSTRACT

ALMEIDA, L.P. de. **Influence of mechanical scarification, temperature and chemical agents on germination of diaspores of *Cryptocarya aschersoniana* Mez.** Lavras: UFLA, 2001. 18 p. (Dissertation – Master in Agronomy – Major Plant Physiology)*

The species *Cryptocarya aschersoniana* Mez is a native species occurring from the state of Minas Gerais to Rio Grande do Sul, mainly in the rain forest and in the pine submatas (under woods). It is a species recommended for reforestation of degraded areas and of permanent preservation in mixed compositions. It was aimed in this work to evaluate the influence of mechanical scarification, temperature and some chemicals in the germination of the diaspores of this species. In the first experiment three temperatures were tested: 15 °C and 25 °C (constant) and 30/20 °C (day/night). In the second experiment, different concentrations of GA₃ (0, 150, 300 and 450 ppm) and KNO₃ (0; 0,25 and 0,50%) in a factorial schema with 12 treatments were evaluated. In both experiments were utilized whole and mechanically scarified diaspores. Germination was accomplished on Germitest paper roll and in BOD chambers with photothermoperiodic control of 12 hours. Germination temperature in the second experiment was alternated 30/20 °C (day/night). From the results obtained it is found that only those diaspores which were mechanically scarified presented germination. The temperatures of 25 °C (constant) and alternate 30/20 °C (day/night) were the ones which presented the best percentage of germination and germination velocity index (GVI) relative to the 15 °C treatment on 28 days evaluation. In the experiment with gibberellic acid (GA₃) and potassium nitrate (KNO₃), no differences in the percentage of germination as well as in the GVI were observed. On the basis of this study, one might conclude that the removal of the endocarp of the Canela–batalha diaspores and the use of adequate temperatures are enough to obtain elevated germination indices of the diaspores of that species.

*Guidance Committee: Prof. Dr. Amauri Alves de Alvarenga (Major Professor), Prof. Dra. Angela Maria Soares.

3. INTRODUÇÃO

A espécie *Cryptocarya aschersoniana* Mez. é uma espécie nativa, ocorrendo desde o estado de Minas Gerais até o Rio Grande do Sul, principalmente na floresta pluvial e nas submatas de pinhais. É uma espécie recomendada para o reflorestamento de áreas degradadas e de preservação permanente em composições mistas. O grande entrave na sua propagação e posterior produção de mudas em larga escala é a germinação de suas sementes que geralmente é baixa e lenta, podendo chegar até 70 dias para que ocorra a emergência das plântulas (Lorenzi, 1992).

A crescente necessidade de se estudar os principais processos e causas da baixa germinabilidade das sementes de espécies nativas se evidenciou no Brasil, principalmente devido aos incentivos às áreas de recomposição de matas ciliares e recuperação de ambientes degradados e perturbados.

Dentre os vários aspectos que condicionam a germinação de uma semente deve-se destacar a temperatura de germinação. Sementes expostas a baixas temperaturas tendem a reduzir a velocidade de germinação, e temperaturas elevadas tendem a aumentar esta taxa. Esta diferença térmica pode induzir uma crescente desorganização do mecanismo germinativo, impossibilitando que sementes menos vigorosas germinem (Cocucci, 1991). A temperatura de germinação considerada ótima para a maioria das espécies adaptadas a clima tropical se encontra na faixa entre 15 a 30 °C. Existem no entanto, espécies cujas sementes germinam melhor em um regime de alternância diária de temperatura, em relação a uma temperatura constante (Ni e Bradford, 1992).

Um outro fator de extrema importância para a germinação das sementes de diversas espécies nativas é a presença de dormência nas mesmas. Esta dormência pode ser devido a um embrião imaturo, presença de inibidores ou

uma dormência tegumentar, ou ainda, uma combinação destes (Bewley e Black, 1994).

Em muitas espécies, a dormência nas sementes é imposta pelas estruturas ao redor do embrião (tegumento da semente), incluindo glumas, páleas e lemas, o pericarpo, testa, perisperma e endosperma. O embrião nestes casos é então isolado experimentalmente destas estruturas que o cercam, sendo considerado não dormente (Desai, Kotecha e Salunkhe, 1997). Diversos tratamentos podem ser aplicados a sementes com dormência tegumentar, de maneira que o principal objetivo é remover a resistência do tegumento que está impedindo de alguma maneira a germinação das sementes. Dentre esses pré-tratamentos destacam-se a abrasão química ou mecânica, perfuração, armazenamento úmido, dentre outros.

Também tem sido estudada a ação de reguladores químicos como as giberelinas e o nitrato de potássio (KNO_3) na germinação de sementes florestais. Os compostos têm demonstrado uma ação positiva em aumentar a porcentagem final de germinação bem como o índice de velocidade de germinação das sementes de *Koelreuteria paniculata* (Rehman e Park, 2001), *Guarea guidonea* (Castro et al., 1999), *Solanum pimpinellifolium* (Ruy, Capucho e Lopes, 1997), *Acacia concina* (Swaminathan e Srimathi, 1994), *Cupressus sempervirens* (John e Paul, 1994) dentre outras.

Dentro deste contexto e com a necessidade de maximizar e possibilitar a produção em larga escala de mudas de *Cryptocarya aschersoniana* Mez., objetivou-se caracterizar o tipo de dormência bem como estudar a influência da temperatura, giberelina (GA_3) e nitrato de potássio (KNO_3) na porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação de diásporos desta espécie.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Considerações gerais

Os experimentos de germinação foram conduzidos no Laboratório de Crescimento e Desenvolvimento de Plantas, Setor de Fisiologia Vegetal do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras – MG.

Os frutos de canela batalha (*Cryptocarya aschersoniana* Mez.) foram colhidos em 4 plantas matrizes, localizadas no campus da Universidade Federal de Lavras, no período de fevereiro a março de 2000, cujos frutos encontram-se em fase de maturação. Foi utilizado o método de coleta manual direta dos frutos na árvore e no chão.

Após serem colhidos, os frutos foram processados imediatamente para a retirada do epicarpo e mesocarpo que, em seguida, foram lavados com água corrente de torneira e colocados para secar à sombra. Após o processamento, os diásporos (semente + endocarpo) foram divididos em dois lotes. No primeiro lote os diásporos permaneceram intactos, enquanto que o segundo lote de diásporos passou por uma escarificação mecânica em um moto esmeril, para a retirada de seu endocarpo, ficando somente a semente.

4.2 Avaliações realizadas

4.2.1 Massa fresca de 100 diásporos intactos

Após o processamento anteriormente descrito, os diásporos foram separados aleatoriamente em quatro amostras de 100 diásporos sendo cada lote pesado em balança analítica digital com precisão de miligramas.

4.2.2 Teor de umidade dos diásporos

A umidade foi determinada nos dois lotes de diásporos, intactos e escarificados. Para essa avaliação foram consideradas as médias das pesagens de 2 amostras de 10 diásporos cada, imediatamente após o processamento e após secagem em estufa a 70°C por 72 horas. Utilizou-se também nessa determinação uma balança analítica digital com precisão de miligramas, sendo o teor de umidade calculado pela expressão:

$$\text{Teor de umidade (\%)} = \frac{\text{Massa fresca} - \text{Massa seca}}{\text{Massa fresca}} \times 100$$

4.2.3 Curva de embebição

Os diásporos de cada lote foram divididos em três amostras constituídas de 10 diásporos cada e colocados em rolo de papel umedecido com água destilada. A primeira pesagem foi realizada nos diásporos secos e as demais após o início do processo de embebição. Nas primeiras 12 horas de embebição, foram realizadas pesagens a cada 30 minutos; nas 12 horas subsequentes, as pesagens foram realizadas de hora em hora; e nas próximas 12 horas, a cada 2 horas. Antes de se realizar as pesagens, os diásporos foram secados rapidamente em papel de filtro com objetivo de retirar o excesso de água que estivesse aderido à superfície do diásporo. Nesse processo também foi utilizada uma balança analítica digital com precisão de miligramas.

4.3 Efeito da temperatura na germinação de diásporos de *Cryptocarya aschersoniana* Mez.

Neste experimento foram estudados diferentes regimes de temperatura: 25 °C (constante), 15 °C (constante) e 30/20 °C (dia/noite).

Nesse experimento foram colocados para germinar diásporos intactos e diásporos escarificados mecanicamente em um moto-esmeril. O substrato utilizado foi o rolo de papel germitest, visto que este proporcionava melhores condições para a germinação dos diásporos, sobretudo quando se trata de sementes de tamanho médio ou grande. Os rolos de papel foram colocados em béckeres com uma lâmina de água no fundo e cobertos com sacos plásticos para evitar ressecamento. Foram utilizadas câmaras de germinação do tipo BOD com controle fototermoperiódico, sendo o fotoperíodo de 12 horas.

Antes de serem colocados nos rolos de papel para germinar, os diásporos foram submetidos a tratamento anti-fúngico, com o objetivo de evitar qualquer contaminação no processo germinativo. O tratamento utilizado constituiu-se da imersão numa mistura de Benlate (5 %) e Rodiauran (5 %) por 10 minutos.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com 3 repetições de 20 diásporos cada. Foram realizadas contagens diárias, sendo avaliadas as variáveis porcentagem final de germinação e índice de velocidade de germinação (IVG). No final do experimento os resultados foram submetidos a ANAVA, seguida do teste de comparação de médias de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade.

4.4 Efeito do ácido giberélico e do nitrato de potássio na germinação de diásporos de *Cryptocarya aschersoniana* Mez.

Nesse experimento, diásporos intactos e escarificados foram tratados em soluções contendo diferentes concentrações de GA₃ (0, 150, 300 e 450 ppm) e KNO₃ (0, 0,25 e 0,50 %), cujos tratamentos foram aleatorizados em esquema fatorial 4 x 3 com 3 repetições de 20 sementes cada, perfazendo-se um total de 12 tratamentos (Tabela 1).

Os diásporos foram embebidos em seus respectivos tratamentos, em béqueres de 200 ml, contendo aproximadamente 100 ml de cada solução. Esse

procedimento foi realizado no escuro com os béqueres cobertos com papel alumínio. Em se tratando do uso de apenas uma substância química, isto é, somente ácido giberélico ou somente nitrato de potássio, os diásporos permaneceram embebendo por 24 horas em cada solução. Nos tratamentos referentes a uma combinação de ácido giberélico com nitrato de potássio, os diásporos permaneceram por 12 horas em cada uma das soluções, perfazendo-se um total de 24 horas.

O substrato aqui utilizado também foi o rolo de papel, sendo que os mesmos foram colocados em béckeres com uma lâmina de água no fundo e cobertos com sacos plásticos para evitar ressecamento. Foram utilizadas câmaras de germinação do tipo BOD com controle fototermoperiódico e fotoperíodo de 12 horas. A temperatura utilizada foi aquela que proporcionou os melhores resultados no experimento com temperaturas. Antes de serem colocadas nos rolos de papel para germinar, os diásporos também passaram por um tratamento anti-fúngico, que constituiu da imersão numa solução de Benlate (5 %) e Rodiauran (5 %) por 10 minutos, eliminando qualquer contaminação no processo germinativo.

TABELA 1: Tratamentos utilizados no experimento com ácido giberélico e nitrato de potássio.

Tratamento	GA ₃ (ppm)	KNO ₃ (%)
1	0	0
2	0	0,25
3	0	0,50
4	150	0
5	150	0,25
6	150	0,50
7	300	0
8	300	0,25
9	300	0,50
10	450	0
11	450	0,25
12	450	0,50

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com 3 repetições de 20 diásporos cada. Foram realizadas contagens diárias, sendo avaliadas as variáveis porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação (IVG). No final do experimento os resultados foram submetidos a ANAVA, seguida do teste de comparação de médias de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Avaliações realizadas

O resultado da massa fresca de 100 diásporos intactos foi em média 224,86 g, indicando que cada diásporo pesou aproximadamente 2,24 g.

A umidade dos diásporos intactos foi em média de 30,52 %, e dos diásporos escarificados mecanicamente foi em média de 38,35 %. Estas diferenças nos dois lotes de diásporos podem ser devido aos diásporos intactos possuírem uma camada de endosperma seca e dura, que deve possuir pouca umidade.

O teste de embebição realizado nos diásporos intactos e escarificados permitiram a construção de uma curva de embebição, cujos resultados são apresentados na Figura 1. A curva de embebição constitui um importante procedimento técnico para auxiliar na identificação da especificidade de dormência, sobretudo, quando associada à dureza e impermeabilidade de tegumento.

Observando-se os resultados apresentados na Figura 1, pode-se observar um rápido ganho inicial de água nos diásporos intactos, havendo uma tendência de estabilização a seguir no processo de embebição. Por outro, os diásporos

escarificados apresentaram um ganho contínuo e constante de água, não havendo no entanto, estabilização da embebição em nenhuma fase. Para o período de observação, esses resultados indicam que nos diásporos intactos o endosperma pode apresentar uma possível barreira à continuidade do processo de embebição e, conseqüentemente, impedindo assim a retomada do crescimento do embrião, com conseqüente redução ou inibição da germinação.

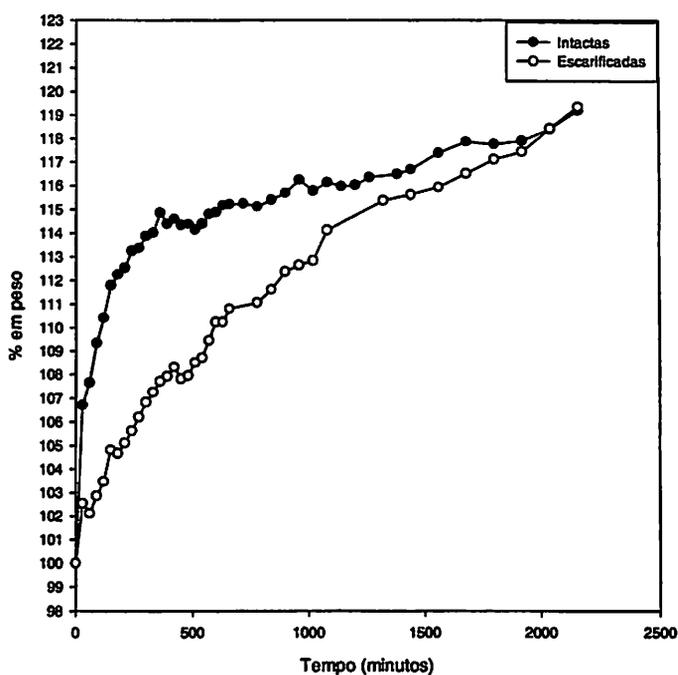


FIGURA 1: Curva de embebição de diásporos intactos e escarificados obtida pela média das pesagens de 3 amostras de 10 diásporos cada.

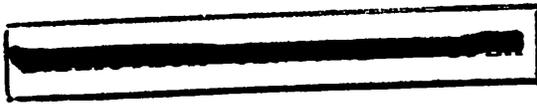
5.2 Efeito da temperatura na germinação de diásporos de *Cryptocarya aschersoniana* Mez.

Não foi observada qualquer germinação nos diásporos intactos, apenas aqueles que foram escarificados apresentaram germinação aos 28 dias de avaliação. Diante disto, pode-se inferir que a retirada do endosperma destes diásporos constitui fator essencial para sua germinação. Em ambiente natural, isto pode ser realizado por meio de fatores climáticos e/ou biológicos, como a ação de insetos, fungos, e outros organismos.

Podemos observar na Figura 2 que a temperatura de 25°C constante e a alternada 30/20°C, embora não tenham apresentado diferenças entre si, nesses tratamentos têm-se as melhores porcentagens de germinação e de IVG (Índice de Velocidade de Germinação), em relação ao tratamento de 15°C. Essa temperatura inibiu totalmente a germinação dos diásporos escarificados aos 28 dias de avaliação.

Resultados semelhantes foram obtidos para a espécie herbácea *Campsis radicans* onde a condição ótima para a germinação das sementes desta espécie foi a temperatura alternada 35/25°C (dia/noite, 12/12 h) com um fotoperíodo de 12 horas (Chachalis e Reddy, 2000). Por outro lado sementes de *Rumex dentatus*, espécie originária da Arábia Saudita, necessitam de temperaturas mais baixas para que se atinja uma boa germinação, as quais podem ser 15°C constante, 18/8°C ou 21/10°C alternadas. Temperaturas mais elevadas inibiram completamente a germinação das sementes desta espécie (Al-Helal, 1996).

Em algumas espécies porém, a variação no regime térmico não altera a porcentagem final de germinação das sementes. Nas espécies arbóreas originárias da África, *Acácia origena* e *Acácia pilispina* a germinação foi alta (> 90 %) entre 10°C e 30°C. Entretanto para *Pterolobium stellatum*, a germinação variou de 48 a 82% entre 10 e 30°C, sendo que a melhor temperatura para a germinação foi 25°C constante (Teketay, 1998). De La Rosa-Ibarra, Maiti e



Garza-Saenz (2000), trabalhando com o gênero *Brassica*, verificaram que uma das espécies requeria baixas temperaturas (5°C) para germinar enquanto a outra espécie exigia temperaturas elevadas (30°C) para maximizar a germinação de suas sementes.

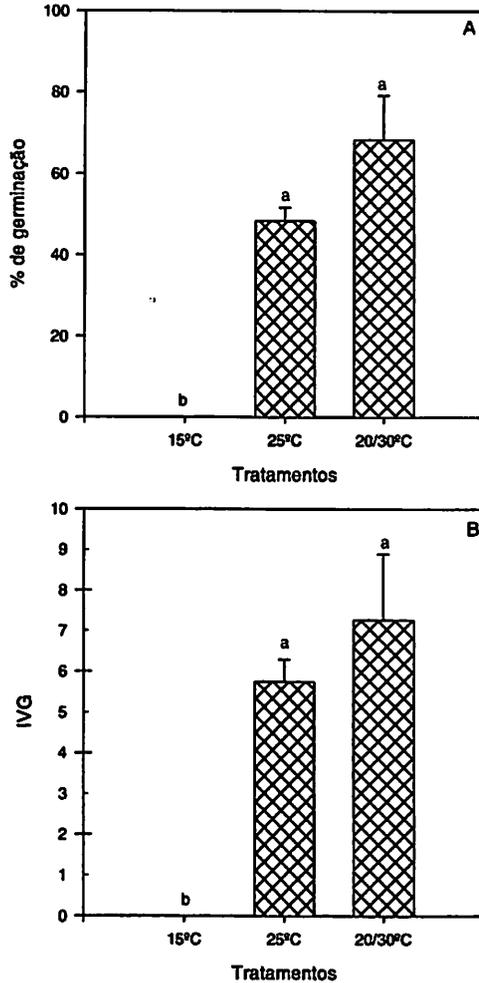


FIGURA 2: Porcentagem final de germinação (A) e IVG (B) de diásporos escarificados de *Cryptocarya aschersoniana* Mez. submetidos a diferentes regimes térmicos. A barra representa o erro padrão da média.

5.3 Efeito do ácido giberélico e do nitrato de potássio na germinação de diásporos de *Cryptocarya aschersoniana* Mez.

No experimento em que foram avaliadas as influências do ácido giberélico (GA_3) e do nitrato de potássio (KNO_3) não foram observadas diferenças significativas na porcentagem de germinação bem como no IVG, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade (Figura 3).

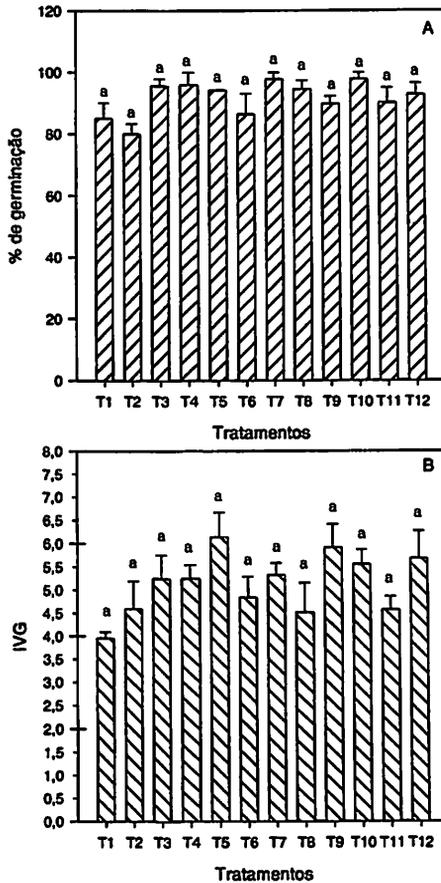


FIGURA 3: Porcentagem final de germinação (A) e IVG (B) de diásporos escarificados de *Cryptocarya aschersoniana* Mez. submetidos a diferentes tratamentos de embebição em ácido giberélico e nitrato de potássio. A barra representa o erro padrão da média.

Também neste experimento os diásporos intactos não germinaram em nenhum dos tratamentos. Diante disto, mais uma vez se evidenciou que a principal causa de dormência das sementes desta espécie é o endosperma duro, o que impossibilita a protrusão da radícula. Em *Grevillea linerifolia*, a simples retirada do tegumento de suas sementes possibilitou a sua germinação, independente do tipo de escarificação utilizado (Moris, Tieu e Dixon, 2000).

Em sementes da espécie nativa *Guárea guidonea*, Castro et al. (1999) verificaram resultados semelhantes aos obtidos neste experimento. A utilização do ácido giberélico e do KNO_3 não aumentou o percentual final de germinação das sementes desta espécie, porém, aumentou o índice de velocidade de germinação (IVG). Entretanto, vários estudos destacam os efeitos benéficos da utilização do ácido giberélico, KNO_3 e da interação entre estes dois produtos químicos na germinação das sementes de diversas espécies (Guimarães, 2000; Ruy, Capucho e Lopes, 1997; Nicolas, Nicolas e Rodrigues, 1996; Ribeiro et al., 1995; John e Paul, 1994; Swaminathan e Srimathi, 1994).

Em sementes de *Solanum pimpinellifolium* Jual., Ruy, Capucho e Lopes (1997) verificaram que suas sementes, quando tratadas com KNO_3 a 0,2 % apresentam aumentos substanciais na germinação em relação às sementes não tratadas. Em trabalhos com sementes de tangerina Sunki (*Citrus sunki* Hort ex Tan.), Ribeiro et al. (1995) verificaram que a associação de KNO_3 a 0,4 % e ácido giberélico a 100 ppm proporcionaram um percentual de germinação na ordem de 85 % sem, contudo, alterar a velocidade de germinação. Também Guimarães (2000) observou efeitos positivos do ácido giberélico, nitrato de potássio e da interação de ambos na germinação de sementes de Erva de Touro. Trabalhando com sementes de *Fagus sylvatica*, Nicolas, Nicolas e Rodrigues (1996) constataram o efeito positivo do ácido giberélico (GA_3) na superação de dormência e ao mesmo tempo substituindo a estratificação. Fato semelhante ocorreu com sementes de *Acacia concina* tratadas com GA_3 1000 ppm, as quais

tiveram um incremento significativo em sua germinação (Swaminathan e Srimathi, 1994).

6. CONCLUSÕES

Nas condições do presente estudo, os resultados obtidos permitem concluir que:

- Somente os diásporos escarificados mecanicamente germinaram. Este resultado indica que as causas da dormência nesta espécie sejam a impermeabilidade do endosperma à água e/ou a resistência mecânica do mesmo ao crescimento do eixo embrionário;
- As melhores temperaturas para a germinação dos diásporos escarificados (sementes) de canela-batalha foram 25 °C constante e 30/20 °C alternada (dia/noite), sendo a temperatura de 15 °C inibitória ao processo germinativo destas sementes;
- A utilização de GA₃ ou de KNO₃ não contribuiu para o aumento da porcentagem final de germinação e nem para o índice de velocidade de germinação dos diásporos escarificados (sementes). Apenas a escarificação mecânica é suficiente para promover uma germinação satisfatória nestes diásporos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-HELAL, A.A. Studies on germination of *Rumex dentatus* L. seeds. **Journal of Arid Environments**, London, v.33, n.1, p.39-47, 1996.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2.ed. New York: Plenum Press, 1994. 445p.
- CASTRO, E.M. de; ALVARENGA, A.A. de; ALMEIDA, L.P. de; GAVILANES, M.L.; PEREIRA, P.A. Influência do ácido giberélico e do nitrato de potássio na germinação de *Guarea guidonea* (L.) Sleumer. **Revista Árvore**, Viçosa, v.23, n.2, p.255-258, abr./jun. 1999.
- CHACHALIS, D.; REDDY, K.N. Factors affecting *Campsis radicans* seed germination and seedling emergence. **Weed Science**, Lawrence, v.48, n.2, p.212-216, mar./apr. 2000.
- COCUCCI, M.; NEGRINI, N. Calcium-calmodulin in germination of *Phacelia tanacetifolia* seeds: Effects of light, temperature, fusicoccin and calcium-calmodulin antagonists. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.82, n.2, p.143-149, June 1991.
- DE LA ROSA-IBARRA, N.; MAITI, R.K.; GARZA-SAENZ, O. Germination and methods to break seed dormancy of *Brassica juncea* and *B. campestris*. **Phyton - International Journal of Experimental Botany**, Buenos Aires, v.66, n.1, p.93-96, 2000.
- DESAI, B.B.; KOTECHA, P.M.; SALUNKE, D.K. **Seeds Handbook: biology, production, processing, and storage**. New York: Marcel Drekker, 1997, 627p.
- GUIMARÃES, S.C. **Biologia da erva-de-touro (*Tridax procumbens* L.): Desenvolvimento, capacidade reprodutiva e germinação de sementes**. Lavras: UFLA, 2000. 133p. (Tese - Doutorado em Agronomia/Fitotecnia).
- JOHN, A.Q., PAUL, T.M. Effect of pressowing treatments of Italian cypress (*Cupressus sempervirens* L.) seed. **Advances in Plant Sciences**, Oxford, v.7, n.1, p.191-193, Jan. 1994.
- LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 352p.

- MORIS, E.C.; TIEU, A.; DIXON, K. Seed coat dormancy in two species of *Grevillea* (Proteaceae). **Annals of Botany**, London, v.86, n.1, p.771-775, June 2000.
- NI, B.R.; BRADFORD, K.J. Quantitative models describing the sensitivity of tomato seed germination to abscisic acid, temperature and osmoticum. **Plant Physiology**, Rockville, v.98, n.3, p.1057-1068, Mar. 1992.
- NICOLAS, C., NICOLAS, G., RODRIGUES, D. Antagonistic effects of abscisic acid and gibberellic acid on the breaking of dormancy of *Fagus sylvatica* seeds. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.96, n.2, p.244-250, Feb. 1996.
- REHMAN, S.; PARK, I. Effect of scarification, GA and chilling on the germination of goldenrain-tree (*Koelreuteria paniculata* Laxm.) seeds. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.85, p.319-324, 2000.
- RIBEIRO, V.G.; RAMOS, J.D.; SILVA, A.T.; PASQUAL, M. Uso de GA₃ e nitrato de potássio na germinação de sementes do porta-enxerto de tangerina 'Sunki' (*Citrus sunki* Hort. Ex Tan.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 5., 1995, Lavras, MG. Resumos... Lavras, MG: UFLA, 1995. v.1, p.38.
- RUY, J.; CAPUCHO, M.T.; LOPES, J.C. Observações preliminares sobre a germinação de *Solanum pimpinellifolium* Jual. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 6., 1997, Belém. Resumos... Belém, 1997. p.559.
- SWAMINATHAN, C.; SRIMATHI, P. Importance of seed management on germination and seedling growth of four tropical legumes. **Range Management and Agroforestry**, Kerala, v.15, n.1, p.43-47, 1994.
- TEKETAY, D. Germination of *Acacia origena*, *A. pilispina* and *Pterolobium stellatum* in response to different pre-sowing seed treatments, temperature and light. **Journal of Arid Environment**, London, v.38, p.551-560, 1998.

CAPÍTULO 3: ASPECTOS FISIOLÓGICOS DO CRESCIMENTO INICIAL DE PLANTAS JOVENS DE *Cryptocarya aschersoniana* Mez. SUBMETIDAS A DIFERENTES NÍVEIS DE RADIAÇÃO

1. RESUMO

ALMEIDA, L.P. de. Aspectos fisiológicos do crescimento inicial de plantas jovens de *Cryptocarya aschersoniana* Mez. submetidas a diferentes níveis de radiação. UFLA, 2001. 32 p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia – Área de concentração Fisiologia Vegetal)*

O estudo das características fisiológicas inerentes ao crescimento e ao desenvolvimento de uma planta, em diferentes condições ambientais, oferece ao pesquisador um bom indício sobre quais as melhores condições para se cultivar determinada espécie. Neste contexto objetivou-se avaliar as trocas gasosas, a eficiência fotoquímica do FS II, o teor de nitrogênio foliar, a concentração de clorofilas e o crescimento inicial de plantas da espécie *Cryptocarya aschersoniana* Mez. (Canela-batalha), submetidas a diferentes níveis de redução da radiação solar: 0% (Pleno Sol), 30%, 50% e 70%. Pelos resultados pode-se observar que não houve diferença na condutância estomática, entretanto, a transpiração e a fotossíntese variaram nos diferentes tratamentos avaliados, sendo que houve melhores resultados naquelas plantas cultivadas em 30 e 50 % de redução da radiação solar. Foram observados resultados superiores para a eficiência fotoquímica do fotossistema II nas plantas cultivadas em condições de 50 e 70% de redução da radiação solar, sendo que as plantas em pleno sol apresentaram danos fotoinibitórios. O teor de nitrogênio foliar foi maior nas plantas cultivadas a pleno sol, enquanto a clorofila total foi menor nesta condição e em 50 % de sombreamento, ao passo que a razão clorofila a/b foi maior na condição de 70 % de sombreamento. A maior altura foi apresentada pelas plantas cultivadas em 50 % de sombreamento. Do ponto de vista de acúmulo de biomassa total e matéria seca de raízes, a melhor performance foi observada nas plantas em 30 % de sombreamento e o maior acúmulo de matéria seca de folhas verificado nas plantas cultivadas em 30 e 50 % de sombreamento. Por este estudo, pode-se concluir que as melhores condições de cultivo para mudas desta espécie foram os níveis de 30 e 50 % de redução da radiação solar incidente.

*Comitê Orientador: Prof. Dr. Amauri Alves de Alvarenga – UFLA (Orientador), Prof. Dra. Angela Maria Soares – UFLA (Co-Orientadora).

2. ABSTRACT

ALMEIDA, L.P. de. **Physiological aspects of the early growth of young plants of *Cryptocarya aschersoniana* Mez. submitted to different radiation levels.** UFLA, 2001. 32 p. (Dissertation – Master in Agronomy – Major Plant Physiology)*

The study of the characteristics physiologically inherent to the growth and development of a plant under different environmental conditions offers to the researcher a good clue on which the best conditions to grown a particular species. In this context, it was aimed to evaluate the gas exchanges, the photochemical efficiency of FSII and leaf nitrogen content, the concentration of chlorophylls and early growth of plants of the species *Cryptocarya aschersoniana* Mez. (canela-batalha) submitted to different levels of reduction of solar radiation: 0 % (full sunshine), 30, 50 and 70%. From the results, one may observe that there was no difference in the stomatal conductance; nevertheless transpiration and photosynthesis ranged in the different treatments evaluated, the best results being those observed on those plants cultivated under 30 and 50% of reduction of solar radiation. Superior results for the photochemical efficiency of photosystem II on the plants cultivated under conditions of 50 and 70 % of reduction of solar radiation, the plants in the full sunshine presenting photoinhibitory damage. The leaf nitrogen content was highest in the plants grown in the full sunshine while total chlorophyll was lower under this condition and in 50% of shading whereas the chlorophyll a/b ratio was larger in the condition of 70% of shading. The greatest height was presented by the plants grown in 50% of shading. From the standpoint of accumulated total biomass and root dry matter, the best performance was noticed on the plants in 30 % of shading. By this study, one may concluded that the best growing conditions for seedlings of this species were the levels of 30 and 50% of reduction of incident solar radiation

*Guidance Committee: Prof. Dr. Amauri Alves de Alvarenga (Major Professor), Prof. Dra. Angela Maria Soares.

3. INTRODUÇÃO

A espécie *Cryptocarya aschersoniana* Mez., conhecida com o nome popular de canela-batalha, é uma importante espécie nativa, pertencente ao grupo ecológico das espécies clímax tolerantes à sombra (Davide, Faria e Botelho, 1995). Esta espécie tem sido recomendada para plantios mistos em programas de recuperação de áreas degradadas, ambientes perturbados, matas ciliares e na recomposição das margens de reservatórios hidrelétricos.

Para uma exploração mais racional das potencialidades das espécies nativas na recuperação de ambientes com algum tipo de perturbação é de suma importância o estudo da autoecologia da espécie, bem como a melhor maneira de produzir mudas de uma determinada espécie.

O ambiente de luz em que uma planta cresce é de fundamental importância, pois a adaptação das plantas a este ambiente depende do ajuste do seu aparelho fotossintético, de modo que a luminosidade ambiental seja utilizada de maneira mais eficiente possível. As respostas destas adaptações serão refletidas no crescimento global da planta (Engel e Poggiani, 1991).

Um grande número de pesquisas ecofisiológicas em plantas tem dado ênfase às trocas gasosas, devido a sua relação direta com a sobrevivência e o crescimento das plantas em condições de viveiro, ambos limitados pela demanda e o suprimento de fotossintatos (Layne e Flore, 1993). Gifford et al. (1984) sugeriram que incrementos no crescimento e produção serão maiores quando ambas atividades de fonte e dreno de carbono aumentarem simultaneamente. Alguns trabalhos têm destacado um comportamento diferencial com relação às trocas gasosas quando as plantas são submetidas a diferentes condições de radiação (Alvarenga e Scalon, 1993; Abrams e Mostoller, 1995).

A adaptação de uma planta a uma determinada condição de radiação está associada à quantidade de clorofilas e nitrogênio foliar. Altas taxas de trocas

gasosas em muitas espécies são associadas com altas concentrações de nitrogênio foliar, embora poucos estudos tenham comparado concentrações de nitrogênio com taxas de trocas gasosas em ambientes contrastantes de luz (Reich et al., 1990; Ellsworth e Reich, 1992).

O conhecimento gerado em estudos fitossociológicos tem sido utilizado para definir as espécies a serem utilizadas em projetos de recuperação de áreas florestais degradadas. Entretanto, pouco se conhece sobre o comportamento de espécies de mata de galeria crescendo em diferentes níveis de sombreamento. Esse tipo de informação é de suma importância para otimizar os modelos de regeneração a serem utilizados em projetos de recuperação de matas de galeria degradadas.

Diante do exposto torna-se fundamentalmente importante o estudo das trocas gasosas, da fluorescência da clorofila *a*, das concentrações de clorofilas e nitrogênio foliar e do crescimento de plantas jovens de *Cryptocarya aschersoniana* Mez. sob condições de viveiro visando a produção de mudas com padrão de qualidade para utilização em programas de revegetação de ambientes degradados ou perturbados.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Considerações gerais

O estudo foi conduzido no período de março de 2000 a fevereiro de 2001, na área experimental do Setor de Fisiologia Vegetal, Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no município de Lavras, localizado na região sul do estado de Minas Gerais, a 918 m de altitude, latitude 21°14'S e longitude 45°00'W GRW. As médias anuais de temperatura do ar

máxima e mínima são, respectivamente, de 26,1 °C e 14,8 °C, sendo a precipitação total anual de 1529,7 mm (Brasil, 1992). Segundo a classificação de Köppen, o clima regional é do tipo Cwa, com características Cwb, com duas estações bem definidas, uma seca, de abril a setembro e uma úmida, de outubro a março.

4.2 Condições experimentais

- **Material vegetal**

As sementes utilizadas para obtenção das mudas foram coletadas em 4 plantas matrizes localizadas no horto florestal do campus da Universidade Federal de Lavras, no período de fevereiro a março de 2000, cujos frutos encontravam-se em plena fase de maturação. Foram colhidos por meio de coleta manual direta.

O protocolo de germinação foi aquele que proporcionou os melhores resultados descritos no capítulo 2, ou seja, os diásporos foram submetidos a uma escarificação mecânica para retirada do endocarpo e as sementes resultantes da escarificação colocadas para germinar em rolos de papel e em câmaras de germinação do tipo BOD, com fotoperíodo de 12 horas em condições de temperatura alternada, 30/20 °C (dia/noite).

As sementes germinadas foram transferidas para caixas plásticas contendo vermiculita expandida e colocadas em câmara de crescimento até atingirem o estágio de 1 par de folhas. Após esse período, foram transplantadas para sacolas plásticas com dimensões de 14 x 28 cm contendo um substrato à base de terra de subsolo, areia e esterco bovino na proporção 3:1:1, previamente analisado no Laboratório de Solos da UFPA (Tabela 1). A partir dessa análise, foram incorporados ao substrato superfosfato simples (20% P₂O₅) na proporção

de 5 Kg/m³, e cloreto de potássio (60% K₂O) em 2,5 Kg/m³. As mudas permaneceram em viveiro com nível de 50 % de luminosidade por um período de seis meses até se estabelecerem, quando, então, os tratamentos referentes aos níveis de radiação foram impostos (0 % ou pleno sol, 30 %, 50 % e 70 % de redução da radiação solar incidente). Os níveis de 30 %, 50 % e 70 % foram obtidos com a utilização de telas de nylon, conhecidas comercialmente como “telas sombrite”, conforme especificações do fabricante.

Durante o período experimental (setembro a março/2001), foram realizadas periodicamente adubações complementares à base de sulfato de amônio. Também foram realizadas pulverizações contra ácaros, oídios e lagartas em todas as plantas assim que fosse constatado o nível crítico de controle. Foram utilizados produtos comerciais nas concentrações indicadas pelos fabricantes para espécies lenhosas.

TABELA 1 - Análise do substrato utilizado no cultivo das plantas.

PH	5,8	H + Al	2,5 cmolc/dm ³
P	140 mg/dm ³	S	7,6 cmolc/dm ³
K	60 mg/dm ³	T	7,5 cmolc/dm ³
Ca	5,0 cmolc/dm ³	T	10,0 cmolc/dm ³
Mg	1,3 cmolc/dm ³	m	0 %
Al	0,0 cmolc/dm ³	V	75,7 %

- Departamento de Ciência do Solo, UFLA (2000).

- **Condições climáticas**

A tabela 2 apresenta os dados de temperaturas máxima e mínima, horas de insolação e precipitação total, realizadas na Estação Climatológica Principal de Lavras, situada a aproximadamente 300 m da área experimental referente ao período de setembro de 2000 a fevereiro de 2001. Pode ser observado nesta tabela que os meses de outubro, janeiro e fevereiro foram caracterizados por

serem mais secos e mais claros que o esperado, segundo as normais climatológicas (Brasil, 1992). Em relação às temperaturas o período apresentou um comportamento bem próximo das normais.

TABELA 2 - Temperatura mínima e máxima, precipitação total e insolação total verificadas durante o período experimental (março/2000 a fevereiro/2001).

Mês	Temperatura (°C)		Precipitação Total (mm)	Insolação Total (h)
	Máxima	Mínima		
Setembro 2000	25,5 (25,4)	14,6 (13,6)	109,9 (72,5)	171,9 (202,6)
Outubro 2000	30,4 (27,2)	17,2 (15,6)	25,2 (126,0)	239,0 (198,6)
Novembro 2000	26,9 (27,2)	17,1 (16,6)	239,2 (213,0)	156,1 (181,0)
Dezembro 2000	28,2 (27,3)	18,0 (17,3)	243,8 (295,8)	176,9 (162,2)
Janeiro 2001	29,4 (27,8)	18,5 (17,7)	147,5 (272,4)	233,8 (187,9)
Fevereiro 2001	31,0 (28,4)	18,4 (17,9)	46,8 (192,3)	234 (191,8)

Fonte: Estação Climatológica Principal de Lavras – UFLA (2001). Os números entre parênteses representam as normais climatológicas 1965 – 1990. Brasil (1992).

4.3 Características avaliadas

No período de setembro de 2000 a fevereiro de 2001, foram realizadas mensalmente avaliações das características associadas às trocas gasosas. As medições foram realizadas principalmente em dias ensolarados e livres de nuvens. Todas as avaliações foram conduzidas em folhas completamente desenvolvidas e expandidas. Características associadas a trocas gasosas, densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA), temperatura foliar e umidade relativa do ar, foram feitas com um analisador de gás a infravermelho de fluxo-aberto (LCA-4, Analytical Development Co., Hoddesdon, UK). Estas avaliações foram realizadas sempre no horário de 09:00 h solar, sendo uma avaliação também realizada no horário das 12:00 h solar e 15:00 h solar, a fim de se verificar a variação diurna das características avaliadas. O

cálculo do déficit de pressão de vapor foi realizado a partir dos dados de temperatura e umidade relativa da cubeta utilizando-se as equações descritas a seguir:

$$\text{DPV (kPa)} = e_s - e_a$$

$$e_s = 0,61078 \times \exp \times [(17,269 \times T) / (T + 237,30)]$$

$$e_a = (\text{RH} \times e_s) / 100$$

Onde:

T = temperatura da cubeta;

RH = umidade relativa do ar.

Com o objetivo de confirmar que as plantas estavam sob condições hídricas ótimas foi realizado o potencial hídrico foliar. O mesmo foi determinado com auxílio da bomba de Scholander (PMS Instruments Co., Corvallis, OR), antes do amanhecer (06:00 h horário solar) e ao meio dia solar, em duas avaliações durante o período experimental. Foram utilizadas 4 folhas por tratamento, constituindo-se cada folha uma repetição.

Também foi avaliada a eficiência fotoquímica do FSII por meio de um fluorômetro portátil (Plant Efficiency Analyser – PEA) (Hansatech Instruments Ltd.). A razão F_v/F_m , sendo $F_v = F_m - F_o$ onde F_m = fluorescência máxima; F_v = fluorescência variável e F_o = fluorescência mínima foi determinada após as folhas serem pré-condicionadas no escuro, por 30 minutos, pela medição da fluorescência rápida “in vivo”.

Tanto as características de trocas gasosas como a fluorescência foram avaliadas em quatro plantas por tratamento, utilizando-se uma folha completamente expandida por planta.

Ao final do experimento, foram coletadas aleatoriamente folhas de plantas em cada um dos tratamentos para a realização da análise de nitrogênio. O nitrogênio foliar foi analisado pelo método de micro-Kjeldahl, sendo a digestão realizada no Laboratório de Metabolismo e Biologia Molecular do Setor de

Fisiologia Vegetal da UFLA e, a destilação e titulação realizadas no Laboratório de Análise Foliar do Departamento de Ciência do Solo da UFLA.

A determinação dos teores de clorofila foi realizada em 6 plantas por tratamento, tomadas ao acaso. De cada planta, seccionaram-se 3 folhas completamente expandidas, localizadas entre o ápice, meio e base da planta, sendo imediatamente acondicionadas em papel alumínio e caixa de isopor com gelo. A quantificação das clorofilas *a*, *b* e total foi realizada segundo a metodologia proposta por Arnon (1949). Pegaram-se as folhas e cortaram-nas em pequenos pedaços, fez-se a pesagem e foi realizada uma maceração em cadinho com pistilo, com aproximadamente 20 ml de acetona 80 % (v/v). Logo após realizou-se uma filtragem em lã de vidro e completou-se o volume para 50 ml com acetona 80 %. Imediatamente após este procedimento, procedeu-se à leitura da absorbância a 663 nm e 645 nm em espectrofotômetro v/uv Beckman modelo 640 B. Todo o procedimento foi realizado em ambiente isento de luz para evitar degradação da clorofila, evitando desta maneira subestimar os conteúdos reais de clorofilas presentes nas folhas. Os cálculos de mg de clorofila por g de matéria fresca de tecido foliar foram realizados utilizando-se as equações descritas a seguir:

$$\text{Clorofila } a = [12,7 \times A_{663} - 2,69 \times A_{645}] \times V/1000 W$$

$$\text{Clorofila } b = [22,9 \times A_{645} - 4,68 \times A_{663}] \times V/1000 W$$

Onde:

A = absorbância dos extratos no comprimento de onda indicado;

V = volume final do extrato clorofila-acetona;

W = matéria fresca em gramas do material vegetal utilizado.

Na avaliação do crescimento das plantas, foram determinadas as seguintes características: comprimento e diâmetro do caule, biomassa seca das folhas, caule e raízes, em dez plantas de cada tratamento. A variável comprimento do caule (do colo ao ápice da planta) foi medida semanalmente

durante todo o período experimental e, o diâmetro do caule, medido em intervalos de 15 dias, tomado a 3 cm do solo.

No final do experimento, as plantas foram separadas em folhas, caule e raízes. Todo material foi acondicionado em sacos de papel e colocados em estufa com circulação forçada de ar, a aproximadamente 70 °C, durante 72 horas. Após a secagem, o material foi pesado para quantificar a distribuição da biomassa nas partes da planta.

4.4 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos às análises de variância e teste de médias através do programa estatístico SISVAR versão 4.3 (Ferreira, 1999), e os gráficos elaborados com o software Sigma Plot 2000 versão 6.0. Os dados não sofreram qualquer tipo de transformação.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Microambiente

A variação da densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA) no período em estudo diferiu entre os tratamentos, sendo maior a pleno sol ($1295 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) e decrescendo progressivamente com o sombreamento, sendo os menores valores em torno de $238 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ em 70 % de sombreamento (Figura 1a). Quando submetidas aos vários tratamentos, as plantas experimentaram situações caracterizadas por picos de radiação entre as avaliações, sendo o ambiente de 70 % o mais constante em termos de DFFFA. Em todos os tratamentos, as quedas verificadas no nível de DFFFA, sobretudo aos 74 e 137 dias após a indução dos mesmos (DAI), podem ser associadas à passagem de nuvens no momento das avaliações. A temperatura foliar diminuiu

durante o período de avaliação nos quatro tratamentos de luz e foi geralmente maior nas folhas a pleno sol e menor nas folhas em 70 % de sombreamento (Figura 1c).

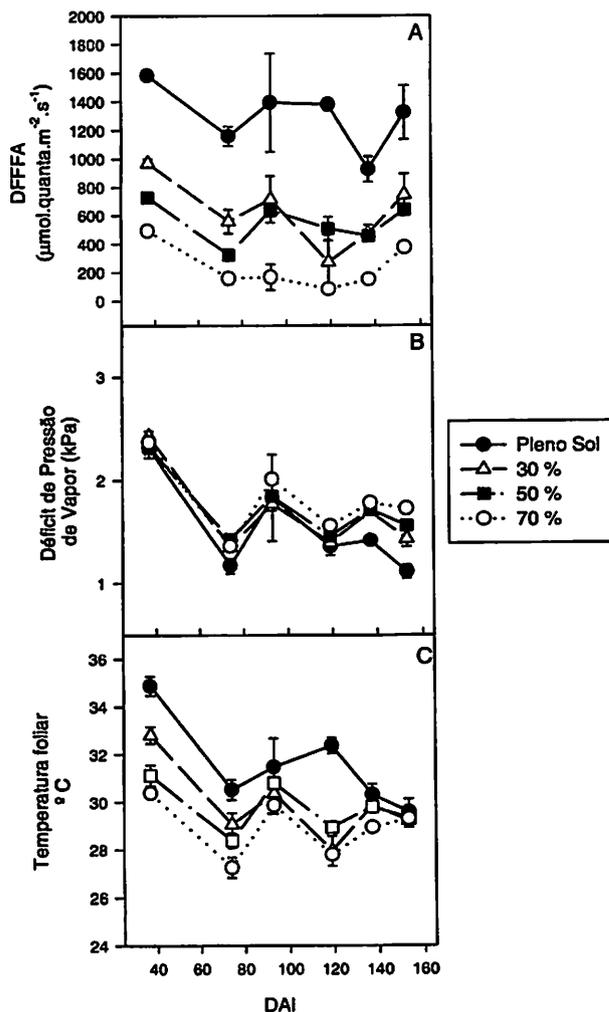


FIGURA 1 – Média (\pm erro padrão) da densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (A), déficit de pressão de vapor (B) e temperatura foliar (C) em plantas jovens de *Cryptocarya aschersoniana* Mez. sob diferentes condições de radiação durante o período experimental.

O déficit de pressão de vapor da atmosfera (DPV) variou com as datas de avaliação (Figura 1b), sendo maior na primeira avaliação aos 37 DAI, época esta também caracterizada por uma baixa precipitação e altas temperaturas em relação às normais para o período e para o local do experimento, caracterizando um período seco (Tabela 2). Aos 74 DAI, houve uma redução no DPV devido à maior quantidade de chuvas no período, sendo que nas demais avaliações, houve uma tendência de estabilização.

5.2 Trocas gasosas, fluorescência da clorofila e potencial hídrico foliar

Em geral, a fotossíntese líquida (A) foi elevada nos tratamentos intermediários de luz, ou seja, 30 % e 50 % de sombreamento (Figura 2a). Os tratamentos extremos de luz, ou seja, 70 % de sombreamento e pleno sol proporcionaram os valores mais baixos de A, sendo o tratamento de 70 % o de menor valor. Ao considerar a média do período experimental, pode-se observar que os maiores valores foram encontrados nas condições intermediárias de radiação (30 e 50 % de sombreamento) e os menores valores na condição de 70 % de sombreamento (Tabela 3).

Este resultado de fotossíntese líquida (A) concorda com a classificação ecológica da espécie em clímax tolerante à sombra (Davide, Faria e Botelho, 1995), a qual possui melhor desenvolvimento sob condições sombreadas. Por outro lado, outros autores encontram, em espécies pioneiras, maiores taxas fotossintéticas em condições de pleno sol (Dias-Filho, 1997; Ramos e Grace, 1990; Oberbauer e Strain, 1984). A variação ecofisiológica intrínseca entre espécies pioneiras e clímax ocorre pelo menos a curto prazo, tanto em ambientes de maior ou menor disponibilidade de radiação (Abrams e Mostoller, 1995).

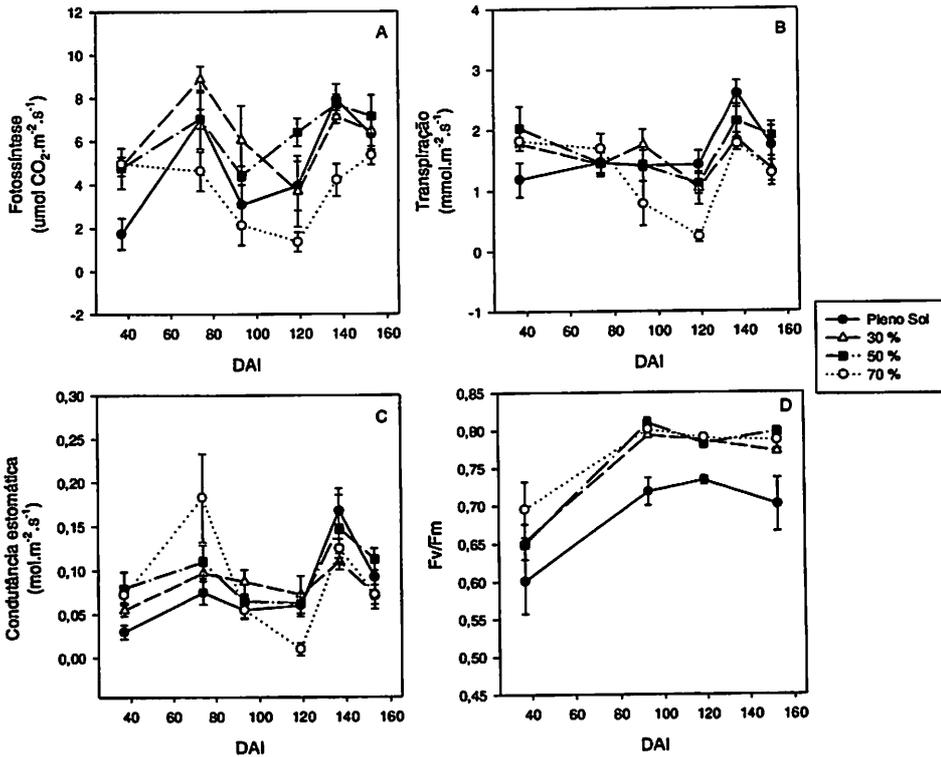


FIGURA 2 – Média (\pm erro padrão) da fotossíntese líquida (A), transpiração (B), condutância estomática (C) e fluorescência da clorofila *a* (D), em seis datas de avaliação, em plantas jovens de *Cryptocarya aschersoniana* Mez. sob diferentes condições de radiação durante o período experimental.

As diferenças na condutância estomática e na transpiração entre os regimes de luz foram menos pronunciadas em comparação às observadas na fotossíntese (Figura 2b e 2c). Considerando uma análise da média sazonal no período para condutância estomática, verifica-se que não foram observadas diferenças entre os tratamentos ($P < 0,05$). Já a taxa de transpiração apresentou diferenças, sendo que as plantas cultivadas em 50 % de sombreamento

apresentaram as maiores taxas (Tabela 3). Pode-se também verificar que, quando há aumentos na condutância estomática, ocorre um incremento na fotossíntese, ou seja, existe uma relação direta entre a fotossíntese e a condutância estomática. Ramos e Grace (1990), trabalhando com espécies tolerantes e sensíveis à sombra, observaram em todas as espécies, uma abertura estomática com o aumento da radiação de 0 – 250 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Estes autores também relatam que, nas espécies tolerantes à sombra, as maiores condutâncias estomáticas foram observadas no tratamento a pleno sol, enquanto nas espécies intolerantes à sombra, as maiores condutâncias estomáticas ocorreram no tratamento de sombra.

TABELA 3: Transpiração (T), condutância estomática (Gs), taxa fotossintética (A), eficiência fotoquímica do FS II (Fv/Fm) em plantas jovens de *Cryptocarya aschersoniana* Mez. submetidas a diferentes níveis de radiação.

Tratamentos	T ($\text{mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)	Gs ($\text{mol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)	A ($\mu\text{mol CO}_2.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)	Fv/Fm
Pleno Sol	1,63 ab	0,08 a	5,00 ab	0,701 b
30 %	1,53 ab	0,08 a	6,18 a	0,772 ab
50 %	1,67 a	0,10 a	6,25 a	0,798 a
70 %	1,26 b	0,09 a	3,77 b	0,786 a

* Médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade.

Também Kwesiga, Grace e Sandford (1986) encontraram diferenças na condutância estomática quando submeteram plantas de *Terminalia ivorensis*, *T. superba*, *Triplochiton scleroxylon* e *Khaya senegalensis* a diferentes condições de luminosidade. As plantas dessas espécies quando expostas a pleno sol

apresentaram maiores condutâncias do que as plantas cultivadas em ambiente sombreado.

Quanto à taxa de transpiração, resultados contrários foram observados na espécie tolerante à sombra *Quercus robur* por Welander e Ottosson (2000), onde a mesma aumentou com o acréscimo da DFFFA.

Verificou-se a existência de dois picos nas características fotossíntese e condutância estomática durante o período experimental em todos os tratamentos. Estes picos poderão estar relacionados com os valores mais baixos de DFFFA, observados nestas avaliações, podendo-se inferir num efeito mais favorável do microambiente nestas características (Figuras 1a, 2a e 2b).

Plantas expostas a pleno sol apresentaram menor razão F_v/F_m em relação aos tratamentos sombreados (Figura 2d). Durante a avaliação diurna, os menores valores da relação F_v/F_m foram encontrados também nas plantas cultivadas a pleno sol, sendo os menores valores encontrados às 12 e 15 horas, evidenciando assim maior efeito de fotoinibição (Figura 4d). Na média sazonal do experimento, notou-se que os menores valores foram encontrados nas plantas a pleno sol (Tabela 3). Os baixos valores encontrados nas plantas cultivadas a pleno sol foram decorrentes, provavelmente, das condições de excesso de luz, o que levou a uma redução na eficiência de transferência da energia, da qual grande parte capturada é dissipada para própria proteção dos fotossistemas, na forma de calor ou emissão da fluorescência da clorofila a (Krause, 1988; Krause e Weiss, 1991).

Em *Dipteryx panamensis*, uma espécie clímax, também foi observado um declínio na razão F_v/F_m nas plantas cultivadas a pleno sol, o que não ocorreu na espécie pioneira *Ochroma lagopus* (Castro, Fetcher e Fernández, 1995). Os resultados obtidos são semelhantes aos de Groninger et al. (1996), em que a taxa de F_v/F_m aumentou com o aumento do sombreadamento, variando de 0,65 no ambiente aberto (pleno sol) para 0,72 e 0,76 nos tratamentos de 79 e 89

do dia. Comportamento semelhante foi observado com a transpiração das plantas a pleno sol, aumentou às 12 horas e caiu às 15 horas, e uma queda às 12 horas e uma retomada às 15 horas, nas plantas sob 30 e 50 % de sombreamento. Nas plantas sob 70 % de sombreamento, observou-se um acréscimo nesta taxa ao longo do dia. Nas plantas sob 30, 50 e 70 % de sombreamento, o comportamento da condutância estomática foi semelhante ao da transpiração, sendo observado nas plantas a pleno sol uma ligeira queda nesta taxa ao longo do dia (Figura 4). Essa queda na condutância estomática pode ser atribuída a uma resposta dos estômatos à elevação de temperatura e diminuição da umidade relativa, caracterizando uma maior demanda evaporativa da atmosfera (DPV). Possivelmente a redução de 70 % na DFFFA proporciona uma relação positiva entre a assimilação líquida, a condutância estomática e a transpiração com o DFFFA e o DPV.

Entre os tratamentos, a média geral do potencial hídrico foliar no amanhecer (máximo) permaneceu em - 0,17 MPa. O potencial hídrico foliar ao meio-dia (mínimo) apresentou uma média de - 1,31 MPa e variou entre os tratamentos. O potencial hídrico decresceu com o aumento da intensidade de radiação, sendo os menores valores de potencial hídrico observados nas plantas a pleno sol e 30 % de sombreamento e, os maiores valores nas plantas sob 70 % de sombreamento (Tabela 4). Estas diferenças possivelmente sejam em decorrência das diversas condições de radiação e diferentes possibilidades de fluxo transpiratório às quais as plantas foram submetidas.

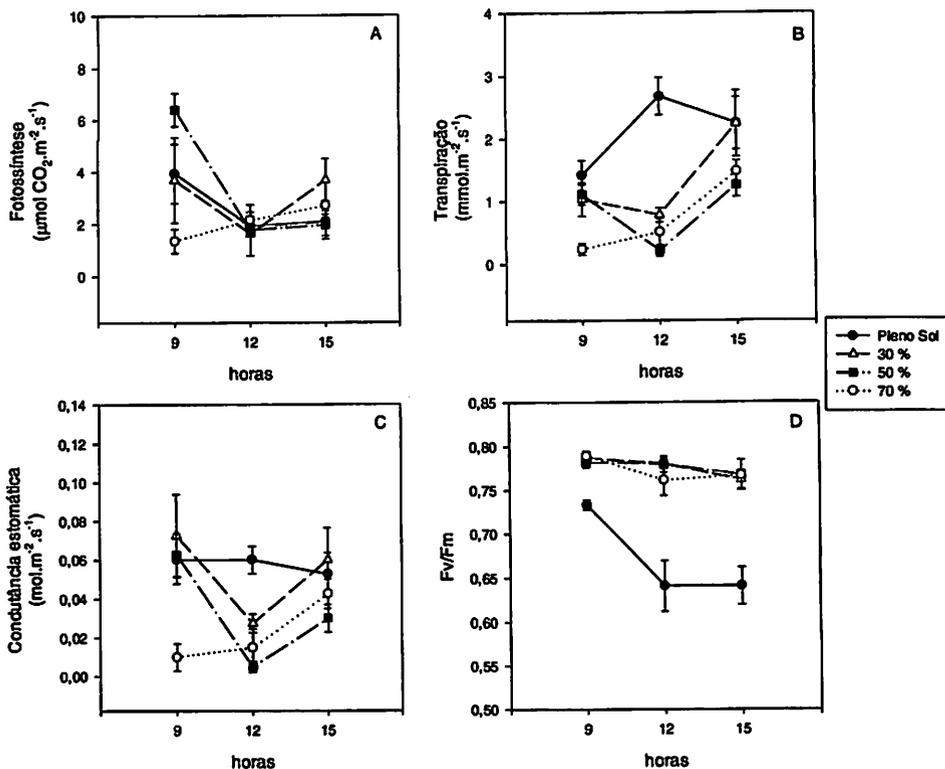


FIGURA 4 - Média (\pm erro padrão) da fotossíntese líquida (A), transpiração (B), condutância estomática (C) e fluorescência da clorofila *a* (D), em três horários de avaliação, em plantas jovens de *Cryptocarya aschersoniana* Mez sob diferentes condições de radiação.

Ao analisar-se a variação diurna das diferentes características (Figura 4), pode-se observar que a taxa fotossintética diminuiu a partir das 9 horas para o restante do dia nas plantas a pleno sol e em 50 % de sombreamento. Naquelas a 30 % de sombreamento, houve uma retomada da taxa fotossintética após o meio-dia. Um comportamento diferencial foi exibido pelas plantas em 70 % de sombreamento, onde foi observado um acréscimo na taxa fotossintética ao longo

do dia. Comportamento semelhante foi observado com a transpiração das plantas a pleno sol, aumentou às 12 horas e caiu às 15 horas, e uma queda às 12 horas e uma retomada às 15 horas, nas plantas sob 30 e 50 % de sombreamento. Nas plantas sob 70 % de sombreamento, observou-se um acréscimo nesta taxa ao longo do dia. Nas plantas sob 30, 50 e 70 % de sombreamento, o comportamento da condutância estomática foi semelhante ao da transpiração, sendo observado nas plantas a pleno sol uma ligeira queda nesta taxa ao longo do dia (Figura 4). Essa queda na condutância estomática pode ser atribuída a uma resposta dos estômatos à elevação de temperatura e diminuição da umidade relativa, caracterizando uma maior demanda evaporativa da atmosfera (DPV). Possivelmente a redução de 70 % na DFFFA proporciona uma relação positiva entre a assimilação líquida, a condutância estomática e a transpiração com o DFFFA e o DPV.

Entre os tratamentos, a média geral do potencial hídrico foliar no amanhecer (máximo) permaneceu em - 0,17 MPa. O potencial hídrico foliar ao meio-dia (mínimo) apresentou uma média de - 1,31 MPa e variou entre os tratamentos. O potencial hídrico decresceu com o aumento da intensidade de radiação, sendo os menores valores de potencial hídrico observados nas plantas a pleno sol e 30 % de sombreamento e, os maiores valores nas plantas sob 70 % de sombreamento (Tabela 4). Estas diferenças possivelmente sejam em decorrência das diversas condições de radiação e diferentes possibilidades de fluxo transpiratório às quais as plantas foram submetidas.

TABELA 4 – Potencial hídrico no amanhecer (máximo) e ao meio dia solar (mínimo) de plantas jovens de *Cryptocarya aschersoniana* Mez. submetidas a diferentes níveis de radiação.

Tratamento	Potencial hídrico (-MPa)	
	Amanhecer	Meio Dia
Pleno Sol	0,21 a	1,45 a
30 % sombreamento	0,19 a	1,44 a
50 % sombreamento	0,14 a	1,31 ab
70 % sombreamento	0,17 a	1,06 b

* Médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade.

5.3 Nitrogênio foliar e clorofila

A porcentagem de nitrogênio foliar foi maior nas plantas cultivadas a pleno sol em relação às aquelas sombreadas ($P < 0,05$). Os menores valores foram observados nas plantas em condição de 30 % de sombreamento (Figura 5). O maior conteúdo de nitrogênio foliar em plantas a pleno sol é consistente com a idéia de que a aquisição e alocação de nitrogênio nas plantas é proporcional a aos gradientes de disponibilidade de radiação (Evans, 1989; Ellsworth e Reich, 1992). Resultados semelhantes foram obtidos com espécies tropicais do México de diferentes estatus sucessionais, onde o maior conteúdo de nitrogênio foliar com base na matéria seca, foi encontrado no tratamento a pleno sol (Ramos e Grace, 1990). Comportamento diferencial teve a espécie pioneira *Solanum crinitum*, em que o maior conteúdo de nitrogênio por unidade de massa foliar foi verificado no tratamento sombreado (Dias-Filho, 1997).

Na Tabela 5, verifica-se uma queda acentuada de clorofila foliar total nas plantas cultivadas a pleno sol e sob 50 % de sombra. A redução no teor de

clorofilas das folhas a pleno sol (por unidade de massa) é amplamente relatada na literatura, como registrado por Engel e Poggiani (1991); Naves, Alvarenga e Oliveira (1994) em espécies florestais e por Kappel e Flore (1983) em pessegueiro. O maior acúmulo de clorofila em níveis mais sombreados pode ser devido a um efeito compensatório da espécie a menor quantidade de radiação disponível. Boardman (1977) reforça a idéia de que folhas cultivadas sob baixas intensidades de luz, apresentam maiores teores de clorofila por unidade de peso.

O nível de 70 % de sombreamento proporcionou maior razão clorofila *a/b*, sendo esta razão reduzida com o aumento da radiação, tendo a pleno sol os menores valores (Tabela 5). A proporção entre clorofilas *a* e *b*, de uma maneira geral, tende a diminuir com a redução da intensidade luminosa (Boardman, 1977; Kozlowski, Kramer e Pallardy, 1991), devido a uma maior proporção relativa de clorofila *b* em ambiente sombreado. Este aumento da clorofila *b* em ambientes sombreados é associado a sua degradação ser mais lenta do que a clorofila *a* (Engel e Poggiani, 1991). Alguns estudos, entretanto, apresentam resultados contrários como os verificados por Kappel e Flore (1983), Castro, Alvarenga e Gomide (1996), e Lee et al. (2000) onde os maiores valores da relação clorofila *a/b* ocorreram em condições sombreadas. Todavia, para a espécie *Myrtus communis* não foi encontrada diferença significativa ($P < 0,05$) na relação clorofila *a/b* em plantas cultivadas a pleno sol ou 30 % de irradiância (Mendes, Gazarini e Rodrigues, 2001). Outros autores também não encontram diferenças entre essas proporções (Inoue, 1983; Graça, 1983; Nygren e Kellomaki, 1983/84).

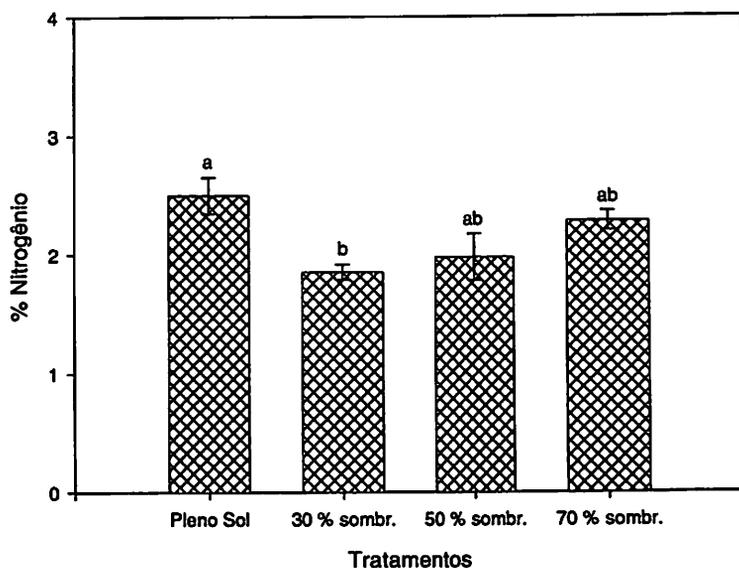


FIGURA 5 – Teor de nitrogênio foliar (\pm erro padrão) de plantas jovens de *Cryptocarya aschersoniana* Mez. submetidas a diferentes condições de radiação.

TABELA 5 – Teor de clorofila total e razão clorofila *a/b* de plantas jovens de *Cryptocarya aschersoniana* Mez. submetidas a diferentes condições de radiação.

Tratamento	Clorofila Total (mg.g^{-1} de matéria fresca)	Clorofila <i>a/b</i>
Pleno Sol	1,85 b	1,63 b
30 % sombreamento	2,40 ab	1,77 ab
50 % sombreamento	1,79 b	2,27 ab
70 % sombreamento	2,58 a	2,35 a

* Médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade.

5.4 Crescimento e alocação de biomassa

Considerando a variável altura, foi detectada diferença significativa entre os tratamentos nas medições realizadas. As plantas cultivadas em 50 % de sombreamento apresentaram maior crescimento em altura (Tabela 6). Os tratamentos com 30 % e 70 % de sombreamento não apresentaram diferenças significativas, sendo as menores alturas constatadas nas plantas a pleno sol. Alguns autores encontraram respostas semelhantes, onde as maiores alturas de plantas foram observadas em condições sombreadas (Naves, Alvarenga e Oliveira, 1994; Mazzei et al., 1999; Paez et al., 2000). Entretanto, resultados contrários foram observados para a espécie *Schefflera morototoni*, onde os maiores valores de alturas foram nas plantas sob sombreamento de 90 % (Mazzei et al., 1998). Numa outra espécie, *Cabralea canjerana*, os maiores valores em altura foram encontrados em condições extremas de luz, ou seja, pleno sol e 90 % de sombreamento (Souza-Silva, 1999).

Quanto ao diâmetro do coleto, não foi observado qualquer efeito dos tratamentos de radiação estudados. Mudanças de *Platycamus regnelli* (Pau Pereira) exibiram o mesmo padrão de resposta da espécie em estudo (Alvarenga e Scaloni, 1993). Alguns autores, porém, verificaram que a condição de maior disponibilidade de radiação fotossinteticamente ativa favorece o crescimento de caules em diâmetro (Naves, Alvarenga e Oliveira, 1994; Salgado et al., 1998). Outros autores, no entanto, encontraram maiores diâmetros do coleto em condições sombreadas, como nas espécies *Amburana cearensis* (Engel e Poggiani, 1991), *Schefflera morototoni* e *Hymenaea courbaril* var. *stilbocarpa* (Mazzei et al., 1998; Mazzei et al., 1999).

Em relação à produção total de biomassa, plantas expostas a 30 % de sombreamento exibiram maior acúmulo de biomassa, enquanto aquelas cultivadas a pleno sol apresentaram os menores valores de biomassa (Tabela 7). Em *Muntingia calabura*, Castro, Alvarenga e Gomide (1996) encontraram

também o mesmo tipo de comportamento nas mudas cultivadas em condições sombreadas. Outros trabalhos, no entanto, têm revelado maiores acúmulos de matéria seca total nas plantas cultivadas a pleno sol (Groninger et al., 1996; Mazzei et al., 1998; Ferreira et al., 1977).

Quanto à partição de biomassa nos diferentes órgãos da planta, verifica-se pela Tabela 7 que as plantas cultivadas nos níveis intermediários de sombreamento apresentaram maiores valores de biomassa nas folhas, em relação as plantas em pleno sol, cujos valores chegaram a aproximadamente o dobro. Este maior acúmulo de matéria seca foliar pode ser devido a uma compensação a menor quantidade de radiação disponível. Similarmente, Felfili et al. (1999) encontraram em *Sclerolobium paniculatum* maiores valores de matéria seca de folhas nas plantas cultivadas em 50 % de sombreamento. Comportamentos diferenciais de plantas foram observados a pleno sol, cujas plantas acumularam maiores quantidades de matéria seca nas folhas (Groninger et al., 1996; Ke e Werger, 1999).

Não foram observadas diferenças nos valores de matéria seca de caule e relação raiz/parte aérea entre os tratamentos. Entretanto, verificou-se maior alocação de biomassa para o sistema radicular das plantas cultivadas sob 30 % de sombreamento em relação aos tratamentos de extremos de radiação (Tabela 7). Resultados semelhantes para a matéria seca do caule foram encontrados por Mazzei et al. (1998), em plantas de *Schefflera morototoni* em diferentes níveis de sombreamento. Nesta mesma espécie, a relação raiz/parte aérea e matéria seca de raízes foram maiores na condição de 50 % de sombreamento. Entretanto, outros trabalhos têm demonstrado maior acúmulo de matéria seca no sistema radicular de plantas cultivadas na condição de pleno sol (Groninger et al., 1996; Ke e Werger, 1999). Indivíduos de uma espécie com sistemas radiculares mais desenvolvidos em determinada condição, credenciam-nos a terem maior

capacidade de aclimação do que aqueles com sistemas radiculares reduzidos (Claussen, 1996).

TABELA 6 – Comprimento e diâmetro do caule de plantas jovens de *Cryptocarya aschersoniana* Mez. submetidas a diferentes condições de radiação.

Tratamento	Comprimento (cm)	Diâmetro (mm)
Pleno Sol	32,85 b	5,30 a
30 % de sombreamento	39,65 ab	5,40 a
50 % de sombreamento	49,70 a	5,55 a
70 % de sombreamento	42,20 ab	4,75 a

* Médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade.

TABELA 7 – Matéria seca de folhas, caules, raízes, total e relação raiz/parte aérea de plantas jovens de *Cryptocarya aschersoniana* Mez. submetidas a diferentes condições de radiação.

Tratamento	Matéria Seca (g)				Relação Raiz/Parte aérea
	Folhas	Caules	Raízes	Total	
Pleno Sol	2,20 b	2,06 a	1,64 b	5,91 b	0,39 a
30 % de sombreamento	5,10 a	3,36 a	3,51 a	11,98 a	0,45 a
50 % de sombreamento	5,19 a	2,81 a	2,99 ab	11,00 ab	0,37 a
70 % sombreamento	2,99 ab	1,86 a	1,69 b	6,54 ab	0,34 a

* Médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade.

Analisando de forma proporcionalizada a partição de fotoassimilados na planta, verifica-se que não houve diferença entre os tratamentos estudados e apenas 27 % da biomassa total é alocada para as raízes. No caule, cerca de 34 % da biomassa produzida pela planta foi alocada para região observando maior efeito nas plantas cultivadas em pleno sol. Por outro lado, o sombreamento favoreceu maiores taxas de acúmulo de biomassa foliar em cerca de 45 % do total (Figura 6). Plantas a pleno sol alocaram maiores percentuais de biomassa para o sistema radicular, sendo este tipo de comportamento observado por vários outros autores (Dias-Filho, 1997; Souza-Silva et al., 1999; Paez et al., 2000). Esta menor distribuição de biomassa para raízes sob baixas condições de luminosidade é bem conhecida e provavelmente reflete uma resposta a atributos que melhoram o ganho de carbono sobre irradiância reduzida como um aumento na área foliar, ou que reflita uma estratégia buscando luminosidade como um aumento na altura (Thompson, Huang e Kriedemann, 1992; Walters, Kruger e Reich 1993).

No entanto, em algumas espécies como *Bauhinia forficata*, suas plantas apresentaram comportamentos diferenciados a pleno sol, distribuindo matéria seca em maior quantidade para folhas e raízes (Atroch, 1999). Outras espécies, no entanto, como *Solanum crinitum* cultivadas em ambientes com baixa intensidade de irradiância, tendem acumular mais biomassa para tecidos de suporte como caules e pecíolos (Dias-Filho, 1997).

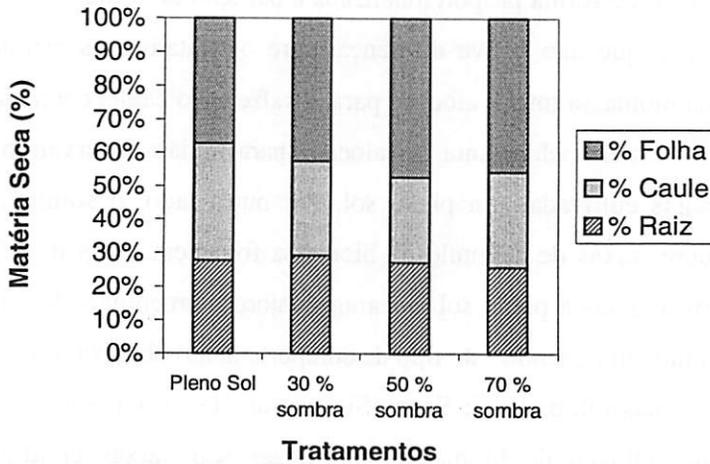


FIGURA 6 – Distribuição de matéria seca nas folhas, caules e nas raízes de plantas jovens de *Cryptocarya aschersoniana* Mez. submetidas a diferentes condições de radiação.

6. CONCLUSÕES

Diante dos resultados apresentados pode-se concluir que:

- A taxa fotossintética foi maior nas plantas cultivadas em 30 e 50 % de sombreamento; não houve alteração na condutância estomática sendo a transpiração maior nas plantas em 50 % de sombreamento;
- As plantas cultivadas a pleno sol sofreram fortes danos foto-oxidativos e fotoinibitórios no aparelho fotossintético, com base nos resultados da relação F_v/F_m ;
- O teor de nitrogênio foliar foi maior nas plantas cultivadas a pleno sol, enquanto a clorofila total foi menor nesta condição e em 50 % de sombreamento; e a razão clorofila a/b maior na condição de 70 % de sombreamento;

- A maior altura foi apresentada pelas plantas cultivadas em 50 % de sombreamento, enquanto o diâmetro do coleto não foi influenciado pelos níveis de irradiância;
- Os melhores resultados de biomassa total e matéria seca de raízes foram observados nas plantas em 30 % de sombreamento, sendo o maior acúmulo de matéria seca foliar verificado nas plantas cultivadas em 30 e 50 % de sombreamento;
- De acordo com os resultados obtidos e nas condições de irradiância testadas, verifica-se melhor desempenho vegetativo das mudas da espécie *Cryptocarya aschersoniana* Mez. em 30% ou 50 % de redução da radiação solar incidente. A condição de pleno sol não deve ser recomendada para a formação de mudas desta espécie.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAMS, M.D.; MOSTOLLER, S.A. Gas exchange, leaf structure and nitrogen in contrasting successional tree species growing in open and understory sites during a drought. **Tree Physiology**, Victoria, v.15, n.6, p.361-370, June 1995.
- ALVARENGA, A.A. de; SCALON, S.P.Q. Efeitos do sombreamento sobre a formação de mudas de pau-pereira (*Platycyamus regnelli* BENTH.). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.17, n.3, p.265-270, set./dez. 1993.
- ARNON, D.I. Cooper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, Maryland, v.24, n.1, p.1-15, jan./mar., 1949.
- ATROCH, E.M.A.C. Aspectos fisiológicos, anatômicos e biossíntese de flavonóides em plantas jovens de *Bauhinia forficata* Link. submetidas a diferentes níveis de irradiância. Lavras: UFLA, 1999. 62p. (Dissertação - Mestrado em Agronomia/Fisiologia Vegetal).

- BOARDMAN, N. K. Comparative photosynthesis of sun and shade plantas. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.28, p. 355-377, 1977.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas 1961-1990**. Brasília, 1992. 84p.
- CASTRO, E.M. de; ALVARENGA, A.A. de; GOMIDE, M.B. Crescimento e distribuição de matéria seca de mudas de calabura (*Muntingia calabura* L.) submetidas a três diferentes níveis de irradiância. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.20, n.3, p.357-365, jul./set. 1996.
- CASTRO, Y.; FETCHER, N.; FERNÁNDEZ, D.S. Chronic photoinhibition in seedlings of tropical trees. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.94, n.4, p.560-565, Aug. 1995.
- CLAUSSEN, J.W. Acclimation abilities of three tropical rainforest seedlings to an increase in light intensity. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.80, n.1/3, p.245-255, Jan. 1996.
- DAVIDE, A.C.; FARIA, J.M.R.; BOTELHO, S.A. **Propagação de espécies florestais**. Belo Horizonte: CEMIG/UFLA/FAEPE, 1995. 40p.
- DIAS-FILHO, M.B. Physiological response of *Solanum crinitum* Lam. to contrasting light environments. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.8, p.789-796. Ago. 1997.
- ELLSWORTH, D.S.; REICH, P.B. Leaf mass per area, nitrogen content and photosynthetic carbon gain in *Acer saccharum* seed-lings in contrasting forest light environments., **Functional Ecology**, Oxford, v.6, p.423-435, 1992.
- ENGEL, V.L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v.3, n.1, p.39-45, Jun. 1991.
- EVANS, J.R. Partitioning of Nitrogen between and within leaves grown under different irradiances. **Australian Journal of Plant Physiology**, East Melbourne, v.16, p.533-548. 1989.

- FELFILI, J.M.; HILGBERT, L.F.; FRANCO, A.C.; SOUSA-SILVA, J.C.; RESENDE, A.V.; NOGUEIRA, M.V.P. Comportamento de plântulas de *Sclerobium paniculatum* Vog. var. *rubiginosum* (Tul.) Benth. sob diferentes níveis de sombreamento, em viveiro. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.22, n.2, p.297-301, 1999. Suplemento
- FERREIRA, D.F. **SISVAR 4.3 – Sistema de análises estatísticas**. Lavras: UFLA, 1999.
- FERREIRA, M. DAS G.M.; CÂNDIDO, J.F.; CANO, M.A.O.; CONDÉ, A.R. Efeito do sombreamento na produção de mudas de quatro espécies florestais nativas. **Revista Árvore**, Viçosa, v.1, n.2, p.121-133, Dez. 1977.
- GRAÇA, M.E.C. **Influence of light intensity on growth nodulation and nitrogen fixation of selected woody actinorhizal species**. Purdue, 1983. 109p. (Phylosophy Doctor Thesis - Purdue University)
- GRONINGER, J.W.; SEILER, J.R.; PETERSON, J.A.; KREH, R.E. Growth and photosynthetic responses of four Virginia Piedmont tree species to shade. **Tree Physiology**, Victoria, v.16, p.773-778, 1996.
- INOUE, M.T. Bases fisiológicas para a silvicultura de espécies nativas. In: INOUE et al. (eds.). **A silvicultura de espécies nativas**, Curitiba: FUPEF, 1983. p.1-8.
- KAPPEL, F.; FLORE, J.A. Effect of shade on photosynthesis, specific leaf weight chlorophyll content of leaves and morphology of young peach trees. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.108, n.4, p.541-544, July 1983.
- KE, G.; WERGER, M.J.A. Different responses to shade of evergreen and deciduous oak seedlings and the effect on acorn size. **Acta Oecologica**, Berlin, v.20, n.6, p.579-586, 1999.
- KOZLOWSKI, T.; KRAMER, P. J.; PALLARDY, S. G. **The physiological oecology of woody plants**. London: Academic Press, 1991. 657p.
- KRAUSE, G.H. Photoinhibition of photosynthesis. An evaluation of damaging and protective mechanism. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.74, p.566-574, 1988.

- KRAUSE, G.H.; WEISS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basis. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.42, p.313-349, 1991.
- KWESIGA, F.R.; GRACE, J.; SANDFORD, A.P. Some photosynthetic characteristics of tropical timber trees as affected by the light regime during growth. **Annals of Botany**, London, v.58, n.1, p.23-32, July 1986.
- LEE, D.W.; OBERBAUER, S.F.; JOHNSON, P.; KRISHNAPILAY, B.; MANSOR, M.; MOHAMAD, H.; YAP, S.K. Effects of irradiance and spectral quality on leaf structure and function in seedlings of two Southeast Asian *Hopea* (Dipterocarpaceae) species. **American Journal of Botany**, New York, v.87, n.4, p.447-455, 2000.
- MAZZEI, L. J.; FELFILI, J. M.; REZENDE, A. V.; FRANCO, A.C.; SOUSA-SILVA, J.C. Crescimento de plântulas de *Schefflera morototoni* (Aubl.) Maguire, Steyermark e Frodin em diferentes níveis de sombreamento no viveiro. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, Brasília, v.3, p.27-36, 1998.
- MAZZEI, L.J.; SOUSA-SILVA, J.C.; FELFILI, J.M.; REZENDE, A.V.; FRANCO, A.C. Crescimento de plântulas de *Hymenaea coubaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee e Lang. em viveiro. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, Brasília, v.4, p.21-29, 1999.
- MENDES, M.M.; GAZARINI, L.C.; RODRIGUES, M.L. Acclimation of *Myrtus communis* to contrasting Mediterranean light environments - effects on structure and chemical composition of foliage and plant water relations. **Environmental and Experimental Botany**, Elmsford, v.45, p.165-178, 2001.
- NAVES, V.L.; ALVARENGA, A.A. de; OLIVEIRA, L.E.M. de. Comportamento estomático de mudas de três espécies florestais submetidas à diferentes níveis de radiação fotossinteticamente ativa. **Ciência e Prática**, Lavras, v.18, n.4, p.408-414, out./dez. 1994.
- NYGREN, M.; KELLOMAKI, S. Effect of shading on leaf structure and photosynthesis in young birches, *Betula pendula* Roth and *B. pubescens* Ehrh. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.7, p.119-132, 1983/1984.

- OBERBAUER, S.F.; STRAIN, B.R. Photosynthesis and successional status of Costa Rican rain forest trees. **Photosynthesis Research**, The Hague, v.5, p.227-232, 1984.
- PAEZ, A.; GEBRE, G.M.; GONZALEZ, M.E.; TSCHAPLINSKI, T.J. Growth, soluble carbohydrates, and aloin concentration of *Aloe vera* plants exposed to three irradiance levels. **Environmental and Experimental Botany**, Elmsford, v.44, p.133-139, 2000.
- RAMOS, J.; GRACE, J. The effects of shade on the gas exchange of seedlings of four tropical trees from Mexico. **Functional Ecology**, Oxford, v.4, p.667-677, 1990.
- REICH, P.B.; ABRAMS, M.D.; ELLSWORTH, D.S.; KRUGER, E.L.; TABONE, T.J. Fire affects ecophysiology and community dynamics of central Wisconsin oak forest regeneration. **Ecology**, Washington, v.71, p.2179-2190, 1990.
- SALGADO, M.A.S.; REZENDE, A.V.; SOUSA-SILVA, J.C.; FELFILI, J.M.; FRANCO, A.C. Crescimento inicial de *Zanthoxylum rhoifolium* Lam. em diferentes condições de sombreamento. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, Brasília, v.3, p.37-45, 1998.
- SOUSA-SILVA, J. C.; SALGADO, M. A. de S.; FELFILI, J. M.; REZENDE, A.V.; FRANCO, A.C. Desenvolvimento inicial de *Cabralea canjerana* Saldanha em diferentes condições de luz. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, Brasília, v.4 p.80-89, 1999.
- THOMPSON, W.A.; HUANG, L.K.; KRIEDEMANN, P.E. Photosynthetic response to light and nutrients in sun-tolerant and shade-tolerant rainforest trees. II. Leaf gas exchange and component processes of photosynthesis. **Australian Journal of Plant Physiology**, East Melbourne, v.19, p.19-42, 1992.
- WALTERS, M.B.; KRUGER, E.L.; REICH, P.B. Growth, biomass distribution and CO₂ exchange of northern hardwood seedlings in high and low light: relationships with successional status and shade tolerance. **Oecologia**, Berlin, v.94, p.7-16. 1993.

WELANDER, N.T.; OTTOSSON, B. The influence of low light, drought and fertilization on transpiration and growth in young seedlings of *Quercus robur* L. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.127, n.1/3, p.139-151, Mar. 2000.

CAPÍTULO 4: ASPECTOS ANATÔMICOS DE PLANTAS JOVENS DE *Cryptocarya aschersoniana* Mez. SUBMETIDAS A DIFERENTES NÍVEIS DE RADIAÇÃO

1. RESUMO

ALMEIDA, L.P. de. Aspectos anatômicos de plantas jovens de *Cryptocarya aschersoniana* Mez. submetidas a diferentes níveis de radiação. Lavras: UFLA, 2001. 14 p. (Dissertação - Mestrado em Agronomia – Área de concentração Fisiologia Vegetal)*.

O estudo da anatomia foliar reveste-se de grande importância para a compreensão do processo de adaptação de uma espécie sob diferentes condições ambientais. Dentro deste contexto, o objetivo deste estudo foi caracterizar as modificações estruturais da lamina foliar de plantas jovens de *Cryptocarya aschersoniana* Mez. em relação a diferentes níveis de sombreamento. Foram avaliados os efeitos da luz sobre a anatomia foliar de mudas desta espécie, também conhecida como Canela Batalha, submetidas a quatro níveis de sombreamento: 30 %, 50 % e 70 % de interceptação da radiação solar e a pleno sol como testemunha. Os resultados demonstram que as plantas cultivadas a pleno sol apresentaram as maiores médias em número de estômatos por mm² e índice estomático. Com relação aos diâmetros polar e equatorial observaram-se incrementos destas dimensões com o aumento progressivo do sombreamento. Notou-se também que o parênquima paliçádico nos tratamentos a pleno sol e em 30 % apresentaram células mais organizadas que as dos tratamentos mais sombreados. Essas células estão mais unidas e são mais alongadas em direção perpendicular à superfície da folha, observando-se também um aumento na quantidade de tecidos do mesófilo com o incremento da intensidade luminosa. No sistema vascular foi constatado maior espessura das paredes celulares com o aumento da intensidade luminosa. Observou-se ainda a presença de grande quantidade de fibras pericíclicas no tratamento a pleno sol e 30% em relação aos demais tratamentos avaliados.

* Comitê Orientador: Prof. Dr. Amauri Alves de Alvarenga – UFLA (Orientador), Prof. Dra. Angela Maria Soares – UFLA (Co-orientadora)

2. ABSTRACT

ALMEIDA, L.P. de. **Anatomical aspects of young plants of *Cryptocarya aschersoniana* Mez submitted to different levels of radiation.** UFPA, 2001. 14 p. (Dissertation – Master in Agronomy – Major Plant Physiology)*

The study of the leaf anatomy clothes of great importance for the understanding of the process of adaptation of a species under different environmental conditions. Within this context, the objective of this study was to characterize the structural modifications of the leaf blade of young plants of *Cryptocarya aschersoniana* Mez. relative to different levels of shading. The effects of light on the leaf anatomy of seedlings of this species, also known by Canela Batalha, submitted to four levels of shading: 30, 50 and 70% of interception of solar radiation and under full sunshine as the check. The results showed that the full-sunshine cultivated plants presented the highest means in number of stomata per mm² and stomatal index. As regards the polar and equatorial diameters, increases of these dimensions were observed with progressive increase of shading. It was also found that the palisade parenchyma in the full sunshine treatments and under 30% presented more organized cells relative to the more shaded treatments. Those cells are more united and are more elongated in direction perpendicular to the leaf surface, an increase in the amount of tissues of the mesophyll with the increasing light intensity being observed. In the vascular system, increased thickness of the cell walls with the increase of light intensity was found. The presence of a great amount of pericyclical fibers was still observed in the treatments under full sunshine and 30 % relative to the other treatments.

*Guidance Committee: Prof. Dr. Amauri Alves de Alvarenga (Major Professor), Prof. Dra. Angela Maria Soares.

3. INTRODUÇÃO

Cryptocarya aschersoniana Mez. é uma espécie arbórea, da família Lauraceae, de grande interesse em projetos de reflorestamento e enriquecimento de áreas perturbadas ou degradadas. Cada vez mais torna-se importante a preservação e recuperação das matas, principalmente em locais críticos, como margens de rios, nascentes e encostas onde as conseqüências são sentidas de

maneira mais evidente, mostrando a necessidade da execução de trabalhos de revegetação, como uma forma de minimizar os problemas e recuperar estes ambientes alvos de degradação ou perturbação.

As variações nas características morfológicas e anatômicas em folhas de plantas desenvolvidas em diferentes níveis de radiação têm sido relatadas para muitas espécies e, relacionadas principalmente, à quantidade de radiação solar ou disponibilidade hídrica (Kaufmann e Troendle, 1981; Niinemets e Kull, 1994; Smith et al., 1997).

Em espécies florestais tem se observado comportamentos diferenciais quanto à plasticidade adaptativa aos diferentes níveis de radiação durante o seu desenvolvimento. Muitas espécies desenvolvem mais satisfatoriamente quando submetidas a ambientes sombreados, enquanto outras, em condições de pleno sol (Fetcher, Strain e Oberbauer, 1983).

O aumento na espessura da folha, seja pelo alongamento e/ou adição de células paliçádicas, tem sido associado a uma redução na resistência do mesófilo ao dióxido de carbono (Nobel, 1977) e correlacionado ao aumento de fatores que limitam potencialmente o processo fotossintético como rubisco, transportadores de elétrons e condutância estomática (Björkman, 1981). Esta dicotomia sol/sombra tem sido avaliada para um grande número de espécies temperadas e relacionada com tolerância a sombra e performance fisiológica (Carpenter e Smith, 1981).

No contexto da fotossíntese os estômatos constituem estruturas especializadas que permitem as plantas manterem o intercâmbio gasoso com o ambiente. Portanto, qualquer variação em número e/ou tamanho destes pode acarretar maior ou menor eficiência da planta, tanto na taxa fotossintética, quanto na eficiência do uso da água. (Sun et al., 1995; Castro et al., 1998).

O número de estômatos e células epidérmicas por unidade de área tem sido considerado a base para determinação do índice estomático, o qual vem

sendo utilizado para efeito de correlação com vários processos fisiológicos, com destaque para a transpiração, fotossíntese e respiração (Castro et al., 1998).

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito de níveis crescentes de sombreamento sobre alguns aspectos da anatomia foliar e a plasticidade anatômica de mudas de *Cryptocarya aschersoniana* Mez., visando ao estabelecimento das melhores condições de radiação para a produção e adaptação de mudas sob condições de viveiro.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Considerações gerais

O estudo foi conduzido no período de março de 2000 a fevereiro de 2001, na área experimental do Setor de Fisiologia Vegetal, Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no município de Lavras, localizado na região sul do estado de Minas Gerais, a 918 m de altitude, latitude 21°14'S e longitude 45°00'W GRW. As médias anuais de temperatura máxima e mínima do ar são, respectivamente, 26,1 °C e 14,8 °C, sendo a precipitação total anual de 1529,7 mm (Brasil, 1992). Segundo a classificação de Köppen, o clima regional é do tipo Cwa, com características Cwb, com duas estações bem definidas, uma seca, de abril a setembro e uma úmida, de outubro a março.

4.2 Condições experimentais

• Material vegetal

As sementes utilizadas para obtenção das mudas foram coletadas em 4 plantas matrizes localizadas no horto florestal do campus da Universidade Federal de Lavras, no período de fevereiro a março de 2000, cujos frutos

encontravam-se em plena fase de maturação e foram colhidos, por meio de coleta manual direta.

O protocolo de germinação foi aquele que proporcionou os melhores resultados descritos no capítulo 2, ou seja, os diásporos foram submetidos a uma esscarificação mecânica para retirada do endocarpo e as sementes resultantes da esscarificação colocadas para germinar em rolos de papel e em câmaras de germinação do tipo BOD, com fotoperíodo de 12 horas em condições de temperatura alternada, 30/20 °C (dia/noite).

As sementes germinadas foram transferidas para caixas plásticas contendo vermiculita expandida e colocadas em câmara de crescimento até atingirem o estágio de 1 par de folhas. Após esse período, foram transplantadas para sacolas plásticas com dimensões de 14 x 28 cm contendo um substrato a base de terra de subsolo, areia e esterco bovino na proporção 3:1:1, previamente analisado no Laboratório de Solos da UFLA (Tabela 1). A partir dessa análise, foram incorporados ao substrato superfosfato simples (20 % P_2O_5) na proporção de 5 Kg/m^3 , e cloreto de potássio (60 % K_2O) em 2,5 Kg/m^3 . As mudas permaneceram em viveiro com nível de 50% de luminosidade por um período de seis meses até se estabelecerem, quando, então, os tratamentos referentes aos níveis de radiação foram impostos (0 % ou pleno sol, 30 %, 50 % e 70 % de redução da radiação solar incidente). Os níveis de 30 %, 50 % e 70 % foram obtidos com a utilização de telas de nylon, conhecidas comercialmente como “telas sombrite”, conforme especificações do fabricante.

TABELA 1 - Análise do substrato utilizado no cultivo das plantas.

PH	5,8	H + Al	2,5 cmolc/dm ³
P	140 mg/dm ³	S	7,6 cmolc/dm ³
K	60 mg/dm ³	T	7,5 cmolc/dm ³
Ca	5,0 cmolc/dm ³	T	10,0 cmolc/dm ³
Mg	1,3 cmolc/dm ³	m	0 %
Al	0,0 cmolc/dm ³	V	75,7 %

Fonte: Departamento de Ciência do Solo, UFLA (2000).

Durante o período experimental (setembro a março/2001), foram realizadas periodicamente adubações complementares à base de sulfato de amônio. Também foram realizadas pulverizações contra ácaros, oídios e lagartas em todas as plantas assim que fosse constatado o nível crítico de controle. Foram utilizados produtos comerciais nas concentrações indicadas pelos fabricantes para espécies lenhosas.

• Condições climáticas

A tabela 2 apresenta as características de temperaturas máxima e mínima, horas de insolação e precipitação total, realizadas na Estação Climatológica Principal de Lavras, situada a aproximadamente 300 m da área experimental referente ao período de setembro de 2000 a fevereiro de 2001. Pode ser observado nesta tabela que os meses de outubro, janeiro e fevereiro foram caracterizados por serem mais secos e mais claros que o esperado, segundo as normais climatológicas (Brasil, 1992). Em relação às temperaturas o período apresentou um comportamento bem próximo das normais.

TABELA 2 - Temperatura mínima e máxima, precipitação total e insolação total verificadas durante o período experimental (março/2000 a fevereiro/2001).

Mês	Temperatura (°C)		Precipitação Total (mm)	Insolação Total (h)
	Máxima	Mínima		
Setembro 2000	25,5 (25,4)	14,6 (13,6)	109,9 (72,5)	171,9 (202,6)
Outubro 2000	30,4 (27,2)	17,2 (15,6)	25,2 (126,0)	239,0 (198,6)
Novembro 2000	26,9 (27,2)	17,1 (16,6)	239,2 (213,0)	156,1 (181,0)
Dezembro 2000	28,2 (27,3)	18,0 (17,3)	243,8 (295,8)	176,9 (162,2)
Janeiro 2001	29,4 (27,8)	18,5 (17,7)	147,5 (272,4)	233,8 (187,9)
Fevereiro 2001	31,0 (28,4)	18,4 (17,9)	46,8 (192,3)	234 (191,8)

Fonte: Estação Climatológica Principal de Lavras – UFLA (2001). Os números entre parênteses representam as normais climatológicas 1965 – 1990. Brasil (1992).

4.3 Características anatômicas

Após um período de 7 meses nos tratamentos de radiação, foi procedida uma coleta ao acaso de 10 folhas em cada tratamento, as quais foram fixadas em F.A.A. 70 % (Johansen, 1940). A seguir, o estudo baseou-se no exame microscópico de secções obtidas à mão livre com o auxílio de lâminas de barbear e submetidas ao processo de coloração com safra-blau (mistura de Safranina- Azul de astra) e montadas em solução de glicerina 50 % (Bukatsh, 1972). As fotomicrografias foram realizadas utilizando-se um fotomicroscópio Olympus BX-60.

Para as avaliações relativas aos estômatos (número médio por mm^2 , diâmetro polar, equatorial e índice estomático), foram realizados cortes paradérmicos na epiderme da face abaxial das folhas, sendo as observações realizadas com o auxílio de um microscópio Olympus CBB com câmara clara. Nas estimativas dos valores médios destas características os cortes paradérmicos foram realizados na região mediana das folhas, onde foram observados quatro campos por folha num total de dez folhas, totalizando-se 40 campos por tratamento.

4.4 Análises estatísticas

Os dados relativos a estômatos foram analisados através do programa estatístico SISVAR versão 4.3 (Ferreira, 1999), onde os dados não sofreram qualquer tipo de transformação.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos mostram que as mudas cultivadas a pleno sol apresentaram as maiores médias em número de estômatos por mm^2 e índice estomático em relação às cultivadas nos demais níveis de sombreamento (Tabela

3). Estes resultados concordam com os obtidos para outras espécies, onde geralmente ocorre um aumento na frequência e índice estomático à medida em que se aumenta a intensidade luminosa (Björkman e Holmgren, 1963; Abrams e Mostoller, 1995; Castro et al., 1998).

TABELA 3: Valores médios das características estomatais em plantas jovens de *Cryptocarya aschersoniana* Mez. submetidas a diferentes níveis de radiação.

Tratamentos	Número de estômatos/mm ²	Índice estomático (%)	Diâmetro Polar (µm)	Diâmetro equatorial (µm)
Pleno sol	549,82 a	23,38 a	18,21 b	11,06 c
30% de sombra	387,02 b	18,82 b	19,31 b	11,55 c
50% de sombra	355,20 b	17,77 b	24,39 a	14,38 b
70% de sombra	314,00 b	17,73 b	25,72 a	16,79 a

* Médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade.

Resultados semelhantes também foram obtidos por Abrams, Kloeppel e Kubiske (1992) que, trabalhando com a espécie *Prunus serotina* em dois ambientes, um méxico (intermediário) e um xérico (seco) e duas irradiâncias (sol e sombra), observaram que em ambos os ambientes, a densidade estomática foi maior no tratamento a pleno sol em relação ao sombreado. Por outro lado, na espécie *Bauhinia forficata* não foi verificada diferença significativa com relação ao número de estômatos por mm² em plantas expostas a pleno sol, 30 % e 50 % de sombreamento (Atroch, 1999). Com relação ao diâmetro polar e diâmetro equatorial, foram observados incrementos nestas dimensões com o aumento progressivo do sombreamento (Tabela 3). Estes resultados discordam de alguns trabalhos, nos quais não foram verificadas diferenças nestas duas características diametrais em função do nível de irradiância ao qual as plantas foram

submetidas (Atroch, 1999; Klich, 2000). No entanto, Castro et al. (1998) encontraram diferenças significativas apenas no diâmetro polar dos estômatos da espécie *Guarea guidonea*, onde os mesmos foram maiores nas plantas cultivadas em 50 % de sombreamento.

Na secção transversal da lâmina foliar observou-se, em todos os tratamentos, duas camadas de células na epiderme adaxial e apenas uma na epiderme abaxial. Klich (2000), trabalhando com *Elaeagnus angustifolia* em três níveis de luminosidade (topo, meio e interior de dossel de floresta), observou diferenças na epiderme adaxial, onde a mesma mostrou-se mais desenvolvida com o aumento do sombreamento, fato não observado com a epiderme abaxial destas plantas.

As espessuras do parênquima paliçádico e total aumentaram com a intensidade luminosa (Figura 1), concordando com as observações feitas por Medri e Lleras (1980), que verificaram um maior desenvolvimento relativo do parênquima paliçádico em folhas expostas a pleno sol (0 % de sombreamento). No tratamento a pleno sol e 30 % de sombreamento o mesofilo foi ocupado geralmente por duas camadas de tecido paliçádico e por quatro a seis camadas de tecido esponjoso, enquanto nos tratamentos com 70 % e 50 % de sombreamento, o mesmo foi constituído por uma camada de tecido paliçádico e por cinco a sete de tecido esponjoso. Este aumento no número de camadas de parênquima esponjoso e o aumento nos espaços intercelulares são importantes fatores que aumentam a eficiência fotossintética, pois facilitam a realização das trocas gasosas devido à maior difusão dos gases nos tecidos. Diversos estudos com espécies florestais tem demonstrado padrões de resposta anatômica semelhante, onde se observa um incremento na espessura do parênquima paliçádico e total com o aumento na intensidade luminosa (Ramos e Grace, 1990; Thompson, Kriedeman e Craig, 1992; Ashton e Berlyn, 1992; Ziegenhagen e Kausch, 1995).

Observou-se ainda que o parênquima paliçádico das plantas cultivadas a pleno sol e 30% de sombreamento apresentaram células mais organizadas em relação àquelas mantidas em ambientes mais sombreados. Essas células encontram-se mais unidas e mais alongadas em direção perpendicular à superfície da folha, observando-se um aumento na quantidade de tecidos do mesofilo com o incremento da intensidade luminosa. Essas observações estão de acordo com as de Castro et al. (1998) em mudas de *Guarea guidonea*. Esses autores verificaram um maior desenvolvimento relativo e uma maior organização das células do parênquima paliçádico em folhas expostas a pleno sol.

As nervuras menores localizadas no mesofilo apresentam-se envolvidas por uma ou mais camadas de células que se dispõem compactamente, constituindo o sistema vascular da folha o qual se liga à epiderme pela extensão da bainha do sistema vascular. Nas plantas cultivadas a pleno sol, este conjunto encontra-se bem lignificado quando comparando com os tratamentos mais sombreados. Na nervura mediana, ficou constatado que as paredes das células dos tecidos mecânicos apresentam-se mais espessas com o incremento da intensidade luminosa. Nesta nervura, observou-se também uma grande quantidade de fibras pericíclicas nas plantas submetidas a pleno sol e 30 % de sombreamento em relação aos demais tratamentos (Figura 1).

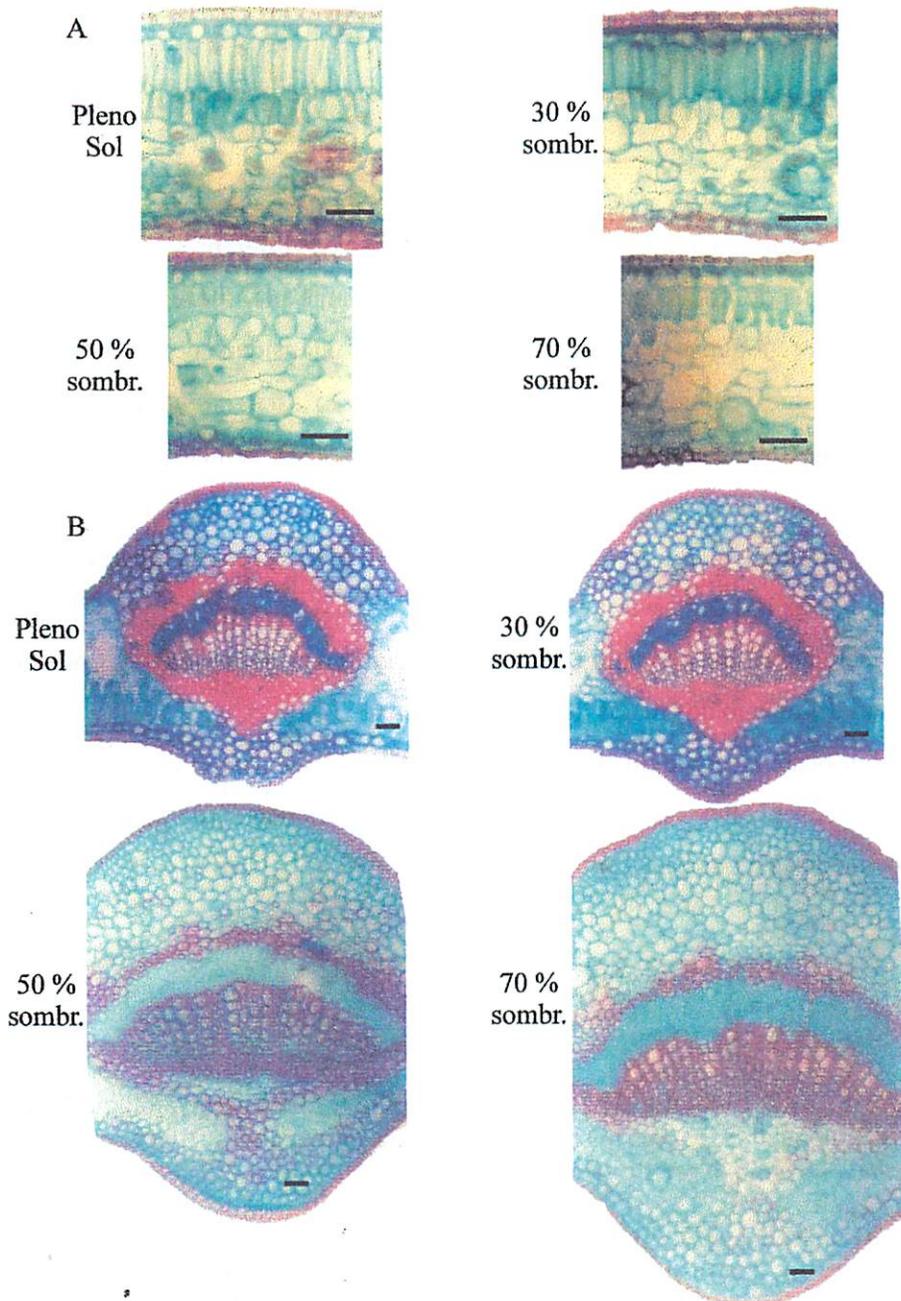


FIGURA 1 - Secção transversal dos mesofilos (A) e nervuras centrais (B) das folhas de *Cryptocaria aschersoniana* Mez. sob diferentes condições de luminosidade. A barra corresponde a 50 µm.

6. CONCLUSÕES

Diante dos resultados apresentados anteriormente podemos concluir que:

- As plantas de *Cryptocarya aschersoniana* Mez. apresentaram uma plasticidade anatômica típica em relação aos diferentes tratamentos, apresentando folhas mais grossas com aumento do mesofilo e menor nervura central nas plantas submetidas a maior intensidade de radiação;
- A epiderme adaxial das plantas de *Cryptocarya aschersoniana* Mez. em todos os tratamentos é composta por duas camadas de células;
- As plantas de *Cryptocarya aschersoniana* Mez. cultivadas a pleno sol apresentaram maior frequência e índice estomático, comparadas com as cultivadas nos demais tratamentos;
- O incremento nos diâmetros polar e equatorial foram observados nas plantas com o aumento dos níveis de sombreamento;
- Essas observações evidenciam que a espécie *Cryptocarya aschersoniana* Mez. desenvolve uma certa plasticidade anatômica de acordo com os níveis de radiação a que esteja submetida.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAMS, M.D.; KLOEPPPEL, B.D.; KUBISKE, M.E. Ecophysiological and morphological responses to shade and drought in two contrasting ecotypes of *Prunus serotina*. *Tree Physiology*, Victoria, v.10, p.343-355, 1992.
- ABRAMS, M.D.; MOSTOLLER, S.A. Gas exchange, leaf structure and nitrogen in contrasting successional tree species growing in open and understory sites during a drought. *Tree Physiology*, Victoria, v.15, n.6, p.361-370, June 1995.

- ASHTON, P.M.S.; BERLYN, G.P. Leaf adaptations of some *Shorea* species to sun and shade. *New Phytologist*, Cambridge, v.121, n.4, p.587-596, Aug. 1992.
- ATROCH, E.M.A.C. **Aspectos fisiológicos, anatômicos e biossíntese de flavonóides em plantas jovens de *Bauhinia forficata* Link. submetidas a diferentes níveis de irradiância.** Lavras: UFLA, 1999. 62p. (Dissertação - Mestrado em Agronomia/Fisiologia Vegetal).
- BJÖRKMAN, O. Responses to different quantum flux densities. In: LANGE, O.L.; NOBEL, P.S.; OSMOND, C.B.; ZIEGLER, H. (eds). **Physiological plant ecology I - responses to the physical environment.** encyclopedia of plant physiology, New York: Springer-Verlag, 1981. 652p.
- BJORKMAN, O.; HOLMGREN, P. Adaptability of photosynthetic apparatus to light intensity in ecotypes from exposed and shade habitats. *Physiologia Plantarum*. Copenhagen, v.16, p.889-915, 1963.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas 1961-1990.** Brasília, 1992. 84p.
- BUKATSH, F. Beneskensgem zeir doppelfarbeing astrablau-safranina. *Microkosmos*, Stuttgart, v.61, p.255, 1972.
- CARPENTER, S.B.; SMITH, N.D. A comparative study of leaf thickness among southern Appalachian hard-woods. *Canadian Journal of Botany*, Ottawa, v.59, n.8, p.1393-1396, Aug. 1981.
- CASTRO, E.M. de; GAVILANES, M.L.; ALVARENGA, A.A. de; CASTRO, D.M. de; GAVILANES, T.O.T. Aspectos da anatomia foliar de mudas de *Guarea guidonea* (L.) Sleumer, sob diferentes níveis de sombreamento. *Daphne*, Belo Horizonte, v.8, n.4, p.31-35, Dez. 1998.
- FETCHER, N.; STRAIN, B. R.; OBERBAUER, S. F. Effects of light regime on the growth, leaf morphology, and water relations of seedlings of two species of tropical trees. *Oecologia*. Berlin, v.58, n.3, p.314-19, 1983.
- FERREIRA, D.F. **SISVAR 4.3 – Sistema de análises estatísticas.** Lavras: UFLA, 1999.

- JOHANSEN, D.A. **Plant microtechnique**. New York: McGraw-Hill, 1940. 523p.
- KAUFMANN, M.R.; TROENDLE, C.A. The relationship of leaf area and foliage biomass to sapwood conducting area in four subalpine forest tree species. **Forest Science**, Bethesda, v.27, p.477-482, 1981.
- KLICH, M.G. Leaf variations in *Elaeagnus angustifolia* related to environmental heterogeneity. **Environmental and Experimental Botany**, Elmsford, v.44, p.171-183, 2000.
- MEDRI, M.E.; LLERAS, E. Aspectos da anatomia ecológica de folhas de *Hevea brasiliensis* Muell Arg. **Acta Amazônica**, Manaus, v.10, n.3, p.463-493. Set. 1980.
- NINEMETS, U.; KULL, K. Leaf weight per area and leaf size of 85 Estonian woody species in relation to shade tolerance and light availability. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.70, n.1-10, 1994.
- NOBEL, P.S. Internal leaf area and cellular CO₂ resistance: photosynthetic implications of variations with growth conditions and plant species. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.40, p.137-144, 1977.
- RAMOS, J.; GRACE, J. The effects of shade on the gas exchange of seedlings of four tropical trees from Mexico. **Functional Ecology**, Oxford, v.4, p.667-677, 1990.
- SMITH, W.K.; VOGELMAN, T.C.; DELUCIA, E.H.; et al. Leaf form and photosynthesis. **Bio-Science**, Arlington, v.47, p.785-793, 1997.
- SUN, O.J.; SWEET, G.B.; WHITEHEAD, D.; BUCHAN, G.D. Physiological responses to water stress and waterlogging in *Nothofagus* species. **Tree Physiology**, Victoria, v.15, n.10, p.629-638, Oct. 1995.
- THOMPSON, W.A.; KRIEDEMANN, P.E.; CRAIG, I.E. Photosynthetic response to light and nutrients in sun-tolerant and shade-tolerant rainforest trees. I. Growth leaf anatomy and nutrient content. **Australian Journal of Plant Physiology**, East Melbourne, v.19, p.1-18, 1992.
- ZIEGENHAGEN, B.; KAUSCH, W. Productivity of young shaded oaks (*Quercus robur* L.) as corresponding to shoot morphology and leaf anatomy. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.72, p.97-108, 1995.