

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE, UNICENTRO-PR**

**DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE *Cedrela fissilis*, *Ocotea porosa* E  
*Vitex megapotamica* SOB DIFERENTES LUMINOSIDADES**  
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**DAIANA MARA LINZMEIER**

**IRATI-PR  
2011**

**DAIANA MARA LINZMEIER**

**DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE *Cedrela fissilis*, *Ocotea porosa*  
E *Vitex megapotamica* SOB DIFERENTES LUMINOSIDADES**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, área de concentração em Manejo Sustentável de Recursos Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Mario Takao Inoue  
Orientador

Prof. Dr. Antonio José de Araujo  
Co-Orientador

**IRATI-PR**  
**2011**

Catálogo na Fonte  
Biblioteca da UNICENTRO

L762d LINZMEIER, Daiana Mara.  
Desenvolvimento de mudas de *Cedrela fissilis*, *Ocotea porosa*  
e *Vitex megapotamica* sob diferentes luminosidades / Daiana Mara  
Linzmeier. – Irati, PR : UNICENTRO, 2011.

61f.  
ISBN

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universi-  
dade Estadual do Centro-Oeste, PR

Orientador : Prof. Dr. Mario Takao Inoue

Co-Orientador : Prof. Dr. Antonio José de Araújo

1. Engenharia Florestal – sustentabilidade. 2. Auto-ecologia.  
I. Inoue, Mario Takao. II. Araújo, Antonio José de. III. Título.

CDD 634.9



# Universidade Estadual do Centro-Oeste

Reconhecida pelo Decreto Estadual nº 3.444, de 8 de agosto de 1997

## PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

### PARECER

Defesa Nº 25

A Banca Examinadora instituída pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Florestais, do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais, da Universidade Estadual do Centro-Oeste, *Campus* de Irati, após arguir a mestrand **Daiana Mara Linzmeier** em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado “DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE *Cedrela fissilis*, *Ocotea porosa* E *Vitex megapotamica* SOB DIFERENTES LUMINOSIDADES”, é de parecer favorável à APROVAÇÃO da estudante, habilitando-a ao título de **Mestre em Ciências Florestais**, Área de Concentração em Manejo Sustentável de Recursos Florestais.

Irati-PR, 19 de agosto de 2011.

Dr. Franklin Galvão  
Universidade Federal do Paraná  
Primeiro Examinador

Dr. Antonio José de Araujo  
Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Segundo Examinador

Dr. Mario Takao Inoue  
Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Orientador e Presidente da Banca Examinadora

Home Page: <http://www.unicentro.br>

*Quando uma criatura humana desperta  
para um grande sonho e sobre ele  
lança toda a força de sua alma, todo o  
universo conspira a seu favor.  
(Autor Desconhecido)*

## DEDICATÓRIA

À

Minha família.

Wilson, meu pai, exemplo de honestidade e retidão.

Maria Roseli, minha mãe, alegria, otimismo, perseverança e efusividade em pessoa.

Juntos, uma combinação do que há de melhor para se aprender e viver.

Dedico.

## AGRADECIMENTOS

Os momentos vividos nesta jornada de trabalhos e estudos foram, para mim, com certeza, os mais gratificantes, pois chegando ao final, vê-se a superação de problemas e o engrandecimento pessoal adquirido. Ser Mestre é a realização de um sonho, que com muita luta e suor, valoriza ainda mais esta conquista e me dá forças para chegar ainda mais longe.

De forma concisa, agradeço a todas as pessoas, que de alguma forma, me ensinaram alguma coisa ou me incentivaram de alguma maneira. Porém, algumas pessoas tiveram um papel central, tanto na minha vida, quanto no meu trabalho e a estas eu gostaria de fazer um agradecimento especial...

Inicialmente, ao Senhor meu Deus, por saber que onde estão as minhas mãos também estão as Suas, por conceder a realização do sonho de me tornar Mestre, por ter posto na minha vida as pessoas abaixo citadas e tantas outras mais, por esta experiência e a conclusão de mais uma etapa do meu destino.

Aos meus pais, como forma de retribuição ao verdadeiro amor, por serem a base de minha sobrevivência que, em meio a tantas dificuldades, estão conseguindo dar educação de alta qualidade aos três filhos, e mais, nos formando com valores dignos e leais. Sem vocês eu não teria conseguido!

Àqueles que tanto amo, meus irmãos: Aline e Eduardo, que estiveram ao meu lado nos momentos bons e nos momentos difíceis, por serem pessoas essenciais em minha vida e também a razão do meu esforço, aqui registro meu agradecimento e também meu amor incondicional! Amo vocês.

Ao meu cunhado, Maycon Riske, opapapa!!! Aí que me refiro!

À querida amiga, Liliane Taís Grosskopf, por ser esta pessoa maravilhosa; pelo apoio, estímulo, e por trazer alegria em minha vida.

Devo um especial agradecimento ao meu Orientador, Prof. Dr. Mario Takao Inoue, por sua admirável dedicação ao ensino e à pesquisa, e por oportunizar a concretização deste ideal.

Ao Prof. Dr. Antonio José de Araujo, por seu profissionalismo e co-orientação nesta pesquisa.

Aos Professores que ministraram as disciplinas das quais participei, por todo o conhecimento transmitido que fez com que cada vez mais eu queira me dedicar aos estudos, aprendendo e dividindo meus conhecimentos.

Aos meus colegas de Mestrado, pelos bons momentos que desfrutamos. Agradeço também ao meu amigo, Rafael Cubas, amizade esta que perdura desde os tempos da graduação. Não poderia deixar de agradecer pelas vezes (no mínimo 104) que percorremos os incansáveis 190 Km que nos distanciavam da Universidade juntos... sempre com sonhos, alegria, entusiasmo e papos furados. Viagens estas que sempre terminavam em enormes câimbras abdominais de risadas e momentos de total esquecimento do trabalho.

Aos meus amigos: Aline (por sempre acreditar que sempre daríamos um jeito para tudo), Michele (pelas incansáveis medições), Paula, Felipe, Carol e Marcelo pelas muitas vezes que cederam seus minutos de trabalho, escutando minhas angústias e felicidades.

Em especial, ao Major Alves, pelo incentivo, apoio e motivação nos momentos finais desta dissertação.

Aos meus avós: Hélio e Eugênia, Rodolfo (in memória) e Zilda, pelo amor e pelas preces que faziam a meu favor.

A todos, que acreditaram e sabiam que eu chegaria mais longe, que estiveram presentes nesta longa trajetória, que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste, mesmo sem ter seus nomes citados, sintam-se como todos os outros mencionados.

Obrigada!



## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>ix</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>x</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>xii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xiii</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 OBJETIVO .....</b>	<b>4</b>
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>5</b>
3.1 Descrição das espécies estudadas .....	6
3.1.1 <i>Cedrela fissilis</i> Vell. (cedro-vermelha) .....	6
3.1.2 <i>Vitex megapotamica</i> (Spreng.) Moldenke (tarumã-azeitona).....	7
3.1.3 <i>Ocotea porosa</i> (Ness & C.Mart) Barroso (ocotea-imbuia) .....	8
3.2 Crescimento e desenvolvimento das plantas .....	8
3.3 Variáveis morfológicas.....	11
3.3.1 Biomassa vegetal .....	11
3.3.2 Altura.....	13
3.3.3 Diâmetro do coleto .....	13
3.3.4 Área foliar.....	13
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>15</b>
4.1 Caracterização da área de estudo.....	15
4.2 Ensaios e delineamento experimental.....	16
4.3 Altura e diâmetro do coleto .....	18
4.4 Determinação da área foliar.....	19
4.5 Determinação de matéria verde e seca .....	19
4.6 Relações biométricas .....	19

<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>20</b>
5.1 Desenvolvimento em altura .....	20
5.1.1 Altura total aos 210 dias .....	20
5.1.2 Desenvolvimento em altura ao longo do experimento .....	25
5.2 Diâmetro do coleto .....	25
5.3 Área foliar.....	30
5.4 Área foliar específica.....	33
5.4 Biomassa seca.....	39
5.4.1 Biomassa seca da parte aérea (BSPA).....	39
5.5.2 Biomassa seca de raízes (BSR) .....	42
5.5.3 Biomassa seca total (BST).....	45
<b>6 CONCLUSÕES</b> .....	<b>49</b>
<b>7 REFERÊNCIAS</b> .....	<b>50</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localização da área de estudo, município de Canoinhas/SC.....	15
<b>Figura 2.</b> Distribuição das campânulas com os respectivos ensaios de sombreamento .....	16
<b>Figura 3.</b> Disposição das espécies-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona nos ensaios de 100%, 50% e 10% de luminosidade.....	18

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Resumo da ANOVA para altura (cm) das espécies cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona submetidas a 100% de luminosidade. ....	20
<b>Tabela 2.</b> Resumo da ANOVA para altura (cm) das espécies cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona submetidas a 50% de luminosidade. ....	20
<b>Tabela 3.</b> Resumo da ANOVA para altura (cm) das espécies cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona submetidas a 10% de luminosidade. ....	20
<b>Tabela 4.</b> Resumo do teste t (valores do p-valor) para altura de cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona em função dos diferentes níveis de luminosidades. ....	21
<b>Tabela 5.</b> Médias da altura (cm) de cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona obtidas em função dos diferentes níveis de luminosidade. ....	21
<b>Tabela 6.</b> Resumo da ANOVA para diâmetro do coleto (mm) das espécies cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona submetidas a 100% de luminosidade. ....	26
<b>Tabela 7.</b> Resumo da ANOVA para diâmetro do coleto (mm) das espécies cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona submetidas a 50% de luminosidade. ....	26
<b>Tabela 8.</b> Resumo da ANOVA para diâmetro do coleto (mm) das espécies cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona submetidas a 10% de luminosidade. ....	26
<b>Tabela 9.</b> Resumo do teste t (p-valor) para diâmetro do coleto do cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona em função dos diferentes níveis de luminosidades. ....	26
<b>Tabela 10.</b> Médias de diâmetro do coleto (mm) de cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona obtidas ao em função dos diferentes níveis de luminosidade. ....	27
<b>Tabela 11.</b> Resumo da ANOVA para área foliar (cm <sup>2</sup> ) das espécies cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona submetidas a 100% de luminosidade aos 210 dias. ....	31
<b>Tabela 12.</b> Resumo da ANOVA para área foliar (cm <sup>2</sup> ) das espécies cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona submetidas a 50% de luminosidade aos 210 dias. ....	31
<b>Tabela 13.</b> Resumo da ANOVA para área foliar (cm <sup>2</sup> ) das espécies cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona submetidas a 10% de luminosidade aos 210 dias. ....	31
<b>Tabela 14.</b> Resumo do teste t (p-valor) para área foliar de cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona em função dos diferentes níveis de luminosidades. ....	31
<b>Tabela 15.</b> Médias de área foliar (cm <sup>2</sup> ) de cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona obtidas ao em função dos diferentes níveis de luminosidade. ....	32
<b>Tabela 16.</b> Resumo da ANOVA para área foliar específica (cm <sup>2</sup> .g <sup>-1</sup> ) das espécies cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona submetidas a 100% de luminosidade aos 210 dias. ....	33

<b>Tabela 17.</b> Resumo da ANOVA para área foliar específica (cm <sup>2</sup> .g <sup>-1</sup> ) das espécies cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona submetidas a 50% de luminosidade aos 210 dias. .....	33
<b>Tabela 18.</b> Resumo da ANOVA para área foliar específica (cm <sup>2</sup> .g <sup>-1</sup> ) das espécies cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona submetidas a 10% de luminosidade aos 210 dias. .....	34
<b>Tabela 19.</b> Resumo do teste t (p-valor) para área foliar específica de cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona em função dos diferentes níveis de luminosidades. ....	34
<b>Tabela 20.</b> Médias de área foliar específica (cm <sup>2</sup> .g <sup>-1</sup> ) de cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona obtidas ao em função dos diferentes níveis de luminosidade. ....	34
<b>Tabela 21.</b> Resumo da ANOVA para biomassa seca da parte aérea (g) das espécies cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona submetidas a 100% de luminosidade aos 210 dias. .....	39
<b>Tabela 22.</b> Resumo da ANOVA para biomassa seca da parte aérea (g) das espécies cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona submetidas a 50% de luminosidade aos 210 dias. .....	39
<b>Tabela 23.</b> Resumo da ANOVA para biomassa seca da parte aérea (g) das espécies cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona submetidas a 10% de luminosidade aos 210 dias. .....	39
<b>Tabela 24.</b> Resumo do teste t (p-valor) para biomassa seca da parte aérea de cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona em função dos diferentes níveis de luminosidades. ....	40
<b>Tabela 25.</b> Resumo do teste de Tukey para a distribuição de biomassa seca da parte aérea de cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona em função dos diferentes níveis de luminosidade. ....	40
<b>Tabela 26.</b> Resumo da ANOVA para biomassa seca de raízes (g) das espécies cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona submetidas a 100% de luminosidade aos 210 dias. .....	42
<b>Tabela 27.</b> Resumo da ANOVA para biomassa seca de raízes (g) das espécies cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona submetidas a 50% de luminosidade aos 210 dias. .....	42
<b>Tabela 28.</b> Resumo da ANOVA para biomassa seca de raízes (g) das espécies cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona submetidas a 10% de luminosidade aos 210 dias. .....	42
<b>Tabela 29.</b> Resumo do teste t (p-valor) para peso de biomassa seca de raízes de cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona em função dos diferentes níveis de luminosidades e idade das plantas. ....	43

<b>Tabela 30.</b> Resumo do teste de Tukey para a distribuição de biomassa seca de raízes de cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona em função dos diferentes níveis de luminosidade.....	43
<b>Tabela 31.</b> Resumo da ANOVA para biomassa seca total das espécies cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona submetidas a 100% de luminosidade aos 210 dias.....	45
<b>Tabela 32.</b> Resumo da ANOVA para biomassa seca total (g) das espécies cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona submetidas a 50% de luminosidade aos 210 dias.....	45
<b>Tabela 33.</b> Resumo da ANOVA para biomassa seca total (g) das espécies cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona submetidas a 10% de luminosidade aos 210 dias.....	46
<b>Tabela 34.</b> Resumo do teste t (p-valor) para biomassa seca total de mudas de cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona em função dos diferentes níveis de luminosidades e idade das plantas. ....	46
<b>Tabela 35.</b> Resumo do teste de Tukey para a distribuição de biomassa seca total de cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona em função dos diferentes ensaios de luminosidade.....	46

## RESUMO

Daiana Mara Linzmeier. Desenvolvimento de mudas de *Cedrela fissilis*, *Ocotea porosa* e *Vitex megapotamica* sob diferentes luminosidades.

Este projeto teve como hipótese de trabalho que as espécies florestais têm exigências e respostas a condições luminosas diferenciadas, sendo um dos principais fatores determinantes do sucesso de projetos de recuperação florestal. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes níveis de intensidades luminosas na morfologia e no desenvolvimento das espécies florestais: *Cedrela fissilis*, *Ocotea porosa* e *Vitex megapotamica*. O experimento foi conduzido em câmpulas, com plantas distribuídas em três condições diferentes de luz, constituídos por um gradiente de luminosidade média em relação à plena luz do dia de: 100%, 50% e 10%. No período de oito meses, a altura da muda e o diâmetro do coleto foram medidos em intervalos de 30 dias. Ao final do experimento, aos 210 dias, foram avaliados através do método destrutivo: área foliar, biomassa seca da parte aérea, de raízes e total. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, constituídos de três tratamentos (espécies) e quinze repetições (com parcelas de uma planta. Para a avaliação dos ensaios usou-se análise da variância (ANOVA), e as médias obtidas foram comparadas por meio do teste de *Tukey*, a 5% de probabilidade. Para a avaliação das espécies em relação aos diferentes níveis de intensidades luminosa testados aplicou-se o teste t comparando-se os ensaios dois a dois. Com base nos resultados obtidos, foi possível chegar às seguintes conclusões: a altura e diâmetro do coleto das mudas de cedro-vermelha, foram superiores à ocotea-imbuia e tarumã-azeitona nos três regimes de luz testados. A área foliar não foi influenciada pelos níveis de luminosidade. Na condição luminosa de 10%, a área foliar específica do tarumã-azeitona foi evidentemente superior se comparada a cedro-vermelha e ocotea-imbuia. Sob a plena luz do dia, não foi verificada influência na produção de biomassa de raízes.

**Palavras-chave:** Espécies florestais, auto-ecologia, luminosidade.

## ABSTRACT

Author: Mara Daiana Linzmeier. The development of seedlings of *Cedrela fissilis*, *Ocotea porosa* and *Vitex megapotamica* under different lighting.

This project had as its work hypothesis that forest species have requirements and responses to differentiated light conditions, being one of the primary factors in determining the success of forest restoration projects. Thus, this study aimed to evaluate the effect of different levels of solar radiation through morphological analysis in the development of these forest species: *Cedrela fissilis*, *Ocotea porosa* and *Vitex megapotamica*. The experiment was conducted in nursery bed, with plants distributed in three different lighting conditions consisting of a gradient of average brightness in relation to the full light of day: 100%, 50% and 10%. In an eight-month period the height of the shoot and the collar diameter were monitored at intervals of 30 days. At the end of the experiment, at the 210th day, the leaf area, dry biomass of shoots, roots and total were evaluated by the destructive method. The experimental design was by randomized blocks, consisting of three treatments (species) and fifteen blocks of single-tree plots. For the evaluation of the tests it was used the analysis of variance (ANOVA), and the averages obtained were compared using the Tukey test at 5% probability. For the evaluation of the species in relation to different levels of light intensities tested it was applied the two sample t test. Based on the results we reach the following conclusions: the height and diameter of the collar of the cedro-vermelha seedlings were greater than of the ocotea-imbuia and tarumã-azeitona in three light regimes tested. The leaf area was not affected by the light levels. Under the light condition of 10%, the leaf area, specifically for trauma was clearly larger compared to the cedro-vermelha and ocotea-imbuia. Under the full light of day it was not observed any effect in the production of root biomass.

**Keywords:** Forest species, auto-ecology, lighting.



## 1 INTRODUÇÃO

A realização desta pesquisa vai ao encontro de campanhas e temas relacionados à preservação dos recursos naturais, visto que é emergencial, tanto quanto vital, o conhecimento da autoecologia das espécies florestais para a produção de mudas.

Tendo em vista a obrigatoriedade de manutenção de áreas verdes e plantio de espécies para a recuperação de áreas degradadas, o sucesso destes plantios dependem do conhecimento prévio das características fisiológicas, exigências ecológicas e da influência dos fatores ambientais no comportamento das diferentes espécies.

O crescimento das plantas, assim como de todos os organismos, é controlado por suas características genética, e pelo meio em que se encontram. Para que as plantas consigam expressar suas potencialidades genéticas, deve-se conhecer o grau de influência dos principais recursos ambientais, para que, através de medidas adequadas, se obtenha uma melhor resposta silvicultural.

Como as espécies arbóreas têm ritmos de crescimento e necessidades ecológicas diferentes nos diversos estágios de desenvolvimento, para se levar avante a tarefa de implantar florestas, o presente trabalho buscou fornecer informações sobre os requerimentos de luz para as espécies estudadas.

Muitos são os fatores ambientais que regulam direta ou indiretamente o crescimento das plantas, condicionando complexos processos fisiológicos. Dentre eles, destaca-se a radiação fotossinteticamente ativa, que é fator crucial, no desempenho dos vegetais, pois age diretamente como fonte de energia na fotossíntese, desempenhando papel regulador na vida dos vegetais.

Como a luz é, provavelmente, o mais complexo e variável fator ambiental ao qual as plantas estão expostas, os componentes como qualidade, quantidade, direção e periodicidade podem modular o crescimento e o desenvolvimento das plantas por efeito da fotossíntese ou morfogênese.

As respostas individuais à luz variam significativamente entre espécies, e cada célula responde distintamente a um estímulo particular de luz. É com este propósito que este estudo se firmou, com o objetivo geral de obter informações sobre o comportamento das plantas de *Cedrela fissilis* Vell. – cedro-vermelha, *Ocotea porosa* (Nees & C. Mart.) Barroso – *ocotea-imbuia* e *Vitex megapotamica* (Spreng.) Moldenke - tarumã-azeitona, crescendo sob diferentes condições lumínicas.

Além de contribuir para o conhecimento da autoecologia das espécies estudadas, a realização desta pesquisa permitirá também a avaliação do crescimento de mudas, visando à compreensão do comportamento e exigência de espécies vegetais ao longo da produção de mudas em viveiro e, conseqüentemente, a campo.

Alicerçando-se no fato de que os projetos de florestamento e reflorestamentos mistos em áreas antropizadas, seguidas pela obrigatoriedade legal de reposição com espécies nativas, a grande maioria dos povoamentos implantados, não tem mostrado o desenvolvimento esperado das espécies. Isso se deve em grande parte ao conhecimento incipiente do comportamento ecofisiológico das espécies.

Apesar dos esforços dos pesquisadores, o número de informações ainda é insuficiente em decorrência do grande número de espécies e variáveis ambientais envolvidas, necessitando do desenvolvimento de estudos sobre a ecofisiologia de espécies potenciais, principalmente para os processos de regeneração, formação de matas ciliares e recuperação de ambientes perturbados devido à ação antrópica ou causas naturais.

Devido ao grande número de espécies e às suas complexas inter-relações e interações com o meio, a escolha será tanto mais correta, quanto maior for o conhecimento que se tem das espécies, basicamente no que se refere à autoecologia e ao comportamento silvicultural das mesmas.

Os temas em questão buscam apoio em estudiosos e pesquisadores que já utilizaram espécies nativas em estudos de luminosidade, entre eles, (FELFILI E ABREU, 1999; CAMPOS E UCHIDA, 2002; FONSECA *et al.* 2002; KRAMER E KOZLOWSKI<sup>1</sup>, 1972, citado por MELO, 2006; ILLENSEER E PAULILO, 2002; AGUIAR *et al.* 2005; CARVALHO *et al.* 2006), razão pela qual, se estabelece o teor científico desta pesquisa.

A justificativa para a realização deste estudo fundamenta-se à escassez de informações sobre a silvicultura e ecologia das espécies estudadas. Com o desenvolvimento deste trabalho, procurou-se estudar o crescimento inicial das espécies em dependência da intensidade luminosa, a fim de determinar as necessidades lumínicas, como subsídios para decisões silviculturais, sendo que, entre os aspectos importantes que devem ser considerados no processo de produção de mudas, a luminosidade assume um papel essencial, tendo em vista a relação direta deste fator com o ambiente natural da espécie. No entanto, a generalização de uma única cobertura luminosa para diferentes grupos ecológicos é prática comum, o que é decorrente da limitada existência de dados sobre o assunto.

---

<sup>1</sup> KRAMER, P.J. e KOZLOWSKI, T. Fisiologia das árvores. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1972. 745 p.

Ensaio de campo sobre o desenvolvimento de várias espécies arbóreas nativas foram desenvolvidos por diversos pesquisadores, mas ainda é pequena a quantidade de informações sobre o assunto, visto que, de uma maneira geral, são incipientes e relacionam-se principalmente às características botânicas e dendrológicas (GARRIDO, 1981).

Esta constatação aponta para um grande campo potencial de pesquisa, principalmente visando à recuperação de áreas degradadas (PAIVA E POGGIANI, 2000).

## 2 OBJETIVO

Este trabalho teve o objetivo geral de estudar o comportamento de plantas de *Cedrela fissilis*, *Ocotea porosa* e *Vitex megapotamica* crescendo sob diferentes condições lumínicas. Os objetivos específicos do presente estudo foram:

- a) Determinar o efeito da intensidade luminosa na altura e no diâmetro do coleto em mudas jovens;
- b) Comparar a interferência de diferentes níveis de luminosidade na biomassa seca das partes aérea, radicular e total, e na área foliar específica.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

Embora o crescimento das plantas dependa de inúmeros fatores climáticos, edáficos e biológicos, a revisão a seguir reúne somente informações ligadas a fotomorfose, em concordância com os objetivos determinados no presente trabalho.

A grande variedade de recursos naturais componentes da Floresta Ombrófila Mista, é decorrente das diferentes associações entre as espécies, as quais crescem influenciadas por variações ambientais intrínsecas (GAMA *et al.* 2003; NARVAES, 2004). Estas variações ocorrem em diferentes intensidades de acordo com as características estruturais e seu estágio de regeneração natural, influenciando ainda na regeneração natural, bem como no estoque da floresta, sob diferentes intensidades, sendo enumeradas e elucidadas por INOUE (1976) como disponibilidade hídrica, intensidade luminosa, solo, competição, germinação e temperatura.

Um dos fatores ambientais de grande importância para o estabelecimento de uma espécie arbórea é a disponibilidade de luz. A adaptação das plantas à luz, durante a fase inicial do desenvolvimento, condiciona mudanças em sua estrutura e metabolismo que determinará o sucesso ou não do crescimento da espécie florestal (TURNBULL, 1993; AGYEMAN *et al.* 1999).

Dentre os fatores ambientais é a luz que exerce maior influência sobre todos os estágios de desenvolvimento da planta, existindo um ponto ótimo em cada fase. A intensidade de luz interfere no crescimento vegetativo por exercer efeitos diretos sobre a fotossíntese, a abertura estomática e a síntese da clorofila.

Várias características constituem parâmetros para avaliar as respostas de crescimento de plantas à intensidade luminosa. Dentre essas, a de uso mais frequente é a altura da planta (MORAES NETO *et al.* 2000).

Um aumento na capacidade de crescimento sob baixa intensidade luminosa como um componente da tolerância ao sombreamento é apontado como lógico, uma vez que aumentaria a capacidade competitiva destas plantas (WALTERS E REICH, 1999).

Em geral, plantas cultivadas sob elevados níveis de luminosidade possuem algumas características morfofisiológicas em comum, quando comparadas com as plantas cultivadas sob sombra: menor área foliar, aumento da espessura foliar e menor área foliar específica, maior alocação de biomassa para as raízes, maiores teores de clorofila por área foliar, maiores

razões entre clorofilas *a* e *b* e maior densidade estomática (BOARDMANN, 1977; GIVINISH, 1988).

No entanto, mais recentemente, a ideia de que a capacidade de crescer com pouca luz é uma característica que sempre confere tolerância ao sombreamento tem sido questionada e reformulada, e a capacidade de sobreviver na sombra vem assumindo um papel de maior destaque na caracterização da tolerância ao sombreamento, principalmente de plântulas (WALTERS E REICH, 1999, 2000; LUSK, 2004).

Os processos do desenvolvimento vegetal estão intimamente relacionados à luz (SALISBURY e ROSS, 1992), tanto por sua importância na produção de fotossintatos como por representarem um sinal seguro de mudança de estação, garantindo à planta preparar-se para condições adversas (VINCE-PRUE<sup>2</sup>, 1975, citado por RONCANCIO, 1996). Por isso, a luz é um dos fatores ambientais mais críticos na determinação do êxito de alguns indivíduos de certas espécies em relação a outras, sendo a competição por luminosidade de fundamental importância para o crescimento e a sobrevivência das espécies (GOMEZ-POMPA E VÁZQUEZ-YANES, 1976).

### **3.1 Descrição das espécies estudadas**

#### **3.1.1 *Cedrela fissilis* (cedro-vermelha)**

O cedro-vermelha é uma árvore caducifólia, pertencente à família Meliaceae, com altura variando entre 10 e 25 m e DAP entre 40 e 80 cm, podendo atingir até 40 m de altura e 300 cm de DAP (CARVALHO, 2003). Apresenta tronco reto ou pouco tortuoso, com fuste de até 15m.

A copa é alta e em forma de corimbo, o que a torna muito típica. As folhas são compostas, medindo entre 25 a 45 cm, muito variáveis quanto à forma, com 8 a 30 pares de folíolos oblongo-lanceolados a oval-lanceolados (LORENZI, 1992).

O cedro-vermelha possui distribuição ampla no território brasileiro, compreendendo latitudes de 1° S (Pará) a 33° S (Rio Grande do Sul). Ocorre em altitudes de 5 a 1.800 metros; é uma espécie de crescimento relativamente rápido, podendo se comportar como espécie secundária inicial ou tardia (LORENZI, 1992). Diversos trabalhos demonstram a plasticidade do cedro-vermelha em relação ao desenvolvimento em diferentes condições de luminosidade.

---

<sup>2</sup> VINCE-PRUE, D. Photoperiodism en plants. London: **McGraw Hill Book Co.**, 444 p., 1975

Inoue (1978) afirma, em seu trabalho que plantios sob cobertura fornecem um ambiente que propicia um crescimento maior em altura nas fases iniciais de desenvolvimento da espécie. Guariz *et al.* (2003) verificaram que cedro-vermelha apresenta plasticidade a gradientes de luz, sendo indicada para plantios sob intensidades luminosas reduzidas e também a céu aberto.

Regenera-se preferencialmente, em clareiras ou bordas. É também uma espécie importante para recuperação florestal de áreas degradadas (DURIGAN *et al.* 2002), sendo promissora para a recuperação de solos contaminados por metais pesados (MARQUES *et al.* 1997).

### 3.1.2 *Vitex megapotamica* (tarumã-azeitona)

O tarumã-azeitona é uma árvore de 10 a 25 m de altura e 40 a 6 cm de DAP quando no meio da floresta, com tronco tortuoso, geralmente um pouco torcido, de casca cinza-escura, densa e levemente fissurada, descamante em placas longitudinais, pertencente à família Lauraceae. Suas folhas são compostas, opostas, digitadas com 3-7 folíolos cartáceos, elíptico-ovalados de bordo liso e nervuras salientes na face inferior, de 5-9 cm de comprimento por até 4 cm de largura (LORENZI, 1992).

Possui madeira utilizada na construção civil, frutos comestíveis e é muito utilizada para paisagismo urbano; suas flores são roxo-azuladas de cerca de 1,5 cm de comprimento por 1 cm de diâmetro, dispostas em inflorescências axilares.

Os frutos são drupas globosas de até 2 cm de comprimento, negro-violáceas, com polpa suculenta, de sabor adocicado. A floração ocorre de outubro a dezembro, e os frutos amadurem de janeiro a março.

Apresenta-se como secundária inicial a secundária tardia. Decídua, heliófila e indiferente às condições físicas do solo e regenera em áreas abertas, bordas e clareiras da floresta. Suas sementes são disseminadas principalmente por animais (PROCHNOW, 2007).

No Brasil, o tarumã-azeitona corre naturalmente na região de Minas Gerais, estendendo-se aos estados do Mato Grosso do Sul e o Rio Grande do Sul. Em países como Uruguai, Paraguai e Argentina, ocorre especialmente nas florestas estacionais e nas florestas com araucárias, predominando nas matas ciliares.

### 3.1.3 *Ocotea porosa* (ocotea-imbuia)

A ocotea-imbuia é pertencente à família Lauraceae. Apresenta altura de 15-20 m, com tronco de 50-150 cm de diâmetro. Folhas finamente coriáceas, glabras de 6-10 cm de comprimento por 1,5-2,0 cm de largura. As flores são branco-amareladas e pequenas com frutos de coloração roxo-escura a vermelho-arroxeadada (BROTO, 2010).

A madeira é moderadamente pesada (densidade 0,65 g/cm<sup>3</sup>), de cor muito variada, superfície irregularmente lustrosa e lisa, medianamente resistente, e é uma das mais procuradas para confecção de mobiliário de luxo, principalmente por sua beleza (BROTO, 2010).

A ocotea-imbuia ocorre de Minas Gerais ao Rio Grande do Sul, concentrando-se, sobretudo nos três estados sulinos onde ocorre apenas na Floresta Ombrófila Mista. É uma planta semidecídua e heliófila, característica dos pinhais do planalto meridional e de submatas mais desenvolvidas (QUINET, 2010).

É uma planta relativamente indiferente à fertilidade do solo, ainda que prefira solos férteis e bem drenados. Apresenta comportamento de planta secundária infiltrando-se em capoeirões e regenerando em clareiras de florestas mais desenvolvidas.

É, possivelmente, a espécie mais longeva da Floresta com Araucária, podendo ultrapassar os 500 anos de idade; por este motivo, é comum nas florestas clímax. Consta na lista nacional de espécies ameaçadas de extinção na categoria vulnerável (IBAMA, 1992).

## 3.2 Crescimento e desenvolvimento das plantas

A luz é importante no crescimento da planta por influir, entre outros processos, na taxa de fotossíntese. A intensidade, qualidade, duração e periodicidade da luz influenciam tanto quantitativa como qualitativamente no desenvolvimento da planta (KRAMER E KOZLOWSKI, 1972). Neste aspecto, vários autores têm utilizado o método de sombreamento artificial para avaliar o comportamento das mudas de espécies florestais quanto à intensidade luminosa.

A estrutura das florestas tropicais permite que pequena quantidade de luz alcance o nível do solo (menos de 1% da radiação fotossinteticamente ativa - PAR) (CHAZDON E



FETCHER<sup>3</sup>, 1984, citado por NAKAZONO *et al.* (2001); JANUÁRIO *et al.* 1992). Dessa forma, o crescimento de muitas plântulas em florestas fica limitado à disponibilidade de luz que varia com as horas do dia, com as estações do ano, com a movimentação das folhas do dossel ou à queda de outros indivíduos ao redor (OSUNKOYA E ASH, 1991; LEE *et al.* 1996; PEARCY, 1997), criando clareiras e levando a plântula a ficar exposta a repetidos episódios de alta luminosidade. Neste caso, a luz aumenta normalmente por um período de meses ou anos, mas decai gradualmente com o restabelecimento da vegetação. Muitas plântulas desenvolvem estratégias para crescer e se estabelecer neste ambiente de pouca luminosidade (OSUNKOYA *et al.* 1994; CLAUSSEN, 1996).

As espécies arbóreas variam grandemente na sua capacidade de responder a alterações na disponibilidade de luz (THOMPSON *et al.* 1992). Quando plântulas experimentam uma mudança nas condições de luz, a maioria delas é capaz, em maior ou menor grau, de aclimatar-se à mudança ocorrida (KITAJIMA, 1996).

A aclimatização de plantas à quantidade de luz incidente ocorre no sentido de maximizar o ganho total de carbono que pode se dar através de dois caminhos:

a) Mudanças nas propriedades de assimilação de carbono pelas folhas, envolvendo ajustes fisiológicos e morfológicos e alterações nas características das folhas relacionadas à fotossíntese. Dentre elas podem ser citadas a razão clorofila a/b, espessura foliar, resultando no aumento da relação massa foliar/área foliar (LEE *et al.* 1996), teor de nitrogênio; densidade estomática (LEE *et al.* 2000) e/ou;

b) Mudança no padrão de alocação de biomassa em favor de parte vegetativa mais severamente afetada pela mudança (OSUNKOYA *et al.* 1994), ocorrendo alterações na proporção de tecidos fotossintetizantes em relação aos não fotossintetizantes, influenciando no controle do acúmulo e modificação da distribuição de biomassa na planta (POPMA E BONGERS, 1991; OSUNKOYA *et al.* 1994; VILELA E RAVETTA, 2000), variação na altura do caule (POORTER, 1999), e orientação das folhas (ISHIDA E MARJENAH, 1999).

Espécies adaptadas plasticamente à radiação solar dependem do ajuste do aparato fotossintético, convertendo a energia radiante em carboidratos e, conseqüentemente, promovendo crescimento (INOUE E TORRES, 1980; ENGEL, 1989; VILLELA E RAVETTA, 2000).

Crescimento e desenvolvimento são dois processos distintos, porém, bastante relacionados. Geralmente, os dois processos ocorrem simultaneamente. Segundo Wilhelm e

---

<sup>3</sup> CHAZDON, R.L. & FETCHER, N. Photosynthetic light environment in a lowland tropical rain forest in Costa Rica. **Journal of Ecology** 72:553-564, 1984.

McMaster (1995), crescimento pode ser definido como aumento irreversível na dimensão física de um indivíduo ou órgão em determinado intervalo de tempo. Em termos fisiológicos, crescimento é definido como o aumento em tamanho, volume e massa no tempo (HUNT, 1990). Por outro lado, desenvolvimento inclui o processo de iniciação de órgãos (morfogênese) até a diferenciação, podendo incluir o processo de senescência. Deste modo, uma definição funcional de desenvolvimento, segundo esse autor, seria o processo em que as plantas, os órgãos ou as células passam por vários estádios identificáveis durante o seu ciclo de vida.

O crescimento vegetal pode ser medido por intermédio de métodos destrutivos em que se avalia o acúmulo de peso seco no tempo, ou por métodos não-destrutivos em que se mede o aumento em altura, ou ainda, o índice de área foliar por meio de equipamentos. Assim, os índices de crescimento podem ser calculados conhecendo-se o peso seco de toda a planta ou de suas partes (fuste, folhas e raízes) e a dimensão do aparelho assimilatório (área foliar) durante certo intervalo de tempo.

As mudanças no ambiente luminoso, que ocorrem durante uma longa escala de tempo envolvem a aclimatização do aparato fotossintético (PEARCY, 1997). Mudanças curtas de alguns segundos ou até um dia, envolvem uma resposta regulatória do aparato fotossintético como a ativação das enzimas fotossintéticas pela luz, regulação estomática, o estímulo do mecanismo de dissipação de energia excessiva pela luz e o movimento das folhas em algumas espécies que regulam a captura de luz pela superfície. Esta resposta permite manter um balanço entre o suprimento de energia dado pela luz e a capacidade dos componentes para processar essa energia.

Leal Filho (1995) verificou que o incremento médio em diâmetro e altura para as plântulas de espécies tolerantes e intolerantes à luz aumentou com a elevação da intensidade de luz na floresta, sendo que as espécies tolerantes apresentam resposta de crescimento limitado no período inicial, logo após o aumento de luz.

A eficiência do crescimento pode ser relacionada com a habilidade de adaptação das plântulas às condições de intensidade luminosa do ambiente.

O crescimento de algumas espécies em ambientes com diferentes disponibilidades luminosas está estreitamente relacionado à capacidade de ajustar, eficaz e rapidamente, seu comportamento fisiológico para maximizar o aproveitamento de recursos nesse ambiente.

As análises do crescimento são utilizadas para prever o grau de tolerância das diferentes espécies ao sombreamento. Estudos indicam que as espécies tolerantes

apresentaram um crescimento mais lento quando comparadas às intolerantes, devido às taxas metabólicas mais baixas (AMO, 1985; SCALON, 1991).

A análise de crescimento ainda é o meio mais simples e preciso para inferir a contribuição de diferentes processos fisiológicos para o crescimento vegetal, sendo útil no estudo de variações entre plantas geneticamente diferentes ou sob diferentes condições ambientais. Mediante a análise de crescimento, segundo BENINCASA<sup>4</sup> (1988), citado por NASCIMENTO (2011), é possível conhecer a cinética de produção de biomassa das plantas, sua distribuição e eficiência ao longo da ontogenia.

Estudos de crescimento de plantas têm sido amplamente utilizados para o conhecimento da ecofisiologia de diferentes espécies submetidas a diferentes condições de luminosidade, seja pelo controle da radiação incidente, por meio do emprego de lâmpadas de diferentes comprimentos de ondas ou câmaras de crescimento (COOPER, 1967; JEANGROS E NOSBERGER, 1992; COOLEY, 2000; MUSIL *et al.* 2002), ou pelo uso de telados ou plásticos redutores da radiação (VLAHOS *et al.* 1991; DALE E CAUSTON, 1992; PUSHPAKUMARI E SASIDHAR, 1992; SHARMA, 1994; MUROYA *et al.* 1997; FARIAS *et al.* 1997).

### 3.3 Variáveis morfológicas

As variáveis morfológicas são as mais utilizadas na determinação de qualidade de mudas, pois são mais fáceis de serem visualizadas e/ou medidas, no entanto, ainda é carente de definições mais precisas para responder as exigências quanto à sobrevivência e ao crescimento, determinadas pelas adversidades encontradas no campo (GOMES, 2001; GOMES e PAIVA, 2004).

Entre as variáveis morfológicas encontram-se a altura da parte aérea, diâmetro do coleto, área foliar, biomassa da parte aérea, biomassa radicial e ainda morfologia das raízes.

#### 3.3.1 Biomassa vegetal

A biomassa vegetal é resultado da incorporação de carbono através da fotossíntese, que é o único processo de importância biológica que pode armazenar energia. Dessa forma, segundo

---

<sup>4</sup> BENINCASA, M. M. P. Análise de crescimento de plantas. Jaboticabal: FUNEP, p.42., 1988.

TAIZ E ZEIGER<sup>5</sup> (1998), citado por LOPES (2008), grande parte dos recursos energéticos do planeta resulta da atividade fotossintética.

Os organismos fotossintéticos utilizam a energia solar para sintetizar componentes orgânicos que não podem ser formados sem a entrada de luz. A energia armazenada nestas moléculas pode ser usada mais tarde em processos celulares do vegetal (TAIZ E ZEIGER, 1998).

Antes mesmo da germinação, as reservas das sementes (biomassa) possuem grande importância no estabelecimento do indivíduo no ambiente e seu sucesso, pois sua mobilização sustentará a plântula nos estádios iniciais de desenvolvimento.

Nesta fase heterotrófica onde ocorre a germinação da semente e o estabelecimento da plântula, envolvendo o desenvolvimento rápido de um sistema radicular eficiente, o sistema fotossintético ainda está completando o seu desenvolvimento e tão logo permitirá uma assimilação de carbono maior do que a perda por respiração, levando a planta a uma condição autotrófica (BUCKERIDGE *et al.* 2000).

A produção de biomassa é tida como o melhor índice de crescimento e pode ser útil para avaliar as condições relativas de luz que são requeridas pelas espécies. Sob crescente radiação a produção é maior, estando na dependência de um bom balanço hídrico e adequado suprimento de nutrientes (LARCHER, 2000).

É o parâmetro quantitativo que melhor retrata o potencial de crescimento de uma planta em relação aos fatores ambientais. Permite verificar como esta massa se distribui pela planta, em decorrência do grau de luminosidade. Em geral, há um decréscimo da produção de biomassa com o aumento do sombreamento. Esse decréscimo pode ser explicado pelo favorecimento do desenvolvimento do parênquima clorofiliano paliádico e de cutícula mais espessa nas folhas pela ação da luz.

As reduções na área foliar e na produção de biomassa total sob condições de sombra também podem ser explicadas pela menor produção de clorofila e da taxa de fotossíntese aparente por unidade de área foliar (SOUZA, 1981).

A quantidade total de biomassa fixada pela planta é um reflexo direto da fotossíntese líquida somada à quantidade de nutrientes minerais absorvidos, o que corresponde a apenas uma pequena parcela daquela. Uma planta de rápido crescimento é aquela capaz de acumular mais biomassa por unidade de tempo. Por isso, a maioria dos estudos sobre crescimento

---

<sup>5</sup> TAIZ, L.; ZEIGER, E. Water and plant cells. In: Plant Physiology, 2 ed. Stunder Massachusetts: **Sinauer Associates**, p. 61 – 80, 1998.

utiliza o peso seco total como índice de acúmulo de biomassa (BORDEAU, 1957; ENGEL, 1989; SCALON, 1991).

### 3.3.2 Altura

A altura e o diâmetro do coleto são as variáveis mais utilizadas para definir padrões de qualidade de mudas, uma vez que não consistem na destruição destas para a sua análise, ao contrário do que dos métodos utilizados na obtenção da biomassa das mudas (CARNEIRO, 1976; CARNEIRO, 1995; GOMES, 2001; GOMES E PAIVA, 2004).

A altura, segundo PARVIAINEN<sup>6</sup> (1981), citado por GUERRA (1982) é considerada como um dos parâmetros mais antigos na classificação e seleção de mudas, e por ser de fácil medição sempre foi utilizada com eficiência para estimar o padrão de qualidade de mudas nos viveiros (GOMES *et al.* 1978), é também um dos mais importantes parâmetros para estimar o crescimento no campo, sendo tecnicamente aceita como uma boa medida do potencial de desempenho das mudas (MEXAL E LANDIS, 1990).

### 3.3.3 Diâmetro do coleto

O diâmetro do coleto é outro parâmetro utilizado para medir o crescimento das plantas. O crescimento em diâmetro depende das atividades cambiais que, por sua vez, é estimulada a partir de carboidratos produzidos pela fotossíntese corrente e hormônios translocados das regiões apicais (KOZLOWSKI, 1962; ENGEL, 1989).

Segundo LARCHER (2000), plantas em estágio inicial crescem rapidamente tanto em extensão como em diâmetro.

Vários autores relacionam um maior diâmetro do coleto a uma maior intensidade luminosa, onde encontraram uma correlação positiva entre o diâmetro do coleto e a intensidade de luz para plântulas de cedro-vermelha (SOUZA, 1981).

### 3.3.4 Área foliar

Na avaliação de tolerância das espécies ao sombreamento, a área foliar é uma característica muito utilizada. O aumento da área foliar com o sombreamento é uma das

---

<sup>6</sup> PARVIAINEN, J. V. Qualidade e avaliação de qualidade de mudas florestais. In: SEMINÁRIO DE SEMENTES E VIVEIROS FLORESTAIS, 1., 1981, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, p. 59-90, 1981.

maneiras da planta aumentar a superfície fotossintética, assegurando um aproveitamento mais eficiente das baixas intensidades luminosas e, em conseqüência, compensarem as baixas taxas de fotossíntese por unidade de área foliar, característica de folhas de sombra (GRAÇA, 1983). Estes resultados concordam com os encontrados por ENGEL (1989), que estudando o comportamento de *Zeyheira tuberculosa* (Bureau ex B. Verl.), *Tabebuia avellanedae* ex Griseb e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C.Sm., verificou que as espécies apresentaram um aumento de área foliar com o aumento do sombreamento.

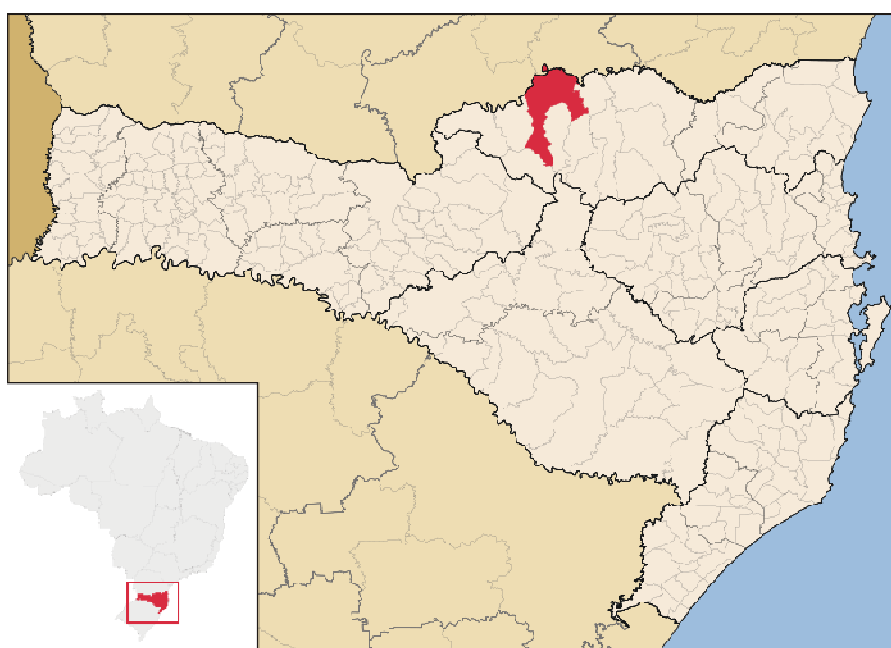
O aumento da área foliar mostra a habilidade da espécie em utilizar a radiação fotossinteticamente ativa e alocar os fotoassimilados em resposta a um ambiente particular de luminosidade (LARCHER, 2000).

Welander e Ottosson (1977) afirmam que a área foliar não é o único fator a ser considerado na determinação do potencial de uso mais eficiente da energia luminosa, mas também a proporção relativa entre os tecidos fotossintetizantes e tecidos que apenas respiram.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado no município de Canoinhas, localizado a uma latitude de 26°10'38" sul e a uma longitude de 50°23'24" oeste, altitude de 839 metros. O município é situado no planalto norte do Estado de Santa Catarina, na microrregião do Contestado.



**Figura 1.** Localização da área de estudo, município de Canoinhas/SC.

**Fonte:** IBGE, 2011

A característica climática do município, segundo Köppen, classifica-se como mesotérmico úmido, sem estação seca e com verões frescos, apresentando temperatura média anual de 17°C. A ocorrência de geadas é frequente em junho, julho e agosto, quando ocorre uma média de 17,4 geadas/ano. A precipitação pluviométrica média varia em torno de 1473,3 mm/ano.

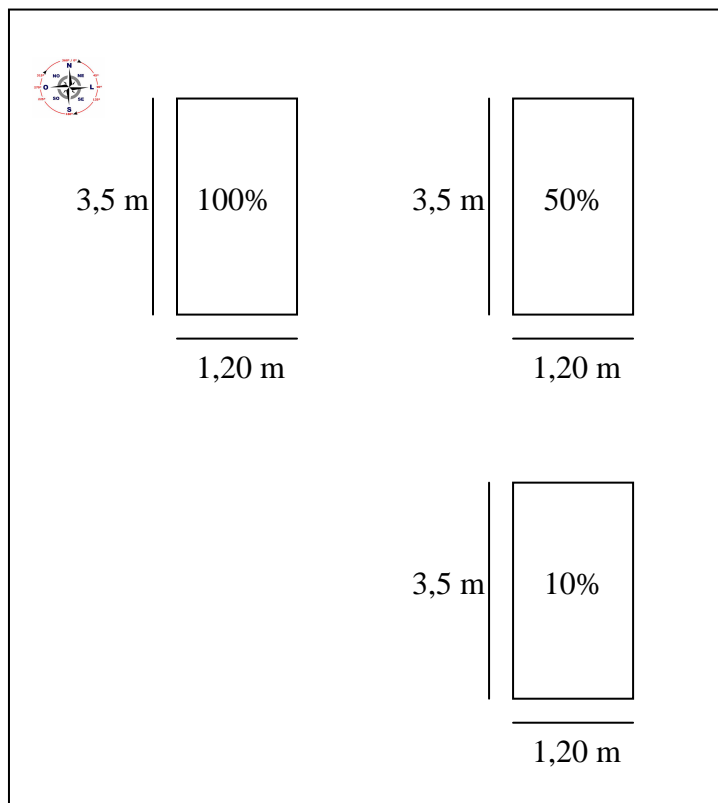
Considerando à classificação da EPAGRI (1994), a região do Planalto Norte Catarinense apresenta o Clima Cfb, com quatro meses com temperaturas maiores que 10°C. A temperatura do mês mais quente é menor que 22°C (Clima Temperado Úmido).

Com referência a classificação dos solos, confirma-se a predominância dos cambissolos, prevalecendo com uma formação ácida.

## 4.2 Ensaios e delineamento experimental

Para a realização deste trabalho, visando estudar o efeito da luminosidade, foram instalados três ensaios. O primeiro ensaio, denominado E100, serviu como testemunha, permitindo exposição das plantas à plena luz disponível do dia. O segundo ensaio (E50) constituiu-se de ambiente com 50% da luz disponível, conseguido por meio de combinação de telas de sombrite. O terceiro ensaio (E10) constituiu-se de ambiente com 10% da luz disponível. Para a obtenção das duas últimas condições luminosas requeridas, foram utilizadas dosséis, constituído de estruturas de madeira e cobertura com telas de sombrite, sob as quais foram acomodadas as plantas durante o período do estudo. Os dosséis tinham dimensões de 1,20 m x 3,25 m x 1,50 m, e o solo foi coberto por pedra brita tipo 2, para favorecer a drenagem da água, evitando o encharcamento da área.

A distribuição dos dosséis em relação à exposição relativa ao percurso do sol é apresentada na Figura 2.



**Figura 2.** Distribuição das campânulas com os respectivos ensaios de sombreamento.



Em cada um dos ensaios, foi investigado o comportamento de três espécies nativas da região: o cedro-vermelha, a ocotea-imbuia e o tarumã-azeitona. As plântulas foram adquiridas com aproximadamente 30 dias de idade.

As mudas foram cedidas pelo Horto Florestal do Instituto Ambiental do Paraná (IAP) – São João do Triunfo/PR, e obtidas a partir de sementes coletadas em árvores matrizes localizadas nas cidades paranaenses de Cruz Machado, Bituruna e Mallet.

De posse das plântulas, as mesmas foram repicadas e transplantadas individualmente para sacos de polietileno com dimensões de 20 cm x 8 cm, contendo substrato comercial MECPLANT® composto com casca de pinus e virmiculita.

Na instalação do experimento, no mês de março de 2010, com o auxílio de um luxímetro foram obtidas medições de luminosidade em cada um dos ensaios fazendo-se três medições aproximadamente nos horários de 8h, 14h e 17h. As medições de luz foram realizadas na altura da gema apical das plantas, sendo uma medição na planta central do ensaio e as demais nas plantas dos cantos extremos da área.

Como cada campânula foi constituída de um nível diferente de luminosidade, estas passaram a ser consideradas ensaios distintos. As mudas foram transportadas para o ambiente a pleno sol, (ensaio 1 - E100) e para o interior das campânulas com restrição luminosa de 50% (ensaio 2 - E50) e 10% (ensaio 3 – E10), ficando dispostas cerca de 10 cm uma das outras. Deixou-se bordadura, para que com o crescimento das mudas as folhas não tocassem no sombrite lateral.

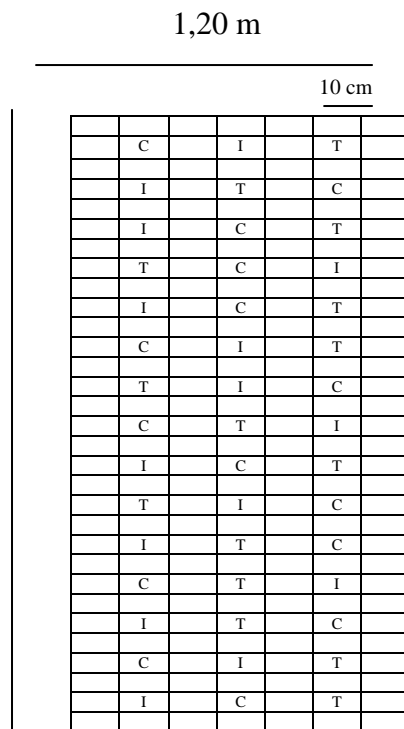
Cada ensaio foi instalado em delineamento experimental de blocos casualizados, constituídos de três tratamentos (espécies) e 15 blocos com parcelas de uma planta.

A localização de cada muda foi realizada mediante sorteio com números e distribuída nos diferentes ensaios, conforme disposto na Figura 3.

Para avaliação dos ensaios, usou-se análise da variância (ANOVA), e as médias obtidas foram comparadas por meio do teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Para a avaliação das espécies, em relação aos diferentes níveis de intensidades luminosas testados aplicou-se o teste t comparando-se os ensaios dois a dois.

O período de observação foi de 1 de março a 1 de novembro de 2010. Mensalmente foram realizadas medições de altura (cm) e diâmetro do coleto (mm) das mudas.

I - Ocotea-imbuia  
 C - Cedro-vermelha  
 T - Tarumã-azeitona



**Figura 3.** Disposição das espécies cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona nos ensaios de 100%, 50% e 10% de luminosidade.

Decorridos 210 dias da instalação do experimento, as mudas foram retiradas das câmaras e imediatamente conduzidas ao laboratório da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI, onde, como recomendado por BÖHN (1979), foram separadas as partes vegetais em: raízes, caule e folhas do total de mudas do experimento. Nesta etapa, mediu-se o comprimento da raiz (tendo como critério a raiz de maior comprimento), biomassa de raízes e da parte aérea e biometria foliar.

### 4.3 Altura e diâmetro do coleto

O comprimento do caule (altura da planta) foi determinado com uma régua graduada colocada paralelamente ao caule da planta, medindo-se a distância entre a transição raiz/caule e a base da gema apical.

Para a determinação do diâmetro do coleto, as mudas foram medidas com paquímetro digital num ponto a 1 cm do solo.

#### 4.4 Determinação da área foliar

Para a determinação da área foliar, foram retiradas todas as folhas das mudas, onde, as espécies decíduas, durante a realização do experimento não perderam as folhas na fase inicial de crescimento, permitindo a determinação desta análise. De posse das folhas, a área foliar foi obtida escaneando-se as lâminas foliares das plantas e calculando-se a área da imagem com o auxílio do programa computacional de uso livre *Leaf Area Meter* baixado do site: [www.shef.ac.uk/~nuocpe/ucpe/leafarea.html](http://www.shef.ac.uk/~nuocpe/ucpe/leafarea.html).

#### 4.5 Determinação de biomassa

Para determinação de biomassa, as plantas foram retiradas dos recipientes plásticos, destorroadas, lavadas, identificadas e acondicionadas individualmente em sacos de papel de 15 litros.

As plantas foram separadas em folhas, ramos e caule e raízes. Em seguida, as diferentes partes vegetais foram pesadas para determinação de biomassa verde.

Posteriormente, cada fração foi acondicionada em embalagens de papel, recebendo a devida identificação. Em seguida, foram mantidas em estufa a 70°C para a determinação da biomassa. A pesagem das diferentes partes vegetais foi realizada utilizando-se uma balança eletrônica com precisão de 0,01g.

#### 4.6 Relações biométricas

Com base nos dados obtidos, foram calculados os diferentes índices de qualidade de mudas:

- Área foliar total (AFT), e
- Área Foliar Específica (AFE).

Para a realização dos cálculos de Área Foliar Específica (WITKOWSKI *et al.* 1991), utilizou-se a seguinte fórmula:

$$AFE = \frac{\text{Área foliar}}{\text{Peso seco foliar}} \quad (\text{cm}^2.\text{g}^{-1})$$

Os dados provenientes das coletas foram processados com o *software ASSISTAT*®.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Desenvolvimento em altura

#### 5.1.1 Altura total aos 210 dias

A análise estatística desta variável mostrou haver diferença significativa entre as espécies para os níveis de 100%, 50% e 10% de intensidade luminosa, conforme mostram as Tabelas 1, 2 e 3.

**Tabela 1.** Resumo da Análise da Variância (ANOVA) para altura (cm) das espécies cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona submetidas a 100% de luminosidade.

Fonte de variação	GL	Soma quadrática	Média quadrática	F-Calc	P-Valor
<b>Espécies</b>	2	831,21	415,60	27,37	0,001
<b>Blocos</b>	14	169,00	12,07	0,79	0,050
<b>Erro</b>	28	425,12	15,18		
<b>Total</b>	44	1425,34			

Significativo a 5% de probabilidade.

**Tabela 2.** Resumo da Análise da Variância (ANOVA) para altura (cm) das espécies cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona submetidas a 50% de luminosidade.

Fonte de variação	GL	Soma quadrática	Média quadrática	F-Calc	P-Valor
<b>Espécies</b>	2	1170,00	585,00	31,69	0,001
<b>Blocos</b>	14	439,57	31,39	1,701	0,1126
<b>Erro</b>	28	516,85	18,45		
<b>Total</b>	44	2126,42			

Significativo a 5% de probabilidade.

**Tabela 3.** Resumo da Análise da Variância (ANOVA) para altura (cm) das espécies cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona submetidas a 10% de luminosidade.

Fonte de variação	GL	Soma quadrática	Média quadrática	F-Calc	P-Valor
<b>Espécies</b>	2	1892,76	946,38	40,77	0,001
<b>Blocos</b>	14	259,00	18,50	0,79	0,050
<b>Erro</b>	28	649,92	23,21		
<b>Total</b>	44	2801,69			

Significativo a 5% de probabilidade.

O resultado da estatística por espécie, em relação a esta variável nos diferentes níveis de luminosidade, encontra-se na Tabela 4.

**Tabela 4.** Resumo do teste t (valores do p-valor) para altura de cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona em função dos diferentes níveis de luminosidades.

ENSAIO	Cedro-vermelha	Ocotea-imbuia	Tarumã-azeitona
<b>E100xE50</b>	0,05 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>*</sup>
<b>E50xE10</b>	0,05 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>*</sup>	0,06 <sup>ns</sup>
<b>E10xE100</b>	0,05 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>*</sup>	0,05 <sup>ns</sup>

Nas colunas: ns = não significativo; \* significante a (p<0,05) pelo teste de t.

As médias da altura de mudas de cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona aos 210 dias de idade submetidas a diferentes níveis de intensidade de luz são apresentadas na Tabela 5.

**Tabela 5.** Médias da altura (cm) de cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona obtidas em função dos diferentes níveis de luminosidade.

ESPÉCIE	E100	E50	E10
<b>Cedro-vermelha</b>	27,77 aA	27,83 aA	28,24 aA
<b>Ocotea-imbuia</b>	17,24 cA	15,88 bA	12,58 cB
<b>Tarumã-azeitona</b>	22,62 bB	18,72 bB	22,76 bBC

Médias nas colunas seguidas de mesma letra em minúsculo, e nas linhas de mesma letra em maiúsculo não diferem entre si, respectivamente pelo teste de Tukey e teste t ao nível de 5% de probabilidade.

Observa-se, na Tabela 5, que houve diferença estatística na altura das mudas de cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona nos três níveis de luminosidade.

Salienta-se que, por característica de crescimento em altura própria de cada espécie, as mudas foram submetidas à medição com alturas médias diferenciadas para cada espécie, o que, pode justificar a diferença entre os resultados obtidos.

Na competição entre espécies à plena luz do sol, o cedro-vermelha apresentou a maior altura seguido do tarumã-azeitona, tendo a ocotea-imbuia alcançado a menor altura. Em meia sombra (E50), o cedro-vermelha manteve a maior altura e as duas outras espécies não diferiram entre si. No menor nível de luminosidade (E10), as espécies comportaram-se de forma semelhante ao ensaio à plena luz do dia.

Para o cedro-vermelha, as alturas nos três níveis de luminosidade testados não apresentaram diferença estatística, mostrando valor médio em torno de 28 cm. Para a altura das mudas de ocotea-imbuia, submetidas a pleno sol e 50%, não se observou diferença significativa, mas, foram maiores do que quando submetidas a 10% da luz do dia. A ocotea-imbuia apresentou alturas médias que variaram entre 12 cm e 17 cm. As médias de altura do tarumã-azeitona não diferiram entre si nos ensaios de E100 e E10, alcançando valor em torno de 22 cm. Sua menor altura foi apresentada no ensaio a 50% de luz, em torno de 18 cm.

O menor valor em altura mostrado pela ocotea-imbuia, ao menor nível de luz, pode ter sido causado em função da deficiência lumínica, onde o nível de luz testado foi inferior ao necessário para que a espécie reagisse às condições de luz do ambiente. Para MORAES NETO *et al.* (2000), a capacidade de crescer rapidamente, quando moderadamente sombreadas, é um mecanismo importante de adaptação da espécie, constituindo uma estratégia de fuga à baixa e à alta intensidade luminosa. Autores como SCALON *et al.* (2002) defendem que tal estratégia é uma forma de escape ao déficit de luz, pois não são capazes de tolerar baixas intensidades luminosas através dos reajustes de taxas metabólicas. Os resultados alcançados no presente trabalho mostram tal comportamento ecofisiológico da ocotea-imbuia e indicam preferências lumínicas bem definidas, contrariamente à plasticidade mostrada pelo cedro-vermelha.

O comportamento apresentado pelo tarumã-azeitona mostrou desempenho não compatível com o comportamento de uma espécie heliófila, pois teve os melhores resultados a 100% e a 10% de luminosidade, enquanto que a meia sombra (E50) mostrou uma altura média equivalente a aproximadamente 80% daqueles valores.

Conforme já apresentado na Tabela 5, o crescimento do tarumã-azeitona em altura tende a tomar maiores proporções quando o desenvolvimento se verifica sob uma intensidade baixa de luz.

Em um experimento similar, VEGA (1974) observou que as mudas de *Cedrela sp.* apresentaram um melhor desempenho em altura quando sob proteção, na idade de 22 meses. Para a presente pesquisa, os dados foram coletados após apenas 8 meses. Em vista dessa diferença de tempo, deve-se considerar a discrepância entre os resultados desta e daquela pesquisa.

Pelas análises, mudas produzidas a pleno sol e a 10% de intensidade da luz do dia têm a mesma capacidade de crescer em altura quando são transferidas para um ambiente comum, entretanto, as mudas conduzidas em nível de 10% de luminosidade apresentam uma tendência de serem ligeiramente mais altas.

Grime (1977) e Moraes Neto *et al.* (2000) comentam que, em ambientes sombreados, as plantas apresentam rápido crescimento como mecanismo de adaptação, já que estas não são capazes de tolerar baixas intensidades luminosas por meio do reajuste de suas taxas metabólicas. Visando escapar ao déficit de luz, nas condições de sombreamento, em geral, ocorre uma alocação rápida de assimilados para a parte aérea, o que permite à planta ultrapassar a vegetação ao seu redor e expor, de maneira mais eficiente, a sua superfície fotossintetizante à luz (ENGEL E POGGIANI, 1990).

Esta capacidade de adaptação sob baixa intensidade também foi observada em quatro espécies *Prosopis* (VILELA E RAVETTA, 2000) e em *Araucaria augustifolia*, quando INOUE E TORRES (1980) estudaram o comportamento das espécies sob 100%, 71%, 45%, 25%, 9%, 6% e 2% da plena luz do dia. Nas condições de 25% e 9% a espécie apresentou maior altura.

Os resultados encontrados para cedro-vermelha corroboram com a literatura, nas quais as maiores alturas ocorrem em condições sombreadas (MORAES NETO *et al.* 2000; SCALON *et al.* 2001; SCALON E ALVARENGA, 1993; CHAVES E PAIVA, 2004; FARIAS JÚNIOR *et al.* 2007). São coerentes também, com os resultados obtidos para *Tabebuia aurea* (Bignoniaceae), onde, ALBRECHT E NOGUEIRA (1986) concluíram que mudas produzidas sob elevados índices de sombreamento tiveram maior altura.

O maior crescimento em altura das mudas de cedro-vermelha e tarumã-azeitona, quando sombreadas, pode ter ocorrido em razão do estiolamento induzido pela baixa intensidade luminosa (WHATLEY E WHATLEY, 1982), ou porque foi favorecido pelas temperaturas mais amenas nas folhas, devido à abertura dos estômatos e à fixação de carbono pelas plantas (WALTERS *et al.* 1993).

Para WARDLAW (1990), em resposta às baixas condições de luz, as plantas tentariam investir maior quantidade de fotoassimilados na parte aérea. Além disso, maior alongamento celular contribuiria para maior altura dessas espécies sob ambientes sombreados.

Analisando o comportamento do cedro-vermelha, visto que estatisticamente apresentou maior valor médio de altura, quando comparado às demais espécies estudadas, pode-se dizer que apesar de ser classificada como uma espécie secundária inicial, a mesma apresenta relativa plasticidade fisiológica para adaptar-se em sua fase inicial de desenvolvimento, a ambientes de baixa luminosidade.

Ainda no E10, foi observado que a altura de plantas jovens de ocotea-imbuia apresentou menor valor médio (12,58 cm), sendo que nesta condição lumínica está evidenciado que a espécie não é capaz de responder a pequenos estímulos de luz, ou ainda, o reduzido crescimento pode estar atribuído ao comportamento da espécie. Exemplo de uma constatação como esta foi obtida por CAMPOS E UCHIDA (2002) onde os pesquisadores verificaram que o crescimento de indivíduos é comprometido com sombreamento superior a 70%.

De forma similar aos resultados obtidos na presente pesquisa, para as espécies cedro-vermelha e tarumã-azeitona, FARIAS (1994) e SCALON *et al.* (2002), trabalhando com mudas de *Balfourodendron riedelianum* e *Inga uruguensis*, também observaram um melhor

resultado em ganho de altura nas mudas mais sombreadas em comparação com os tratamentos a pleno sol.

O comportamento observado para a ocotea-imbuia é comparável ao encontrado por KE E WERGER (1999) em que *Quercus robur* apresentou maiores valores de altura nas plantas submetidas à condição de pleno sol.

Nos ensaios E10 x E100, houve diferença significativa para a altura nas mudas de ocotea-imbuia. Testando os dois níveis de luz, as maiores médias foram alcançadas quando submetidas a pleno sol (E100). No entanto, não houve diferença estatística entre o tratamento E100 e E50 para esta espécie.

Estudaram diferentes níveis de luminosidade ORTEGA *et al.* (2006) também observaram menor altura média de espécies vegetais submetidas a menor condição de luz. Esta resposta é devida à disponibilidade do recurso, fato este que pode revelar menor necessidade de crescimento em altura (POOTER, 1999).

Para tarumã-azeitona, aos 210 dias, comparando-se os ensaios E100 e E50, observou-se a diferença estatística entre as médias. As mudas mantidas a pleno sol (E100) obtiveram as maiores alturas médias.

De forma geral, as plantas de tarumã-azeitona, quando colocadas sob 50% de luminosidade, terão um desenvolvimento inferior se comparadas às mudas acondicionadas à plena luz.

Comparando-se estes resultados para a ocotea-imbuia, foram encontrados na literatura inúmeros relatos semelhantes em diferentes plantas lenhosas, onde ENGEL (1989), CARVALHO (1996), MORAIS NETO *et al.* (2000), e SCALON *et al.* (2002), estudando espécies lenhosas, demonstraram que o crescimento inicial foi reduzido, quando cultivadas sob altas intensidades luminosas.

Os resultados observados para a ocotea-imbuia discordam de BOYER E SOUTH (1994), no qual notaram que onde os pesquisadores observaram que *Pinus taeda* apresentou maior altura da parte aérea quando sombreados, destacando ainda, que essas diferenças morfológicas foram, aparentemente, causadas pela mudança do comprimento de onda da luz e pela proteção contra o vento.

Cabe ressaltar que, dentre os parâmetros morfológicos, a utilização da altura para avaliação da qualidade das mudas não deve ser utilizada isoladamente para que não sejam selecionadas mudas mais altas, entretanto, fracas, em detrimento das menores que podem apresentar maior vigor (FONSECA *et al.* 2002). Em *Ochroma lagopus* e *Jacaranda copaia*,



CAMPOS E UCHIDA (2002) encontraram maior crescimento em altura sob condição de sombreamento, no entanto, apesar de mais altas, as mudas apresentaram pior qualidade.

Os pesquisadores SCALON E ALVARENGA (1993) descreveram que há grande diversidade de respostas das espécies nativas à luminosidade, principalmente, quanto ao desenvolvimento vegetativo da parte aérea. Esta variabilidade de resultados deve-se ao fato de que cada espécie florestal apresenta exigência luminosa própria ao seu desenvolvimento, e algumas plântulas podem aproveitar e se desenvolver melhor em locais com alta intensidade luminosa e outras em sombreamento, existindo ainda aquelas espécies que são intermediárias (PORTELA *et al.* 2001).

### 5.1.2 Desenvolvimento em altura ao longo do experimento

As observações descritas para o desenvolvimento em altura ao longo do experimento neste capítulo, remetem-se a tendências observadas durante a realização da pesquisa, não sendo evidenciadas estatisticamente.

Diferentemente do comportamento observado para plantas de cedro-vermelha, as mudas de ocotea-imbuia sob 0% de sombreamento apresentaram comportamento linear ao longo dos 210 dias. Para a condição de luminosidade de 10% aos 210 dias é que a espécie começou a dar indícios de crescimento em altura.

Com o desenvolvimento do estudo foi possível observar que, para o crescimento em altura nas mudas de ocotea-imbuia, existe um limite, condicionado pela luz, além do qual, o crescimento tende a aumentar com a diminuição da intensidade luminosa.

A altura do tarumã-azeitona a pleno sol e a 10% de sombra comportaram-se de maneira semelhante, porém a altura das mudas sombreadas com 50% foi praticamente semelhante ao longo de todo período experimental.

## 5.2 Diâmetro do coleto

Nas Tabelas 6, 7 e 8, estão apresentadas as análises estatísticas dos dados referentes ao diâmetro do coleto para mudas de cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona aos 210 dias.

**Tabela 6.** Resumo da Análise da Variância (ANOVA) para diâmetro do coleto (mm) das espécies cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona submetidas a 100% de luminosidade.

Fonte de variação	GL	Soma quadrática	Média quadrática	F-Calc	P-Valor
<b>Espécies</b>	2	122,83	61,41	53,05	0,001
<b>Blocos</b>	14	23,65	1,68	1,45	0,1913
<b>Erro</b>	28	32,41	1,15		
<b>Total</b>	44	178,90			

Significativo a 5% de probabilidade.

**Tabela 7.** Resumo da Análise da Variância (ANOVA) para diâmetro do coleto (mm) das espécies cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona submetidas a 50% de luminosidade.

Fonte de variação	GL	Soma quadrática	Média quadrática	F-Calc	P-Valor
<b>Espécies</b>	2	161,87	80,93	157,00	0,001
<b>Blocos</b>	14	13,65	0,97	1,89	0,0734
<b>Erro</b>	28	14,43	0,51		
<b>Total</b>	44	189,96			

Significativo a 5% de probabilidade.

**Tabela 8.** Resumo da Análise da Variância (ANOVA) para diâmetro do coleto (mm) das espécies cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona submetidas a 10% de luminosidade.

Fonte de variação	GL	Soma quadrática	Média quadrática	F-Calc	P-Valor
<b>Espécies</b>	2	101,39	50,69	68,54	0,001
<b>Blocos</b>	14	8,71	0,62	0,84	0,050
<b>Erro</b>	28	20,70	0,73		
<b>Total</b>	44	130,81			

Significativo a 5% de probabilidade.

Na Tabela 9, é possível avaliar os resultados da análise do teste t para o diâmetro do coleto das espécies estudadas submetidas aos diferentes índices de luminosidade.

**Tabela 9.** Resumo do teste t (p-valor) para diâmetro do coleto do cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona em função dos diferentes níveis de luminosidades.

ENSAIO	Cedro-vermelha	Ocotea-imbuia	Tarumã-azeitona
<b>E100xE50</b>	0,05 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,00*
<b>E50xE10</b>	0,01*	0,01*	0,05 <sup>ns</sup>
<b>E10xE100</b>	0,06 <sup>ns</sup>	0,03*	0,17 <sup>ns</sup>

Nas colunas: ns = não significativo; \* significante a ( $p < 0,05$ ) pelo teste de t.

Os valores de diâmetro do coleto para cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona obtidos ao longo do período experimental estão apresentados na Tabela 10.

**Tabela 10.** Médias de diâmetro do coleto (mm) de cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona obtidas ao em função dos diferentes níveis de luminosidade.

<b>ESPÉCIE</b>	<b>E100</b>	<b>E50</b>	<b>E10</b>
<b>Cedro-vermelha</b>	7,52 aAB	7,72 aA	6,58 aB
<b>Ocotea-imbuia</b>	3,68 bA	3,69 bA	3,06 cB
<b>Tarumã-azeitona</b>	4,50 bAB	3,70 bC	3,90bBC

Médias nas colunas seguidas de mesma letra em minúsculo, e nas linhas de mesma letra em maiúsculo não diferem entre si, respectivamente pelo teste de Tukey e teste t ao nível de 5% de probabilidade.

A intensidade de luz demonstrou efeito diferenciado sobre o crescimento em diâmetro do coleto das mudas. Observou-se que, no E100, houve efeito significativo ( $p < 0,05$ ) da disponibilidade de luz total nas médias do diâmetro do coleto das mudas de cedro-vermelha,

Observou-se diferença significativa entre o cedro e as demais espécies, contudo, as espécies ocotea-imbuia e tarumã-azeitona não diferiram entre si.

O tarumã-azeitona apresentou maior diâmetro do coleto, quando comparado à ocotea-imbuia na condição de luz ofertada pelo E100.

A importância da avaliação do diâmetro está no fato de que há uma alta correlação entre a porcentagem de sobrevivência e o diâmetro do coleto das mudas, devido à relação positiva entre esse parâmetro e a produção de raízes.

Estudos realizados por SOUZA (1981) também relacionam um maior diâmetro do coleto a uma maior intensidade luminosa, onde encontraram uma correlação positiva entre o diâmetro do coleto e a intensidade de luz para plântulas de cedro-vermelha.

De acordo com KOZLOWSKI (1962) e LARCHER (2000), o crescimento em diâmetro apresenta uma relação direta com a fotossíntese líquida, a qual depende dos carboidratos e auxinas acumulados e de um balanço favorável entre fotossíntese líquida e respiração.

As plantas com maior diâmetro do coleto apresentam maior tendência à sobrevivência, principalmente pela maior capacidade de formação e de crescimento de novas raízes (CARNEIRO, 1983).

Resultados opostos aos obtidos nesta pesquisa, foram encontrados por CHAVES E PAIVA (2004), onde os pesquisadores afirmam que, quando submetidas à baixa luminosidade, o rápido crescimento em altura é um mecanismo de compensação à baixa condição de luz, e evidenciam que algumas espécies, na fase inicial de crescimento, se desenvolvem melhor quando há algum nível de sombreamento.

As médias do diâmetro do coleto testadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade evidenciaram que as mudas de cedro-vermelha submetidas a 50% de luminosidade apresentaram diferença estatística se comparadas à ocotea-imbuia e ao tarumã-azeitona, que por sua vez não diferiram entre si (Tabela 10).

Com estes dados, é possível dizer que quando plantas de ocotea-imbuia e tarumã-azeitona submetidas à condição de 50% de intensidade luminosa, os diâmetros do coleto terão desenvolvimento semelhantes para ambas as espécies.

O registro de aumento em diâmetro do coleto do cedro-vermelha no E50 assemelha-se aos resultados descritos por BOYER E SOUTH (1984), e ALMEIDA *et al.* (2005) que observaram influência do nível de sombreamento de 50% no desenvolvimento do diâmetro do coleto em mudas de *Senna macranthera* crescidas em condições de casa de vegetação.

Comportamento semelhante ao observado nesta pesquisa foi ressaltado por ALMEIDA *et al.* (2005), estudando sob três condições de sombreamentos as espécies *Maclura tinctoria* e *Acacia mangium*. *M. tinctoria* apresentou maior diâmetro do coleto quando colocada em 50% de sombreamento, enquanto *A. mangium* obteve redução do diâmetro do coleto quando colocada nessa mesma condição, porém, ambas, sob pleno sol, apresentaram maior diâmetro do coleto.

Em *Zeyhera tuberculosa* e *Erythrina speciosa* ENGEL E POGGIANI (1990) averiguaram que as espécies atingiram valores máximos de diâmetro do coleto a pleno sol.

Analisando o comportamento de plantas da espécie *Amburana cearensis*, submetidas os tratamentos de sombreamento (0%, 50%, 70% e 90%) RAMOS *et al.* (2004), relataram que ocorreram diferenças significativas no diâmetro do coleto, seguidos de maiores médias nas mudas que permaneceram a 50% de sombreamento.

Constata-se que o crescimento em diâmetro do coleto para a ocotea-imbuia foi muito próximo ao obtido por tarumã-azeitona, porém, quando comparadas às mudas de cedro-vermelha, observa-se a grande variabilidade entre os resultados. Provavelmente, quando as mudas de ocotea-imbuia e tarumã-azeitona foram submetidas à restrição luminosa de 50% o aumento do sombreamento nestas espécies, pode ter ocorrido a diminuição da taxa de fotossíntese e, conseqüentemente, a quantidade de fotoassimilados e reguladores de crescimento, causou uma redução do diâmetro do coleto (KOZLOWSKI *et al.* 1991).

Verificando a resposta das espécies em função da luz, observa-se que o diâmetro do coleto apresenta valores superiores quando submetidos à maior intensidade de luz.

Alguns autores descrevem resultados que confrontam os obtidos no presente estudo: FARIAS *et al.* (1997), não observaram variações estatísticas significativas em resposta aos

níveis de sombreamento para o diâmetro do coleto em *Cedrelinga catenaeformis*, assim como ALMEIDA *et al.* (2004) em *Cryptocaria aschersoniana*, SCALON E ALVARENGA (1993) em *Platycyamus regnelli*, SCALON *et al.* (2002) em *Caesalpinia peltophoroides* e *Inga edulis*, e MORAES NETO *et al.* (2000) estudando *Guazuma ulmifolia*.

Sob a condição experimental do E10, os tratamentos foram estatisticamente diferentes (Tabela 10). O cedro-vermelha demonstrou superioridade, apresentando inclusive o maior valor médio em diâmetro do coleto, quando comparado à ocotea-imbuia e ao tarumã-azeitona, sendo que ambas apresentaram diferenças significativas entre si.

Sob a condição de menor intensidade luminosa, de forma análoga a altura da parte aérea, descrita na Tabela 5, é possível visualizar que, para o cedro-vermelha, a altura e diâmetro do coleto cresceram de maneira harmoniosa.

Por outro lado, em relação ao tarumã-azeitona, houve uma tendência de crescimento estiolado nas plantas submetidas ao E10, fato explicado pelas mesmas apresentarem crescimento considerável em altura, visando alcançar maiores níveis de luminosidade. Este crescimento não foi acompanhado pelo diâmetro do coleto, evidenciando a ocorrência do estiolamento.

Comparando-se o comportamento do diâmetro do coleto para o cedro-vermelha nos ensaios através do teste t, foi possível verificar que ocorreu diferença estatística significativa entre as médias do E50, quando comparado ao E10 aos 210 dias de duração do experimento. Sob a restrição luminosa de 50%, as mudas de cedro-vermelha demonstraram maior valor médio.

Em relação à ocotea-imbuia houve efeitos significativos entre os ensaios E50 e E10 verifica-se que as mudas conduzidas sob restrição luminosa de 90% tiveram maiores médias.

Ainda para a mesma espécie, é possível visualizar que ocorreu diferença estatística nos ensaios E10 x E100, sendo que as maiores médias apresentadas estão relacionadas à condição de 10% de luz disponível.

Para o tarumã-azeitona, a comparação dos ensaios E100 e E50 demonstrou que a pleno sol, aos 210 dias, as mudas obtiveram maior média em diâmetro do coleto.

Fazendo uso das espécies *Tabebuia avellanedae* e *Erythrina speciosa* e *Platycyamus regnelli*, os pesquisadores ENGEL (1989) e SCALON (1991) encontraram maiores diâmetros do coleto sob maiores níveis de luminosidade, demonstrando que estes resultados são compatíveis com os obtidos neste trabalho.

Avaliando o diâmetro do coleto do cedro-vermelha, verifica-se que pesquisadores como ENGEL *et al.* (1990) recomendam que mudas de cedro produzidas sob radiação solar

plena serão mais adequadas por apresentarem um maior diâmetro do coleto, e provavelmente um sistema radicular melhor desenvolvido.

### 5.2.2 Desenvolvimento em diâmetro do coleto ao longo do experimento

As observações descritas abaixo para o desenvolvimento em diâmetro do coleto ao longo do experimento neste capítulo, remetem-se a tendências observadas durante a realização da pesquisa, não sendo evidenciadas estatisticamente.

Para o cedro-vermelha, observa-se que as mudas conduzidas sob pleno sol e 50% de luz exibiram valores próximos ao longo dos 210 dias do experimento. Até os 180 dias, os menores diâmetros foram observados nas mudas conduzidas no ensaio com 10% de luz solar disponível.

Na última coleta de dados, foi possível observar que as mudas apresentaram valores de diâmetro do coleto em torno de 8 mm, e os diâmetros do coleto que até os 180 dias apresentaram-se reduzidos na condição de luminosidade de 10% quando comparados aos outros níveis de luz, aos 210 dias aproximou-se dos valores obtidos para os E100 e E10.

Os valores obtidos nesta pesquisa demonstram que o crescimento em diâmetro do coleto nas mudas de ocotea-imbuia foi proporcional à intensidade luminosa. Aos 210 dias, observa-se que o diâmetro do coleto apresentou leve aumento, quando as mudas foram submetidas a maiores intensidades de luz.

Na presente pesquisa, observou-se que, a partir dos 60 dias, as mudas expostas a pleno sol começaram a se destacar apresentando maiores médias em diâmetro do coleto. As mudas conduzidas sob 50% e 10% de luz mantiveram valores médios aproximados. No final do experimento, houve superioridade em diâmetro nas mudas submetidas a 100% de luminosidade. E ainda neste período, o valor médio em diâmetro do coleto das mudas no E10 apresentou-se maior em relação as mudas conduzidas no E50.

### 5.3 Área Foliar

A análise estatística para a variável área foliar das plantas de cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona em função de 100%, 50% e 10% de intensidade luminosa mostrou não haver diferença significativa entre as espécies e os diferentes níveis de luz, conforme exposto nas Tabelas 11, 12 e 13.

**Tabela 11.** Resumo da Análise da Variância (ANOVA) para Área Foliar (cm<sup>2</sup>) das espécies cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona submetidas a 100% de luminosidade aos 210 dias.

Fonte de variação	GL	Soma quadrática	Média quadrática	F-Calc	P-Valor
<b>Espécies</b>	2	251,94	125,97	0,83	0,050
<b>Blocos</b>	14	3545,95	253,28	1,68	0,1166
<b>Erro</b>	28	4208,06	150,28		
<b>Total</b>	44	8005,96			

Significativo a 5% de probabilidade.

**Tabela 12.** Resumo da Análise da Variância (ANOVA) para Área Foliar (cm<sup>2</sup>) das espécies cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona submetidas a 50% de luminosidade aos 210 dias.

Fonte de variação	GL	Soma quadrática	Média quadrática	F-Calc	P-Valor
<b>Espécies</b>	2	1093,80	546,90	2,23	0,1257
<b>Blocos</b>	14	3824,79	273,19	1,11	0,3866
<b>Erro</b>	28	6851,16	244,68		
<b>Total</b>	44	11769,75			

Significativo a 5% de probabilidade.

**Tabela 13.** Resumo da Análise da Variância (ANOVA) para Área Foliar (cm<sup>2</sup>) das espécies cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona submetidas a 10% de luminosidade aos 210 dias.

Fonte de variação	GL	Soma quadrática	Média quadrática	F-Calc	P-Valor
<b>Espécies</b>	2	4015,76	2007,88	5,33	0,050
<b>Blocos</b>	14	3578,43	255,60	0,67	0,0109
<b>Erro</b>	28	10542,08	376,50		
<b>Total</b>	44	18136,28			

Significativo a 5% de probabilidade.

O resumo da estatística por espécie em relação à área foliar nos diferentes níveis de intensidade luminosa estão expostos na Tabela 14.

**Tabela 14.** Resumo do teste t (p-valor) para Área Foliar de cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona em função dos diferentes níveis de luminosidades.

ENSAIO	Cedro-vermelha	Ocotea-imbuia	Tarumã-azeitona
<b>E100xE50</b>	0,05 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>
<b>E50xE10</b>	0,02*	0,22 <sup>ns</sup>	0,00*
<b>E10xE100</b>	0,02*	0,05 <sup>ns</sup>	0,01*

Nas colunas: ns = não significativo; \* significante a (p<0,05) pelo teste de t.

As médias apresentadas para área foliar das espécies cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona são mostradas na Tabela 15.

**Tabela 15.** Médias de Área Foliar (cm<sup>2</sup>) de cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona obtidas ao em função dos diferentes níveis de luminosidade.

ESPÉCIE	E100	E50	E10
<b>Cedro-vermelha</b>	22,55 aA	25,95 aA	40,36 abB
<b>Ocotea-imbuia</b>	25,60 aA	34,41 aA	24,86 bA
<b>Tarumã-azeitona</b>	28,35 aA	22,72 aA	47,49 aB

Médias nas colunas seguidas de mesma letra em minúsculo, e nas linhas de mesma letra em maiúsculo não diferem entre si, respectivamente pelo teste de Tukey e teste t ao nível de 5% de probabilidade.

Observa-se na Tabela 15 que não houve diferença estatística significativa entre as espécies com relação à altura das mudas quando submetidas às condições experimentais do E100, mostrando valor médio em torno de 25,5 cm<sup>2</sup>.

Em meia sombra (E50) pode-se observar que não houve influência significativa entre o nível de luz testado e a área foliar das mudas. Nesta condição experimental, a ocotea-imbuia demonstrou maior valor médio seguida do cedro-vermelha e tarumã-azeitona (Tabela 15).

Os resultados encontrados para a área foliar das mudas expostas a condição de 10% de luminosidade não ter havido efeito do nível de luz sobre a área foliar das espécies estudadas. Porém, avaliando-se as médias percebe-se que ocorreu uma tendência do aumento da área foliar nas mudas de tarumã-azeitona.

Avaliando os três níveis de luminosidade testados, observa-se que houve uma redução significativa da área foliar da ocotea-imbuia com a diminuição da intensidade luminosa, mostrando valor médio de 24,86 cm<sup>2</sup>.

Segundo LARCHER (2000) e TAIZ E ZEIGER (1998), as plantas em geral, apresentam capacidade de adaptações durante seu desenvolvimento em função da quantidade e qualidade de radiação local dominante, e entre estas alterações, estão as mudanças na anatomia foliar.

O comportamento das mudas do tarumã-azeitona nos três ensaios de luz, evidencia que as médias da área foliar não apresentaram diferença estatística. O maior valor médio foi obtido nas mudas submetidas a 10% de sombreamento.

Vários estudos com inúmeras espécies arbóreas submetidas a diferentes níveis de irradiância, sob condições de viveiro, confirmam os resultados obtidos para o tarumã-azeitona, destacando-se um aumento na superfície foliar com o aumento do sombreamento, a fim de compensar as menores taxas fotossintéticas sob condições mais sombreadas.

Com a redução da intensidade de radiação, as plantas apresentam adaptações (RIGH *et al.* 2002) como aumento da área foliar. Deste modo, o tarumã-azeitona é uma planta que não



foge a esta regra, estando de acordo com afirmações dos pesquisadores VOLTAN *et al.* (1992) que também constataram o aumento da área foliar com o aumento do sombreamento em suas pesquisas.

Nos três níveis de luz testados, as médias da área foliar do tarumã-azeitona comportaram-se de maneira semelhante às mudas de ocotea-imbuia evidenciando diferença estatística significativa entre as mudas conduzidas a intensidade luminosa de 10%. Seus valores variam de 28,35 cm<sup>2</sup> (pleno sol), 22,72 cm<sup>2</sup> (50% de luminosidade) e 47,49 cm<sup>2</sup> no tratamento mais sombreado (10% de luminosidade). Devido à área foliar ser um componente morfofisiológico da planta, sua redução com o aumento da intensidade de luz, demonstra um mecanismo de adaptação da planta à disponibilidade de luz. Os resultados obtidos para as plantas de tarumã-azeitona conduzidas no ensaio com menor luminosidade evidenciam que a espécie tende a possuir maior área foliar visando uma maior interceptação de radiação.

#### 5.4 Área Foliar Específica (AFE)

Os resultados da análise estatística indicaram não haver diferença significativa para AFE entre as espécies submetidas a 100% de luminosidade (Tabela 16). Para os níveis de 50% e 10% de intensidade luminosa, conforme mostram as Tabelas 17 e 18 houve diferença estatística.

**Tabela 16.** Resumo da Análise da Variância (ANOVA) para Área Foliar Específica (cm<sup>2</sup>.g-1) das espécies cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona submetidas a 100% de luminosidade aos 210 dias.

Fonte de variação	GL	Soma quadrática	Média quadrática	F-Calc	P-Valor
Espécies	2	2080,23	1040,11	0,55	0,050
Blocos	14	18790,84	1342,20	0,72	0,050
Erro	28	52039,37	1858,54		
<b>Total</b>	<b>44</b>	<b>72910,46</b>			

Significativo a 5% de probabilidade.

**Tabela 17.** Resumo da Análise da Variância (ANOVA) para Área Foliar Específica (cm<sup>2</sup>.g-1) das espécies cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona submetidas a 50% de luminosidade aos 210 dias.

Fonte de variação	GL	Soma quadrática	Média quadrática	F-Calc	P-Valor
Espécies	2	55488,28	27744,14	3,83	0,0338
Blocos	14	81758,86	5839,91	0,80	0,050
Erro	28	202734,45	7240,51		
<b>Total</b>	<b>44</b>	<b>339981,59</b>			

Significativo a 5% de probabilidade.

**Tabela 18.** Resumo da Análise da Variância (ANOVA) para Área Foliar Específica (cm<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup>) das espécies cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona submetidas a 10% de luminosidade aos 210 dias.

Fonte de variação	GL	Soma quadrática	Média quadrática	F-Calc	P-Valor
<b>Espécies</b>	2	377727,76	188863,88	15,47	0,001
<b>Blocos</b>	14	117094,94	8363,92	0,68	
<b>Erro</b>	28	341642,01	12201,50		
<b>Total</b>	44	836464,71			

Significativo a 5% de probabilidade.

O efeito da influência da intensidade luminosa avaliada através do teste t estão contemplados na Tabela 19.

**Tabela 19.** Resumo do teste t (p-valor) para AEF de cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona em função dos diferentes níveis de luminosidades.

ENSAIO	Cedro-vermelha	Ocotea-imbuia	Tarumã-azeitona
<b>E100xE50</b>	0,25 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>
<b>E50xE10</b>	0,05 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
<b>E10xE100</b>	0,04*	0,04*	0,00 <sup>ns</sup>

Nas colunas: ns = não significativo; \* significante a (p<0,05) pelo teste de t.

A Área Foliar Específica de plantas de cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona obtida em função da intensidade luminosa a qual foram submetidas ao longo dos 210 dias experimentais estão apresentadas na Tabela 20.

**Tabela 20.** Médias de Área Foliar Específica (cm<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup>) de cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona obtidas ao em função dos diferentes níveis de luminosidade.

ESPÉCIE	E100	E50	E10
<b>Cedro-vermelha</b>	96,51 aBC	139,55 aC	158,49 bB
<b>Ocotea-imbuia</b>	80,11 aA	54,53 bB	53,50 cB
<b>Tarumã-azeitona</b>	85,80 aA	108,26 abA	277,77 aA

Médias nas colunas seguidas de mesma letra em minúsculo, e nas linhas de mesma letra em maiúsculo não diferem entre si, respectivamente pelo teste de Tukey e teste t ao nível de 5% de probabilidade.

A Área Foliar Específica não foi afetada nos tratamentos submetidos ao E100 durante os 210 dias de duração do experimento. A irradiância de 50% (E50) não apresentou interação significativa (p<0,05) no efeito da AFE nas muda de cedro-vermelha e tarumã-azeitona. As médias de AEF variaram de 54,53 cm<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup> não ultrapassando 139,56 cm<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup>. O menor valor médio observado foi atribuído a mudas de ocotea-imbuia. Cedro-vermelha e tarumã-azeitona apresentaram pequena variação, mas insignificante estatisticamente.

A interpretação dos valores obtidos pelo teste de Tukey ( $p < 5\%$ ), para AFE das mudas submetidas ao E10, evidenciam que o tarumã-azeitona revelou valores estatisticamente diferente em relação aos demais tratamentos, obtendo o maior valor na média ( $277,77 \text{ cm}^2.\text{g}^{-1}$ ). O tarumã-azeitona foi estatisticamente diferente do cedro-vermelha e da ocotea-imbuia que, por sua vez, diferiram entre si.

Ainda para o E10, como as plantas responderam de maneira diferente, onde a ocotea-imbuia apresentou menor valor da AEF, pode-se concluir que a espécie tem menor área para cada unidade de massa ou seja, a folha da ocotea-imbuia é mais pesada, comportando-se efetivamente como uma espécie umbrófila. O tarumã-azeitona apresenta uma grande área foliar para uma unidade de massa, ou seja, a folha é muito leve, provavelmente mais esclerótica.

O aumento da área foliar nos seis primeiros meses de desenvolvimento da planta mostra a habilidade da espécie em utilizar a radiação fotossinteticamente ativa e alocar os fotoassimilados em resposta a um ambiente particular de luminosidade (DIAS-FILHO, 1997). Assim, a área foliar pode ser considerada um índice de produtividade, dada a importância dos órgãos fotossintetizantes na produção biológica.

A área foliar específica é expressa pela razão entre a área foliar e a massa seca das folhas. Já a área foliar, por sua vez, é um componente morfofisiológico e a massa, o componente anatômico de determinada espécie vegetal, pois está relacionado à composição interna (número e tamanho) das células do mesófilo (BENINCASA, 1988).

Os resultados observados para a AFE demonstram a ampla plasticidade fenotípica do cedro-vermelha para se adaptar a uma amplitude de regimes luminosos, conforme já demonstrado por alguns autores CARVAJAL (1984), VOLTAN *et al.* (1992), MORAIS *et. al* (2003) e FAHL *et. al.* (1994).

Para ocotea-imbuia e tarumã-azeitona, a redução de AFE, quando submetidas à 100% de luminosidade, FERREIRA (1996) comenta que decréscimos na AFE são indicativos de aumento na espessura da folha, a qual é resultante do aumento do tamanho e do número de células nas folhas. Pode-se concluir que estas características estão associadas à adaptação do vegetal como mecanismo de sobrevivência a grandes quantidades de radiação fotossinteticamente ativa.

A AFE do cedro-vermelha aumentou gradualmente à medida que diminuiu o grau de luminosidade. Essa tendência demonstra que o aumento da área foliar total foi acompanhado pelo incremento na matéria seca da folha, tornando as folhas mais finas. Este comportamento, em estudos semelhantes, indica que a área foliar das espécies tende a aumentar

proporcionalmente ao grau de sombreamento, pois expande a superfície fotossintética, assegurando aproveitamento mais eficiente das baixas intensidades luminosas (DALE, 1988; JONES E McLEOD, 1990).

Os pesquisadores MORAES NETO *et al.* (2000) atribuem esse comportamento de menor área foliar das mudas sob pleno sol, ao fato de que a maior espessura do parênquima paliçádico, podem levar ao aumento da concentração de clorofila por unidade de área foliar e disposição dos cloroplastos em camadas sobrepostas ao longo de paredes radiais das células do mesófilo, o que pode proporcionar proteção contra os efeitos fotodestrutivos em intensidades de luz altas e promovem maior absorção de luz em baixa intensidade luminosa.

Resultados semelhantes aos obtidos nesta pesquisa foram observados por BRAGG E WESTOBY (2002), analisando 26 espécies arbustivas esclerófilas, onde os pesquisadores constataram a ocorrência de menor área foliar na presença de maior quantidade de luz.

No presente estudo, visualmente, foi possível observar que as plantas submetidas à maior luminosidade apresentaram folhas menores e com espessura mais grossa. Os resultados são corroborados por CARVALHO E ROCHA (1999) que concluíram em seus estudos que a alta radiação solar determina que as plantas reduzam sua área foliar, para evitar assim, a evaporação da água contida nas folhas.

O aumento da área foliar como resposta a menor luminosidade, observado na espécie tarumã-azeitona, quando submetida a 10% de sombreamento, talvez, uma maneira de compensar a redução da luminosidade e a determinação da área foliar sendo importante na identificação de processos fisiológicos relativos ao crescimento e ao desenvolvimento, como intensidade de transpiração, taxa assimilatória líquida, índice de área foliar e outros (CAMPOS E UCHIDA, 2002).

Quando a espécie tem capacidade adaptativa para compensar a deficiência de luz ocasionada pelo sombreamento, há aumento da área foliar, resultando em maior superfície fotossintetizante. Deste modo torna-se possível a absorção do máximo de luz incidente para a realização da fotossíntese (GORDON, 1989).

Estes apontamentos vêm corroborar as observações de aumento da área foliar de plantas quando submetidas à redução da luminosidade relatadas pelos pesquisadores FERREIRA (1994), e RAKOCEVIC *et al.* (2003).

A área foliar média encontrada para a espécie Tarumã-azeitona indica que o aparato fotossintético da espécie sofreu um ajustamento. Esse fenômeno reflete um aumento no potencial para captura de luz, importante para manter o crescimento e a sobrevivência das mudas em baixa luminosidade (GIVNISH, 1988), e deve-se provavelmente a menor taxa de

assimilação líquida das plantas com intenso sombreamento, devido a um grande número de folhas próximos ao ponto de compensação de luz, uma vez que a quantidade de radiação que chega às plantas é bastante baixa.

O comportamento desta espécie foi semelhante ao de *Garcinia mangostana*, *Cabralea canjerana* e *Croton urucurana*, quando estudadas por WIEBEL *et al.* (1994), CARVALHO (1996) e ALVARENGA *et al.* (2003), que também observaram maior acúmulo de área foliar específica sob maiores índices de sombreamento durante o crescimento inicial em relação à luz solar plena.

Estes resultados concordam com os encontrados por ENGEL (1989), que estudando o comportamento de *Zeyhera tuberculosa*, *Tabebuia avellanadae* e *Amburana cearensis* verificou que as espécies apresentaram um aumento de área foliar com o aumento do sombreamento.

Analisando o efeito da influência da intensidade luminosa, avaliada através do teste t para E10 x E100, apresentou valores de AEF significativamente maiores nas mudas de cedro-vermelha, quando estas foram submetidas a 90% de restrição luminosa.

O valor médio de AFE, encontrado para o cedro-vermelha, indica que, em condições de menores intensidades luminosas, a espécie reage e aumenta a sua área foliar como mecanismo de compensação que visa a maior captação de energia. Esta informação é confirmada por KASPARY (1985), BOEGER E WISNIEWSKI (2003), e BOEGER *et al.* (2003).

Para a ocotea-imbuia, testando as mesmas condições de ensaio, as mudas não apresentaram diferença estatística quando submetidas ao nível de luminosidade de 100%. Para WHATLEY E WHATLEY (1982) e LARCHER (1986), na maioria das espécies vegetais altas intensidades de luz originam entre outras características plantas de menor porte e folhas menores.

Em comparação aos ensaios: pleno sol e 50% de luminosidade, observa-se que ocorre redução da área foliar quando passa do tratamento pleno sol para 50% de sombreamento. Este resultado, observado nas mudas de ocotea-imbuia, são resultantes da perda de fotoassimilados devido a menor disponibilidade de recursos. Os autores FLETCHER *et al.* (2002) observaram menor crescimento vegetativo com acréscimo de sombreamento, estando entre as variáveis analisadas a área foliar.

Para o tarumã-azeitona, não foi evidenciada diferença estatística significativa entre os diferentes índices de luminosidade. Quando a espécie foi submetida aos ensaios E100, E50 e E10, as maiores médias foram observadas no ensaio com menor intensidade luminosa.

O ambiente protegido com sombrite - 90% (E10) proporcionou menor valor médio para AFE para ocotea imbuia, GONÇALVES *et al.* (2000), COURT E MITCHEL (1989); POPMA E BONGERS (1991) e OSUNKOYA E ASH (1991), FANTI E PEREZ (1998), analisando espécies distintas, também concluíram que mudas submetidas à baixa radiação fotossinteticamente ativa apresentaram menores áreas foliares, quando comparado com as mudas cultivadas a pleno sol.

De uma maneira geral, as folhas, por serem órgãos muito plásticos, variam em área e massa fresca e seca, quando se desenvolvem em ambientes com diferentes intensidades luminosas (MARQUES *et al.* 1999; KLICH, 2000; GONÇALVES *et al.* 2000).

Para melhor ilustrar estas afirmações, de acordo com FALEIRO (2006), na mata de galeria são observadas plantas com folhas alongadas e grandes, devido ao ambiente ser denso e sombreado, fazendo com que aumente a evaporação e maximizando o aproveitamento da luminosidade; já no campo e cerrado rupestre a morfologia típica das folhas é contrária.

Os pesquisadores PEREZ E FANTI (1999) estudando *Prosopis juliflora*, e FANTI E PEREZ (1998) *Bauhinia forficata* verificaram os maiores valores de área foliar sob baixas intensidades luminosas.

Em, *Hancornia speciosa* (FONSECA E CONDÉ, 1994) e *Eugenia dysenterica* (OGA E FONSECA, 1994) não foram observadas diferenças estatísticas significativas no valor de área foliar, quando submetidas a diversos índices de intensidades luminosas.

Segundo CLAUSSEN (1996), em plantas submetidas a ambientes mais iluminados ocorre diminuição da área foliar, o que é benéfico para a planta, uma vez que menos material foliar é exposto a eventuais danos causados pelo excesso de luz.

Em geral, é possível visualizar, nas Tabelas 20 e 25, que embora a área foliar específica tenha apresentado maior valor médio no E10, a biomassa da parte aérea não acompanhou esse aumento, o que indica que as folhas maiores eram menos espessas, como observado para a maioria das plantas que se desenvolvem nestas condições.

Os pesquisadores FARIAS *et al.* (1997) apontaram em experimento conduzido com mudas de *Cedrelinga catenaeformis* sob diferentes níveis de luminosidade que sob altos níveis de sombreamento, a baixa intensidade de luz provoca aumento da expansão foliar.

Com o desenvolvimento do estudo, foi possível observar que as plantas submetidas a áreas sombreadas tendem a apresentar folhas mais finas e com maior área foliar.

A ocorrência de folhas mais finas e o aumento da AFE nas plantas, na medida em que se reduz a luminosidade, proporciona maior interceptação de radiação, visto que as folhas são mais finas e maiores. De modo oposto, sua redução nas plantas sob maior irradiância,

promove uma maior proteção das plantas do excesso de radiação, devido a maior espessura das folhas. Isso denota o auto-ajustamento das plantas em função da irradiância disponível (CARVALHO E ROCHA, 1999).

## 5.4 Biomassa seca

### 5.4.1 Biomassa seca da parte aérea (BSPA)

Através das Tabelas 21, 22 e 23 é possível verificar que ocorreu diferença estatística para biomassa seca da parte aérea nos tratamentos submetidos aos diferentes intensidades luminosas.

**Tabela 21.** Resumo da Análise da Variância (ANOVA) para biomassa seca da parte aérea (g) das espécies cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona submetidas a 100% de luminosidade aos 210 dias.

Fonte de variação	GL	Soma quadrática	Média quadrática	F-Calc	P-Valor
<b>Espécies</b>	2	7,02	0,50	1,53	0,050
<b>Blocos</b>	14	7,02	0,50	7,14	0,050
<b>Erro</b>	28	9,16	0,32		
<b>Total</b>	44	20,86			

Significativo a 5% de probabilidade.

**Tabela 22.** Resumo da Análise da Variância (ANOVA) para biomassa seca da parte aérea (g) das espécies cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona submetidas a 50% de luminosidade aos 210 dias.

Fonte de variação	GL	Soma quadrática	Média quadrática	F-Calc	P-Valor
<b>Espécies</b>	2	14,04	7,02	10,09	0,001
<b>Blocos</b>	14	6,78	0,48	0,69	0,050
<b>Erro</b>	28	19,46	0,69		
<b>Total</b>	44	40,28			

Significativo a 5% de probabilidade.

**Tabela 23.** Resumo da Análise da Variância (ANOVA) para biomassa seca da parte aérea (g) das espécies cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona submetidas a 10% de luminosidade aos 210 dias.

Fonte de variação	GL	Soma quadrática	Média quadrática	F-Calc	P-Valor
<b>Espécies</b>	2	4,86	2,43	7,97	0,018
<b>Blocos</b>	14	2,80	0,20	0,65	0,050
<b>Erro</b>	28	8,53	0,30		
<b>Total</b>	44	16,19			

Significativo a 5% de probabilidade.

A influência dos diferentes níveis de luminosidades sob a biomassa seca da parte aérea para as espécies estudadas podem ser visualizadas na Tabela 24.

**Tabela 24.** Resumo do teste t (p-valor) para biomassa seca da parte aérea de cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona em função dos diferentes níveis de luminosidades.

<b>ENSAIO</b>	<b>Cedro-vermelha</b>	<b>Ocotea-imbuia</b>	<b>Tarumã-azeitona</b>
<b>E100xE50</b>	0,25 <sup>ns</sup>	0,85 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>
<b>E50xE10</b>	0,05 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>
<b>E10xE100</b>	0,55 <sup>ns</sup>	0,77 <sup>ns</sup>	0,01*

Nas colunas: ns = não significativo; \* significante a (p<0,05) pelo teste de t.

As médias dos volumes de biomassa seca testadas pelo teste de Tukey (p<5%) estão contempladas na Tabela 25.

**Tabela 25.** Resumo do teste de Tukey para a distribuição de Biomassa seca da parte aérea de cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona em função dos diferentes níveis de luminosidade.

<b>TRATAMENTOS</b>	<b>ENSAIOS</b>		
	<b>E100</b>	<b>E50</b>	<b>E10</b>
<b>Cedro-vermelha</b>	1,68 aA	2,20 aA	1,49 aA
<b>Ocotea-imbuia</b>	0,91 bA	1,27 bA	0,86 bA
<b>Tarumã-azeitona</b>	1,16 bBC	0,86 bC	0,73 bB

Médias nas colunas seguidas de mesma letra em minúsculo, e nas linhas de mesma letra em maiúsculo não diferem entre si, respectivamente pelo teste de Tukey e teste t ao nível de 5% de probabilidade.

Observa-se, na Tabela 25, que, para os diferentes ensaios de luz, a ocotea-imbuia e o tarumã-azeitona foram estatisticamente iguais entre si, porém este comportamento estatístico foi diferente para o cedro-vermelha que apresentou inclusive a maior média nos três ensaios de luz.

A distribuição da matéria seca aérea para o cedro-vermelha variou com o nível de luminosidade das mudas avaliadas aos 210 dias, tendo como peso máximo o grau médio de luminosidade; assim, pode-se concluir que a espécie faz sua alocação de biomassa nos níveis intermediários de luminosidade.

O menor peso de BSPA, em condição de plena luz, foi atribuído a mudas de ocotea-imbuia (0,91 g).

Embora as condições de luminosidade testadas não tenham produzido efeito significativo no peso de biomassa seca da parte aérea das espécies ocotea-imbuia e tarumã-azeitona, é possível encontrar na literatura autores que relatam a influência na produção de



matéria seca, quando submetidos a diferentes níveis de sombreamento (SCALON *et al.* 2001); todavia, resultados semelhantes aos encontrados nesta pesquisa foram observados por CAMPOS E UCHIDA (2002) estudando a influência do sombreamento no crescimento de mudas de *Jacaranda copaia*.

De modo geral, observa-se que o cedro-vermelha apresentou maior produção de BSPA, quando submetidas ao E50. Estes resultados apresentam-se similares aos obtidos por CASTRO *et al.* (1996) em que mudas de *Muntingia calabura*, exibiram o mesmo padrão de resposta, quando cultivadas em condições sombreadas.

Apesar de não terem diferido estatisticamente, diversos estudos têm mostrado resultados semelhantes aos obtidos no presente estudo, como os encontrados por SALGADO *et al.* (2001) estudando *Zanthoxylum sp.* sob 0%, 50%, 70% e 90% de sombreamento e também por POGGIANI *et al.* (1992), analisando o comportamento de mudas de *Licaria canella* sob os níveis de 0, 30, 50 e 70% de sombreamento, e por PINTO *et al.* (1993), que constataram aos 30, 60 e 90 dias após a semeadura que as mudas produzidas sob 50% de sombreamento apresentaram maiores valores de peso de matéria seca da parte aérea, quando comparadas com as produzidas a pleno sol.

Através da realização do teste t, observa-se que cedro-vermelha e ocotea-imbuia tiveram comportamento semelhante estatisticamente, isto é, a BSPA não foi influenciada pelos diferentes níveis de luz.

Para o tarumã-azeitona, nota-se através da Tabela 24, que houve diferença estatística significativa quando comparados os ensaios E10 x E100. Nestas condições, foi possível verificar que a maior média está relacionada ao E100. Para a espécie e condições estudadas neste trabalho, os resultados obtidos são coerentes com a literatura, onde KRAMER E KOZLOWSKI (1979), CARVALHO (1996), TORRES (1980), WHATLEY E WHATLEY (1982), LARCHER (1986), OLIVER E LARSON (1996), CARVALHO (1996), LÜTTGE (1997), RACHWAL *et al.* (1997) e COELHO (2000), obtiveram para diferentes espécies, aumento da matéria a medida em que a planta está à plena luz.

Este fato pode ser explicado por WHATLEY E WHATLEY (1982), pois a intensidade da luz tem sua importância na conversão em energia química, para alguns efeitos morfogênicos e para a distribuição das plantas, assim como a duração tem seu efeito no fotoperiodismo, que controla os padrões de desenvolvimento das plantas, todos estes efeitos dependem da absorção da luz, por determinados pigmentos como clorofila e fitocromo.

Sob os três níveis de luminosidade, é possível constatar que o tarumã-azeitona apresentou valores muito superiores para mudas desenvolvidas a pleno sol, em consequência,

o número de folhas e ramos foi limitado pelo sombreamento. Condição semelhante foi encontrada em *Euphorbia pulcherrima* por GALICIA JIMENEZ *et al.* (2001) e em *Cedrelinga catenaeformis* por FARIAS *et al.* (1997).

Em concordância com o resultado obtido nesta pesquisa, experimentos com *Betula* sp, foi observado por GORDON (1989) observou que a porcentagem de peso de matéria seca foi maior nas folhas e no caule das mudas sombreadas.

### 5.5.2 Biomassa seca de raízes (BSR)

O resultado da ANOVA para BSR das mudas submetidas aos ensaios de 100%, 50% e 10% de luz estão apresentadas nas Tabelas 26, 27 e 28.

**Tabela 26.** Resumo da Análise da Variância (ANOVA) para biomassa seca de raízes (g) das espécies cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona submetidas a 100% de luminosidade aos 210 dias.

Fonte de variação	GL	Soma quadrática	Média quadrática	F-Calc	P-Valor
<b>Espécies</b>	2	0,73	0,36	2,60	0,0914
<b>Blocos</b>	14	3,01	0,21	1,53	0,1641
<b>Erro</b>	28	3,93	0,14		
<b>Total</b>	44	7,68			

Significativo a 5% de probabilidade.

**Tabela 27.** Resumo da Análise da Variância (ANOVA) para biomassa seca de raízes (g) das espécies cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona submetidas a 50% de luminosidade aos 210 dias.

Fonte de variação	GL	Soma quadrática	Média quadrática	F-Calc	P-Valor
<b>Espécies</b>	2	4,67	2,33	6,14	0,061
<b>Blocos</b>	14	6,73	0,48	1,26	0,2877
<b>Erro</b>	28	10,64	0,38		
<b>Total</b>	44	22,05			

Significativo a 5% de probabilidade.

**Tabela 28.** Resumo da Análise da Variância (ANOVA) para biomassa seca de raízes (g) das espécies cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona submetidas a 10% de luminosidade aos 210 dias.

Fonte de variação	GL	Soma quadrática	Média quadrática	F-Calc	P-Valor
<b>Espécies</b>	2	3,16	1,58	7,59	0,0023
<b>Blocos</b>	14	2,97	0,21	1,02	0,4618
<b>Erro</b>	28	5,82	0,20		
<b>Total</b>	44	11,95			

Significativo a 5% de probabilidade.

O resultado do teste t para biomassa seca da parte aérea são apresentados na Tabela 29.

**Tabela 29.** Resumo do teste t (p-valor) para peso de biomassa seca de raízes de cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona em função dos diferentes níveis de luminosidades e idade das plantas.

<b>ENSAIO</b>	<b>Cedro-vermelha</b>	<b>Ocotea-imbuia</b>	<b>Tarumã-azeitona</b>
<b>E100xE50</b>	0,14 <sup>ns</sup>	0,02*	0,17 <sup>ns</sup>
<b>E50xE10</b>	0,01*	0,00*	0,05 <sup>ns</sup>
<b>E10xE100</b>	0,07 <sup>ns</sup>	0,02*	0,07 <sup>ns</sup>

Nas colunas: ns = não significativo; \* significante a ( $p < 0,05$ ) pelo teste de t.

Na Tabela 30 encontram-se os valores médios para biomassa de raízes para as mudas de cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona obtidas aos 210 dias em função dos diferentes níveis de luminosidade.

**Tabela 30.** Resumo do Teste de Tukey para a distribuição de Biomassa seca de raízes de cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona em função dos diferentes níveis de luminosidade.

<b>TRATAMENTOS</b>	<b>ENSAIOS</b>		
	<b>E100</b>	<b>E50</b>	<b>E10</b>
<b>Cedro-vermelha</b>	0,97 aAB	1,31 aA	0,63 bB
<b>Ocotea-imbuia</b>	0,67 aA	1,17 aB	0,52 bC
<b>Tarumã-azeitona</b>	0,75 aA	0,56 bA	1,13 aA

Médias nas colunas seguidas de mesma letra em minúsculo, e nas linhas de mesma letra em maiúsculo não diferem entre si, respectivamente pelo teste de Tukey e teste t ao nível de 5% de probabilidade.

Não foi possível observar correlação entre os tratamentos e a biomassa seca de raízes para o E100 (Tabela 30).

Para o E50, cedro-vermelha e ocotea-imbuia apresentaram resultados estatísticos iguais entre si, porém, diferiram do tarumã-azeitona, o qual apresentou o menor peso.

O menor valor de biomassa seca de raízes encontrado para o tarumã-azeitona indica que, a redução da luminosidade, pode ter contribuído para uma diminuição na disponibilidade de assimilados, os quais trazem como consequência um menor crescimento das raízes (VARELA E SANTOS, 1992).

Já para a ocotea-imbuia que, na condição de luminosidade, apresentou menor valor médio, encontra-se na literatura resultados semelhantes: trabalhando com *Danizia excelsa*, VARELA E SANTOS (1992) pesquisaram a influência dos níveis de sombreamento de 30, 50 e 70%. Houve constatação de maiores valores de peso de matéria seca do sistema radicial nas mudas sombreadas a 50%.

Diferentes padrões de alocação de biomassa foram observados por alguns autores, estudando plantas sob diversos níveis de irradiância.

No nível de sombreamento de 10%, constatou-se, que a proporção de biomassa direcionada para as raízes foi evidenciada nas plantas de tarumã-azeitona que, conduzidas sob luminosidade de 10%, apresentaram valor superior (1,13 g) e estatisticamente diferente se comparadas aos demais tratamentos, os quais apresentaram respectivamente: cedro-vermelha (0,63 g) e ocotea-imbuia (0,52 g) e não apresentaram significância estatística entre si (Tabela 30).

De modo oposto ao observado para tarumã-azeitona, uma maior alocação de biomassa para raízes em plantas sob condições de pleno sol foi observado por DIAS-FILHO (1997) em *Solanum crinitum*, espécie pioneira, na qual a distribuição de biomassa para as raízes sob condição de baixa luminosidade sofre uma redução de 15% em relação a plantas sob pleno sol.

As plantas de cedro-vermelha e ocotea-imbuia apresentaram diferença estatística significativa, quando os ensaios foram submetidos ao teste t (Tabela 29).

Para o cedro-vermelha, os resultados obtidos para o E50 x E10, evidenciam que as mudas conduzidas sob restrição solar de 50% apresentaram maior média.

Foi verificado para a ocotea-imbuia que todos os ensaios apresentaram resposta na biomassa seca de raízes. Para os ensaios E100 x E50 e E50 x E10 as mudas apresentaram maior valor médio quando submetidas ao nível de luz de 50%. Nas condições luminosas experimentais dos ensaios E10xE100, observou-se que, a pleno sol, as mudas de ocotea-imbuia obtiveram maior média.

Resultados semelhantes foram obtidos em duas outras espécies de carvalho sob duas condições de luminosidade, com melhor desempenho das plantas a pleno sol em termos de matéria seca total, de raízes, caules e folhas (KE E WERGER, 1999).

A maior quantidade de biomassa seca na raiz observada nas mudas a pleno sol, pode ter ocorrido devido à diminuição da quantidade de auxina, que é carreada para este órgão em plantas sombreadas resultando em redução da formação de raízes laterais e eventualmente, do crescimento da raiz principal, conforme relatado por MORELLI E RUBERTI (2000).

Por outro lado, VARELA E SANTOS (1992) estudando *Dinizia excesa*, encontraram valores inferiores para o tratamento com maior sombreamento.

Ocotea-imbuia e tarumã-azeitona, que apresentaram médias menores divergiram dos resultados encontrados por DIAS FILHO E CHAGAS JÚNIOR (2000), constataram menor produção de biomassa radicular em *Rolandra fruticosa* (Asteraceae) sob níveis médios de

sombreamento, quando comparada à exposição a pleno sol. Essa menor distribuição de matéria seca 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 aumento na área foliar, ou que reflita uma estratégia buscando luminosidade como o aumento na altura (THOMPSON *et al.* 1992; WALTERS *et al.* 1993).

Resposta não significativa estatisticamente foi observada para tarumã-azeitona. Pode-se concluir que, em média, não há diferença significativa na influência da luz na biomassa seca de raízes da espécie.

Analisando a distribuição de biomassa de raízes, CLAUSSEN (1996), evidencia que indivíduos com sistemas radiculares mais desenvolvidos em determinada condição credenciam as plantas a terem maior capacidade de aclimatização do que aquelas com sistemas radiculares reduzidos.

### 5.5.3 Biomassa seca total (BST)

Na avaliação de biomassa seca total através do resultado da ANOVA observa-se que os tratamentos de 100% e 10% de luz foram diferentes estatisticamente em suas médias (Tabelas 31 e 33). Para o nível de luminosidade de 50%, houve diferença estatística significativa (Tabela 32).

**Tabela 31.** Resumo da Análise da Variância (ANOVA) para biomassa seca total das espécies cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona submetidas a 100% de luminosidade aos 210 dias.

Fonte de variação	GL	Soma quadrática	Média quadrática	F-Calc	P-Valor
<b>Espécies</b>	2	9,09	4,54	6,17	0,06
<b>Blocos</b>	14	18,18	1,29	1,76	0,0983
<b>Erro</b>	28	20,64	0,73		
<b>Total</b>	44	47,92			

Significativo a 5% de probabilidade.

**Tabela 32.** Resumo da Análise da Variância (ANOVA) para biomassa seca total (g) das espécies cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona submetidas a 50% de luminosidade aos 210 dias.

Fonte de variação	GL	Soma quadrática	Média quadrática	F-Calc	P-Valor
<b>Espécies</b>	2	32,38	16,19	10,47	0,001
<b>Blocos</b>	14	2043	1,45	0,94	0,050
<b>Erro</b>	28	43,26	1,54		
<b>Total</b>	44	96,08			

Significativo a 5% de probabilidade.

**Tabela 33.** Resumo da Análise da Variância (ANOVA) para biomassa seca total (g) das espécies cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona submetidas a 10% de luminosidade aos 210 dias.

<b>Fonte de variação</b>	<b>GL</b>	<b>Soma quadrática</b>	<b>Média quadrática</b>	<b>F-Calc</b>	<b>P-Valor</b>
<b>Espécies</b>	2	4,02	2,01	2,70	0,0845
<b>Blocos</b>	14	7,09	0,50	0,68	0,050
<b>Erro</b>	28	20,85	0,74		
<b>Total</b>	44	31,97			

Significativo a 5% de probabilidade.

Com referência a BST, quando os ensaios de luz foram testados pelo teste t, observa-se na Tabela 34, os resultados obtidos.

**Tabela 34.** Resumo do teste t (p-valor) para biomassa seca total de mudas de cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona em função dos diferentes níveis de luminosidades e idade das plantas.

<b>ENSAIO</b>	<b>Cedro-vermelha</b>	<b>Ocotea-imbuia</b>	<b>Tarumã-azeitona</b>
<b>E100xE50</b>	0,16 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>
<b>E50xE10</b>	0,02*	0,02*	0,05 <sup>ns</sup>
<b>E10xE100</b>	0,27 <sup>ns</sup>	0,31 <sup>ns</sup>	0,01*

Nas colunas: ns = não significativo; \* significante a (p<0,05) pelo teste de t.

As médias para BST dos tratamentos estudados submetidas aos ensaios de luz obtidas Respeitosamente, neste trabalho estão apresentadas na Tabela 35.

**Tabela 35.** Resumo do Teste de Tukey para a distribuição de Biomassa seca total de cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona em função dos diferentes ensaios de luminosidade.

<b>TRATAMENTOS</b>	<b>ENSAIOS</b>		
	<b>E100</b>	<b>E50</b>	<b>E10</b>
<b>Cedro-vermelha</b>	2,66 aAB	3,51 aA	2,11 aB
<b>Ocotea-imbuia</b>	1,58 bAB	2,43 abA	1,39 aB
<b>Tarumã-azeitona</b>	1,91 abBC	1,44 bC	1,86 aB

Médias nas colunas seguidas de mesma letra em minúsculo, e nas linhas de mesma letra em maiúsculo não diferem entre si, respectivamente pelo teste de Tukey e teste t ao nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 35, observa-se que houve diferença significativa para as mudas de cedro-vermelha, ocotea-imbuia e tarumã-azeitona nos três diferentes ensaios de luz.

Os resultados obtidos para biomassa seca total expostos na Tabela 35, permitem concluir que as plantas de ocotea-imbuia submetidas a 100% de luz tiveram menor produção de biomassa total, quando comparadas com as mudas de cedro-vermelha e tarumã-azeitona.

Já para cedro-vermelha, os resultados mostram que o volume de BST para a espécie foi superior aos demais tratamentos, contudo, mesmo apresentando superioridade não houve resposta significativa para as mudas submetidas a esta condição de luz.

A biomassa seca total, que permite verificar como a massa se distribui pela planta em decorrência do grau de luminosidade, demonstrou que elevado nível de sombreamento proporcionaram maiores pesos de biomassa total.

No E50, não foi observado diferença estatística entre a variável e os tratamentos de luz testados, porém, nesta condição de luz o cedro-vermelha mesmo estatisticamente semelhante à ocotea-imbuia, destacou-se apresentando o maior peso para BST.

Em outros estudos de luminosidade, FONSECA *et al.* (2002) relataram não observar efeito significativo em mudas de *Trema micrantha* submetidas a maiores índices de restrição de luz sobre a produção de biomassa.

Para a condição de 10% de luminosidade disponível, não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos e o nível de luz testado (Tabela 35).

De acordo com as médias de biomassa seca total, oriundas do teste de Tukey ( $p < 5\%$ ), é possível visualizar que mesmo estatisticamente iguais, o nível de 10% de luminosidade ocasionou diferença no acúmulo de biomassa total das plantas, e foi observado que o cedro-vermelha apresentou tendência de maior acúmulo de biomassa, seguido do tarumã-azeitona e, por fim, da ocotea-imbuia com menor valor médio.

A resposta apresentada pelo cedro-vermelha é semelhante à observada por plântulas de *Liriodendron tulipifera*, onde GRONINGER *et al.* (1996), estudando o efeito do sombreamento de 70 e 80%, concluíram que à medida que aumentou o sombreamento há acréscimo do peso seco.

A baixa produção de biomassa causada no nível de luminosidade de 10% nas mudas de ocotea-imbuia assemelha-se aos resultados observados por SALISBURY E ROSS (1992), os quais consideraram que a baixa produção de matéria seca causada pelo sombreamento pode ser explicada com base no ponto de compensação. Espécies tolerantes têm baixo ponto de compensação, sendo capazes de produzir assimilados sob baixa intensidade de luz. Para espécies intolerantes, por possuírem alto ponto de compensação, à medida em que diminui a intensidade de luz, há redução na produção de matéria seca, pois, sob intensidade de luz abaixo do ponto de compensação o hidrato de carbono é mais consumido pela respiração do que produzido pela fotossíntese.

Igualmente aos resultados encontrados, foram os observados para *Schefflera morototoni* (MAZZEI *et al.* 1998), e para *Croton urucurana*, *Guazuma ulmifolia*,

*Peltophorum dubium*, *Lonchocarpus muehlbergianus* e *Tabebuia impetiginosa* pelos pesquisadores MORAES NETO *et al.* (2001).

Com referência a BST, quando os ensaios de luz foram testados pelo teste t, observou-se que não há uma diferença evidente para as espécies cedro-vermelha e ocotea-imbuia e os diferentes níveis de luz (Tabela 34).

Conforme apresentado na Tabela 34, o tarumã-azeitona apresentou diferença estatística para os ensaios E10 x E100 nestas condições, as mudas conduzidas no E100 apresentaram maior produção de biomassa seca total que em mudas sombreadas. Alusivo ao resultado encontrado, para a espécie clímax *Quercus robur* L., WELANDER E OTTOSSON (1997) observaram um incremento no acúmulo de matéria seca total com o aumento na disponibilidade de luz.



## 6 CONCLUSÕES

Considerando as condições experimentais, a metodologia utilizada e os resultados obtidos, pôde-se chegar às seguintes conclusões:

- a) A altura e diâmetro do coleto de cedro-vermelha foram influenciados pelos diferentes níveis de luminosidade;
- b) A condição de luminosidade de 10%, mostrou-se eficiente para o desenvolvimento das plantas de cedro-vermelha, uma vez que nesta condição de luz as mudas apresentaram maior acúmulo na produção de biomassa da parte aérea.
- c) Na condição luminosa de 10%, não houve influência dos níveis de luminosidade testados na biomassa seca de raiz e biomassa seca total das espécies estudadas;
- d) A melhor condição para incremento da área foliar foi verificada no ensaio de luminosidade de 10%;
- g) A exposição de mudas de cedro-vermelha e tarumã-azeitona a pleno sol (100%) pode inibir o crescimento das plantas na fase inicial de desenvolvimento;
- h) Para ocotea-imbuia, o nível de luminosidade de 50% favoreceu maior crescimento vegetativo em relação a 10% de luminosidade e às mudas conduzidas a pleno sol;
- i) Pode-se afirmar que neste estudo, a luminosidade não foi o único fator determinante na altura das mudas, visto que, no momento de instalação do experimento, havia discrepância destes valores nas diferentes espécies, e
- j) O período de 210 dias de condução do experimento foi insuficiente para que os tratamentos mostrassem efeitos significativos nos diferentes ensaios de luz, portanto, sugere-se que experimentos deste teor sejam conduzidos de modo que se permita à exposição das mudas as estações do ano.

## 7 REFERÊNCIAS

AGUIAR, M. C.; FERREIRA, Jr., L. G.; FERREIRA, M. E.; BORGES, R. O.; SANO, E. E.; GOMES, M. P. Mapeamento do uso do solo e da cobertura vegetal do bioma Cerrado a partir de dados orbitais MODIS e SRTM e Dados Censitários. **In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 12, Goiânia, GO, 2005.

AGYEMAN, V.K., SWAINE, M.D. & THOMPSON, J. Responses of tropical forest tree seedlings to irradiance and the derivation of a light response index. **Journal of Ecology** 87:815-827, 1999.

ALBRECHT, J. M. F.; NOGUEIRA, A. C. Influência do sombreamento sobre a germinação e produção de mudas de ipê (*Tabebuia aurea* Benth & Hook). In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, Olinda. **Anais Olinda: Sociedade Brasileira de Silvicultura**, 1986.

ALMEIDA, L. P.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M. de.; ZANELA, S. M. E VIEIRA, C. V. Crescimento inicial de plantas de *Cryptocaria aschersoniana* Mez. submetidas a níveis de radiação solar. **Ciência Rural** v.34, 2004.

ALMEIDA, S. M. Z, SOARES, A. M, CASTRO, E. M, VIEIRA, C. V, GAJEGO, E. B. Alterações morfológicas e alocação de biomassa em plantas jovens de espécies florestais sob diferentes condições de sombreamento. **Ciência Rural** 35(1): 62-68, 2005.

ALVARENGA, A. A; CASTRO, E. M; LIMA JUNIOR, E. C; MAGALHÃES, M. *Croton urucurana* Baill in southeastern Brazil. **Revista Árvore** 27: 1-7, 2003.

AMO, S. R. Del Alguns aspectos de la influencia de la luz sobre el crecimiento de estados juveniles de espécies primarias. In: GOMES-POMPA, A.; AMO, S.R. del. **Investigaciones sobre la regeneracion de selvas altas em Vera Cruz. México:** Instituto Nacional de investigações sobre recursos bióticos, Ed. Alhambra Mexicana & A., 1985.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas, noções básicas.** Jaboticabal: FUNEP, 42 p., 1988.

BOARDMANN, N. K. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 28,p. 355-377, 1977.

BOEGER, M. R. T.; WISNIEWSKI, C. **Estrutura e teores de nutrientes foliares de seis espécies arbóreas ao longo de um gradiente sucessional da planície litorânea do estado do Paraná, Brasil.** Ilheringia. v.57, n.2, p.243-262. 2002.

BOEGER, M. R. T.; REISSMANN, C. B.; BORILLE, A. M. W. Análise morfométrica foliar de três morfotipos de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil). In: CONGRESSO SUL AMERICANO DE ERVA-MATE, 3.; REUNIÃO TÉCNICA DA ERVA-MATE, 4.,2003, Chapecó. **Anais ...** Chapecó: EPAGRI, 2003. CD-ROM.

BÖHM, W. **Methods of studying root systems.** Berlin: Springer-Verlag, 1979. 188p

BORDEAU, P. F. **Relation between growth and unit rate of photosynthesis.** In: NORTHERN FOREST TREE IMPROVEMENT CONFERENCE, 5, Orono. 1957.

BOYER, J.; SOUTH, D. A morphological comparison of greenhouse-grown loblolly pine seedlings with seedlings grown outdoors. *Tree Planter's Notes*, 16: 15-18, 1984.

BRAGG, J. G.; WESTOBY, M. Leaf size and foraging for light in a sclerophyll woodland. *Funcional Ecology*, Sydney, v. 16, n. 5, p. 633-639, 2002.

BROTTO, M. L.; SANTOS, É. P.; BAITELLO, J. B. **Lauraceae no Morro dos Perdidos (Floresta Atlântica), Paraná, Brasil.** *Rodriguésia* 60 (2): 445-459. 2009.

BUCKERIDGE, M. S., SANTOS, H. P. E TINÉ, M. A. S. Mobilisation of storage cell wall polysaccharides in seeds. *Plant Physiology and Biochemistry* 38:141-156, 2000.

CAMPOS, M. A. S.; UCHIDA, T. Influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37(3): 281-288, 2002.

CARNEIRO, J. G. A. **Determinação do padrão de qualidade de *Pinus taeda* para plantio definitivo.** Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 70p. (Tese Mestrado), 1976.

CARNEIRO, J. G. A. Influência dos fatores ambientais e das técnicas de produção sobre o desenvolvimento de mudas florestais e a importância dos parâmetros que definem sua qualidade. In: SIMPÓSIO SOBRE FLORESTAS PLANTADAS NOS NEOTRÓPICOS COMO FONTE DE ENERGIA, 1983, Viçosa. *Anais...* Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. p.10-24, 1983.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais.** Curitiba: UFPR/FUPEF, 451 p., 1995.

CARVAJAL, J. F. *Cafeto – Cultivo y fertilización.* Instituto Internacional de la Potasa. Berna/Suíça: 254 p., 1984.

CARVALHO, P. E. R. **Influência da intensidade luminosa e do substrato no crescimento, no conteúdo de clorofila e na fotossíntese de *Cabralea canjerana* (VELL.) MART. Subsp. *Canjerana*, *Calophyllum brasiliense* Amb. E *Centrolobium robustum* (VELL.) MART. EX BENTH.** 151 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1996.

CARVALHO, L. C.; ROCHA, C. F. D. da. Forma da bromélia depende da luz. *Ciência Hoje*, v.26, n.155, p.72-74, 1999.

CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras. Colombo, PR.: Embrapa Florestas, v. 1, 1039 p., 2003.

CARVALHO, N. O. S.; PELACANI, C. R.; RODRIGUES, M. O. de S.; CREPALDI, I. C. Crescimento inicial de plantas de licuri (*Syagrus coronata* (Mart.) Becc.) em diferentes níveis de luminosidade. *Revista Árvore*, Viçosa, MG, v. 30, n. 3, p.351-357, 2006.

CASTRO, E. M.; ALVARENGA, A. A.; GOMIDE, M. B. Crescimento e distribuição de matéria seca de mudas de calabura (*Muntingia calabura* L.) submetidas a três níveis de irradiância. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 20, n. 3, p. 357-365, jul./set. 1996.

CHAVES, A. S.; PAIVA, H. N. Influência de diferentes períodos de sombreamento sobre a qualidade de mudas de fedegoso (*Senna macranthera* (Collad.) Irwin et Barn.). **Scientia Forestalis**, n.65, p.22-29, 2004.

CHAZDON, R. C. E FETCHER, N. Photosynthetic light environments in a lowland tropical rain forest in Costa Rica. **Journal of Ecology** 75:135-149, 1984.

CLAUSSEN, J. W. Acclimation abilities of three tropical rainforest seedlings to an increase in light intensity. **Forest Ecology and Management**, v. 80, p. 245:255, 1996.

COELHO, G. C. Variabilidade morfológica e química da erva-mate. In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DA ERVA-MATE, 2; Reunião Técnica do cone Sul sobre a Cultura da erva-mate, 3., 2000. Encantado. **Anais ...** Porto Alegre. UFRGS e FEPAGRO, p. 125-128, 2000.

COOLEY, N. M. Outdoor ultraviolet polychromatic action spectra for growth responses of *Bellis perennis* and *Cynosurus cristatus*. **J. Photochem. Photobiol. Biol.**, v. 59, p. 64-71, 2000.

COOPER, C. S. Relative growth of alfafa and birdsfoot trefoil seedlings under low light intensity. **Crop Sci.**, v. 7, n. 3, p.176-178, 1967.

COURT, A. J.; MITCHELL, N. D. The growth responses of *Dysoxylum spectabile* (Meliaceae) to a shaded environment. **New Zealand Journal of Botany**, 85: 955-963, 1989.

DALE, J. E. The control of leaf expansion. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 39, p. 267-295, 1988.

DALE, M. P.; CAUSTON, D. R. The ecophysiology of *Veronica chamaedrys*, *V. montana* and *V. officinalis*. I. Light quality and light quantity. **J. Ecol.**, v. 80, p. 483-492, 1992.

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, 1997.

DIAS FILHO, M. B.; CHAGAS JUNIOR, A. F. Crescimento, alocação de biomassa e fotossíntese de *Rolandra fruticosa* (Asteaceae) em resposta ao sombreamento. **Planta Daninha**, Londrina, v. 18, n. 1, p. 71-78, 2000.

DURIGAN, G.; FIGLIOLIA, M. B.; KAWABATA, M.; GARRIDO, M. A. de O.; BAITELLO, J. B. Sementes e mudas de árvores tropicais. São Paulo: **Páginas & Letras**, 2ª Ed. 2002.

ENGEL, V. L. **Influência do sombreamento sobre o crescimento de mudas de essências nativas, concentração de clorofila nas folhas e aspecto da anatomia.** Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Piracicaba, 202 p, 1989.

ENGEL, V. L.; POGGIANI, F. **Influência do sombreamento sobre o crescimento de mudas de algumas essências nativas e suas implicações ecológicas e silviculturais.** IPEF, Piracicaba, v.43, n. 44, p.1-10, 1990.

EPAGRI, 71p. (EPAGRI, **Boletim Técnico**, 68), 1994.

FAHL, J. I.; CARELLI, M. L. C.; VEGA, J.; MAGALHÃES, A. C. **Nitrogen and irradiance levels affecting net photosynthesis and growth of young coffee plants** (*Coffea arabica* L.). **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v. 69, p. 161-169, 1994.

FALEIRO, W. Morfologia foliar em plantas de cinco fisionomias de cerrado do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, GO. **Unimontes Científica** 8(1): 107-116, 2006.

FANTI, S. C.; PEREZ, S. C. J. G. A. **Influência do sombreamento artificial sobre o crescimento de *Bauhinia forficata* Link e seu comportamento sob estresse hídrico**. **Vegetalia**, São José do Rio Preto, v. 33, p. 1-18, 1998.

FARIAS, J. A. C. **Crescimento inicial do guatambú (*Balfourodendron riedelianum*) em diferentes intensidades luminosas**. Santa Maria: UFSM, 66p. Dissertação (Mestrado em Silvicultura). Universidade Federal de Santa Maria, 1994.

FARIAS, C. C. V.; VARELA, P. V.; COSTA, S. S. E BATALHA, P. V. L. Análise de crescimento de mudas de cedro-vermelharana (*Cedrelinga catenaeformis* (Ducke) Ducke) cultivada em condições de viveiro. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 19, n. 2, p. 193-200, 1997.

FARIAS, JÚNIOR, J. A.; CUNHA, M. C. L.; FARIAS, S. G. G.; MENEZES JÚNIOR, J. C. Crescimento inicial de mudas de turco sob diferentes tipos de recipientes e níveis de luminosidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.2, n.3, p.228-232, 2007.

FELFILI, J. M. E ABREU, H. M. Regeneração natural de *Roupala montana* Aubl., *Piptocarpha macropoda* Back. e *Persea fusca* Mez. em quatro condições ambientais na mata de galeria do Gama-DF. **Cerne** 5(2): 125-132, 1999.

FERREIRA, F. R. Germoplasma de *Passiflora* no Brasil. In: SÃO JOSÉ, A.R. (Ed.). **Maracujá: produção e mercado**. Vitória da Conquista: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, p. 24-26, 1994.

FERREIRA, E. **Ajustamento osmótico e análise de crescimento de plantas de milho (*Zea mays* L.), em função do nível de potássio e estresse hídrico**. 1966. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1996.

FLETCHER, J. M., SUTHERLAND, M. L., AMES, J. M., BATTLE, N. H. The effect of light integral on vegetative growth and fruit yield of Elsanta strawberry. In: NORTH AMERICAN STRAWBERRY CONFERENCE, 5., 2002, Alexandria. **Proceedings Alexandria**:[s.n.],2002.p.157-160.

FONSECA, E. P., VALÉRI, S. V., MIGLIORANZA, E., FONSECA, N. A. N. F., COUTO, L. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, v.26, n.4, p.515-523, 2002.

FONSECA, C. E. L. DA E CONDÉ, R. DE C. C. Estimativa da Área Foliar em mudas de Mangabeira (*Hancornia speciosa* Gom.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 29(4): 593-599, 1994.

GALICIA JIMENEZ, A. B., TREJO, C.; VALDEZ-AGUILAR, L. A., RODRÍGUEZ-GONZÁLES, M. T., PENÑ-VALDIVIA, C. B. Shade intensity and its effect in morphology and physiology of poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd.). **Revista Chapingo**, Série Horticultura, México City, v. 7, n. 2, p. 143-149, 2001.

GAMA J. R. V., BOTELHO, S. A., GAMA, M. M. B., SCOLFORO, J. R. S. Estrutura e potencial futuro de utilização da regeneração natural de floresta de várzea alta no município de Afuá, Estado do Pará. **Ciência Florestal**, v. 13, n. 2, p. 71-83, 2003.

GARRIDO, M. A. de O. **Caracteres silviculturais e conteúdo de nutrientes no folheto de alguns povoamentos puros e mistos de espécies nativas**. Piracicaba: ESALQ, 1981. 105p. (Tese - Mestrado em Engenharia Florestal), 1981.

GIVNISH, T. J. Adpation to sun and shade: a wholeplant perspective. **Australian Journal of Plant Physiology** 15: 63-92, 1988.

GOMEZ-POMPA, A. E Vázquez-Yanes, C. Estudios sobre sucesion secundaria en los tropicos calidos-humedos: el ciclo de vida de las especies secundarias. In: A. Gómez-Pompa (coord.). **Regeneracion de selvas**. México: Continental, pp. 579-93. 1976.

GOMES, J. M. BRANDI, R. M., COUTO, L., LELLES, J. G. de. Influência do tratamento prévio do solo com brometo de metila no crescimento de mudas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em viveiro. **Brasil Florestal**, v. 9, n. 35, p. 18-23, 1978.

GOMES, J. M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus randis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e de dosagens de N-P-K**. Tese (Doutorado m Ciências Florestais). 2001. 166 f. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2001.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. P. **Viveiros florestais (propagação sexuada)**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2004. 116p. (Caderno Didático, 72).

GONÇALVES, J. L. M; SANTARELLI, E.G; MORAES NETO, S. P. E MANARA, M. P. Produção de mudas de espécies nativas substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In:GONÇALVES, JLM.BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba:IPEF, 2000,P 310-350.

GORDON, J. C. Effect of shade on photosynthesis and dry weight distribution in yellow birch (*Betula alleghaniensis* Britton) seedlings. **Ecology**, v. 50, n. 5, p. 924-926, 1989.

GRAÇA, M. E. C. Influence of light intensity on growth nodulation and nitrogen fixation of selected woodytl actinorhizal species. **Purdue**, 1983. 109p. (Philosophy Doctor Thesis- Purdue University), 1983.

GRIME, J. P. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. **American Naturalist** 111: 1169-1194. 1977.

GRONINGER, J. W., SEILER, J. R., PETERSON, J. A. KRECH, R. E. Growth and photosynthetic responses of four Virginia Piedmont tree species to shade. **Tree Physiology**, Victoria, v.16, n.9, p.773-778, 1996.

GORDON, J. C. Effect of shade on photosynthesis and dry weight distribution in yellow birch (*Betula alleghaniensis* Britton) seedlings. **Ecology**, v. 50, n. 5, p. 924-926, 1989.

3, H. R. GARCIA, D. M. N.; SILVA, D. G.; CUNHA, E. M.; PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, E. F. Aspectos anatômicos e ecofisiológicos de *Cedrela fissilis* Vell. sob diferentes níveis de sombreamento. In: X ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E IV ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO. **Anais...** Vale do Paraíba: Universidade do Vale do Paraíba, 2003. p. 2794-2797.

GUERRA, M. P., NODARI, R. O., REIS, A., GRANDO, J. L. Comportamento da canafístula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert) em viveiro, submetida a diferentes métodos de quebra de dormência e sementeira. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.5, p.1-18, dez.1982.

HUNT, R. **Basic growth analysis: plant growth analysis for beginners**. London: Unwin Hyman, 112p, 1990.

IBAMA, 1992. **Lista Oficial da Flora Ameaçada de Extinção**. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/flora/extincao.htm>. Acesso: Julho de 2011.

ILLENSEER, R.; PAULILO, M. T. S. Crescimento e eficiência na utilização de nutrientes em plantas jovens de *Euterpe edulis* Mart. sob dois níveis de irradiância. **Acta Botânica Brasileira**, v. 12, n. 4, p. 385-394, 2002.

INOUE M. T. A autoecologia do gênero *Cedrela*: efeitos na fisiologia do crescimento no estágio juvenil em função da intensidade luminosa. **Revista Floresta** 8: 58-61, 1976.

INOUE, M. T. **Fundamentos ecofisiológicos para a silvicultura de *Cedrela spp.*** Curitiba, UFPR, 91p. (Tese - Professor - UFPR). 1978.

INOUE, M. T. **Regeneração Natural**: Seus problemas e perspectivas para as Florestas Brasileiras. Curitiba: FUPEF, 22p. (Série Técnica, 1), 1979.

INOUE, M. T.; TORRES, D. V. Comportamento do crescimento de mudas de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. em dependência da intensidade luminosa. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 11, n. 1, p. 7-11, 1980.

ISHIDA, A., TOMA, T. E MARJENAH, A. Limitation of leaf carbon gain by stomatal and photochemical processes in the canopy of *Maranga conifera*, a tropical pioneer. **Tree Physiology** 19: 467-473, 1999.

JANUÁRIO, M., VISWANADHAN, Y. E SENNA, R. C. Radiação solar total dentro de floresta úmida de terra firme (Tucuruí, Pará). **Acta Amazônica** 22: 335-340, 1992.

JEANGROS, B.; NOSBERGER, J. Comparison of the growth response of *Rumex obtusifolius* L. and *Lolium perenne* L. to photon flux density. **Weed Res.** Oxford, v. 32, n. 4, p. 311-316, 1992.

JONES, R. H.; MACLEOD, K. W. Growth and photosynthetic responses to a range of light environments in chinese tollow tree and carolina ash seedlings. **For. Sci.**, v. 36, n. 4, p. 851-862, 1990.

KASPARY, R. **Efeito de diferentes graus de sombreamento no desenvolvimento de plantas jovens de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.)**. 1985. 54f. Dissertação (Mestrado Botânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1985.

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.

KLICH, M. R. Leaf variations in *Elaeagnus angustifolia* related to environmental heterogeneity. **Enviromental and Experimental Botany** 44: 171-183, 2000.

KÖPPEN, W. Climatología: con un estudio de los climas de la tierra. Mexico: **Fondo de Cultura Economica**, 478p., 1948.

KOZLOWSKI, T. T. **Tree Growth**. New York: The Ronald Press, p. 149-170, 1962.

KOZLOWSKI, T. T.; KRAMER, P. J.; PALLARDY, S. G. **The physiological ecology of woody plants**. San Diego: Academic Press, 657 p, 1991.

KITAJIMA, K. **Ecophysiology of tropical tree seedlings**. In: S.S. Mulkey, R.L. Chazdon & A.P. Smith (eds.). Chapman and Hall: New York, pp. 559-595, 1996.

KRAMER, P.J. e KOZLOWSKI, T. Fisiologia das árvores. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1972. 745 p.

KRAMER, T.; KOSLOWSKI, T. T. **Physiology of woody plants**. New York: Academic Press, 1979. 811 p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. 4. ed. São Paulo: EPU, 1986. 319 p.

LARCHER W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa. 2000.

LEAL FILHO, N. **Efeito dos distúrbios provocados pela exploração florestal sobre a regeneração natural da floresta natural tropical úmida na Amazônia Central Brasileira**. INPA, Manaus, 1995.

LEE, D. W., OBERBAUER, S. F., BASKARAN, K., MOHAMAD, H. E YAP, S. K. Irradiance and spectral quality affect Asian tropical rain forest tree seedling development. **Ecology** 77: 568-580, 1996.

LEE, D. W., OBERBAUER, S. F., JOHNSON, P., BASKARAN, K., MANSOR, M., MOHAMED, 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** 87: 447-455, 2000.



LOPES, J. L. W. **Qualidade de mudas clonais do híbrido de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*, submetidas a diferentes regimes hídricos.** Botucatu, 2008, 171. Teses (Doutorado) – UNESP. 2008.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** Nova Odessa: Plantarum, 352p, 1992.

LUSK, C. Leaf area and growth of juvenile temperate evergreens in low light: species of contrasting shade tolerance change rank during ontogeny. **Functional Ecology** 18: 820-828, 2004.

LÜTTGE, U. **Physiological Ecology of Tropical Plants.** Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany. 384 p., 1997.

MAZZEI, L. J.; FELFILI, J. M.; REZENDE, A.V. Crescimento de plântulas de *Schefflera morototoni* (Aubl.) Maguire, Steyermark e Frondi em diferentes níveis de sombreamento no viveiro. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, Brasília, v. 3, p. 27-36, 1998.

MARQUES, T. C. L. L. S.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. **Crescimento de mudas de espécies arbóreas em solo contaminado com metais pesados.** In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3., Ouro Preto, 1997.

MARQUES, T. C. L. L. S. M.; MOREIRA, F. M. E SIQUEIRA, J. O. Crescimento e teores de metais em mudas de espécies arbóreas tropicais em solo contaminado com metais pesados. **Pesq. Agrop. Bras.**, 1999.

MELO, R. R. Superação de dormência em sementes e desenvolvimento inicial de canafístula (*Cassia grandis* L.F.) **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v. 07, 2006.

MEXAL, J. L.; LANDIS, T. D. **Target seedling concepts: height and diameter.** In: TARGET SEEDLING SYMPOSIUM, MEETING OF THE WESTERN FOREST. 1990.

MORAIS, NETO, S. P.; GONÇALVES, J. L. M.; TAKAKI, M.; CENCI, S.; GONÇALVES, J. C. Crescimento de mudas de algumas espécies arbóreas que ocorrem na mata atlântica em função do nível de luminosidade. **Revista Árvore**, v.24, n.1, p.35-45, 2000.

MORAIS, H.; MARUR, C. J.; CARAMORI, P. H.; RIBEIRO, A. M. de A.; GOMES, J. C. Características fisiológicas e de crescimento de cafeeiro sombreado com guandu e cultivado a pleno sol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 10, p. 1131-1137, 2003.

MORELLI, G; RUBERTI, I. Shade avoidance responses. Driving auxin along lateral routes. **Plant Physiology** 122: 621-626, 2000.

MUROYA, K.; VARELA, V. P.; CAMPOS, M. A. A. Análise de crescimento de mudas de jacareúba (*Calophyllum angulare* A.C. Smith – Guttiferae) cultivadas em condições de viveiro. **Acta Am.**, v. 27, n. 3, p. 197-212, 1997.

MUSIL, C. F.; CHIMPHANGO, S. B. M.; DAKORA, F. D. Effects of elevated ultraviolet-B radiation on native and cultivated plants of southern Africa. **Ann. Bot.**, v. 90, p. 127-137, 2002.

NAKAZONO, E. M.; COSTA, M. C. da; FUTATSUGI, K., PAULILO, M. T. S. Crescimento inicial de *Euterpe edulis* Mart. em diferentes regimes de luz. **Rev. Bras. Bot.** vol. 24 no.2 São Paulo, Jun. 2001.

NARVAES, I. S. **Classificação e caracterização da regeneração natural em Floresta Ombrófila Mista na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS.** 2004. 143p. Dissertação (Mestrado em Manejo Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

NASCIMENTO, H. H. C. do, NOGUEIRA, R. J. M. C.; SILVA, E. C. da, SILVA, M. A. da. Análise do crescimento de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em diferentes níveis de água no solo. **Rev. Árvore** vol.35 no.3 supl.1 Viçosa 2011.

OGA, F. M.; FONSECA, C. E. L. Um método rápido para estimar área foliar em mudas de cagaiteira (*Eugenia dysenterica* D. C.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 29, n. 4, p. 571-577, 1994.

OLIVER, C. D. E LARSON, B. C. **Forest Stand Dynamics** John Wiley & Sons Inc, New York. 520 p, 1996.

ORTEGA, A. R.; ALMEIDA, L. S.; MAIA, N.; ÂNGELO, A. C. Avaliação do crescimento de mudas de *Psidium cattleianum* Sabine a diferentes níveis de sombreamento em viveiro. Lavras, MG: **Revista Cerne**, 2006. v.12, n.3, p.300-308.

OSUNKOYA. O. A.; ASH, J. E. Acclimation to a change in light regime in seedlings of six Australian rainforest tree species. **Australian Journal of Botany**, v. 39, p. 591-605, 1991.

OSUNKOYA, O. O., ASH, J. E., HOPKINS, M. S. E GRAHAM, A. W. Influence of seed size and seedling ecological attributes on shade-tolerance in northern Queensland. **Journal of Ecology** 82:149-163, 1994.

PAIVA A. V; POGGIANI, F. Crescimento de mudas de espécies arbóreas nativas plantadas no sub-bosque de um fragmento florestal. **Scientia Forestalis** 57: 141-151, 2000.

PEARCY, R. W. Acclimation to sun and shade. In: A.S. Raghavendra (ed). *Photosynthesis: A Comprehensive Treatise*. **Chapman and Hall**: New York, 376 p., 1997.

PEREZ, S. C. J. G. A.; FANTI, S. C. Crescimento e resistência à seca de leucena em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 6, p. 933-944, 1999.

PINTO, A. M.; VARELA, V. P.; BATALHA, L. F. P. Influência do sombreamento no desenvolvimento de mudas de louro pirarucu (*Licaria canella* (Meiss.) Kosterm.). **Acta Amazônica**, v. 23, p. 383-394, 1993.

POGGIANI, F.; BRUNI, S.; BARBOSA, E. S. Q. Efeito do sombreamento sobre o crescimento das mudas de três espécies florestais. **Revista do Instituto Florestal de São Paulo**, v.4, n.2, p.564-569, 1992.

POORTER, L. Growth responses of 15 rain-forest tree species to a light gradient: the relative importance of morphological and physiological traits. **Functional Ecology** 13:396-410, 1999.

POPMA, J. E BONGERS, F. Acclimation of seedlings of three Mexican tropical rain forest tree species to a change in light availability. **Journal of Tropical Ecology** 7: 85-97, 1991.

PORTELA, R. C. Q.; SILVA, I. L.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Crescimento inicial de mudas de *Clitoria fairchildiana* Howard e *Peltophorum dubium* (Spreng) Taub. em diferentes condições de sombreamento. **Revista Ciência Florestal**, v.11, n.1, p.163-170, 2001.

PROCHNOW, M. No Jardim das Florestas. Rio do Sul: **APREMAVI**, 188p., 2007.

PUSHPAKUMARI, R.; SASIDHAR, V. K. **Influence of shade on the growth attributes of minor tuber crops.** J Root. Crops, v. 18, n. 1, p. 64-67, 1992.

QUINET, A., Baitello, J.B., Moraes, P.L.R. de, Lauraceae in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2010.

RACHWAL, M. F. G.; CURCIO, G. R.; DEDECK, R. A.; NIETSCHKE, K.; FILHO, F. E. S.; VOGEL, R. C. Influência da luminosidade sobre a produtividade da erva-mate em latossolo vermelho-amarelo em São Mateus do Sul-PR. In: CONGRESSO SULAMERICANO DA ERVA-MATE, 1; Reunião Técnica do cone Sul sobre a Cultura da erva-mate, 2., 1997,.. Curitiba. **Anais...** Colombo. EMBRAPA-CNPq, p. 445. (EMBRAPA-CNPq. Documentos, 33), 1997.

RAMOS, K. M. O., FELFILI, J. M., FAGG, C. W., SOUSA-SILVA, J. C., FRANCO, A. C. Desenvolvimento inicial e repartição de biomassa de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith, em diferentes condições de sombreamento. **Acta bot. Bras.** v.18 n.2, 2004.

RAKOCEVIC, M.; MEDRADO, M. J. S.; TAKAKI, M. Aspectos fotomorfogenéticos de plantas jovens de erva-mate. In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DA ERVA-MATE, 3.; REUNIÃO TÉCNICA DO CONE SUL SOBRE A ERVA-MATE,4., 2003, Chapecó. **Anais...** Chapecó: 2003. CD-ROM.

RIGH, C. A.; BERNARDES, M. S.; TEREMOTO, E. R.; FAVARIN, J. L.; **Adaptação do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) ao sombreamento em sistema agroflorestal com seringueira.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 4., Ilhéus, 2002.

RONCANCIO, V. J. F.; PERES, L. E. P.; ZAIDAN, L. B. P.; PEREIRA, M. F. A. Influência do fotoperíodo em interação com a temperatura no desenvolvimento de plantas de *Solidaster luteus*. **R.Bras.Fisiol.Veg.**, 8(2):131-138, 1996.

SALGADO, M. A. S.; REZENDE, A.V.; FELFILI, J. M.; FRANCO, A. C. E SOUZA-SILVA, J. C. Crescimento e repartição de biomassa em plântulas de *Copaifera langsdorffii* Desf. submetidas a diferentes níveis de sombreamento em viveiro. **Brasil Florestal** 70: 13-21, 2001.

SALISBURY, F. B. E ROSS, C. W. Plant Physiology. Belmont: **Wadsworth Publishing Co**, 682 p., 1992.

SCALON, S. de P. Q. **Estudo da germinação de sementes e produção de mudas de pau-pereira (*Platygyamus regnelli* Benth.)**. Lavras, 1991, 62p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura de Lavras. 1991.

SCALON, S. P. Q.; ALVARENGA, A. A. Efeito do sombreamento sobre a formação de mudas de pau-pereira (*Platygyamus regnelli* Benth.). **Revista Árvore**, v.17, n 3, p.265-270, 1993.

SCALON, S. P. Q.; SCALON FILHO, H.; RIGONI, M. R. VERALDO, F. Germinação e crescimento de mudas de pitangueira (*Eugenia uniflora* L.) sob condições de sombreamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.23, n.3, 2001.

SCALON, S. P. U; MUSSURY, R. M.; RIGONI, M. R.; VERALDO, F. Crescimento inicial de mudas de espécies florestais nativas sob diferentes níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, v.26, n.1, p.1-5, 2002.

SOUZA, L. J. B. **Fotomorfose e crescimento de *Cedrela fissilis* Vell. no viveiro e no plantio de enriquecimento em linha**. Curitiba: UFP. 117p (Tese mestrado), 1981.

SHARMA, B. M. Ecophysiological studies on *Panicum maximum* Jacq. In south-west Nigeria. **Range Manag. Agrof.**, v. 15, n. 1, p. 49-53, 1994.

TAIZ, L. E ZEIGER, E. Plant Physiology. 2nd edition, Massachusetts: **Sinauer Associates** 792p., 1988.

THOMPSON, W. A., HUANG, L. K. E 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 Ecology** 19: 19-42, 1992.

TORRES, D. V. **Influência da luz no desenvolvimento das mudas de *Araucária angustifolia* (Bert) Ktze**. Curitiba, 1980. Dissertação Mestrado. Universidade Federal do Paraná, 1980.

TURNBULL, M. H., DOLEY, D. E YATES, D. J. 1993. The dynamics of photosynthetic acclimation to changes in light quantity and a quality in three Australian rainforest tree species. **Oecologia** 94:218-228, 1993.

VARELA, V.P., E SANTOS, J. Influência do sombreamento na produção de mudas de Angelim Pedra (*Dinizia excelsa* Ducke) **Acta Amazônica** 22: 407-411, 1992.

VEGA, C. L. **Influencia de la silvicultura en el comportamiento de *Cedrela* en Surinam**. B. IFLAIC, 46/48: 57-86, 1974.

VILELA, A. E., RAVETTA, D. A. The effect of radiation on seedling growth and physiology in four species of *Prosopis* L. (Mimosaceae). **Journal Arid Environmental** 44(4): 415-423, 2000.

- VLAHOS, J. C.; HEUVELINK, E.; MARTAKIS, G. F. P. A growth analysis study of three *Achimenes* cultivars grown under three light regimes. **Sci. Hort.**, v. 46, n. 3-4, p. 275-282, 1991.
- VOLTAN, R. B. Q.; FAHL, J. I.; CARELLI, M. L. C. Variação na anatomia foliar de cafeeiros submetidos a diferentes intensidades luminosas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.4, n.2, p.99-105, 1992.
- WLATERS, M. B. E REICH, P. B. Low light carbon balance and shade tolerance in the seedlings of woody plants: do winter deciduous and broad-leaved evergreen species differ? **New Phytologist** 143: 143-154, 1999.
- WALTERS, M. E., KRUGER, B. L. E REICH, P. B. Relative growth rate in relation to physiological and morphological traits for northern hardwood tree seedlings: species, light environment and ontogenetic considerations. **Oecologia** 96: 219-236, 1993.
- WARDLAW, I. F. The control of carbon partitioning in plantas. **New Phytologist**, n. 116, 1990.
- WHATLEY, J. M.; WHATEY, F. R. **A luz e a vida das plantas**. São Paulo: EDUSP, 102 p, 1982.
- WELANDER, N.T.; OTTOSSON, B. Influence of photosynthetic photon flux on growth and transpiration in seedlings of *Fagus sylvatica*. **Tree Physiology**, v.17, p.133-140. 1997.
- WIEBEL, J.; CHACKO, E. K.; DOWNTON, W. J. S.; LUDDERS, P. Influence of irradiance on photon growth of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) seedlings. **Tree Physiology**, Vitoria, v. 14, n. 3, p. 263 -274, 1994.
- WILHELM, W. W., McMASTER, G. S. Importance of the phyllochron in studying development and growth in grasses. **Crop Sci.**, v.35, n.1, p.1-3, 1995.
- WITKOWSKI, E. T. F. E LAMONT, B. B. Leaf specific mass confounds leaf density and thickness. **Oecologia** 88:486-493, 1991.