



# Resposta morfoanatômica da folha de *Podocarpus lambertii* Klotzsch ex Endl (Podocarpaceae) implantado em duas áreas com diferentes graus de sucessão às margens do Reservatório Iraí – PR

Larissa De Bortolli Chiamolera<sup>1\*</sup>

Alessandro Camargo Ângelo<sup>2</sup>

Maria Regina Boeger<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Faculdades Integradas do Brasil  
Rua Konrad Adenauer, 442, CEP 82820-540, Curitiba – PR, Brasil

<sup>2</sup>Departamento de Ciências Florestais

<sup>3</sup>Departamento de Botânica  
Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR, Brasil

\*Autor para correspondência

laridbc@gmail.com

Submetido em 20/08/2009  
Aceito para publicação em 06/03/2010

## Resumo

Para que o processo de recuperação de uma área degradada ocorra de maneira satisfatória é imprescindível o conhecimento da auto-ecologia das espécies arbóreas nativas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta morfo-anatômica de *Podocarpus lambertii* após 18 meses de implantação em condições distintas de luminosidade (área aberta e área de capoeira), considerando como fator de variação áreas com diferentes graus de sucessão nas margens do Reservatório Iraí – PR no momento de estabelecimento do experimento. Para isso foram avaliados aspectos morfológicos (área foliar, peso seco, área foliar específica, densidade estomática), anatômicos (espessuras de cutícula, epiderme adaxial, parênquima paliçádico, parênquima de transfusão, parênquima lacunoso, epiderme abaxial e espessura total) e desenvolvimento (altura, diâmetro e sobrevivência). Os resultados mostraram que *P. lambertii* apresentou diferença significativa para a área foliar (maior nos indivíduos da capoeira). Para a densidade estomática, espessura de cutícula, parênquimas paliçádico, lacunoso, espessura total, altura e diâmetro foram significativamente maiores para os indivíduos da área aberta. A taxa de sobrevivência foi semelhante para ambas as áreas. Então, *P. lambertii*, nas condições desse estudo, demonstrou ser capaz de se adaptar tanto a condições que apresentam maior ou menor disponibilidade de irradiância, porém, apresentando um desenvolvimento mais satisfatório em condições intermediárias de luz.

**Unitermos:** morfoanatomia foliar, *Podocarpus lamberti*, variação lumínica

## Abstract

**Anatomy and morphology of *Podocarpus lambertii* Klotzsch ex Endl (Podocarpaceae) leaves growing in two areas with different successional status on Iraí Reservoir margins.** For the recovery of a degraded area to occur in a satisfactory way, it is essential to elucidate the ecology of native tree species. This study aimed to

evaluate the morpho-anatomical response of *P. lambertii* after 18 months of deployment in different conditions of light, considering as a factor of change areas with different degrees of succession on margins of the Iraí Reservoir, at the time of establishment of the experiment. For this, aspects of morphology (leaf area, dry weight, specific leaf area, stomatal density), anatomy (thickness of cuticle, adaxial epidermis, palisade parenchyma, transfusion parenchyma, spongy parenchyma, abaxial epidermis and total thickness) and development (height, diameter and survival) were evaluated. The results showed that *P. lambertii* made a significant difference to the leaf area, being higher for individuals of regenerating forestry. For the stomatal density, cuticle thickness, palisade and spongy parenchyma, total thickness, height and diameter were significantly higher for individuals in the open field. The rate of survival was similar for both areas. Thus, *P. lambertii* under the conditions of this study has proved itself able to adapt to conditions that have either greater or lesser availability of irradiance. However, it presents a more satisfactory development in conditions of intermediate light.

**Key words:** leaf anatomy, leaf morphology, light, *Podocarpus lambertii*

## Introdução

É fato que as atividades antrópicas promoveram a destruição dos recursos naturais. Historicamente, o aumento da densidade populacional estreita a relação entre a devastação de florestas e o homem. Muitos habitats que antes eram contínuos foram transformados em uma paisagem fragmentada, sendo, esta, possivelmente a mais profunda alteração causada pelo homem ao ambiente (Fernandez, 1997).

Entre os habitats que mais sofreram uma intensa degradação estão as formações de matas ciliares, que são aquelas que ocorrem ao longo dos cursos de água e são consideradas como corredores importantes para o movimento da fauna ao longo da paisagem, assim como para a dispersão vegetal. Além disto, são extremamente necessárias para a manutenção da integridade de microbacias hidrológicas, devido a sua ação direta na manutenção da qualidade e da quantidade de água, assim como para a manutenção do próprio ecossistema aquático (Lima e Zakia, 2004). No Estado do Paraná, essas matas foram destruídas em quase toda a sua extensão. Dos originais 201.203km<sup>2</sup>, em meados de 1890, ou seja, 83,14% de cobertura florestal de seu território, restavam 17,21% em 1980 e, atualmente, menos de 10% (Martins, 2005).

Em função disso, surge a necessidade de recuperar ambientes ciliares degradados através de técnicas adequadas para cada tipo de situação. Isto vem ocorrendo principalmente devido a dois fatores: a conscientização da sociedade atual diante dos problemas ambientais e de uma série de medidas legais que está sendo implementada visando atender às necessidades de recomposição dos

ambientes naturais. No Brasil, um dos instrumentos legais que exige a preservação e a recuperação desses ambientes é o Código Florestal (Lei nº 4771, de 15 de setembro de 1965) que instituiu o conceito de área de preservação permanente. O Código foi alterado pelas medidas provisórias 2166-67 de 2001, que estabeleceram os limites de vegetação nativa que devem estar presentes nas margens dos corpos de água de acordo com as larguras dos mesmos.

Conforme descrito por Kageyama e Gandara (2004), tem-se observado um grande aumento das iniciativas de restauração desses ambientes, com significativa mudança em sua abordagem a partir da década de 80, com a ampla discussão sobre o uso de espécies nativas em plantios mistos, privilegiando o processo de sucessão ecológica, refletindo o que naturalmente ocorre em ambientes florestais.

O processo de recuperação da floresta é dinâmico, sendo resultante de uma série de fatores bióticos e abióticos do meio, em que se devem observar as exigências complementares de cada espécie (Martins, 2004). A regeneração segue o conceito de sucessão secundária, que se caracteriza, principalmente, por gradual aumento e substituição de espécies no tempo, em função das diferentes condições ambientais que vão se estabelecendo, às quais diferentes espécies se adaptam melhor. O aumento e a substituição de espécies correspondem, na realidade, a uma substituição de grupos ecológicos ou categorias sucessionais (pioneiras, secundárias iniciais, secundárias tardias ou clímax) a que cada espécie em particular pertence (Swaine e Whitmore, 1988).

Nesse sentido, o uso de espécies tanto pioneiras quanto secundárias e climácicas, assim como a separação do grande número de espécies da floresta tropical em grupos ecológicos, tem sido fundamental (Macedo et al., 1993). Vários autores estudaram diversas formas de classificar as espécies segundo parâmetros ecológicos, entre eles Budowski (1965), Denslow (1980) e Swaine e Whitmore (1988).

Porém, a classificação de espécies nos respectivos grupos tem esbarrado em dois fatores primordiais. O primeiro é que os critérios utilizados diferem entre autores, o que leva algumas espécies a serem classificadas em grupos distintos. O segundo refere-se ao fato de que uma mesma espécie, dependendo de suas características genéticas, pode responder de forma diferente, diante das condições ambientais ocorrentes em regiões com solos e climas distintos, uma vez que estas respostas não se dão para um único fator do meio isoladamente (Silva et al., 2003).

Então, para um correto manejo florestal, o conhecimento da autoecologia das espécies arbóreas nativas é imprescindível, e torna-se o suporte para sua execução em bases sustentáveis. Para a aplicação de tratamentos silviculturais ou para planejar a intensidade de exploração, torna-se necessário conhecer as exigências das espécies em relação à radiação (Jardim et al., 2007), já que, este é um dos fatores que mais influencia no desenvolvimento dos vegetais, seja através de fotoestimulação da biossíntese de substâncias, fototropismo, fotomorfogênese ou fotoperiodismo (Larcher, 2000).

Quando se trata de intensidade luminosa, um grande número de trabalhos leva em consideração as variações na estrutura foliar (Givnish, 1988; Vogelmann et al., 1996), já que, segundo Dickson (2000), a folha é o órgão da planta que mais responde anatomicamente às variações lumínicas de um determinado habitat. Essa resposta sobre a morfologia foliar ocorre tanto nos primeiros estágios de desenvolvimento quanto no estágio adulto, devido ao fato de que a folha é um órgão plástico e sua estrutura interna é capaz de adaptar-se às condições de luz do ambiente (Castro et al., 2005). Essas adaptações são o reflexo do desenvolvimento de mudanças em características funcionais e estruturais

dos indivíduos associadas aos fatores ambientais a que estão expostos (Grime e Mackey, 2002), resultando na plasticidade fenotípica. Assim, pode-se definir a plasticidade fenotípica como sendo a habilidade que um genótipo tem de expressar diferentes fenótipos em resposta a distintos ambientes (Corrêa, 2004).

Entre essas espécies com potencial para uso em projetos de recuperação ocorre *Podocarpus lambertii*, a qual possui um conflito na literatura acerca de qual grupo sucessional pertence. *Podocarpus lambertii* pertence à família Podocarpaceae e é popularmente conhecido como pinheiro-bravo. Segundo Carvalho (2003), tem ocorrência natural no Brasil, nos estados da Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Habita as regiões com Floresta Ombrófila Mista e na Floresta Estacional Decidual, nos campos rupestres ou de altitude e na estepe gramíneo-lenhosa, área de solo enxuto, onde há o início da formação dos capões de floresta.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta morfoanatômica de *Podocarpus lambertii* após 18 meses de implantação em condições distintas de luminosidade, considerando como fator de variação áreas com diferentes graus de sucessão nas margens do Reservatório Iraí – PR, no momento de estabelecimento do experimento.

## Material e Métodos

As amostras foliares foram obtidas num plantio realizado nas margens do Reservatório do Iraí, situado entre os municípios de Pinhais, Piraquara e Quatro Barras, no Estado do Paraná. Está localizado a 25°24'15"S, 49°08'38"O e a 890m de altitude. O Rio Iraí pertence à bacia hidrográfica do Rio Iguaçu e tem por finalidade suprir, com seus 58.000.000m<sup>3</sup>, a demanda hídrica da região (Carneiro et al., 2005).

Segundo dados fornecidos pelo Simepar, desde a implantação do experimento no campo (dezembro/2005) até a coleta das folhas (junho de 2007), a área de estudo apresentou temperatura média de 17,9°C, sendo o mês mais quente março de 2007, 21,7°C e o mês mais frio maio de 2006, 13,6°C. O mês mais chuvoso foi janeiro de

2007, com 234,2mm e o mês menos chuvoso foi junho de 2007 com 1,4mm, com precipitação média do período de 82,5mm. A umidade relativa do ar apresentou média para o período de 84,6%, com extremos para o mês de abril de 2007 que apresentou 90% e o mês de agosto de 2006 com 75%. Segundo Koeppen, o clima da região é considerado Subtropical Úmido Mesotérmico (Cfb) (Maack, 1981).

Segundo Roderjan et al. (2002), a vegetação ocorrente na região se enquadra na unidade fitogeográfica Floresta Ombrófila Mista, na qual coexistem representantes da flora tropical e temperada, com predomínio da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. Curcio et al., (2007) afirmam que nessa unidade, encontra-se inserida uma formação natural de campos, citada por Maack (1981), com presença de capões constituídos por flora típica da Floresta Ombrófila Mista.

Para a instalação do experimento, foi escolhida uma área do reservatório que apresentava diferentes graus de sucessão, ou seja, uma área onde a regeneração espontânea apresentava-se predominantemente constituída por espécies de Poaceae (“Área Aberta”) e a outra, uma área com a presença de uma capoeirinha, que segundo a Classificação da Vegetação Brasileira do IBGE (Velloso, 1991), é uma vegetação que apresenta um estrato arbustivo mais desenvolvido, com poucas plantas herbáceas e muitas lenhosas de baixo porte, como o gênero *Baccharis* (“Área de Capoeira”). Para a caracterização da intensidade luminosa no momento da implantação do experimento foi realizada a amostragem de 30 pontos nas duas áreas com o auxílio de um luxímetro, caracterizando a área aberta ( $1144 \times 10^4$  lux) com praticamente o dobro da intensidade luminosa disponível na área de capoeira ( $576,6667 \times 10^4$  lux).

O solo foi classificado como Cambissolo Húmico Distrófico gleico de textura argilosa, segundo o Sistema de Classificação de Solos da Embrapa (Embrapa, 1999). O local do plantio possui uma declividade entre 4 e 7% e foi configurado como semi-hidromórfico (Curcio et al., 2007).

As espécies empregadas na área foram *Mimosa scabrella* Benth: Mimosaceae (Bracatinga), *Schinus terebinthifolius* Raddi: Anacardiaceae (Aroeira), *Podocarpus lambertii* Klotzsch ex Eichler: Podocarpaceae

(Pinheiro-Bravo), *Luehea divaricata* Mart.: Tiliaceae (Açoita-Cavalo) e *Escallonia montevidensis* (Cham. & Schltdl.): Saxifragaceae (Canudo-de-Pito). Para essa seleção de espécies, levou-se em conta aquelas nativas da região e aptas às condições dos solos do local de plantio. Outros critérios de seleção foram a rusticidade e a taxa de crescimento de algumas espécies (pioneiras para crescimento rápido, formação de biomassa, sombreamento e habitat para fauna, incluindo-se aí outros estágios/estádio de sucessão ecológica).

As mudas implantadas na área de estudo foram provenientes dos seguintes viveiros: do IAP (Instituto Ambiental do Paraná), Embrapa Florestas (Colombo) e do Viveiro do Projeto Iraí localizado na Fazenda Canguiri da UFPR. As sementes utilizadas para a produção das mudas foram colhidas em municípios ao redor da área, obedecendo critério de seleção de coleta para as diferentes espécies, de acordo com Nogueira (2002). O tempo de permanência das mudas no viveiro variou conforme a espécie, porém a média foi de quatro meses. No momento da implantação das mesmas no campo, o pinheiro-bravo estava com altura média de 15cm.

Para efeito de obtenção de repetições, foi definido um modelo (parcelas) de disposição das espécies (Figura 1). Essas parcelas foram dispostas 48 vezes, sendo que 24 parcelas estavam em área considerada “aberta” e 24 parcelas em “área de capoeira” (Figura 2). O espaçamento utilizado (1 x 1m) foi uniforme para as duas áreas. Cada parcela continha 3 indivíduos de *P. lambertii*, além de 12 de *M. scabrella*, 6 de *S. terebinthifolius*, 3 de *L. divaricata* e 1 indivíduo de *E. montevidensis*. Dessa forma o número total de indivíduos por espécie

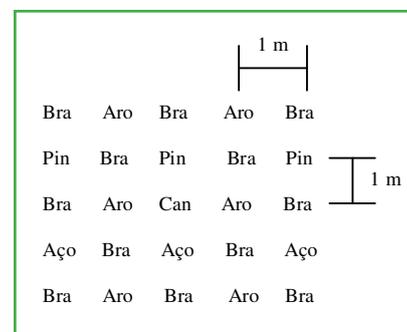


FIGURA 1: Modelo de distribuição das espécies (Sub-Parcela). (Bra, *M. scabrella*; Aro, *S. terebinthifolius*; Pin, *P. lambertii*; Aço, *L. divaricata*; Can, *E. montevidensis*).

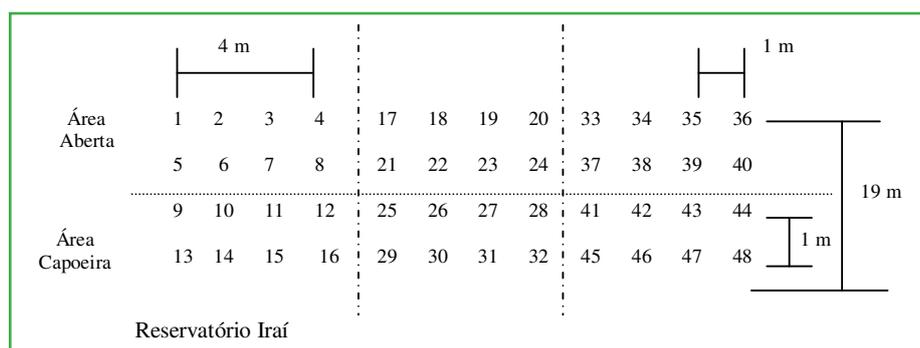


FIGURA 2: Modelo de disposição das parcelas. Os números correspondem às parcelas, que são formadas pelas espécies já mostradas na Figura 1.

foi de 576, 288, 144, 144 e 48, respectivamente para *M. scabrella*, *S. terebinthifolius*, *P. lambertii*, *L. divaricata* e *E. montevidensis*, totalizando 1.200 indivíduos para a área total avaliada.

O plantio foi realizado nos dias 14 e 15 de dezembro de 2005. Para o plantio das mudas na área de capoeira, somente foram abertas as covas, sem intervenção na vegetação já existente, não sendo realizada adubação e nem a supressão de plantas competidoras, apenas o coroamento aos 12 meses. Após um mês de implantação das mudas foi realizado um replantio para substituição dos espécimes perdidos.

Aos seis, doze e dezoito meses de implantação foram realizadas medições de diâmetro do colo e altura, utilizando paquímetro e trena, respectivamente, de todos os indivíduos de *P. lambertii*, realizando-se também análise de sobrevivência das plantas.

Em agosto de 2007 (mudas com 18 meses de campo), foi realizada a coleta das folhas de *P. lambertii* para a análise da morfologia foliar. Para cada estágio sucessional (área aberta e capoeira) foram coletadas cinco folhas de cada indivíduo, localizadas entre o quarto e sexto nó no sentido ápice-base. Dessas, três folhas de cada indivíduo (total, 90 folhas) foram prensadas totalmente expandidas entre papel jornal e desidratadas em estufa a 65°C durante três dias, tempo suficiente até atingir peso constante para a mensuração de seus respectivos pesos secos. Para as medidas do peso seco foi utilizada uma balança de precisão. A partir dessas folhas secas, a área foliar foi calculada através da imagem digitalizada em Scanner de mesa acoplado à computador, com o auxílio do programa Sigma Scan-Pro versão 5.0

(SPSS Inc., Chicago, IL, USA, 1995). Após isso, foi calculada a área foliar específica onde  $AFE = \text{área foliar} / \text{peso seco (cm}^2 \cdot \text{g}^{-1})$  (Witkowski e Lamont, 1991).

Para a contagem dos estômatos, a superfície da região mediana de três folhas de cada indivíduo (90 amostras) por estágio sucessional foi modelada com esmalte de unha incolor. A densidade estomática foi determinada através da contagem dos estômatos situados numa área de um mm<sup>2</sup> na face abaxial da folha com auxílio de microscópio equipado com câmara clara.

Para a análise da anatomia foliar, em cada estágio sucessional, duas folhas de cada indivíduo (60 amostras) foram fixadas em F.A.A. 50 (formaldeído, ácido acético, etanol 50%, 1:1:18 v/v) (Johansen, 1940) e preservadas temporariamente em etanol 50%. Posteriormente, foram feitas, à mão livre, secções transversais da região do terço médio da folha com auxílio de lâmina de barbear e montadas entre lâmina e lamínula. Foram obtidos dados quantitativos de espessura de parênquima paliçádico, parênquima de transfusão, parênquima lacunoso, epiderme (abaxial e adaxial) e cutícula, além da espessura total de limbo. A medição da espessura dos tecidos (em µm) foi feita em microscópio fotônico, com auxílio de ocular micrométrica.

No momento da coleta das folhas foi feita a caracterização lumínica das áreas com o auxílio de um analisador portátil de fotossíntese (Portable Photosynthesis System, modelo LC pró+, Dynamax, USA), utilizando dados da taxa fotossinteticamente ativa (PAR), caracterizando a área aberta com 1387,53mmol/m<sup>2</sup>/s e a área de capoeira com 935,27mmol/m<sup>2</sup>/s.

Para todas as variáveis foram calculadas as médias e os respectivos desvios padrão. Para a análise dos tratamentos foi utilizado Teste t para comparar as médias das características morfológicas ao nível de 5% de probabilidade com o auxílio do programa STATISTICA versão 6.0.

## Resultados e Discussão

Os resultados mostram que *Podocarpus lambertii* apresenta apenas estômatos na face abaxial, corroborando com a descrição de Esau (1990) que afirma que a folha é hipostomática, apresentando uma única nervura, com epiderme espessa, provida de cutícula grossa e estômatos em depressões profundas, com células parcialmente sobrepostas. O mesofilo é formado por parênquima paliádico e lacunoso e na sua porção mediana verifica-se a presença de uma nervura de onde partem traqueídes de transfusão e as traqueídes que percorrem toda a extensão foliar até a proximidade da região marginal.

Os valores médios para as características morfológicas de *P. lambertii* são apresentados na Tabela 1 e mostram que o peso seco e área foliar específica não diferiram estatisticamente entre os tratamentos, porém a área foliar foi significativamente maior para as folhas da área de capoeira. Esse incremento na área

foliar encontrado na capoeira é um reflexo da menor quantidade de luz recebida por esses indivíduos, e segundo Niinemets e Fleck (2002) um aumento na área foliar é uma das maneiras que a planta encontra para aumentar a interceptação total da luz quando em condições que oferecem menor irradiância. Já uma menor área foliar representa uma menor superfície exposta ao sol, o que torna a planta menos sujeita ao excesso de transpiração e elevação de temperatura (Klich, 2000).

Outros autores já demonstraram em outras espécies modificações na área foliar em resposta as condições de luminosidade, geralmente com maiores valores associados às condições de maior sombreamento (Klich, 2000; Milaneze-Gutierrez et al., 2003). Porém, essa resposta não é um padrão e isso é evidenciado em algumas espécies, como por exemplo, *Mimosa scabrella* (Chiamolera et al., dados não publicados) que não mostrou diferença significativa na área foliar sob influência de diferentes condições de luz e *Euterpe edulis* que apresentou uma maior área foliar em plantas sob maior irradiância (Illenseer e Paulilo, 2002), demonstrando, assim, que as espécies podem ou não possuir capacidade de aclimação em resposta a diferentes condições lumínicas. Tal padrão de resposta é um reflexo da própria inserção das espécies nos

TABELA 1: Valores médios, respectivos desvios padrão (entre parênteses) e coeficientes de variação (cv%) das características morfológicas (n=90) e anatômicas (n=60) para folhas de *P. lambertii* nos diferentes tratamentos.

	Área aberta	CV (%)	Capoeira	CV (%)
Área Foliar (cm <sup>2</sup> )	1,47 (± 0,43) b	29,10	1,70 (± 0,37) a	21,95
Peso Seco (g)	0,03 (± 0,01) a	34,70	0,03 (± 0,01) a	27,31
AEF (cm <sup>2</sup> .g <sup>-1</sup> )	58,54 (± 33,15) a	56,62	59,57 (± 27,03) a	45,37
Densidade Estomática (N <sup>o</sup> /mm <sup>2</sup> )	218,18 (± 50,63) a	23,20	173,48 (± 40,52) b	23,36
Cutícula (µm)	5,63 (± 1,31) a	23,30	4,96 (± 1,47) b	29,70
Epiderme Adaxial (µm)	9,72 (± 1,10) a	11,31	9,48 (± 1,28) a	13,47
Hipoderme (µm)	14,68 (± 2,11) a	14,37	14,52 (± 2,22) a	15,30
Parênquima Paliádico (µm)	130,54 (± 28,49) a	21,82	105,91 (± 21,69) b	20,48
Parênquima de Transfusão (µm)	162,40 (± 34,36) a	21,16	158,71 (± 35,19) a	22,17
Parênquima Lacunoso (µm)	95,95 (± 27,45) a	28,60	86,95 (± 20,07) b	23,09
Hipoderme (µm)	12,46 (± 4,41) a	35,42	12,77 (± 4,31) a	33,78
Epiderme Abaxial (µm)	14,12 (± 2,31) a	16,38	13,92 (± 2,39) a	17,19
Espessura total (µm)	445,50 (± 53,66) a	12,05	407,14 (± 51,59) b	12,67

Letras diferentes para mesma variável representam diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos testados (Teste t, p<0,05).

grupos ecológicos (pioneiras, secundárias e climácicas) propostos por autores como Budowski (1965) e Denslow (1980).

A densidade estomática diferiu estatisticamente, mostrando ser maior para os indivíduos da área aberta, corroborando uma série de estudos que apontam uma correlação positiva entre o aumento da luminosidade e densidade estomática (Klich et al., 2000; Costa et al., 2007). Esse fato está associado com a maior disponibilidade de luz, sugerindo, então, uma maior capacidade fotossintética devido a um aumento na condutância estomática (Woodward et al., 2002; Morais et al., 2004) e a um maior controle sobre a transpiração, possibilitando reduzir a perda de água com a abertura e fechamento dos estômatos (Givnish, 1988; Lee et al., 2000).

Alguns autores, como Milaneze-Gutierrez et al. (2003) e Locosselli et al. (2006), afirmam que a diferença na densidade estomática para folhas de sol e sombra é o resultado da pouca expansão celular das células epidérmicas das folhas de sol e não a diferenciação de novas unidades estomáticas.

A Tabela 1 mostra os valores médios da espessura dos tecidos foliares e verifica-se que a espessura da cutícula mostrou diferença significativa entre os tratamentos, sendo maior para os indivíduos da área aberta. A cutícula recobre todas as células da epiderme da planta, servindo como uma interface entre o corpo desta e o ambiente, realizando a proteção e a prevenção da perda de água dos tecidos vegetais (Bukovac et al., 1990). O aumento na espessura da cutícula é uma prevenção contra a transpiração (Larcher, 2000) e um importante elemento para diminuir a penetração da radiação no interior da folha, protegendo as camadas do mesófilo fotossinteticamente ativo próximas à face abaxial (Cen e Bornman, 1993).

A espessura do parênquima paliçádico, parênquima lacunoso e a espessura total também foram significativamente maiores para os indivíduos da área aberta (Tabela 1). Esses dados vêm a corroborar Gates (1980), que afirma que, no geral, folhas de sol possuem áreas menores, mas possuem espessura maior. Esse aumento na espessura foliar gera um aumento significativo na dissipação de calor, e isso

é um importante fator para a sobrevivência da planta em habitats mais secos e com alta irradiância, onde o superaquecimento e as altas taxas de transpiração são lesivos.

Além da espessura maior, as folhas de *P. lambertii* na área aberta apresentaram uma menor área foliar, e essas duas características associadas, folhas mais espessas e com uma menor área foliar, segundo Lambers et al. (1998), aparecem como uma resposta a diferentes condições de estresse. Desta forma, a espessura e a área foliar tendem a ser inversamente proporcionais e compensatórias entre si, ou seja, a folha diminui a área exposta, mas aumenta a espessura da lâmina, devido ao maior desenvolvimento dos tecidos fotossintéticos e dos espaços intercelulares, garantindo assim o seu volume (Smith et al., 1997).

As propriedades ópticas das camadas de células dentro da folha (parênquimas paliçádico e lacunoso) regulam a distribuição interna da luz solar para aprimorar a fotossíntese. As células mais colunares do parênquima paliçádico típicas de folhas de sol mais espessas agem como condutoras de luz que propagam essa luz para camadas mais profundas do mesófilo, dessa forma, distribuindo a luz de maneira mais eficiente através da folha. Além disso, as paredes celulares das células esféricas do parênquima lacunoso e a alta quantidade de espaços de ar no interior da folha geram alta quantidade de luz dispersa, aumentando a absorção de luz pelos cloroplastos dentro do mesófilo. (Smith et al., 1997). Portanto, um aumento da espessura dos parênquimas paliçádico e esponjoso ocorreu em resposta a maior quantidade de luz recebida pelos indivíduos de *P. lambertii* da área aberta, em função das propriedades de suas células para captarem e distribuírem da melhor forma possível essa luz ao longo do mesófilo.

Os dados referentes ao crescimento em altura e diâmetro de *Podocarpus lambertii* encontram-se na Tabela 2. Tanto a altura quanto o diâmetro, a partir dos 12 meses, apresentaram diferença significativa entre os tratamentos, sendo maior para os indivíduos da área aberta. Aos 18 meses essa diferença se manteve.

Estudos afirmam que muitas espécies que crescem em ambientes mais sombreados têm o seu

TABELA 2: Valores médios, respectivos desvios padrão (entre parênteses) e coeficientes de variação (CV%) da altura - H (cm) e diâmetro - d (mm) e taxa de sobrevivência - S (%) de *P. lambertii* nos diferentes tratamentos aos 6, 12 e 18 meses.

	Área aberta	CV (%)	Capoeira	CV (%)
H (6 meses)	14,07 ( $\pm$ 3,33) a	23,64	13,22 ( $\pm$ 4,36) a	33
H (12 meses)	21,42 ( $\pm$ 7,53) a	35,17	18,14 ( $\pm$ 5,99) b	33,04
H (18 meses)	38,55 ( $\pm$ 18,62) a	40,80	29,86 ( $\pm$ 11,02) b	36,90
d (6 meses)	3,21 ( $\pm$ 0,83) a	25,80	3,13 ( $\pm$ 0,74) a	23,71
d (12 meses)	4,78 ( $\pm$ 1,21) a	25,23	4,43 ( $\pm$ 1,78) b	40,30
d (18 meses)	7,55 ( $\pm$ 2,65) a	35,08	5,94 ( $\pm$ 2,30) b	38,66
S (6 meses)		71		89,19
S (12 meses)		64,71		70,27
S (18 meses)		58,42		52,05

Letras diferentes para mesma variável representam diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos testados (Teste t,  $p < 0,05$ ).

desenvolvimento em altura aumentado a fim de alcançar a luz com maior facilidade (Demuner et al., 2004; Franco e Dillenburg, 2007). Porém, esta característica não reflete um melhor desenvolvimento, pois, muitas vezes, o aumento da altura, não acompanhado do aumento de diâmetro do caule, pode comprometer a sustentação da parte aérea e o investimento em ramos laterais (Steingraeber, 1982).

Diante dos dados encontrados, verifica-se que o investimento em altura de *P. lambertii* sempre foi acompanhado também pelo investimento em diâmetro, mostrando que a espécie adaptou-se melhor as condições da área aberta, ou seja, a uma quantidade maior de luz inicial e diminuição desta ao longo do estabelecimento do processo de sucessão. E aqui vale ressaltar que o plantio teve como objetivo recuperar a área, e, desta forma, não foi realizada nenhuma intervenção na mesma, logo, aos 18 meses já havia ocorrido a entrada de novas espécies e/ou indivíduos herbáceo-arbustivos o que fez com que a área aberta estivesse mais sombreada, conforme evidenciado no perfil da vegetação ao longo do tempo mostrado na Figura 3. Assim, à medida que ocorreu o aumento do sombreamento da área aberta, os indivíduos de *P. lambertii* começaram a obter um desenvolvimento mais satisfatório que os da capoeira, que desde o início já apresentaram maior sombreamento.

Apesar do melhor desenvolvimento dos indivíduos de *Podocarpus lambertii* na área aberta, os dados da taxa de sobrevivência até os 12 meses foram maiores

para a área de capoeira. Porém, aos 18 meses, esta taxa apresentou uma inversão, sendo 58,42% de sobrevivência na área aberta contra 52,05% na capoeira. Este fato corrobora, mais uma vez, que *P. lambertii* foi favorecido por uma condição inicial de maior luminosidade presente na área aberta, mas que ao longo do tempo com a evolução do recobrimento desta área e consequentemente com as condições de luz tornando-se similares, próximas as da capoeira.

Carvalho (2003) afirma que *P. lambertii* é uma espécie secundária tardia ou clímax tolerante a sombra e que é encontrada em excelente regeneração natural em capoeirões e vegetação secundária mais evoluída. Reitz et al. (1988) afirmam que *P. lambertii* ocorre tanto em áreas sombreadas, quanto expostas ao sol e apresenta dispersão descontínua e irregular, ocorrendo em determinados pontos em agrupamentos quase puros, e faltando completamente em outros. Inoue et al. (1984) citam que no estado do Paraná *P. lambertii* é uma espécie pioneira que dá início à formação de pequenos capões puros em elevações suaves em meio a campos e também é observado avançando o terreno aberto, na bordadura de capões heterogêneos. Os mesmos autores afirmam que no interior de florestas latifoliadas maduras ou mistas com *Araucaria angustifolia*, sua presença é reduzida, porém na forma de indivíduos bastante desenvolvidos.

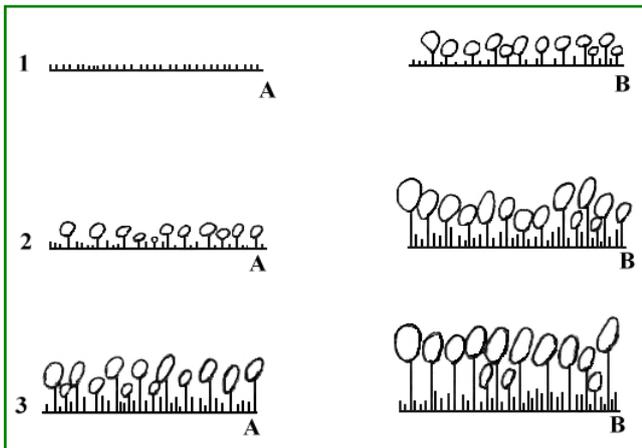


FIGURA 3: Perfil da evolução das duas áreas com diferentes graus de sucessão – Reservatório Iraí-PR. A, área aberta; B, capoeira; 1, momento da implantação do experimento; 2, áreas com 9 meses; 3, áreas com 18 meses.

Em visto do exposto acima, percebe-se que ocorre na literatura uma discrepância de informações acerca do grupo sucessional a que *P. lambertii* pertence. Baseado nos dados encontrados pode-se afirmar que *P. lambertii*, nas condições desse estudo, demonstrou ser capaz de se adaptar tanto a condições que apresentam maior ou menor disponibilidade de irradiância. Porém, apresenta um desenvolvimento mais satisfatório em condições intermediárias de luz, portanto, sendo melhor classificada como uma espécie secundária.

Neste sentido, reforça-se Imaguire (1985) que ao fazer o estudo florístico e ecológico de uma área na proximidade do Reservatório Iraí, afirma que *Podocarpus lambertii* é uma das espécies que consegue participar de duas ou mais categorias comunitárias sucessionais como sub-codominantes a dominantes, podendo assumir expressividade fisionômica ou não, dependendo da evolução ontogenética, da sucessão e variação dos fatores ambientais e do vigor e crescimento das populações contíguas.

Klein e Hatschbach (1962) observaram que *P. lambertii* era uma espécie bem comum ao sul da cidade de Curitiba, onde naturalmente existiam campos, entremeados por capões, e de um modo geral, *P. lambertii* era uma das espécies mais importantes nesses capões em vias de formação, onde, às vezes, formavam agrupamentos quase puros. Já em capões mais evoluídos, o pinheiro-bravo fazia parte da composição da sua borda,

juntamente com outras espécies, como a aroeira (*Schinus terebinthifolius*) e capororoca (*Rapanea ferruginea*).

Maixner e Ferreira (1976) afirmam que no Rio Grande do Sul, as maiores concentrações de *P. lambertii* são encontradas no estrato inferior das matas de pinheiro brasileiro. Backes (1983) cita que *P. lambertii* pode apresentar, em uma mesma área com Floresta Ombrófila Mista, indivíduos com diferentes idades, desde aqueles em processo de regeneração natural até os que se encontram ocupando as porções mais altas da comunidade. Kozera et al. (2006) afirmam que *P. lambertii* destacou-se no levantamento fitossociológico do componente arbóreo de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana em Curitiba, PR, tanto no grupo das espécies de maior porte como no das de menor porte, já que foi a espécie com maior número de indivíduos amostrados no levantamento total.

Baseado nas informações encontradas associadas com a ocorrência natural da espécie, afirma-se que *P. lambertii* é uma espécie que necessita de certos níveis de sombreamento, tais quais aqueles impostos por uma capoeirinha em formação. Porém, é uma espécie plástica que consegue adaptar-se a uma condição de maior irradiância, sendo, portanto, melhor classificada como uma espécie secundária. Logo, *P. lambertii* é uma espécie que demonstra apresentar uma capacidade de adaptação a diferentes condições lumínicas, podendo, desta forma, ser indicada para plantios de recuperação de áreas degradadas tanto a céu aberto quanto naqueles que visem o enriquecimento de capoeiras em estágios iniciais ou consorciadas com outras espécies que não a submetam a condições excessivas de sombreamento.

## Referências

- Backes, A. 1973. **Contribuição ao conhecimento da ecologia da Mata de Araucária**. Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Paulo, Brasil, 212pp.
- Budowski, G. N. 1965. Distribution of tropical American rain forest species in the light of successional processes. **Turrialba**, 15: 40-42.
- Bukovac, M. J.; Petracek, P. D.; Fader, R. G.; Morse, R. D. 1990. Sorption of organic compounds by plant cuticles. **Weed Science**, 38 (3): 289-298.
- Carneiro, C.; Pegorini, E. S.; Andreolli, C. V. 2005. Introdução. In: Andreolli, C. V.; Carneiro, C. (Eds). **Gestão integrada de**

- mananciais de abastecimento eutrofizados.** Gráfica Capital, Curitiba, Brasil, p. 25-44.
- Carvalho, P. E. 2003. **Espécies arbóreas brasileiras.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, Colombo, Brasil, 640pp.
- Castro, E. M.; Pinto, J. E. B. P.; Melo, H. C.; Soares, A. M.; Alvarenga, A. A.; Lima Junior, E. C. 2005. Aspectos anatômicos e fisiológicos de plantas de guaco submetidas a diferentes fotoperíodos. **Horticultura Brasileira**, **23** (3): 846-850.
- Cen, Y.; Bornman, J. F. 1993. The effect of exposure to enhanced UV-B radiation on the penetration of monochromatic and polychromatic UV-B radiation in leaves of *Brassica napus*. **Physiologia Plantarum**, **87**: 249-255.
- Corrêa, I. J. 2004. **Plasticidade fenotípica em indivíduos jovens de *Aloysia virgata* (Ruiz et Pav.) A. L. Juss – Verbenaceae.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos, Brasil, 58pp.
- Costa, L. C. B.; Castro, E. M.; Pinto, J. E. B. P.; Alves, E.; Bertolucci, S. K. V.; Rosal, L. F.; Moreira, C. M. 2007. Aspectos da anatomia foliar de *Ocimum selloi* Benth. (Lamiaceae) em diferentes condições de qualidade de luz. **Revista Brasileira de Biociências**, **5** (1): 6-8.
- Curcio, G. R.; Sousa, L. P.; Bonnet, A.; Barddal, M. L. 2007. Recomendação de espécies arbóreas nativas, por tipo de solo, para recuperação ambiental das margens do Rio Iraí, Pinhais, PR. **Revista Floresta**, **37** (1): 113-122.
- Demuner, V. G.; Hebling, S. A.; Dagustinho, D. M. 2004. Efeito do sombreamento no crescimento inicial de *Gallesia integrifolia* (Spreng.) Harms. **Boletim do Museu Biológico Mello Leitão**, **17**: 45-55.
- Denslow, J. S. 1980. Gap partitioning among tropical rain forest trees. **Biotropica**, **12**: 47-55.
- Dickson, W. C. 2000. **Integrative plant anatomy.** Horcand Academy Press, San Diego, USA, 533pp.
- Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 1999. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Rio de Janeiro, Brasil, 412pp.
- Esau, K. 1990. **Anatomia das plantas com sementes.** Editora Edgard Blücher, São Paulo, Brasil, 293pp.
- Franco, A. M. S.; Dillenburg, L. R. 2007. Ajustes morfológicos e fisiológicos em plantas jovens de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em resposta ao sombreamento. **Hoehnea**, **34** (2): 135-144.
- Fernandez, F. 1997. Efeitos da fragmentação de ecossistemas: A situação das unidades de conservação. **Anais do Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação**, Curitiba, Brasil, p.48-68.
- Gates, D. M. 1980. **Biophysical ecology.** Springer-Verlag, New York, USA, Heidelberg, Berlin, Germany, 611pp.
- Givnish, T. J. 1988. Adaptation to sun and shade: A whole-plant perspective. **Australian Journal of Plant Physiology**, **15**: 63-92.
- Grime, J. P.; Mackey, J. M. L. 2002. The role of plasticity in resource capture by plants. **Evolutionary Ecology**, **16**: 299-307.
- Illenseer, R.; Paulilo, M. T. S. 2002. Crescimento e eficiência na utilização de nutrientes em plantas jovens de *Euterpe edulis* Mart. sob dois níveis de irradiância, nitrogênio e fósforo. **Acta Botanica Brasilica**, **16** (4): 385-394.
- Imaguire, N. 1985. Contribuição ao estudo florístico e ecológico da Fazenda Experimental do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná. 4 – Constituição das formações em comunidades estágio e suas evoluções. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, **7**: 11-26.
- Inoue, M. T.; Roderjan, C. V.; Kuniyoshi, Y. S. 1984. **Projeto madeira do Paraná.** Curitiba, Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 260pp.
- Jardim, F. C. S.; Serrão, D. R.; Nemer, T. C. 2007. Efeito de diferentes tamanhos de clareiras, sobre o crescimento e a mortalidade de espécies arbóreas, em Moju-PA. **Acta Amazônica**, **37** (1): 37-48.
- Johansen, D. A. 1940. **Plant microtechnique.** McGraw Hill Book, New York, USA, 523pp.
- Kageyama, P.; Gandara, F. B. 2004. Recuperação de áreas ciliares. In: Rodrigues, R. R.; Leitão Filho, H. F. (Eds). **Matas ciliares: Conservação e recuperação.** Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, p.249-270.
- Klein, R. M.; Hatschbach, G. 1962. Fitofisionomia e notas sobre a vegetação para acompanhar a planta fitogeográfica do município de Curitiba e arredores (Paraná). **Boletim da Universidade do Paraná**, **4**: 1-29.
- Klich, M. G. 2000. Leaf variations in *Elaeagnus angustifolia* related to environmental heterogeneity. **Environmental and Experimental Botany**, **44**: 171-183.
- Kozera, K.; Dittrich, V. A. O.; Silva, S. M. 2006. Fitossociologia do componente arbóreo de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana, Curitiba, PR, BR. **Revista Floresta**, **36** (2): 225-237.
- Lambers, H.; Chapin III, F. S.; Pons, T. L. 1998. **Plant physiological ecology.** Springer-Verlag, New York, USA, 540pp.
- Larcher, W. 2000. **Ecofisiologia vegetal.** RiMa, São Carlos, Brasil, 531pp.
- Lee, D. W.; Oberbauer, S. F.; Johnson, P.; Krishnapilay, B.; Mansor, M.; Mohamad, H.; Yap, S. K. 2000. 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** (4): 447-455.
- Lima, W. P.; Zakia, M. J. B. 2004. Hidrologia de matas ciliares. In: Rodrigues, R. R. & Leitão Filho, H. F. (Eds). **Matas ciliares: Conservação e recuperação.** Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, p.33-44.
- Locosselli, G. M.; Ceccantini, G. C. T. 2006. Análise das folhas de sol e de sombra de um indivíduo de *Podocarpus lambertii* Klotzsch ex Endl. **Anais do 57º Congresso Nacional de Botânica**, Gramado, Brasil, Resumo 1386, CD Rom.
- Maack, R. 1981. **Geografia física do estado do Paraná.** 2ª ed. Ed. Olympio, Curitiba, Brasil, 450pp.
- Macedo, A. C.; Kageyama, P. Y.; Costa, L. G. S. 1993. **Revegetação: Matas ciliares e de proteção ambiental.** Fundação Florestal, São Paulo, Brasil, 24pp.
- Maixner, A. E.; Ferreira, L. A. B. 1976. Contribuição ao estudo das essências florestais e frutíferas no estado do Rio Grande do Sul. **Trigo e Soja**, **18**: 3-20.
- Martins, S. S. 2004. **Recuperação de ambientes ciliares: Floresta estacional semidecidual.** Clichetec, Maringá, Brasil, 32pp.
- Martins, S. S. 2005. **Recomposição de matas ciliares no estado do Paraná.** 2ª ed. Clichetec, Maringá, Brasil, 32pp.

- Milaneze-Gutierrez, M. A.; Mello, J. C. P.; Delaporte, R. H. 2003. Efeito da intensidade luminosa sobre a morfo-anatomia foliar de *Bouchea fluminensis* (Vell.) Mold. (Verbenaceae) e sua importância no controle da qualidade da droga vegetal. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, **13** (1): 23-33.
- Morais, H.; Medri, M. E.; Marur, C. J.; Caramori, P. H.; Ribeiro, A. M. A.; Gomes, J. C. 2004. Modifications on leaf anatomy of *Coffea arabica* caused by shade of Pigeonpea (*Cajanus cajan*). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, **47**: 863-871.
- Niinemets, U.; Fleck, S. 2002. Petiole mechanics, leaf inclination, morphology, and investment in support in relation to light availability in the canopy of *Liriodendron tulipifera*. **Oecologia**, **132**: 21-33.
- Nogueira, A. C. 2002. Coleta, manejo, armazenamento e dormência de sementes. In: Galvão, A. P. M.; Medeiros, A. C. S (Eds). **Restauração da Mata Atlântica em áreas de sua primitiva ocorrência natural**. Embrapa Florestas, Colombo, Brasil, p.45-52.
- Reitz, R.; Klein, R. M.; Reis, A. 1988. **Projeto madeira do Rio Grande do Sul**. Secretaria da Agricultura e Abastecimento, Porto Alegre, Brasil, 525pp.
- Roderjan, C. V.; Galvão, F.; Kuniyoshi, Y. S.; Hatschback, G. 2002. As unidades fitogeográficas do Estado do Paraná. **Ciência e Ambiente**, **24**: 75-92.
- Silva, A. F.; Oliveira, R. V. Santos, N. R. L.; Paula, A. 2003. Composição florística e grupos ecológicos das espécies de um trecho de Floresta Semidecídua Submontana da Fazenda São Geraldo, Viçosa – MG. **Revista Árvore**, **27** (3): 311-319.
- Smith, W.K.; Vogelmann, T. C.; Delucia, E. H.; Bell, D. T.; Shepherd, K. A. 1997. Leaf form and photosynthesis: Do leaf structure and orientation interact to regulate internal light and carbon dioxide? **Bioscience**, **47** (11): 785-793.
- Steingraeber, D. A. 1982. Phenotypic plasticity of branching pattern in sugar maple (*Acer saccharum*). **American Journal of Botany**, **69**: 638-640.
- Swaine, M. D.; Whitmore, T. C. 1988. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. **Vegetatio**, **75**: 81-86.
- Veloso, H. P.; Rangel Filho, A. L. R.; Lima, J. C. A. 1991. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Rio de Janeiro, Brasil, 124pp.
- Vogelmann, T. C.; Nishio, J. N.; Smith, W. K. 1996. Leaves and light capture: Light propagation and gradients of carbon fixation within leaves. **Trends in Plant Science**, **1** (2): 65-70.
- Witkowski, E. T. F.; Lamont, B. B. 1991. Leaf specific mass confounds leaf density and thickness. **Oecologia**, **88**: 486-493.
- Woodward, F. I.; Lake, J. A.; Quick, W. P. 2002. Stomatal development and CO<sub>2</sub>: Ecological consequences. **New Phytologist**, **153**: 477-484.