

IPEF, n.40, p.15-20, dez.1988

FOTOSSÍNTESE E TRANSPIRAÇÃO DE CLONES DE *Eucalyptus grandis* E *E. saligna*

MARIO TAKAO INOUE
UFPR - Depto. de Silvicultura e Manejo
80.030 - Curitiba - PR

FRANCISCO DE ASSIS RIBEIRO
CAF Florestal Ltda.
30.140 - Belo Horizonte - MG

ABSTRACT - Net photosynthesis and transpiration of eleven **E. grandis** clones and two **E. saligna** clones at the age of 3 and 4 months were measured under controlled conditions: 23°C and 970 $\mu\text{E/s/m}^2$. Plants showed values of net photosynthesis that were comparable to the published values for conifers, reaching between 0.5 and 1.0 $\mu\text{mol/s/m}^2$. Differences between clones were detected on the following parameters: net photosynthesis, daily CO_2 -assimilation rate per plant, transpiration and daily transpiration rate per plant. No differences on transpiration productivity and water use efficiency of photosynthesis were found. Daily CO_2 -assimilation of some clones was correlated to plant leaf area but not correlated to photosynthetic potential. For others (**E. saligna**) however, daily assimilation was correlated to plant photosynthetic potential. Daily transpiration rate of some clones was correlated to transpiration potential, while for others it was correlated only to plant leaf area. Single comparisons of physiological parameters obtained in laboratory with plant's field growth suggest that plants with distinct photosynthetic potentials can show different performances in the field due to their capacity to maintain an active large leaf area.

RESUMO - Onze clones de **Eucalyptus grandis** e dois de **E. saligna** com idades variando entre 3 e 4 meses foram submetidos em câmara climática acoplada a analisador de gás infravermelho, onde se mediu a fotossíntese líquida e a transpiração. A temperatura do ar dentro da câmara de medição foi fixada em 23°C; a luminosidade, expressa em densidade de fluxo fotossintético, em 970 $\mu\text{E/s/m}^2$ e foram medidas 8 repetições. Os valores da fotossíntese líquida encontrados neste estudo comparam-se com os encontrados em coníferas, variando entre 0,5 a 1,0 $\mu\text{mol/s/m}^2$; Foram detectadas diferenças significantes entre os clones nos parâmetros: fotossíntese líquida, produção fotossintética diária por planta, transpiração e taxa transpiratória diária por planta. Não foi possível encontrar diferenças entre clones nos valores de produtividade da transpiração e de eficiência fotossintética à água. Para alguns clones, a maior produção diária deveu-se mais à maior área foliar do que o próprio potencial fotossintético, enquanto que para outros (**E. saligna**) a produção esteve correlacionada com o seu potencial fotossintético. Também a taxa transpiratória diária esteve correlacionada, para alguns clones, com o potencial transpiratório e para outro, tão somente com a área foliar. A comparação singela dos resultados obtidos neste estudo com o desempenho dos clones no campo sugere que plantas com diferentes potenciais fotossintéticos podem apresentar desempenhos distintos, em função de sua capacidade em formar uma grande área foliar ativa.

INTRODUÇÃO

A seleção de espécies de alta produtividade tem sido efetuada, na maioria dos casos, baseando-se no reflexo do genótipo sobre o fenótipo. No caso de árvores, a integral dos diferentes processos de crescimento reflete-se no volume de madeira. Este parâmetro relacional entre diâmetro e altura é fortemente influenciado pelo ambiente e tempo (idade). Assim, é de interesse a procura por outros parâmetros que apresentem uma constância relativa entre a fase jovem e a árvore adulta.

FALKENHAGEN (1976) revisou experimentos sobre a variabilidade da taxa fotossintética em árvores, revelando a existência de diferenças genéticas dentro e entre progênies e entre procedências, baseadas na produtividade fotossintética. Em trabalhos mais recentes, foram detectadas diferenças entre clones de **Populus** (LIU et alii, 1983; CEULEMANS et alii, 1985; HEILMAN & STETTLER, 1985; INOUE, 1989). sugerindo que a fotossíntese pode ser um parâmetro realístico para prever o crescimento.

A fisiologia de **Eucalyptus**, sobretudo a produtividade fotossintética tem sido pouco investigada, concentrando-se em estudos realizados na Australásia (CAMERON, 1970; BRITAIN & CAMERON, 1973; SLAYTER, 1977). Recente estudo conduzido sobre clones de **E. grandis** e híbrido de **E. grandis** x **E. urophylla** (INOUE & ODA, 1988), revelou a existência de diferenças marcantes entre clones e ser viável o uso de parâmetros fisiológicos para a predição do comportamento em campo.

O propósito deste trabalho é investigar o potencial da produção fotossintética e da transpiração de clones de **E. grandis** e **E. saligna** e as possibilidades de usar tais parâmetros na seleção precoce.

MATERIAL E MÉTODOS

Mudas de 11 clones de **E. grandis** e 2 de **E. saligna** com idades variando entre 3 e 4 meses foram submetidas em câmara controlada com analisador de gás infravermelho, onde se mediu a troca de CO₂ e vapor d'água. As mudas foram produzidas pela Cia. Agrícola e Florestal Santa Bárbara-MG e os estudos foram conduzidos no Laboratório de Ecofisiologia do Departamento de Silvicultura e Manejo da Universidade Federal do Paraná, em Curitiba-PR.

As mudas de **E. saligna** (procedência de Rio Claro) foram produzidas em sacos de polietileno; as demais foram produzidas em tubetes.

A temperatura do ar dentro da câmara de medição foi fixada em 23°C; a luminosidade expressa em densidade de fluxo fotossintético, 970 µE/s/m² e foram medidas 8 plantas por clone. A interpretação do comportamento fisiológico foi auxiliada com a obtenção dos seguintes parâmetros:

Fotossíntese líquida - quantidade líquida de CO₂ assimilado por unidade de área foliar por unidade de tempo (micromol de CO₂ por segundo por metro quadrado)

transpiração - quantidade de vapor d'água transpirado por unidade de área foliar por unidade de tempo (milimol de H₂O por segundo por metro quadrado)

produção fotossintética diária - quantidade de CO₂ assimilado por planta por um fotoperíodo de 10 horas (mg de CO₂ por planta por 10 horas)

taxa transpiratória diária - quantidade de água transpirada por planta por um período de 10 horas (ml de H₂O por planta por 10 horas)

produtividade da transpiração - quociente da fotossíntese líquida pela transpiração(micromol de CO₂/milimol de H₂O)

eficiência fotossintética à água - quantidade de CO₂ assimilado em função do volume de água transpirado por planta por 10 horas (mg de CO₂/ml de H₂O)

Os parâmetros obtidos foram submetidos a cálculos da análise da variância e correlação linear. Os testes entre médias foram efetuados pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios dos parâmetros medidos e calculados estão representados no Quadro 1.

QUADRO 1 - Valores médios dos parâmetros obtidos em laboratório para mudas de clones de *E. grandis* e *E. saligna*.

| Clones | Código CAF | FL | PF | TR | TT | PT |
|--------|------------|----------|--------|---------|---------|-------------------|
| A | 27.003 | 0,81ab | 6,02b | 1,49ab | 4,56c | 0,55a |
| B | 37.633 | 0,70abcd | 6,54b | 1,46ab | 5,47abc | 0,50a |
| C | 26.693 | 0,84a | 6,73b | 1,62a | 5,21abc | 0,54a |
| D | 26.746 | 0,63cd | 8,29ab | 1,19abc | 6,43ab | 0,53a |
| E | 37.779 | 0,84a | 7,09b | 1,34abc | 4,58c | 0,66a |
| F | 26.894 | 0,69bcd | 6,35b | 1,32abc | 4,93bc | 0,54a |
| G | 25.151 | 0,72abc | 7,94ab | 1,25abc | 5,50abc | 0,62a |
| H | 36.502 | 0,75abc | 7,91ab | 1,30abc | 5,57abc | 0,60a |
| I | 28.684 | 0,73abc | 8,17ab | 1,16abc | 5,32abc | 0,64a |
| J | 25.186 | 0,75abc | 10,88a | 1,11bc | 6,31ab | 0,71a |
| K | 20.092 | 0,78ab | 9,88a | 1,31abc | 6,63a | 0,61a |
| L | 2299 | 0,65cd | 10,60a | 0,96c | 6,28ab | 0,69a |
| M | 2172 | 0,59d | 10,68a | 0,95c | 6,65a | 0,65 ^a |

Clones A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K: ***E. grandis***

Clones L,M : ***E. saligna***

Código CAF: Número de codificação dos clones adotados pela CAF

FL - Fotossíntese líquida ($\mu\text{mol CO}_2/\text{s}/\text{m}^2$)

IPF - produção diária por planta (mg CO₂/10h/planta)

TR - Transpiração ($\text{mmol H}_2\text{O}/\text{s}/\text{m}^2$)

TT - Taxa transpiratória diária(ml H₂O/10h/planta)

PT - Produtividade da transpiração ($\mu\text{mol CO}_2/\text{mmol}/\text{H}_2\text{O}$)

(Valores nas colunas seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si ao nível de 5%)

Fotossíntese líquida (FL)

A análise conjunta dos clones resultou em diferenças significantes. Os clones C, E, A e K formam um grupo homogêneo, que se destaca dos clones L, De M, que formam o grupo de menores valores da fotossíntese líquida.

Analisando os clones separadamente, os de **E. saligna** não apresentaram diferenças significantes entre si e alcançaram os menores valores juntamente com o clone D.

Com a finalidade de comparar o comportamento do material estudado com o potencial fotossintético de outras espécies, apresenta-se no Quadro 2 alguns dados encontrados na literatura.

QUADRO 2 - Valores médios da fotossíntese líquida de diferentes espécies florestais (em mg de CO₂/h/g de matéria seca).

| ESPÉCIE | FOT. LIQ. | AUTOR |
|--------------------------------------|-----------|-----------------------|
| Betula verrucosa | 9,6 | LYR et alii (1967) |
| Fagus sylvatica | 7,5 | " |
| Quercus robur | 5,8 | " |
| Larix decidua | 4,8 | " |
| Laurus nobilis | 2,1 | " |
| Quercus ilex | 1,7 | " |
| Pseudotsuga taxifolia | 3,0 | " |
| Picea abies | 2,2 | " |
| Pinus sylvestris | 2,3 | " |
| Populus trichocarpa | 14,1 | INOUE (1989) |
| Cedrela fissilis | 18,0 | INOUE (1977) |
| Cedrela odorata | 22,0 | " |
| Mimosa scabrella | 5,4 | INOUE & GALVÃO (1986) |
| Peltophorum dubium | 5,4 | " |
| Schinus terebinthifolium | 2,4 | " |
| Matayba eleaeginoides | 1,3 | " |
| Eucalyptus grandis - (clones) | 2,3 | INOUE & ODA (1988) |
| E. grandis x E. urophylla | 1,6 | " |

Os valores do presente estudo aproximam-se bastante dos resultados obtidos por INOUE & ODA (1988) em clones de **E. grandis** e de híbridos de **E. grandis X E. urophylla**. Tais valores estão abaixo da média das latifoliadas, estando em nível comparável ao desempenho das coníferas. VAJRANABHAIH et alii (1988) também constataram que **Eucalyptus** "híbrido" apresenta um potencial fotossintético bem abaixo de outras espécies latifoliadas.

Produção fotossintética diária (PF)

A análise conjunta dos clones mostrou que os maiores valores foram alcançados pelos clones J, M, L e K, que formam um grupo homogêneo diferenciado do grupo formado por E, C, B, E e A, que apresentaram os menores valores. Os clones D, I, G e H formam um grupo intermediário homogêneo comum aos dois grupos extremos. Analisando os clones separadamente resultou que os de **E. saligna** não se diferenciam entre si.

Estudando os valores da produção fotossintética diária, com o propósito de detectar se esta seria resultante de um efeito de **maior potencial fotossintético** ou simplesmente pelo fato de o indivíduo apresentar maior área foliar, chegou-se ao seguinte resultado:

Os clones B, C, D, F, H, J e K, apresentaram suas produções diárias afetadas unicamente pela área foliar, ou seja, a maior produção se deveu a maior área foliar e não devido a um maior potencial fotossintético.

Já os clones de **E. saligna**, L e M tiveram as suas produções fortemente influenciadas pelo potencial fotossintético. No caso do clone M também a área foliar esteve correlacionada com a produção.

Para os clones A, E, G e I não foi detectada influência significativa tanto do potencial fotossintético como da área foliar na produção fotossintética diária.

Transpiração (TR)

A análise conjunta dos clones mostrou que os clones C, A e B formam um grupo homogêneo diferenciado do grupo formado por J, L e M, que alcançaram os valores mais baixos da transpiração. Os demais clones atingiram valores intermediários entre os dois grupos acima citados. A análise separada dos clones confirmou não existir diferença significativa entre os dois clones de **E. saligna** (L e M) e estes apresentaram os valores mais baixos do parâmetro analisado.

A transpiração é um fenômeno bastante influenciado pelas condições do ambiente, principalmente a temperatura e o déficit de saturação do ar. Sob idênticas condições, diferenças neste parâmetro podem indicar um mecanismo estomático mais ou menos eficiente, implicando na economicidade de água pela planta.

Taxa transpiratória diária (TT)

Os valores mais elevados foram alcançados e o grupo formado pelos clones M, K, O, J e L, que se diferenciam estatisticamente do grupo formado por E e A, que apresentaram os menores valores desta taxa; Os demais clones atingiram valores intermediários entre os dois grupos citados. A análise em separado mostrou não existir diferença significativa entre os dois clones de **E. saligna**, apresentando ambos os valores mais elevados da taxa transpiratória diária.

Os valores encontrados neste estudo situam-se dentro da faixa encontrada na literatura especializada, conforme mostra o Quadro 3.

Estudando as correlações entre os parâmetros, chegou-se aos seguintes resultados:

Os clones E, F, G, H e I tiveram a sua taxa transpiratória diária fortemente influenciada pelo potencial transpiratório e não influenciada pela área foliar, isto é, a maior taxa transpiratória diária foi devida a um maior potencial transpiratório e não devida a uma maior área transpirante.

O clone D teve a sua taxa diária influenciada significativamente tanto pelo potencial transpiratório como pela área foliar.

Os demais clones, A, B, C, J, K, L e M, não apresentaram dependência significativa quanto ao potencial transpiratório e à área foliar.

QUADRO 3 - Valores da taxa transpiratória de diferentes espécies florestais (em g de H₂O/dm²/10h).

| ESPÉCIE | TAXA TRANSP. | AUTOR |
|------------------------------------|--------------|--------------------|
| Liriodendron | 10,0 | KRAMER (1969) |
| Quercus, Acer | 12,0 | " |
| Pinus taeda | 5,0 | " |
| Ilex glabra | 16,0 | " |
| Quercus ilex | 9,5 | LARCHER (1975) |
| Acacia acuminata | 12,4 | " |
| Laurus nobilis | 3,3 | " |
| Eucalyptus grandis (clones) | 7,6 | INOUE & ODA (1988) |
| E. grandis x E. urophylla | 7,5 | " |
| Clones de E. grandis | | |
| A | 9,5 | |
| B | 9,3 | |
| C | 10,2 | |
| D | 7,7 | |
| E | 8,5 | |
| F | 8,5 | |
| G | 7,9 | |
| H | 8,3 | |
| I | 7,5 | |
| J | 7,0 | |
| K | 8,3 | |
| Clones de E. saligna | | |
| L | 6,2 | |
| M | 5,9 | |

Produtividade da transpiração (PT)

Este é um parâmetro que expressa o potencial de assimilação carbônica em relação ao consumo de água através da transpiração. Não foi possível detectar diferenças entre os clones, embora a análise da variância tenha mostrado um valor de F significativo ao nível de 5%. De uma maneira geral, os clones A, F, C, D e B formam um grupo mais homogêneo, tendo alcançado os valores mais baixos deste parâmetro. O estudo das correlações permitiu chegar aos seguintes resultados:

Os clones G e K apresentaram os valores de sua produtividade da transpiração fortemente correlacionados com a sua área foliar, ou seja, quanto maior a área foliar tanto mais elevado o valor da produtividade.

Já o clone J teve a sua produtividade correlacionada com o potencial fotossintético.

No clone M a produtividade foi influenciada pelo potencial fotossintético e pela área foliar.

Nos demais clones não foi observada nenhuma correlação significativa neste parâmetro.

Eficiência fotossintética à água

Este parâmetro estima o acúmulo diário de CO₂ para cada mililitro de água transpirado. Por ser composto pelos mesmos elementos que determinam a produtividade da transpiração, na maioria dos casos, os valores calculados seguem a mesma tendência desta última.

Não foi possível detectar diferenças significantes entre os clones estudados. A análise das correlações resultou nos seguintes aspectos:

- Os clones J e L tiveram os valores de sua eficiência fortemente correlacionados com a produtividade fotossintética diária, ou seja, quanto maior a produtividade tanto mais eficiente se mostrou o clone quanto ao uso da transpiração nos processos fotossintéticos.

- Já os clones G, K e M mostraram correlação da eficiência tanto em relação à produção fotossintética diária quanto à área foliar.

- Nos demais clones não foi constatada nenhuma correlação significativa.

Aspectos morfológicos dos clones

Os clones estudados apresentavam diferenças morfológicas marcantes, quanto a dimensão, coloração, forma e consistência das folhas, parâmetros tais que não foram avaliados neste trabalho.

O parâmetro avaliado foi a área foliar, utilizado como unidade relacional dos parâmetros fisiológicos estudados. Os valores médios podem ser vistos no Quadro 4.

Analisando os valores, resulta que os clones M, L e J formam um grupo homogêneo que apresenta mudas com maior área fotossintetizante, principalmente se comparado ao grupo formado pelos clones B, F, E, C e A, que são aqueles cujas mudas apresentavam área foliar menor.

QUADRO 4 - Área foliar total média das mudas; altura, DAP e volume cilíndrico das árvores no campo aos 3 anos e meio.

| CLONE | ÁREA FOLIAR (cm ²) | ALTURA (m) | DAP (cm) | VOLUME (dm ³) |
|-------|--------------------------------|------------|----------|---------------------------|
| A | 48 g | 12,0 | 10,5 | 104 |
| B | 59 defg | | | |
| C | 51 fg | 12,6 | 10,7 | 113 |
| D | 83 bcd | 12,7 | 8,8 | 77 |
| E | 54 efg | | | |
| F | 58 efg | | | |
| G | 70 cde | | | |
| H | 67 def | 10,2 | 7,4 | 44 |
| I | 71 cde | 14,0 | 11,2 | 138 |
| J | 90 abc | 12,0 | 9,1 | 78 |
| K | 80 bcd | 8,7 | 7,6 | 39 |
| L | 102 ab | | | |
| M | 112 a | | | |

Apenas os clones, A, C, D, H, I, J e K foram plantados em campo.
(Valores seguidos pelas mesmas letras não diferem entre si ao nível de 5%).

O desempenho dos clones no campo

Alguns dos clones aqui estudados encontram-se plantados num teste clonal, atualmente com a idade de 3,5 anos. Os dados fornecidos pela CAF podem ser vistos no Quadro 4.

Não coube aqui se fazer uma análise estatística. Contudo é visível a superioridade do clone I (28684) tanto no crescimento em altura como em diâmetro, principalmente se comparado com o desempenho dos clones H (36502) e K (20092). Em termos volumétricos, os melhores clones são I, C e A.

Produção fotossintética e crescimento em campo

Os clones que apresentaram alto potencial fotossintético são C, E, A, K, J, H, I, G e B. Devido à pequena área foliar das mudas de A, B, C e E as respectivas produções diárias por indivíduo foram baixas, não obstante o alto potencial fotossintético.

No campo, os clones I, D, C, J e A destacam-se dos demais quanto ao seu crescimento e produção volumétrica.

A área foliar pequena das mudas dos clones A e C pode ser um caráter específico destes clones no estágio jovem. O melhor desempenho destes clones no campo indica uma associação de seu alto potencial fotossintético com a manutenção de uma área fotossinteticamente ativa relativamente grande.

Já os clones J e I apresentam alto potencial fotossintético e grande área foliar desde o estágio de muda, sendo compreensível o seu bom desempenho no campo.

O clone D apresentou um dos resultados mais baixos da fotossíntese líquida. Contudo, devido a sua boa área foliar, alcançou alta produção individual diária. O seu bom desempenho no campo sugere tratar-se de um clone capaz de manter uma grande área fotossinteticamente ativa, não obstante o seu baixo potencial fotossintético.

Quanto aos clones H e K, os resultados obtidos em laboratório indicam serem clones potencialmente bons no que se refere à produção baseada na fotossíntese. Com os dados presentes não é possível se fazer um diagnóstico sobre o seu desempenho menos satisfatório em campo. Presumivelmente, os indivíduos plantados não tenham sido capazes de manter uma área foliar suficientemente grande para apresentar um melhor crescimento.

Estes resultados confirmam a premissa de que plantas com diferentes potenciais fotossintéticos podem apresentar desempenhos distintos em função de sua capacidade em formar uma grande área foliar. O potencial fotossintético é inerente ao indivíduo e portanto comandado geneticamente. Da mesma forma, a distribuição dos fotossintatos é um mecanismo intrínseco e até o momento desconhecido. Assim, uma simples expressão morfológica, como a altura da planta, por exemplo, não retrata fielmente o efeito acumulado no tempo de um determinado potencial fotossintético. A única expressão que corresponde ao potencial fotos sintético é o acúmulo total de matéria seca, ou seja, a biomassa da planta.

A morfologia da planta, contudo, pode ser fortemente influenciada pelas condições ambientais. Assim, detectando-se indivíduos com grande potencial fotossintético e executando os tratamentos, silviculturais adequados, por exemplo, espaçamento, adubação, sombreamento, etc., o efeito aditivo genótipo-ambiente pode proporcionar ganhos significativamente na produção.

As relações hídricas

De uma maneira geral, a perda de água através da transpiração está relacionada com a fotossíntese, pois ambos os processos utilizam o mesmo caminho de difusão desde o mesófilo da folha até o ambiente, através do estômato. Assim, conforme se eleva a fotossíntese também aumenta a transpiração. É o fato demonstrado pelos clones aqui estudados, onde os que apresentaram alto potencial fotossintético também alcançaram as maiores taxas da transpiração.

Quando os dois parâmetros acima não estão correlacionados, é possível interpretar-se a economia de água da planta no processo de acúmulo de carboidratos. Valores elevados do quociente fotossíntese/transpiração (P/T) indicam a capacidade da planta assimilar gás carbônico com baixo potencial de transpiração. No presente estudo não foi possível detectar diferenças estatísticas tanto na produtividade da transpiração como na eficiência fotossintética à água.

CONCLUSOES

1. É possível a distinção entre clones de **Eucalyptus** através de parâmetros fisiológicos como o potencial fotossintético, produção fotossintética diária por planta, transpiração e taxa transpiratória diária por planta.
2. O estudo combinado dos parâmetros citados permite inferir sobre desempenhos quanto ao potencial de crescimento e à circulação de água pelas plantas.
3. A capacidade de um indivíduo produzir e manter uma grande área foliar influencia parâmetros fisiológicos, podendo interferir no desempenho em campo.
4. Os clones estudados não se diferenciam quanto à economia de água para a produção fotossintética.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BRITAIN, E.G. & CAMERON, R.J. Photosynthesis of leaves of some **Eucalyptus** species. **New Zealand journal of botany**, Wellington, 11(1): 153-62, 1972.
- CAMERON, R.J. Light intensity and the growth of **Eucalyptus** seedling. **Australian journal of botany**, Melbourne, 18(1): 29-43, 1970.
- CEULEMANS, R. et alii. Poplar: an ecophysiological approach. **Nederl. bosb.**, 57(2): 48-59, 1985.
- FALKENHAGEN, E.R. Tree breeding for photosynthetic efficiency. **South African forestry journal**, Rotorua, (98): 52-6, 1976.
- HEILMAN, P.E. & STETTLER, R.F. Genetic variation and productivity of **Populus trichocarpa** and its hybrids. **Canadian journal of forest research**, Ottawa, 15(2): 384-8, 1985.

- INOUE, M.T. Estudo comparativo da fotossíntese, transpiração e resistência difusiva em clones jovens de **Populus nigra** e **P. trichocarpa** em relação à radiação solar. **Revista brasileira de fisiologia vegetal**, Brasília, 1(1): 25-9, 1989.
- INOUE, M.T. Wachstumsverhalten von **Cedrela odorata** L. und **C. fissilis** Vell. (Meliaceae) im Jugend stadium in Abhaengigkeit von Umweltfaktoren. **Mitt. der Bundesforschungsanstalt fuer Forst-und Holzwirtschaft**, 115: 1-100, 1977.
- INOUE, M.T. & GALVÃO, F. Desempenho assimilatório de **Mimosa scabrella**, **Peltophorum dubium**, **Schinus terebinthi folius** e **Matayba elaeagnoides**, em dependência da intensidade luminosa. **Acta forestalia brasiliensis**, Curitiba, 1(1): 89-98, 1986.
- INOUE, M.T. & ODA, S. Photosynthesis and transpiration of cuttings and micropropagated clones of **Eucalyptus grandis** and **E. grandis** X **E. urophylla** hybrids. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FOREST TREE PHYSIOLOGY, Nancy, 1988.
- KRAMER, P.J. **Plant and soil water relationships: a modern synthesis**. New York, McGraw-Hill, 1969.
- LARCHER, W. **Physiological plant ecology**. Berlin, Springer-Verlag, 1975.
- LIU, Y.R. et alii. Studies on seedlings growth and photosynthetic characteristics on four poplar hybrids. **Sc. Silv. Sinicae**, 19(3): 269-76, 1983.
- LYR, H. et alii. **Geholzfysiologie**. Jena, VEB Gustav Fischer Verlag, 1967.
- SLAYTER, R.O. Altitudinal variation in the photosynthetic characteristics of snow gum **Eucalyptus pauciflora** Sieb. ex Spreng. **Australian journal of plant physiology**, Melbourne, 4(6): 901-16, 1977.
- VAJRANABHAI, S.N. et alii. Water use efficiency in some tropical tree species. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FOREST TREE PHYSIOLOGY, Nancy, 1988.