

PRINCIPAIS FATORES DO MEIO QUE AFETAM O CRESCIMENTO DAS ÁRVORES

J. C. Chagas Campos *

S U M Á R I O

Foi relatada pelo autor neste trabalho, a influência dos principais fatores do meio no crescimento das árvores. Mencionou, ainda que a ação desses fatores é quase totalmente de forma indireta, sendo o meio holocenótico, ou seja, que os seus fatores agem simultaneamente. Considerou também, que o potencial genético da espécie tem grande influência na determinação do crescimento.

Lembrou que, por ser o meio holocenótico, alguns autores não aceitam de forma literal o conceito de Liebig. Finalmente considerou, que certos fatores do meio podem ser compensados por outro, mencionado a compensação da latitude pela altitude.

Os fatores mencionados foram a radiação solar, temperatura, água, além dos fatores fisiográficos, edáficos e bióticos.

I N T R O D U Ç Ã O

Consideramos aqui, por crescimento da árvore, o aumento em altura, diâmetro do tronco e, consequentemente, do volume de madeira.

Discutiremos, de modo simplificado, a importância de certos fatores do meio, bem como a forma em que êles atuam sobre o crescimento da árvore.

Tendo em vista a complexidade de in-

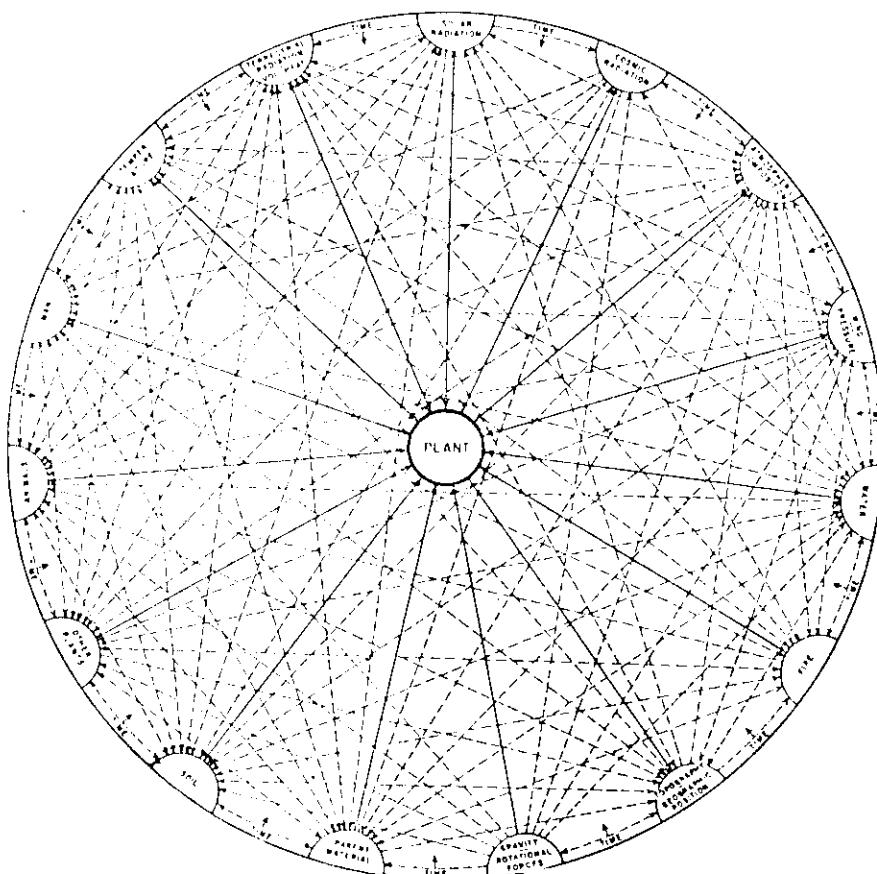


Fig. 1. Diagrama representativo das inter-relações entre as plantas e os fatores do meio (Seg. Billings 1).

* Engº. Florestal do Instituto Florestal do Estado de São Paulo

terações concernentes à maneira de atuação dêsses fatores, o nosso propósito é somente mencionar a ação daquêles considerados mais importantes.

AÇÃO DO MEIO NO CRESCIMENTO E LIMITAÇÕES GENÉTICAS

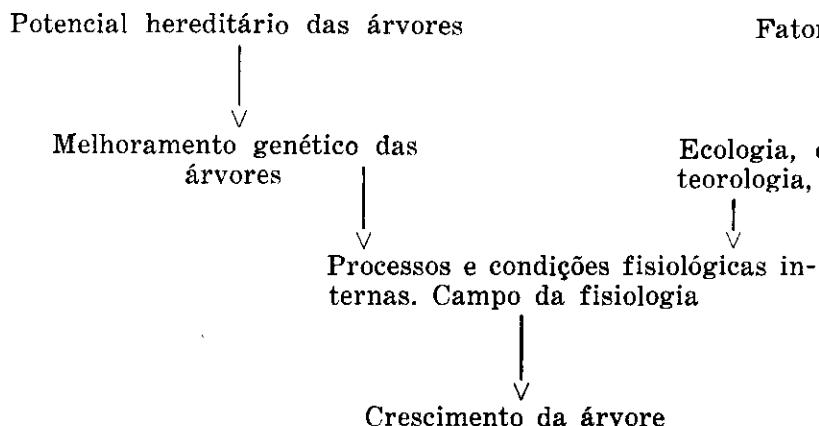
O crescimento da planta está diretamente influenciado pelo seu meio ambiente. Meio, segundo Billings (1), é a soma de todas as forças e substâncias externas afetando o crescimento, estrutura e reprodução daquela planta.

Sendo a influência do meio manifestada pela ação de diversos fatores, atuantes de maneira holocenótica, seria importante compreendermos o modo de inte-

gração dêsses fatores por meio de uma exposição de forma sintética. Todavia, as inter-relações entre uma planta e os vários fatores do meio em que ela cresce, são muito complexas para possibilitar uma análise e síntese completas.

Por outro lado, alguma compreensão sobre essas inter-relações pode ser conseguida no diagrama a seguir (Fig. 1). Nota-se nesse diagrama a omissão de muitos fatores, que alguns autores consideram secundários ou sub-fatores, segundo a sua menor participação nos processos do crescimento.

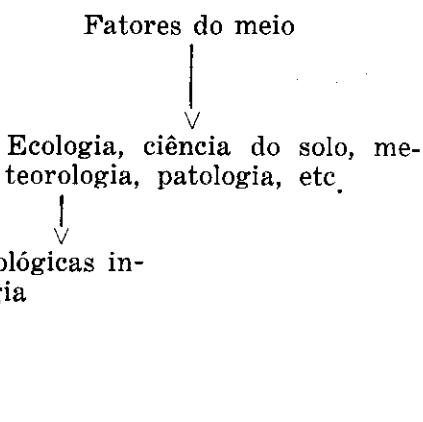
A forma de atuação do meio no cresci-



mento das árvores se processa quase totalmente de maneira indireta, havendo poucos exemplos de atuação direta. A forma de atuação indireta se manifesta, afetando os diversos processos fisiológicos.

Todavia, devemos entender que o crescimento também está controlado, mais ou menos intensivamente, pela carga genética que a árvore possui (7).

Essa dependência genética do processo de crescimento da planta em relação à ação do meio em que vive é explicada no diagrama seguinte, diagrama também conhecido por conceito de Krebs'. Esse diagrama mostra também a relação entre as ciências envolvidas no estudo dêsses fenômenos (7).



Sumarizando, podemos dizer que segundo as possibilidades hereditárias de determinada espécie, um meio desfavorável reduz o crescimento, pois ele interfere em diversos processos fisiológicos essenciais.

Alguns dêsses principais processos são a fotossíntese, a transpiração, a abertura e fechamento de estômatos, a assimilação, a absorção, a respiração.

FATOR LIMITANTE E SUA COMPENSAÇÃO

O princípio enunciado em 1843 por Liebig, segundo o qual um fator é limitante quando ele se apresenta abaixo do nível requerido pela espécie considerada, nem sempre tem sido literalmente aceito por alguns pesquisadores. Isso porque en-

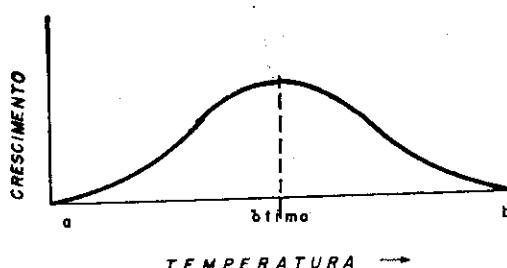


Fig. 2. Limites relativos de tolerância às temperaturas pelas plantas, A e B correspondem teóricamente aos limites mínimo e máximo, aquém dos quais o processo do crescimento cessa.

tendem que, sendo o meio holocenótico, é errôneo falar de um simples fator como limitante.

Por outro lado, a ação limitante sobre o crescimento, imposta por algum fator do meio, pode ser constatada em certos casos, como é o fator água nas zonas áridas (1).

É importante lembrar que o crescimento de uma planta não está limitado sómente pelas condições mínimas de um determinado fator, senão também quando ele vai acima do nível de tolerância dessa planta.

Uma representação esquemática desse conceito de limite de tolerância, é feita na Fig. 2.

O conceito de tolerância aos fatores do meio é variável, segundo o fator considerado como também a espécie (15).

Certos fatores do meio considerados importantes em algum processo — o crescimento por exemplo — são susceptíveis de serem compensados por outro, quando na sua ausência. É o que chamamos *compensação* de um fator por outro. Um exemplo muito conhecido é a compensação da latitude pela altitude. Isso sucede comumente nos limites naturais de ocorrência da espécie (1).

A maioria dos fatores, todavia, não é susceptível de ser compensada.

CLASSIFICAÇÃO E AÇÃO DOS FATORES DO MEIO NO CRESCIMENTO

Os fatores do meio ambiente atuam com intensidade maior ou menor sobre os processos de crescimento das plantas.

Tansley (13), em 1923, classificou os fatores ambientais em quatro grupos principais, sendo estes subdivididos em diversos fatores individuais. Essa classificação diferencia os grupos dos fatores climáticos, edáficos, fisiográficos e bióticos. Nos dois primeiros grupos relacionam-se os fatores considerados mais importantes. Essa classificação simples tem a base de outras classificações mais recentes.

Os fatores climáticos são os relacionados com a atmosfera em que cresce a parte aérea das plantas. Inclui-se nesse grupo a radiação, temperatura, água (precipitação, água no solo), vento, etc.

Como fatores edáficos compreendem principalmente o material de origem e suas implicações nas propriedades físicas, químicas e bióticas.

Como fatores bióticos entendem-se a ação de animais e plantas, superiores ou não. É de se notar a grande inter-relação entre os fatores bióticos e os fatores dos dois grupos anteriores.

O quarto grupo refere-se aos fatores fisiográficos.

1 — FATORES CLIMÁTICOS

A ação dos fatores climáticos sobre as plantas arbóreas se faz sentir inicialmente no aspecto geográfico. Observando-se o globo terrestre percebe-se que as grandes linhas da sua distribuição são determinadas pela atuação destes fatores (10).

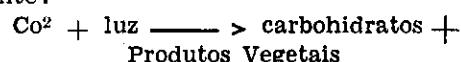
A seguir, analisaremos as principais implicações dos fatores climáticos sobre o crescimento das árvores.

Radiação Solar —

A radiação solar será considerada inicialmente, por constituir a fonte primária de energia do processo fotossintético, sem o qual não existiriam as plantas. O efeito da radiação sobre o crescimento pode ser manifestado de várias formas, seja através da sua intensidade, qualidade ou duração.

Embora o espectro de energia radiante seja composto de luz de diversas amplitudes de ondas, sómente a luz do espectro visível tem importância primária sobre o crescimento das plantas, por constituir a parte que por elas é absorvida.

Esquematicamente podemos representar a atuação da luz na produção dos produtos vegetais em geral, da forma seguinte:



Para que resulte em produto será preciso que nesse processo haja maior proporção fotossintética em comparação com a proporção respiratória. Assim sendo, quanto maior ação fotossintética maior será o crescimento da planta. Todavia, uma excessiva intensidade luminosa, provoca um aumento excessivo de transpiração com consequente diminuição da porcentagem de água em relação ao seu peso seco (15).

A luz resquerida pelas espécies de árvores varia segundo a posição geográfica, altura, idade, fertilidade do solo e estação do ano. De um modo geral, a quantidade de luz requerida pelas plantas aumenta à medida que elas crescem (14).

Essa exigência de mais ou menos luz proporciona uma classificação das espécies, segundo a sua capacidade de desenvolverem em lugares de maior ou menor luminosidade total.

Sob condições experimentais, muitas espécies dos gêneros *Larix spp.* e *Pinus spp.* cessaram o seu conhecimento quando em dias de menos de 12 horas. Por outro lado, *Picea sitchensis* cessou seu crescimento sob fotoperíodo de menos de 14 horas (4).

Não só o efeito dos dias curtos pode influir no crescimento das plantas. Foi constatado que certas espécies de árvores como o *Pinus radiata* e *Pinus elliottii*, podem crescer continuamente, quando em seu estágio de crescimento fôr ministrada luz com duração diária de 24 horas (4).

Temperatura —

A temperatura é um fator climático que pode tornar-se decisivo para o crescimento das árvores. A sua fonte primária é a radiação solar, a qual é transformada em calor. Como a quantidade de insolação depende da latitude, altitude e estação do ano, deduz-se que a temperatura também pode sofrer oscilações, segundo essas condições.

A ação indireta da temperatura se faz,

influenciando processos fisiológicos como a fotossíntese, respiração, transpiração, divisão celular. Esses processos estão relacionados, de alguma forma, ao crescimento da árvore. Uma diminuição de crescimento pode ser devida a um excesso de transpiração, causando murchamento (7). Esses dois processos podem também agir simultaneamente.

O crescimento da árvore ocorre em uma grande amplitude de temperatura, mas dentro dessa amplitude há uma temperatura considerada ótima. Assim, a temperatura ótima no solo, favorece a rápida absorção pelas raízes da solução aquosa nutritiva (14).

O efeito do termoperiodismo no crescimento de certas espécies arbóreas em zonas temperadas, pode tornar-se importante fator de crescimento. Experimento efetuado por Bonner Hellmers, segundo Hellmers (5), com mudas de *Pinus taeda* de 64 semanas, demonstrou haver grande diferença de crescimento quando tais mudas eram submetidas a combinações de intensidades diferentes de temperaturas durante os dias e as noites. Esses resultados constam no Quadro 1.

Quadro 1. Crescimento de mudas de *P. taeda* de 64 semanas sob condições de diferentes combinações de temperaturas diárias e noturnas Seg. Bonner e Hellmers, cit. por Hellmers (5).

| Temperatura Diária | Temperatura Noturna | | |
|-----------------------|---------------------|-------|-------|
| | 7°C. | 17°C. | 26°C. |
| Altura em Centímetros | | | |
| 30°C. | — | 52 | 29 |
| 23°C. | 60 | 50 | 35 |
| 17°C. | 43 | 38 | — |

Segundo êsses resultados, o crescimento foi maior quando a temperatura diária foi de 23°C. e a noturna 7°C., com diferença, portanto, de 16°C. Esses dados, todavia, não indicam que estas referem-se às temperaturas ótimas para o crescimento.

Essa diferenciação da temperatura noturna em relação à temperatura diária, não afeta o crescimento de todas as espécies. Segundo Hellmers y Sundahl (6),

a *Sequoia sempervirens* mostrou-se quase insensível a essa diferenciação de temperatura.

Podemos dizer que a temperatura é um importante fator, dos diversos que podem afetar o crescimento em altura das árvores. É portanto um fator que deve ser considerado quando se vai eleger uma espécie para qualquer "site".

Água —

a) *Funções da água* — A água é considerada um fator vital para o crescimento das plantas, participando de todos processos fisiológicos e bioquímicos. Kramer (7) refere-se a quatro destacadas funções da água, segundo Wilsie (15): 1 — Representa 85 — 90% do peso fresco dos tecidos em crescimento. É parte constituinte do protoplasma.

2 — É reacionante essencial para fatores e processos hidrolíticos, como a decomposição do amido em açúcar.

3 — É um meio de dissolução, em que os sais e outras substâncias atravessam as paredes celulares e tecidos do xilema, criando um sistema dissolvente contínuo no interior da planta.

4 — É essencial para manter a turgescência, o crescimento celular, a abertura dos estômatos.

Também, o regime da água governa a nutrição mineral das plantas. Os minerais do solo são absorvidos pelas raízes, em forma de solução aquosa, chegando até as folhas. Nas folhas, essa solução participa do processo de fotossíntese e produção de matéria orgânica (14).

b) *Influências de déficit e excesso de água* — Para explicar a relação entre crescimento e umidade, devemos entender que o crescimento não é diretamente controlado pela umidade do solo, mas sim pelo balanço de água da planta. É a razão relativa da absorção e transpiração que controla esse balanço. Esses dois processos, por outro lado, são afetados pelas condições de umidade do solo e condições atmosféricas (7).

Coile (2), em 1936, pôde demonstrar o efeito da razão relativa entre a absorção e transpiração, no crescimento de *Pinus taeda*. Este autor concluiu que o crescimento não estava bem relacionado com a precipitação ocorrida, sugerindo que as altas temperaturas verificadas

provocavam um excesso de transpiração, causando déficit interno, diminuindo consequentemente o crescimento. Os dados dessa observação constam no Quadro 2.

Quadro 2. Crescimento do *P. taeda* em relação a diferentes precipitações e temperaturas (Seg. Coile, cit. por Kramer).

| Ano | Precipitação | Temperatura | Crescimento |
|------|-----------------|-------------|-------------|
| 1927 | Acima da média | alta | baixo |
| 1928 | Abaixo da média | baixa | alto |
| 1931 | Abaixo da média | baixa | alto |
| 1932 | Acima da média | alta | baixo |

A influência do déficit de água interno, pode reduzir o crescimento por sua ação no fechamento dos estômatos, redução da fotossíntese, diminuição da multiplicação celular e outras condições internas desfavoráveis (7).

Podemos dizer que há uma correlação positiva entre o crescimento e água interna em nível adequado; correlação variável entre o crescimento e condições do meio.

Um excesso de água pode também ser prejudicial. Esse estado é menos comum que o de déficit.

A ação de excesso de água no solo se manifesta de modo prejudicial no crescimento devido a falta de aeração e consequente provisão de oxigênio. Isso ocorre, afetando o crescimento e funcionamento das raízes (15).

É de se notar que árvores em lugares de drenagem deficiente, podem absorver menos água que em solo seco, diminuindo o crescimento, demonstrando que o crescimento nem sempre é diretamente relacionado com precipitação ou água no solo.

2 — FATORES EDÁFICOS

A influência do solo sobre o crescimento das árvores é devida às suas propriedades físicas, químicas e bióticas. Essas propriedades são inter-relacionadas de forma mais ou menos complexa, lembrando o sistema de interação dos fatores componentes do meio ambiente.

Como exemplo da importância de um fator edáfico no crescimento da planta, em termos gerais, podemos dizer que os solos excessivamente leves são menos fér-

teis que os solos de textura bem balanceada.

Das inter-relações entre os fatores edáficos, resulta a sua participação no crescimento das árvores de determinado lugar. Essa influência deve-se à determinação da fertilidade ou aeração do solo.

Para expressar a ação do meio sobre o crescimento das árvores de uma floresta, usamos mais comumente o volume de madeira. Pelo fato da altura não ser significativamente afetada pela densidade do povoamento, ela constitui a mais satisfatória medida do "site quality". O "site quality", em áreas mais reduzidas é controlado pelos fatores edáficos mais que pelos fatores climáticos (7).

Dentre os fatores edáficos, a textura pode exercer grande influência no "site quality".

É através das partículas menores do solo que se processa a captação dos nutri-

entes pelas raízes. Nos solos arenosos a proporção de argila é baixa, diminuindo a capacidade de trocas de cátions.

A capacidade de retenção de água pelo solo, bem como a sua aeração, são diretamente determinadas pela sua textura. A textura fina determina menor aeração, mas retém mais água em consequência do grande espaço capilar; por outro lado, textura grossa proporciona maior aeração e menor capacidade de retenção de água. Isso sugere, ser a textura média (barro argiloso), a que oferece melhores condições para o crescimento das árvores (12).

A figura 2 ilustra hipoteticamente, a influência da textura do sub-solo no crescimento da árvore.

Segundo a qualidade do solo, a capacidade de crescimento das espécies pode ser variável dentro de um mesmo sítio; fatores limitantes para uma podem não ser para outra.

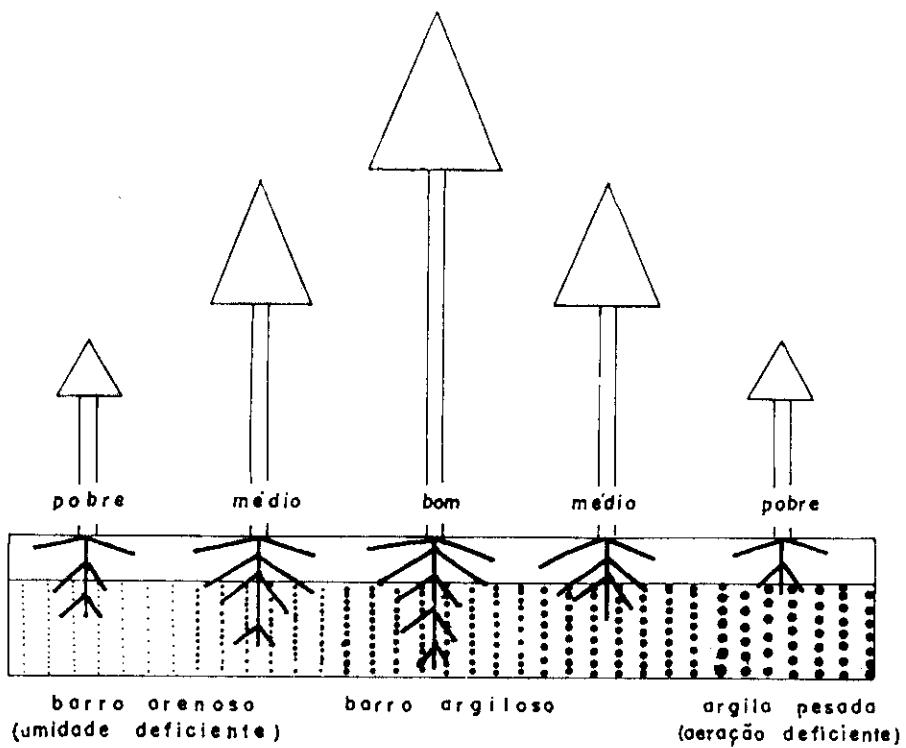


Fig. 2. Como a textura do sub-solo afeta o crescimento da árvore (Seg. Zanher, 1957, cit. por Spurr (12)).

3 — FATORES FISIOGRÁFICOS

Fatores fisiográficos, segundo Polunin (11), são todos aquêles introduzidos pela estrutura e modificações da superfície terrestre, ou seja, pelas condições topográficas de elevação, declive, processos de sedimentação e erosão, e consequentemente, pela geografia local.

Muitas vezes é evidente o efeito do relevo sobre o clima local; os cumes de montanhas quase sempre apresentam um clima diferente daquele das partes baixas. Ele não só pode trazer alteração dos fatores climáticos, como também dos fatores edáficos e bióticos. É conhecida a informação generalizada de que as partes baixas têm solo mais férteis que os das encostas. Isso é geralmente devido efeitos erosivos sofridos pelos solos dessas encostas.

Podemos dizer que o efeito fisiográfico sobre o crescimento das árvores pode tomar maior ou menor importância, segundo, principalmente, as condições de relevo do lugar.

4 — FATORES BIÓTICOS

Fatores bióticos são todos aquêles devidos aos organismos vivos. Em um ecossistema, eles correspondem à parte viva desse ecossistema.

Num ecossistema floresta, as plantas constituem parte da comunidade biótica, ao mesmo tempo que parte do meio de outros organismos, animal ou vegetal (15). A importância dos fatores bióticos no crescimento das árvores é principalmente por influenciar os fatores edáficos.

A importância mais característica dos fatores bióticos, refere-se a produção de gás carbônico pela respiração dos seres vivos; este gás é fundamental na fotosíntese das plantas verdes.

Muitas vezes a umidade, nutrientes e luz, que serão utilizados por uma planta, estão condicionados à presença de outras

plantas (3). É fundamental a presença de organismos vivos na decomposição da matéria orgânica, a qual desempenha grande importância na nutrição das plantas.

Pela capacidade do homem de alterar fatores biológicos e físicos, ele é considerado o mais importante dentre os fatores bióticos.

Dos fatores bióticos, as micorrizas podem constituir, quando na sua ausência, um fator limitante no crescimento de certas coníferas. Esses fungos vivem nas raízes, constituindo uma simbiose particularmente importante na cultura de *Pinus* spp.

Miller (9) relata um fracasso completo ocorrido em uma plantação de *Pinus echinata*, em terreno onde não havia micorriza.

Outro aspecto importante em silvicultura, referente ao fator biótico é a competição entre as ávores de um povoamento para utilizarem das disponibilidades do meio ambiente. Árvores muito espaçadas têm tendência de produzirem muitos galhos, com prejuízo para o crescimento do tronco.

BIBLIOGRAFIA

1 — BILLINGS, W. D. The environment complex in relation to plant growth and distribution. Quarterly Review Biological, 27:251-265. 1962.

2 — COILE, T.S. Effect of rainfall and temperature on the annual radial growth of pine in the Southern United States. Ecological Monographs. 6:533-56. 1936. (Original não consultado, citado por KRAMER, P.J. The role of water in tree growth. In Tree growth. Editado por T. T. Kozlowski. New York, Ronald Press, 1962. pp. 171-181).

3 — DAUBENMIRE, R.F. Plants and environmental. 2.ª ed. New York, Wiley & Sons, 1962. 422 p.

4 — DOWNS, R.J. Photocontrol of growoody plants. *In* Tree growth. Editado por T. T. Kozlowski. New York, Ronald Press, 1962. pp. 133-162.

5 — HELIMERS, H. Temperature effect on optimum tree growth. *In* Tree growth. editado por T. Kozlowski. New York, Ronald Press, 1962. pp. 275-287.

6 — SUDAHL, W. P. Response of *Sequoia sempervirens* (D. Don.) Endl. and *Pseudotsuga menziesii* (Mirb. Franco) seedlings to temperature. *Nature* .. 184:1247-1248. 1959.

7 — KRAMER, P.J. y KOZLOWSKI, T.T. Physiology of trees. New York, MacGraw-Hill, 1960. 642 p.

8 — MIKOLA, P. Temperature an tree growth the Northern timber line. *In* Tree growth. editado por T. Kozlowski. New York, Ronald Press, 1962. pp. .. 265-274.

9 — MILLER, F. The influence of micorrhizae on the growth of shortleaf pine seedling, *Journal of Forestry* 36:526-527 1936.

10 — ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS. La influencia de los montes. *Estudios de Silvicultura y Productos Forestales* N.º 15. 1962. 335 p.

11 — POLUNIN, N. *Introduction to plant geography*. London, Longmans, .. 1960. 640 p.

13 — TANSLEY, A. G. *Practical plant ecology*. New York, Dodd-Mead, 1923. (original não consultado, citado por WILSIE, C.P. *Crop adaptation and distribution*. San Francisco, Freeman and Company, 1962. 448 p.)

14 — TYUL'PANOV, N. M. *Management of forest-parks*. Trad. do russo por N. Steigman. Washington D.C., National Science Foundation. 131 p.

15 — WILSIE, C.P. *Crop adaptation and distribution*. San Francisco, Freeman and Company, 1962, 448 p.