

PRECIPITAÇÃO EFETIVA E INTERCEPTAÇÃO EM FLORESTAS DE PINHEIROS TROPICAIS E EM RESERVA DE CERRADÃO

W. P. LIMA

ESA LQ-USP, Depto. de Silvicultura, 13.400 - Piracicaba - SP

N. NICOLIELO

Cia. Agro-Florestal Monte Alegre, C.P. 50, 17.120 - Agudos - SP

ABSTRACT- Data from three years of measurements of precipitation and throughfall in 13-year old plantations of *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, and *Pinus oocarpa*, and also in a nearby stand of "cerradão" vegetation, in the region of Agudos, State of São Paulo, were analyzed to compare net precipitation and interception between the original "cerradão" cover and the homogeneous plantations of tropical pine species. Net precipitation under tropical pine plantations was 88% of gross precipitation, whereas it was 72,1% under the "cerradão" vegetation. Regression equations relating throughfall (T) and gross precipitation (P) were as follows:

$$P. oocarpa: T = 0,90 P - 0,86$$

$$P. caribaea \text{ var. } hondurensis: T = 0,88 P - 0,11$$

$$\text{"Cerradão": } T = 0,69 P + 1,74$$

Results are analyzed in relationship with other aspects of the water cycle which were also measured during the experimental period, and they allow some information regarding the hydrological consequences of replacing "cerradão" vegetation by tropical pine plantations.

RESUMO - Dados obtidos durante 3 anos de medição da precipitação e da precipitação interna em florestas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Pinus oocarpa*, ambas com 13 anos de idade, e também em uma reserva de cerradão, na região de Agudos, Estado de São Paulo, foram utilizadas para a determinação da precipitação efetiva e a interceptação, de forma comparativa entre a cobertura original de cerrado e as plantações homogêneas com espécies de pinheiros tropicais. A precipitação efetiva média dentro das florestas de pinheiros tropicais foi de 88%, enquanto que no cerradão foi de 72,7%. As equações que relacionam a precipitação interna (PI) nas florestas de pinheiros tropicais e no cerradão com a precipitação medida em área coberta (P) são as seguintes:

$$P. oocarpa: PI = 0,90 P - 0,86$$

$$P. caribaea \text{ var. } hondurensis: PI = 0,88 P - 0,11$$

$$\text{Cerradão: } PI = 0,69 P + 1,74$$

Os resultados são analisados em integração com outros aspectos do ciclo hidrológico também medidos durante o período experimental, e permitem verificar as possíveis alterações hidrológicas que podem ocorrer em decorrência da substituição de vegetação natural de cerradão por florestas homogêneas de pinheiros tropicais.

INTRODUÇÃO

Quando se fala no consumo de água por diferentes tipos florestais, freqüentemente o processo de interceptação da água da chuva pela cobertura florestal é ignorado, ou, quando muito, tratado como componente isolado do ciclo hidrológico.

Na realidade, a interceptação é um processo extremamente importante na hidrologia de uma dada área. Em primeiro lugar, trata-se de um processo evaporativo que resulta em perdas de água que de outra forma chegaria ao solo. Em segundo lugar, a interceptação ilustra a importância dos fatores biológicos no ciclo da água, ou na hidrologia de uma bacia hidrográfica (STANHILL, 1973), (STEWART, 1981). Em terceiro, a evaporação da água interceptada ocorre a uma taxa cerca de 2 a 3 vezes mais elevada do que a que ocorreria em condições de copa seca (JARVIS & STEWART, 1978), o que implica, para um dado balanço de energia, que deve haver alguma forma de compensação na demanda de água do solo enquanto perdura a interceptação (STEWART, 1977), (SINGH & SZEICZ, 1979).

Desta forma, para se chegar a uma estimativa confiável do balanço hídrico de uma dada floresta, é necessário o conhecimento da participação da interceptação no processo de evapotranspiração.

A interceptação em florestas vem sendo estudada há já mais de um século, sendo numerosa a literatura a respeito. Alguns trabalhos de revisão sobre o assunto podem ser consultados para uma apreciação geral do processo (REYNOLDS & LEITON, 1963), (HELVEY & PATRIC, 1965a), (HELVEY & PATRIC, 1965b), (ZINKE, 1967).

Em florestas de pinheiros vários trabalhos foram também realizados (KITREDGE et alii, 1941), (HELVEY, 1967), (ROGERSON & BURNES, 1968), (SWANK, et alii, 1972), (SMITH, 1973), (LIMA, 1976).

No presente trabalho, procurou-se obter uma avaliação quantitativa do processo da interceptação em florestas homogêneas de pinheiros tropicais em comparação com vegetação natural de cerradão, como parte de um estudo mais amplo do balanço hídrico nestas coberturas florestais, a fim de inferir sobre as conseqüências hidrológicas da substituição do cerradão por reflorestamento com espécies do gênero *Pinus*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de julho de 1977 a junho de 1980, em plantações de pinheiros tropicais na Cia. Agro Florestal Monte Alegre (CAFMA), em Agudos, Estado de São Paulo.

Maiores detalhes de localização e de caracterização da área experimental já foram fornecidos anteriormente (LIMA, 1983). Os valores da precipitação média mensal durante o período experimental constam da Tabela 1. A temperatura média do mês mais quente é de 23,3°C e a do mês mais frio é de 17°C, sendo a média anual de 21,1°C. A altitude local é de 590 me o diagrama climático mostra a ocorrência de ligeiro déficit hídrico apenas durante o mês de agosto.

Os dados de precipitação foram medidos semanalmente em três pluviômetros localizados em áreas abertas localizadas próximas às parcelas florestadas.

Para a medição da precipitação interna dentro dos povoamentos florestais, utilizou-se de interceptômetros distribuídos ao acaso. Foram utilizados 10 interceptômetros para cada uma das parcelas de pinheiros tropicais e 16 interceptômetros para a parcela de

cerradão. A leitura dos interceptômetros era semanal, após o que eles eram recolocados dentro de cada parcela.

A medição do escoamento pelo tronco não fazia parte dos objetivos do experimento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período experimental foram registradas 93 semanas com medições para o caso das parcelas com pinheiros tropicais. A parcela com vegetação natural contou com apenas 72 períodos de medições, uma vez que os interceptômetros foram, nela, instalados mais tarde.

A precipitação média mensal medida durante o período experimental é dada na Tabela 1.

Os valores médios semanais de precipitação interna no cerradão e nos povoamentos de pinheiros, proporcionalmente à chuva medida no aberto podem ser observados na Tabela 2.

Os valores semanais da precipitação medida no aberto (P) e da precipitação interna (PI) medida dentro das parcelas de pinheiros tropicais e do cerradão foram submetidas à análise de regressão linear. As relações entre as variáveis P e PI, para os três tipos de cobertura florestal estudadas, podem ser observados na Figura 1.

TABELA 1. Valores médios mensais da precipitação medida no aberto de junho de 1977 a junho de 1980

MÊS	CHUVA (mm)
Junho	49,8
Julho	65,1
Agosto	29,7
Setembro	109,7
Outubro	94,7
Novembro	183,4
Dezembro	204,4
Janeiro	116,9
Fevereiro	159,6
Março	132,5
Abril	45,2
Maiο	110,1

TABELA 2. Porcentagens médias da precipitação interna (PI) em relação à chuva no aberto (P), para a parcela de cerradão e para florestas de *P. oocarpa* e de *P. caribaea* var. *hondurensis*. Percentuais calculados com base nos valores semanais de P e de PI, medidos de junho de 1977 a junho de 1980

P (%)	PI (%)		
	Cerradão	<i>P. oocarpa</i>	<i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>
100	72,7	88,0	88,3

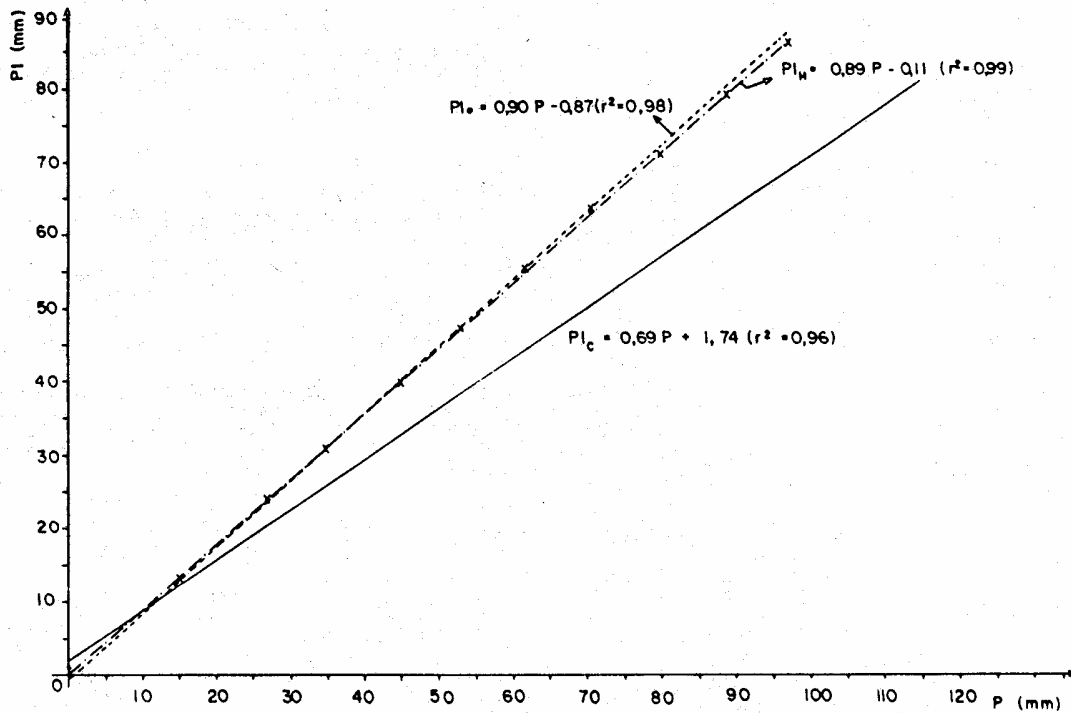


Figura 1 - Relação entre a precipitação medida no aberto (P) e a precipitação interna medida nas florestas de *P. oocarpa* (PI_o), de *P. caribaea* var. *hondurensis* (PI_h), e no cerrado (PI_c). Equações obtidas através de 93 valores semanais, para o caso dos povoamentos de pinheiros tropicais, e de 72 valores semanais, para o caso do cerrado, durante o período de junho de 1977 a junho de 1980

Embora o escoamento pelo tronco não tenha sido medido, pelas maiores dificuldades envolvidas, este processo é normalmente pequeno em relação à precipitação no aberto. HELVEY & PATRIC (1965B) estimam que o escoamento pelo tronco em florestas de folhosas mistas na região leste dos Estados Unidos durante o período de verão pode ser estimado pela equação $E_t = 0,041 P - 0,005$, o que dá um percentual aproximado de 4% para o escoamento pelo tronco em relação à chuva no aberto. LIMA (1976) mediu em 3% o valor médio do escoamento pelo tronco em plantações de *P. caribaea* var. *caribaea* com 6 anos de idade. Desta forma, os valores médios da Tabela 1, bem como as curvas e equações da Figura 1, podem, perfeitamente, ser utilizados para uma avaliação razoável da perda por interceptação nas florestas estudadas, ou seja, de 12%, aproximadamente, para as florestas de pinheiros tropicais, e de cerca de 27% para o cerrado.

Os valores médios da interceptação nos dois povoamentos de pinheiros tropicais estão bem abaixo dos resultados encontrados em florestas de *Pinus* nos Estados Unidos (ZINKE, 1967) e na Inglaterra (RUTTER, 1963), que em geral estão ao redor de 30%. A densidade do povoamento, evidentemente, é um dos fatores responsáveis por esta diferença. Compare-se, por exemplo, a floresta de *Pinus sylvestris* de RUTTER (1963), plantada em espaçamento de 2 x 1, sendo que, por ocasião do experimento, o povoamento encontrava-se à idade de 18 anos e com densidade de 4000 árvores por hectare, com altura média de 7 a 8 metros. RUTTER encontrou 31,7% como valor médio da interceptação. No presente

trabalho, as plantações de pinheiros tropicais apresentavam-se, durante o experimento, com idade de 13 anos, com densidade aproximada de 1000 árvores por hectare, e altura média de 20 metros.

Comparativamente, a diferença encontrada para os valores médios da interceptação entre *P. oocarpa* e *P. caribaea hondurensis* é, aparentemente, não significativa (12% e 11,7%, respectivamente). Todavia, quando considerada no contexto, a diferença está em acordo com outros aspectos do balanço hídrico verificado nas parcelas experimentais, bem como a diferença de crescimento entre as duas espécies à mesma idade. Embora com praticamente a mesma altura e a mesma densidade, a área basal da floresta de *P. caribaea hondurensis* era, na ocasião do experimento, de 28,6m²/ha, enquanto que a floresta de *P. oocarpa* apresentava, na mesma ocasião, área basal de 24,9m²/ha.

No que diz respeito à relação destes resultados com outros aspectos do balanço hídrico, LIMA (1983), medindo o regime da água do solo nas mesmas parcelas e durante o mesmo período experimental encontrou a seguinte ordem decrescente de conteúdo anual médio da água armazenada no perfil do solo de 2 metros de profundidade: vegetação natural de cerrado, *P. oocarpa* e *P. caribaea hondurensis*, respectivamente. Em outras palavras, o solo sob a vegetação natural de cerrado sempre se mostrou mais úmido do que o solo sob as florestas de pinheiros tropicais, durante o período experimental. Entre as espécies de pinheiros, o solo sob *P. oocarpa* ficou com conteúdo médio de umidade intermediário entre o cerrado e o solo sob *P. caribaea hondurensis*, que permaneceu sempre mais seco.

STEWART (1977) e SINGH & SZEICZ (1979) mostram que a evaporação da água interceptada ocorre a uma taxa cerca de 3 vezes maior do que a transpiração, sob as mesmas condições ambientais. Desta forma uma fração da perda por interceptação resulta numa correspondente diminuição na demanda da transpiração, ou seja, na retirada da água do solo.

Para os 1300 mm anuais médios de precipitação medidos na área experimental, os valores médios de interceptação encontrados equivalem às perdas anuais por interceptação de 350 mm para o cerrado, 156 mm para o *P. oocarpa* e 152 mm para o *P. caribaea hondurensis*. Considerando os valores dados por STEWART (1977), conclui-se que a economia na demanda da água do solo nas parcelas estudadas foi de aproximadamente 113 mm, para o cerrado, 50 mm, para o *P. oocarpa* e 49 mm, para a floresta de *P. caribaea hondurensis*, o que está coerente com os resultados encontrados por LIMA (1983) para as diferenças no regime médio anual da água do solo sob as três coberturas vegetais estudadas.

Nestas condições, as perdas reais por interceptação, novamente lembrando o fato de que o escoamento pelo tronco não tenha sido medido, foram, aproximadamente, de 237 mm para o cerrado, 106 mm para a floresta de *P. oocarpa*, e 103 mm para a floresta de *P. caribaea hondurensis* em termos de valores médios anuais. Ao substituir a vegetação natural de cerrado na região de Agudos, portanto, as plantações de pinheiros tropicais diminuíram as perdas por interceptação em cerca de 130 mm anuais. Considerando que o regime da água do solo nestas mesmas plantações não tenha sido adversamente afetado, em comparação com aquele medido sob a vegetação natural (LIMA, 1983), esta economia representa muito em termos da maior produtividade alcançada pelas florestas homogêneas de pinheiros tropicais.

CONCLUSÕES

O processo de interceptação da água da chuva pelas florestas desempenha importante papel na hidrologia de uma dada área. As estimativas da evapotranspiração, por exemplo, incorrerão em erros se não for levada em conta a participação das perdas reais por interceptação, uma vez que a evaporação da água interceptada ocorre a taxas maiores que a transpiração. Em consequência deste fato, a interceptação concorre, também, para a diminuição proporcional na demanda da água do solo. No presente trabalho, por exemplo, as diferenças encontradas na interceptação medida em florestas de *P. oocarpa*, de *P. caribaea hondurensis* e em parcela adjacente contendo vegetação natural de cerradão foram coerentes com os resultados obtidos na medição do regime da água do solo, ou da variação mensal da água armazenada no solo sob estes três diferentes tipos de cobertura florestal. Ao substituir a vegetação natural de cerradão por plantações homogêneas com espécies de pinheiros tropicais, as perdas por interceptação foram diminuídas, para as condições do experimento, em aproximadamente 130 mm anuais. Levando em conta que esta substituição não causou efeitos adversos ao regime de água do solo, esta economia no balanço hídrico representa muito em termos da maior produtividade alcançada pelas florestas homogêneas de pinheiros tropicais.

AGRADECIMENTOS

Experimento realizado com o apoio financeiro do BNDE, ProJeto USP - BNDE/FUNTEC n° 305/76. A área experimental pertence à Cia. Agro-Florestal Monte Alegre, a quem agradecemos, na pessoa de seu Diretor, Dr. Francisco Bertolani, o apoio irrestrito à instalação do trabalho e à coleta dos dados de campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- HELVEY, J.D. Interception by Eastern White Pine. *Water Resources Research*, Washington, 3 (3): 723-729.1977.
- HELVEY, J. D. & PATRIC, J. H.. Design criteria for interception studies. *International Association of Scientific Hydrology*, Symposium Design of Hydrological Networks, Publication n° 87: 131-137. 1965a.
- HELVEY, J. D. & PATRIC, H.H.. Canopy and litter interception of rainfall by hardwoods of Eastern United States. *Water Resources Research*, Washington, 1(2): 193- 206. 1965b.
- JARVIS, P. O. & STEWART, J.. Evaporation of water from plantation forest. In: *The Ecology of Even-Aged Forest Plantations*. IUFRO, Edinburgh, 1978.
- KITREDOE, J.; LOUOHEAD, H. J. & MAZURRAK, A.. Interception and stem flow in a pine plantation. *Journal of Forestry*. Washington, 39:505-522. 1941.
- LIMA, W.P.. Interceptação da chuva por povoamentos de eucaliptos e de pinheiros. *IPEF*, Piracicaba, 13: 75-90,1976.

- LIMA, W.P.. Soil moisture regime in tropical pine plantations and in "cerradão" vegetation in the state of São Paulo, Brazil. *IPEF*, Piracicaba, 23: 5-10. 1983.
- REYNOLDS, E.R. & LEYTON, L.. Measurement and significance of throughfall in forest stands. In: *The Water Relations of Plants*. Blackwell Scientific Publication, London: 127-141. 1963.
- ROOERSON, T.L. & BYRNES, W.R.. Net rainfall under hardwoods and red pine in Central Pennsylvania. *Water Resources Research*, Washington, 4(1): 55-57.1968.
- RUTTER, A.J.. Studies of water relations of *Pinus sylvestris* in plantation conditions: I - Measurements of rainfall and interception. *Journal of Ecology*, Oxford, 51: 191-203. 1963.
- SINOH, B. & SZEICZ, O.. The effect of intercepted rainfall on the water balance of a hardwood forest. *Water Resources Research*, Washington, 15(1): 131-138. 1979.
- SMITH, M.K.. Throughfall, stemflow and interception in pine and eucalypt forest. *Australian Forestry*, Canberra, 36(3): 190-197. 1973.
- STANHILL, O.. The water flux in temperate forests: precipitation and evapotranspiration. In: *Analysis of Temperate Forest Ecosystems*. Springer-Verlag, Berlin, 1973. p. 242-255.
- STEWART, J.B.. Evaporation from the wet canopy of a pine forest. *Water Resources Research*, Washington, 13(6): 915-921. 1977.
- STEWART, J .B.. Evaporation from forest. XVII IUFRO World Congress, Division I, Japan, 1981. p. 129-138.
- SWANK, W.T.; GOEBEL, N.B. & HELVEY, J.D. Interception loss in loblolly pine stands of the South Carolina Piedmont. *Journal of Soil and Water Conservation*, Ankeny, 27(4): 160-164. 1972.
- ZINKE, P.J.. Forest interception studies in the United States. In: *International Symposium on Forest Hydrology*. Pergamon-Press, New York. 1967.