

BALANÇO HÍDRICO DE DUAS MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS NO LABORATÓRIO DE HIDROLOGIA FLORESTAL WALTER EMMERICH, SÃO PAULO*

Francisco Carlos Soriano ARCOVA**

Walter de Paula LIMA***

Valdir de CICCO**

RESUMO

O balanço hídrico das microbacias hidrográficas experimentais B e D do Laboratório de Hidrologia Florestal Eng. Agr. Walter Emmerich foi estudado para um período de seis anos. Os componentes determinados foram a precipitação e o deflúvio anual. Pela diferença entre ambos estimou-se a evapotranspiração, desconsiderando-se as variações de armazenamento de água no solo. A média anual da precipitação, do deflúvio e da evapotranspiração foram, respectivamente - microbacia B: 2013 mm, 1473 mm e 540 mm; microbacia D: 2159 mm, 1555 mm e 604 mm. Os resultados mostram que a floresta secundária de Mata Atlântica é conservativa em termos de consumo de água.

Palavras-chave: microbacias; balanço hídrico; evapotranspiração; hidrologia florestal; Mata Atlântica.

ABSTRACT

The water balance of B and D experimental watersheds in "Walter Emmerich Hydrologic Laboratory" was studied considering a period of six years. The measured components were annual precipitation and streamflow. From the difference between them it was estimated the evapotranspiration, neglecting the changes in soil moisture storage. The mean annual precipitation, streamflow and evapotranspiration, were respectively - B watershed: 2,013 mm, 1,473 mm and 540 mm; D watershed: 2,159 mm, 1,555 mm and 604 mm. The results demonstrates that Mata Atlântica forest is conservative in terms of water consumption.

Key words: small watersheds; water balance; evapotranspiration; forest hydrology; Mata Atlântica.

1 INTRODUÇÃO

A preocupação da humanidade frente a escassez iminente dos recursos hídricos e do conseqüente comprometimento do desenvolvimento econômico e social, faz-se presente de forma intensa nos nossos dias, a ponto de a "Agenda 21", documento base da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada em 1992 no Rio de Janeiro, dedicar um capítulo inteiro sobre o assunto.

As modificações no ambiente natural, com as transformações de florestas em cidades ou campos de agricultura e pastagem, contribuem para a alteração do ciclo hidrológico de bacias hidrográficas, agravando a situação acima exposta.

As porções altas do Vale do Paraíba apresentam relevo montanhoso e sofrem um processo gradativo de depauperamento de seus solos,

em função do uso inadequado. Historicamente, ao substituir-se a vegetação florestal natural pelo cultivo de cultura de café e, posteriormente, pelo uso na pecuária extensiva de leite com baixa produtividade, presente até nossos dias. Como conseqüência, estas áreas encontram-se em adiantado estágio de degradação, com acentuados processos erosivos e movimentos de solos, que provocam a sedimentação e assoreamento de cursos de água e reservatórios, mudança do regime de descarga dos rios e a deterioração da qualidade da água para diversos fins, comprometendo assim seus recursos hídricos.

O aproveitamento sustentado dos recursos hídricos gerados na região requer informações básicas sobre o comportamento da água nas suas microbacias e sobre os fatores que o influenciam, como clima, tipo de vegetação, solo, geologia e intervenções antrópicas.

(*) Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor, apresentada em 19/12/96 à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"- USP, Piracicaba e aceito para publicação em abril de 1998.

(**) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil.

(***) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Departamento de Ciências Florestais - USP, Caixa Postal 9, 13418-900, Piracicaba, SP, Brasil.

Pesquisas sobre os mecanismos do ciclo hidrológico em microbacias florestadas nesta região são conduzidas desde 1982, com a instalação do Laboratório de Hidrologia Florestal Eng. Agr. Walter Emmerich, do Instituto Florestal de São Paulo. Estudos sobre o balanço hídrico, o processo de interceptação das chuvas pela floresta, dinâmica da água no solo, dentre outros, têm produzido informações sobre a hidrologia da área (CICCIO *et al.*, 1985a; 1985b; 1986/88; 1989; CARVALHO *et al.*, 1992; CICCIO & FUJIEDA, 1992 e FUJIEDA *et al.*, 1993).

Todo estudo que envolve as relações floresta-recursos hídricos tem como ponto de partida a realização do balanço hídrico, estimando seus principais componentes. Do menor vale a maior bacia hidrográfica, sempre existe uma discreta área do terreno que recebe a água da chuva, evapora parte desta e produz a diferença como deflúvio ou recarga de água subterrânea (HEWLETT, 1982).

Uma microbacia instrumentada para a medição da precipitação e do deflúvio pode ser considerada como um grande lisímetro. Pela diferença entre estes dois componentes do ciclo hidrológico é possível estimar a evapotranspiração para qualquer período no qual o armazenamento de água inicial é igual ao final, isto é, a variação de armazenamento de água na bacia seja nula. Esta restrição freqüentemente possibilita o uso de bacias hidrográficas apenas para a estimativa da evapotranspiração de valores anuais (FEDERER, 1975). O período utilizado para tanto é aquele correspondente ao do ano hídrico.

Para que uma microbacia possa ser utilizada na determinação do balanço hídrico, é necessário que todos fluxos de água estejam sob controle, ou seja, que não haja possibilidades de vazamentos. Conforme LEE (1980), uma bacia hidrográfica pode estar sujeita a vazamentos de água de dentro para fora da bacia, como de outra bacia vizinha para o interior da bacia experimental. Outra possibilidade é a ocorrência de falhas no substrato rochoso da área.

A existência de vazamentos pode resultar na subestimativa ou superestimativa do deflúvio e conseqüentemente em erros na determinação da evapotranspiração. O emprego de microbacias experimentais com vazamento é um problema real na interpretação de dados de consumo de água pela vegetação,

conforme constatado por BRUIJNZEEL (1990). O autor menciona que muito da grande variação de resultados de evapotranspiração determinada em florestas tropicais, deve-se a vazamentos nas bacias hidrográficas utilizadas.

No contexto do balanço hídrico, o conhecimento das taxas anuais de evapotranspiração é de grande importância, uma vez que o rendimento hídrico de uma bacia hidrográfica é afetado pelo consumo total de água pela vegetação. Este componente do balanço pode mesmo suplantar a produção de água da bacia.

Resultados de estudos de evapotranspiração levantados por BRUIJNZEEL (1990) mostram uma grande amplitude de valores para florestas tropicais. Em geral, tanto para florestas de baixas altitudes quanto para florestas de montanha, as perdas anuais pela evapotranspiração ultrapassam a 1000 mm. No primeiro caso a média está próxima de 1400 mm. Para regiões de maiores altitudes a evapotranspiração tende a ser menor, em termos médios da ordem de 1200 mm.

LIMA (1993) analisando dados de balanço hídrico de microbacias em diversas regiões, observa que em regiões tropicais a evapotranspiração atinge um valor médio ao redor de 1500 mm/ano, e que florestas naturais de folhosas mistas de clima temperado, tendem a apresentar uma taxa média anual de evapotranspiração entre 1000 mm e 1100 mm, sob precipitação anual superior a 1500 mm.

O objetivo do presente estudo é determinar o balanço hídrico médio das microbacias B e D para um período de seis anos, estimando as perdas evaporativas anuais pela vegetação de Mata Atlântica.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Características do Meio Biofísico da Área de Estudo

O Laboratório de Hidrologia Florestal Eng. Agr. Walter Emmerich está situado no Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha, Município de Cunha, no limite entre a Serra do Mar e o Planalto Atlântico, no Estado de São Paulo. Dista aproximadamente 170 km da capital paulista e 15 km do Oceano Atlântico. Está localizado entre os paralelos 23° 13' e 23° 16' de Latitude Sul e os meridianos 45° 02' e 45° 05' de Longitude Oeste de Greenwich.

ARCOVA, F. C. S.; LIMA, W. de P. & CICCO, V. de. Balanço hídrico de duas microbacias hidrográficas no Laboratório de Hidrologia Florestal Walter Emmerich, São Paulo.

A área abrange uma parte do alto ao médio vale do rio Paraibuna, pertencente ao planalto de Paraitinga, no Planalto Atlântico. As nascentes do rio Paraibuna localizam-se a sudeste da cidade de Cunha, em compartimento mais interiorizado da Serra do Mar, em altitudes variando entre 1.300 m e 1.600 m (FURIAN, 1987).

Com área de 36,68 ha e 56,04 ha, as microbacias B e D distam aproximadamente 3 quilômetros entre si, sendo seus cursos de água tributários do rio Paraibuna (FIGURA 1).

O relevo da região é montanhoso, apresentando fortes oscilações topográficas, onde predominam altitudes superiores a 1.000 m e declividades de encostas acima de 15° (FURIAN & PFEIFER, 1986).

Os solos da região são predominantemente Latossolos e Cambissolos Álicos. FURIAN & PFEIFER (1986) classificam os solos do Laboratório como Latossolo Vermelho Amarelo Fase Rasa, provenientes de rochas duras, orientadas e de difícil decomposição, como gnaiesses, migmatitos e granitos.

As microbacias apresentam cobertura natural secundária de Mata Atlântica, resultado de exploração ocorrida há aproximadamente 45 anos. Há remanescentes de vegetação primária nos terrenos de maior declividade. O. T. Aguiar (comunicação pessoal) amostrou 102 espécies arbóreas e/ou arbustivas, pertencentes a 65 gêneros e 38 famílias, das quais se destacam Myrtaceae, Lauraceae, Solanaceae, Asteraceae e Melastomaceae.

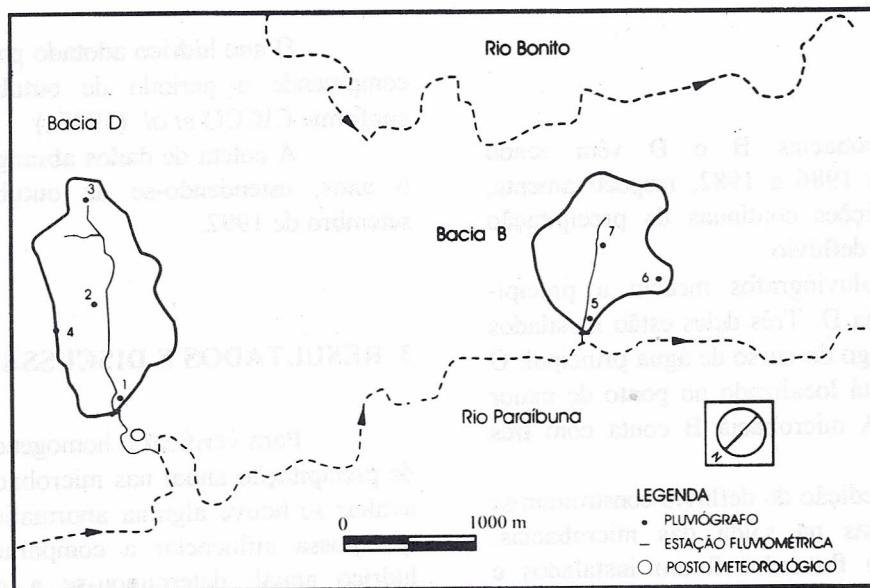


FIGURA 1 - Localização das microbacias B e D.

Massas de ar equatoriais e tropicais imprimem à área uma dinâmica climática caracterizada por um clima úmido, com fortes influências da altitude e dos efeitos orográficos da Serra do Mar (FURIAN, 1987).

A precipitação média anual de 12 anos, período compreendido entre outubro de 1982 a setembro de 1994, é de 2.241 mm, com valores extremos de 1.815 mm e 3.088 mm. O maior valor ocorreu em função de uma chuva de 430 mm em 24 horas, registrada entre os dias 23 e 24 de janeiro de 1985.

Com relação às chuvas locais, o ano pode ser dividido em um período caracterizado como úmido, que se estende de outubro a março (estação chuvosa) e um período caracterizado como seco ou pouco úmido, compreendendo os meses de abril a setembro.

Os tipos de precipitação são distintos em função da época do ano. As chuvas no período úmido são freqüentemente fortes e podem estar associadas a trovoadas, enquanto na estação seca ocorrem chuvas uniformes que podem se estender por todo o dia (JICA, 1986).

A temperatura média anual do ar é de 15,5 °C (média de 10 anos). As maiores temperaturas ocorrem em fevereiro, sendo julho o mês mais frio. Valores negativos podem ser registrados em alguns dias, durante os meses de junho e julho. As temperaturas médias de inverno e de verão estão em torno de 10 °C e 22 °C, respectivamente.

A umidade relativa média mensal do ar está entre 80% a 85% na estação chuvosa, sendo inferior a 80% para o restante do ano. Os ventos locais são fracos sendo a frequência de dias calmos correspondente a 50% do período observado (JICA, 1986). A ocorrência de nevoeiros densos é frequente. Normalmente se iniciam no começo da tarde, estendendo noite adentro, envolvendo toda a área do laboratório.

2.2 Metodologia

As microbacias B e D vêm sendo monitoradas desde 1986 e 1982, respectivamente, por meio de medições contínuas da precipitação pluviométrica e do deflúvio.

Quatro pluviógrafos medem a precipitação na microbacia D. Três deles estão instalados em clareiras ao longo do curso de água principal. O quarto aparelho está localizado no ponto de maior altitude da área. A microbacia B conta com três pluviógrafos.

Para a medição do deflúvio construíram-se estações linimétricas na saída das microbacias. Linígrafos do tipo flutuador foram instalados e medem continuamente as variações da altura da lâmina de água nos vertedores de cada estação.

A conversão dos valores de altura da lâmina da água em descarga das microbacias B e D é realizada por meio da curva chave dos vertedores, conforme as equações 1 e 2:

$$Q = 0,0180 \cdot (H)^{2,4887} \dots\dots\dots(1)$$

$$Q = 2,9148 \cdot (H)^{1,6983} \dots\dots\dots(2)$$

onde,

Q = descarga (vazão) em litros/segundo;

H = altura da lâmina da água em centímetros.

Considerando que as microbacias B e D não apresentam vazamentos e tomando o período de 12 meses do ano hidrológico, o balanço hídrico anual é determinado pela equação 3:

$$P = Q + ET \dots\dots\dots(3)$$

onde,

P = quantidade de precipitação (mm);

Q = deflúvio (mm);

ET = evapotranspiração (mm).

O ano hídrico adotado para o Laboratório compreende o período de outubro a setembro, conforme CICCO *et al.* (1985a).

A coleta de dados abrange um período de 6 anos, estendendo-se de outubro de 1986 a setembro de 1992.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para verificar a homogeneidade dos dados de precipitação anual nas microbacias, isto é, para avaliar se houve alguma anormalidade no período que possa influenciar a comparação do balanço hídrico anual, determinou-se a curva de dupla massa deste parâmetro hidrológico (FIGURA 2).

Uma avaliação visual do gráfico sugere uma elevada consistência da precipitação entre as duas áreas. Os dados acumulados da precipitação anual de uma microbacia versus os dados acumulados da mesma variável da outra microbacia alinham-se linearmente, não havendo qualquer alteração da inclinação da reta que poderia ser causada por mudanças na relação das variáveis.

Portanto, as duas microbacias apresentam registros anuais de precipitação com adequada consistência para a realização de estudos hidrológicos comparativos. Também, não se detecta qualquer mudança natural de comportamento entre as duas microbacias ano após ano para este parâmetro.

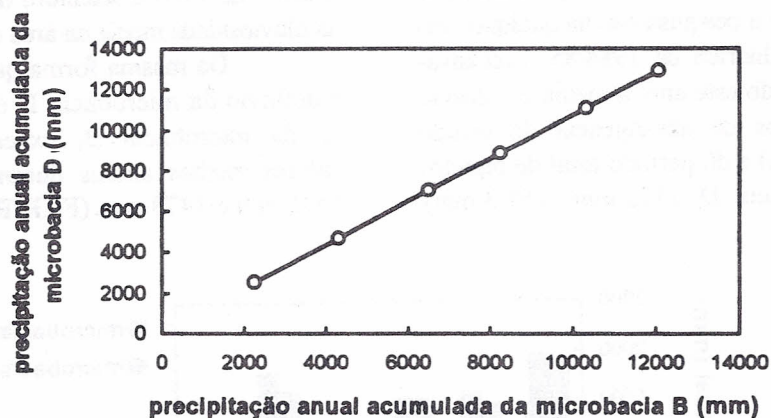


FIGURA 2 - Curva de dupla massa da precipitação anual das microbacias B e D.

A FIGURA 3 mostra a distribuição das precipitações anuais das microbacias. A microbacia D apresenta precipitação ligeiramente superior, não excedendo mais que 12% da precipitação da microbacia B. As médias anuais durante o período são 2159 mm e 2013 mm, respectivamente.

Observa-se uma grande variação entre anos úmidos e anos mais secos, com uma amplitude de 737 mm para a microbacia D e 515 mm para a microbacia B. O desvio padrão da média para a precipitação da microbacia B é de 201 mm e para a microbacia D é 272 mm, correspondendo a 10% e 13% dos valores médios, respectivamente.

A diferença de precipitação entre as duas microbacias é explicada parcialmente, pela localização das áreas em relação à proximidade do oceano e também em função dos efeitos orográficos da Serra do Mar. A microbacia D está localizada próxima do limite da Serra do Mar com o Planalto Atlântico. Conseqüentemente, esta bacia sofre intensamente os efeitos orográficos da Serra do Mar, recebendo diretamente massas de ar carregadas de umidade vindas do oceano. A microbacia B, ao contrário, está situada mais no interior do Planalto Atlântico. Nesta área, seu limite se faz com a bacia do rio Bonito, sendo os efeitos orográficos menos acentuados.

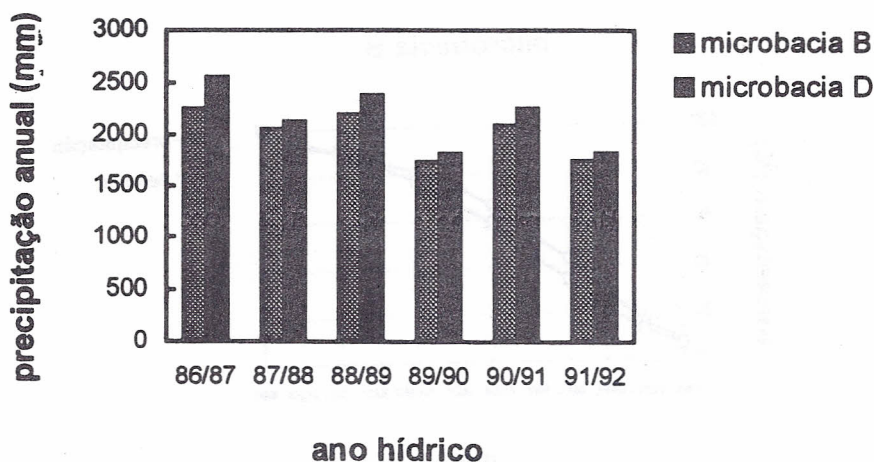


FIGURA 3 - Precipitação anual das microbacias B e D.

Em comparação com um período mais prolongado de registro de chuvas no laboratório verifica-se que durante a pesquisa não há qualquer ano atípico, como o ano hídrico de 1984/85, excessivamente úmido. Excluindo este ano, a média e o desvio padrão dos seis anos de abrangência do estudo (2159 mm; 271,5 mm) e do período total de registro de chuvas da microbacia D (2132 mm; 257,3 mm)

são praticamente os mesmos. Portanto, o período de outubro de 1986 a setembro de 1992 é representativo da pluviosidade média da área experimental.

Da mesma forma que para a precipitação, o deflúvio da microbacia D é ligeiramente superior ao da microbacia B, excedendo-o em 7%. Os valores médios anuais durante o experimento são 1555 mm e 1473 mm (FIGURA 4).

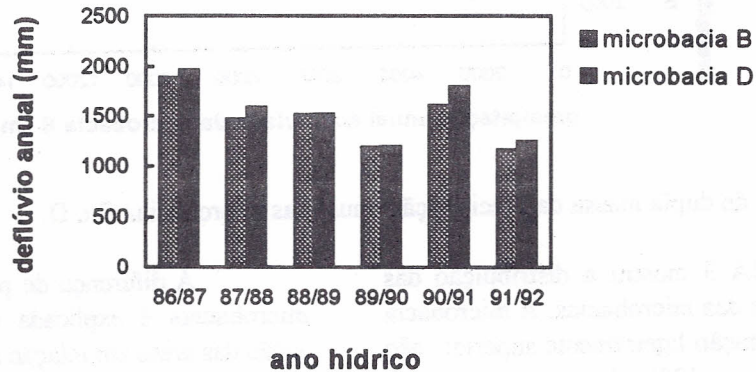


FIGURA 4 - Deflúvio anual das microbacias B e D.

As variações sazonais da precipitação e do deflúvio em ambas as áreas, expressas como percentual da precipitação e do deflúvio mensal acumulados, são ilustradas nas FIGURAS 5 e 6.

Aproximadamente 65% da precipitação ocorre durante a estação úmida, com o restante das chuvas alcançando as bacias no período seco. Quanto ao deflúvio, não há grande diferença no montante que deixa as bacias entre as duas

épocas do ano. Cerca de 55% do volume total de água deixa as microbacias na estação das chuvas e 45% no período de menor precipitação.

As quantidades anuais de água evapotranspirada das áreas experimentais constam da FIGURA 7. Os valores médios são de 540 mm para a microbacia B e 604 mm para a microbacia D. É observada uma grande variação de ano para ano, com desvio padrão da média da ordem de 20%.

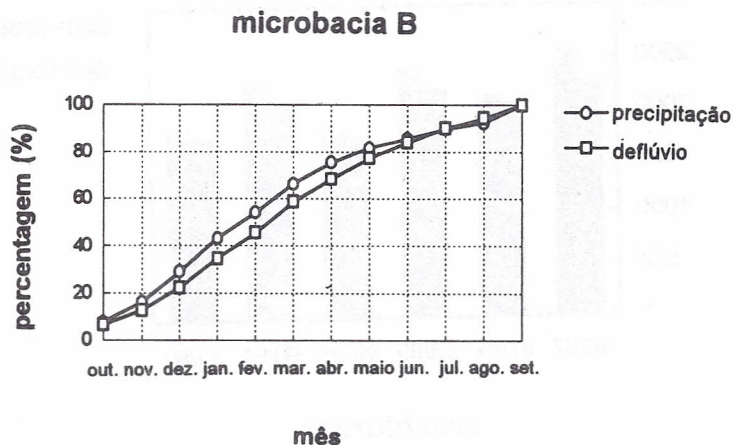


FIGURA 5 - Precipitação e deflúvio mensal médio acumulados, expressos como percentuais dos totais anuais da microbacia B.

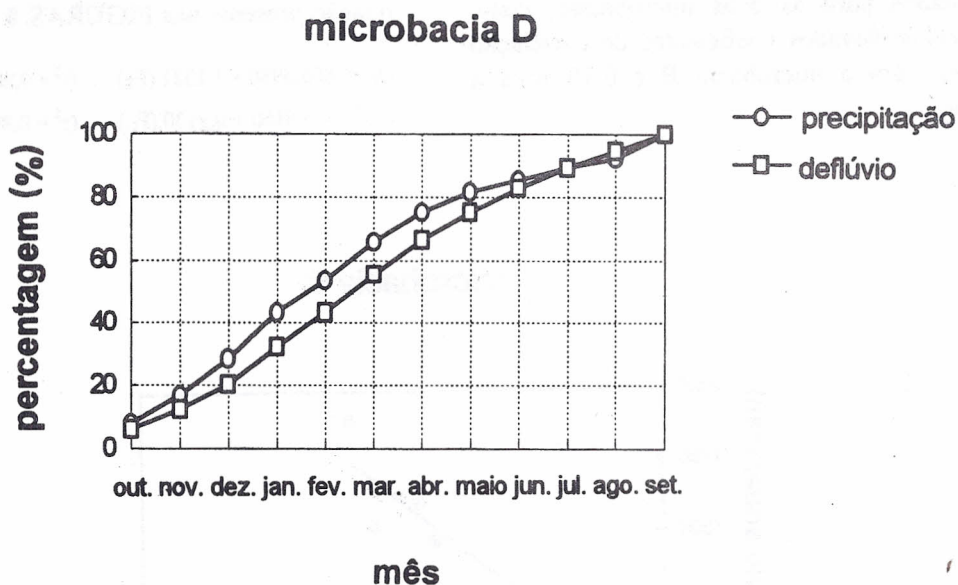


FIGURA 6 - Precipitação e deflúvio mensal médio acumulados, expressos como percentuais dos totais anuais da microbacia D.

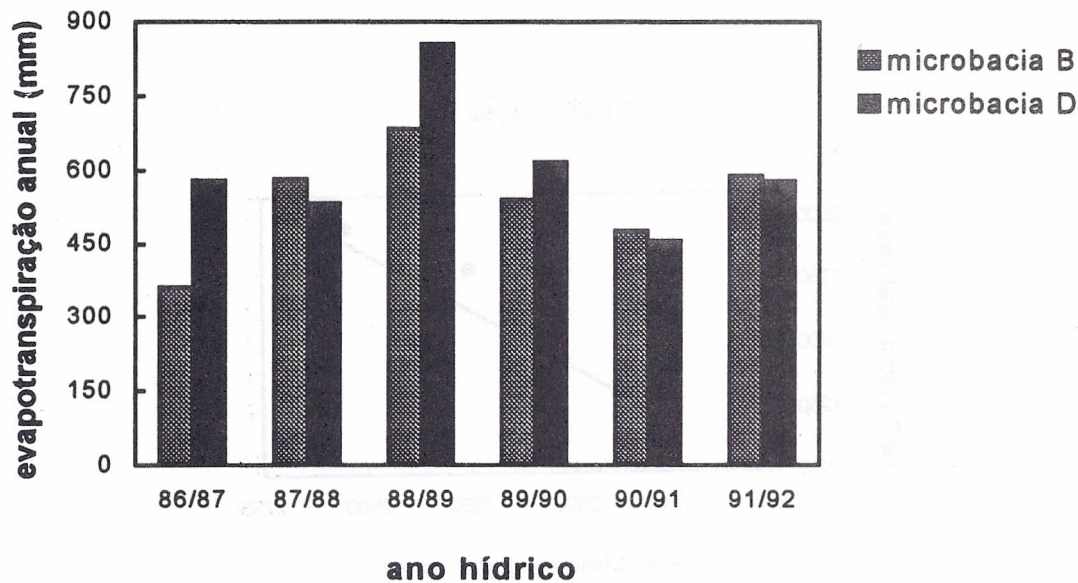


FIGURA 7 - Evapotranspiração anual das microbacias B e D.

Há uma clara tendência de aumento do deflúvio anual com a precipitação. Estes dois componentes do balanço hídrico são altamente correlacionados para as duas microbacias, como expresso pelos elevados coeficientes de correlação (r) de 0,92 para a microbacia B e 0,90 para a microbacia D.

O deflúvio e a precipitação anual das microbacias são relacionados linearmente pelas equações 4 e 5, com a representação gráfica desta relação presente nas FIGURAS 8 e 9.

$$Q_B = -805,3936 + 1,1321.(P_B) \quad (r^2 = 0,8072) \dots\dots\dots(4)$$

$$Q_D = -415,8160 + 0,9130.(P_D) \quad (r^2 = 0,8065) \dots\dots\dots(5)$$

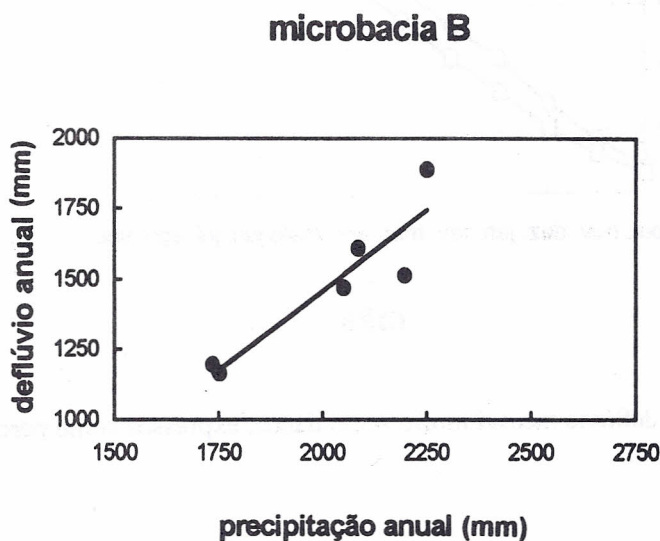


FIGURA 8 - Relação entre a precipitação e o deflúvio anual da microbacia B.

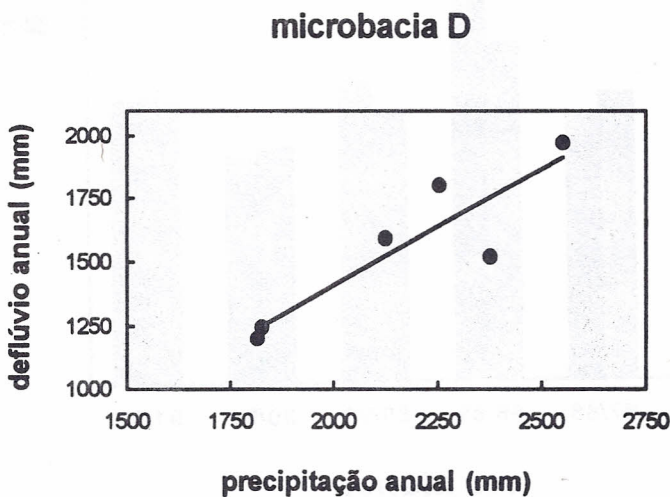


FIGURA 9 - Relação entre a precipitação e o deflúvio anual da microbacia D.

A evapotranspiração, por outro lado, mostra-se pouco correlacionada com a precipitação, isto é, não é percebida qualquer tendência de comportamento

entre a entrada de água e as perdas evaporativas anuais (FIGURAS 10 e 11). Os coeficientes de correlação não superam o valor de 0,24 da microbacia B.

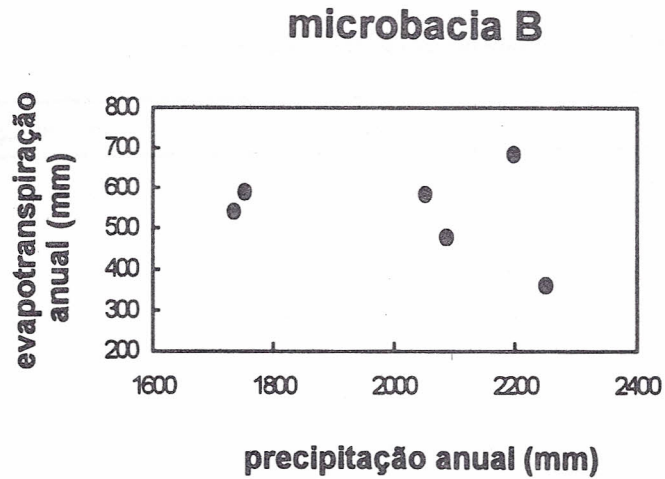


FIGURA 10 - Relação entre a precipitação e a evapotranspiração anual da microbacia B.

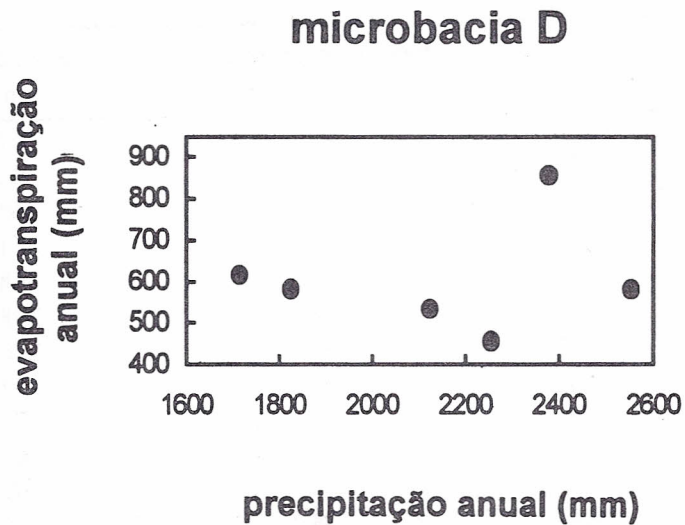


FIGURA 11 - Relação entre a precipitação e a evapotranspiração anual da microbacia D.

Uma síntese do balanço hídrico das microbacias é mostrada na TABELA 1. Em decorrência das baixas taxas evaporativas, da ordem de 30%, a produção hídrica na área é bastante elevada, com cerca de 70% de toda a água que chega às microbacias pelas chuvas, contribuindo para o deflúvio anual, confirmando resultados de trabalhos realizados anteriormente

na microbacia D, (CICCIO *et al.*, 1985a, CICCIO *et al.*, 1985b e CICCIO *et al.*, 1989).

Os resultados semelhantes das duas microbacias indicam que não ocorrem vazamentos significativos que possam influenciar na interpretação de dados de consumo de água pela vegetação e também de produção hídrica das microbacias, conforme ressaltado por LEE (1980) e BRUIJNZEEL (1990).

TABELA 1 - Balanço hídrico médio anual das microbacias B e D.

	mm +/- Sx	Porcentagem do total (%)
Microbacia B		
Precipitação	2012,8 +/- 201,0	100,0
Deflúvio	1473,3 +/- 247,4	73,2
Evapotranspiração	539,5 +/- 100,7	26,8
Microbacia D		
Precipitação	2158,6 +/- 271,5	100,0
Deflúvio	1555,1 +/- 276,0	72,0
Evapotranspiração	603,5 +/- 123,7	28,0

As reduzidas perdas evaporativas das microbacias são confirmadas pela estimativa da evapotranspiração potencial da microbacia D, obtida pelo método

de THORNTHWAITE & MATHER (1955), a partir de 10 anos de dados, período compreendido entre outubro de 1982 a setembro de 1992 (TABELA 2).

TABELA 2 - Temperatura do ar, evapotranspiração potencial (THORNTHWAITE & MATHER, 1955) e precipitação da microbacia D.

Mês	Temperatura (°C)	Evapotranspiração potencial (mm)	Precipitação (mm)
outubro	16,2	63	167
novembro	17,9	76	193
dezembro	18,7	87	285
janeiro	20,1	97	351
fevereiro	19,8	82	248
março	19,4	83	298
abril	17,4	63	210
maio	15,2	49	122
junho	12,9	35	74
julho	12,2	34	82
agosto	13,2	40	68
setembro	14,4	48	178
Total		757	2276

A evapotranspiração anual média de 757 mm corresponde a 33% da precipitação, portanto, de uma ordem de grandeza bastante próxima da evapotranspiração estimada pelo método da bacia hidrográfica. Assim, pode-se inferir que as condições climáticas da região de Cunha são favoráveis para que as taxas de evapotranspiração local sejam baixas. Temperaturas pouco elevadas em boa parte do ano, alto teor de umidade relativa do ar e presença de nevoeiros intensos são fatores que devem contribuir para tal comportamento.

Comparativamente à grande parte dos resultados obtidos em regiões tropicais a evapotranspiração das microbacias B e D é significativamente menor, conforme resultados compilados de BRUIJNZEEL (1990), TABELA 3. Em relação àquelas florestas que o autor chamou de "cloud forests", caracterizadas pelo processo de contato das nuvens com as copas das árvores, a evapotranspiração média das duas microbacias é superior.

Não obstante, as menores taxas de evapotranspiração estão muito próximas dos valores registrados para estes tipos de florestas, isto é 378 mm para a microbacia B e 457 mm para a microbacia D. Assim, a vegetação natural desta região da Serra do Mar tende a ser incluída na mesma "classificação" de florestas, com nevoeiros intensos por períodos prolongados e reduzidas perdas evaporativas.

Pode-se depreender face aos resultados obtidos que a vegetação das microbacias B e D consome água de forma bastante conservativa, quando comparada com grande parte das florestas tropicais e florestas temperadas de clima úmido.

O elevado rendimento hídrico das microbacias, aliado a um regime hidrológico dos rios bastante estável durante todo o ano, demonstram que a região deve ser considerada estratégica do ponto de vista do suprimento de água para o Vale do Paraíba e Litoral Norte do Estado de São Paulo.

TABELA 3 - Evapotranspiração anual de florestas tropicais (adaptado de BRUIJNZEEL, 1990).

Local	Precipitação (mm)	Evapotranspiração (mm)
Florestas de baixa altitude		
Reserva Ducke, Brasil	2648	1311
Grégoire II, G. Francesa	3697	1437
Barro Colorado, Panamá	2425	1440
Tai II, Ivory Coast	1986	1363
Babinda, Austrália	4037	1421
Tonka, Suriname	2143	1630
Florestas de montanha		
Sierra Nevada, Colômbia	1983	1265
idem	2316	308 ^c
San Eusébio, Venezuela	1576	980
Rio Macho, Costa Rica	2697	366 ^c
Kericho, Kenya	2130	1337
Perinet, Madagascar	2081	1295
Mbeya, Tanzânia	1924	1381
Mt. Data, Filipinas	3382	392 ^c

Sobrescrito "c" significa "cloud forests".

4 CONCLUSÕES

As microbacias apresentam comportamento semelhante quanto ao balanço hídrico anual. A média de seis anos para os componentes precipitação, deflúvio e evapotranspiração são respectivamente, microbacia B: 2013 mm, 1473 mm e 540 mm; microbacia D: 2159 mm, 1555 mm e 604 mm.

As microbacias são conservativas quanto ao consumo de água. Em comparação com outras florestas de clima tropical, a evapotranspiração anual da vegetação de Mata Atlântica do local é normalmente inferior.

As microbacias apresentam um regime de descarga bastante regular durante todo o ano hídrico. Em média a produção de água no período das chuvas supera em apenas 10% a produção hídrica no período mais seco.

Estudos específicos sobre o processo de evapotranspiração da vegetação de Mata Atlântica na região de Cunha devem ser empreendidos, uma vez que o consumo total de água da mesma apresenta-se bastante reduzido. Uma avaliação da influência ou não dos freqüentes nevoeiros sobre a evapotranspiração deve ser considerada. Também a quantificação da precipitação horizontal, resultado da retenção da água dos densos nevoeiros que interagem com a floresta, como componente da entrada de água para as microbacias, merece esforços nas pesquisas envolvendo o balanço hídrico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRUIJNZEEL, L. A. 1990. *Hydrology of moist tropical forests and effects of conversion: a state of knowledge review*. Amsterdam, Free University Amsterdam/UNESCO, Humid Tropics Programme Publication, Free University. 224p.

CARVALHO, J. L. de; CICCIO, V. de & FUJIEDA, M. 1992. Algumas propriedades físicas dos solos na bacia hidrográfica experimental "D" no Núcleo Cunha - SP. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2, São Paulo-SP, mar./abr., 1992. *Anais... Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, 4:753-759. Pt. 3. (Edição Especial)

CICCIO, V. de *et al.* 1985a. Projeto de pesquisas hidrológicas em floresta natural na Reserva Estadual de Cunha - determinação do balanço hídrico. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS. A INFLUÊNCIA DAS FLORESTAS NO MANEJO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS, 11, Curitiba-PR, fev. 7-8, 1984. *Anais... Curitiba, EMBRAPA/PNPF*. p. 135-142. (Documentos, 16)

CICCIO, V. de *et al.* 1985b. Determinação do balanço hídrico com emprego de bacia hidrográfica experimental em mata natural secundária. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS E SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS EM REGIÕES METROPOLITANAS, 6, São Paulo-SP, nov. 11-14, 1985. *Anais... São Paulo, Associação Brasileira de Hidrologia e Recursos Hídricos*. p. 234-246. Pt. 3.

CICCIO, V. de *et al.* 1986/88. Interceptação das chuvas por floresta natural secundária de Mata Atlântica - SP. *Silvic. S. Paulo*, São Paulo, 20/22: 25-30.

CICCIO, V. de; ARCOVA, F. C. S. & SHIMOMICHI, P. Y. 1989. Estimativa da evapotranspiração em bacia hidrográfica com floresta natural secundária de Mata Atlântica - São Paulo. *Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, 1(2):43-54.

CICCIO, V. de & FUJIEDA, M. 1992. Pesquisa em manejo de bacias hidrográficas em São Paulo. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2, São Paulo-SP, mar./abr. 29-3, 1992. *Anais... Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, 4:808-815. Pt. 3. (Edição Especial)

FEDERER, C. A. 1975. Measuring forest evapotranspiration - theory and problems. In: ESCHNER, A. R. & BLACK, P. E. (ed.) *Readings in forest hydrology*. New York, MSS Information Corporation. p. 159-184.

FUJIEDA, M.; KUDOH, T. & MASHIMA, Y. 1993. Hydrological processes in the Serra do Mar, São Paulo, Brazil. In: HYDROLOGY OF WARM HUMID REGIONS, Yokohama, July, 1993. *Proceedings... International Association of Hydrological Sciences*. p. 43-51. (Publication, 216)

FURIAN, S. M. & PFEIFER, R. M. 1986. Levantamento de reconhecimento do meio físico do Núcleo Cunha, SP. *Bol. Técn. IF*, São Paulo, 40(2):183-193.

ARCOVA, F. C. S.; LIMA, W. de P. & CICCIO, V. de. Balanço hídrico de duas microbacias hidrográficas no Laboratório de Hidrologia Florestal Walter Emmerich, São Paulo.

- FURIAN, S. M. 1987. *Estudo geomorfológico do escoamento superficial em parcelas experimentais no Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha/SP. Um esboço metodológico*. São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. 187p. (Dissertação de Mestrado)
- HEWLETT, J. D. 1982. *Principles of forest hydrology*. Athens, The University of Georgia Press. 183p.
- JICA - JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY. 1986. *Synthetic report of the japanese technical cooperation project for the forestry research in São Paulo, Brazil*. São Paulo, Japan International Cooperation Agency. 555p.
- LEE, R. 1980. *Forest hydrology*. New York, Columbia University Press. 349p.
- LIMA, W. P. de. 1993. *Impacto ambiental do eucalipto*. 2cd. São Paulo, EDUSP. 301p.
- THORNTHWAITE, C. W. & MATHER, J. R. 1955. *The water balance*. Centerton, Drexel Institute of Technology. 86p. (Publications in Climatology)