

# PESQUISA EM MANEJO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS EM SÃO PAULO

Valdir de CICCIO<sup>1</sup>  
Motohisa FUJIEDA<sup>2</sup>

## RESUMO

Este trabalho descreve alguns resultados de pesquisa em bacia hidrográfica experimental no Laboratório de Hidrologia Florestal "Eng. Agr. Walter Emmerich", São Paulo - Brasil. As medições de descarga na bacia hidrográfica D (56,04 ha) com cobertura de Floresta Atlântica começaram em 1982. Medições de interceptação das copas e escoamento superficial para a área foram também conduzidos para quantificar individualmente os componentes do ciclo hidrológico. O escoamento durante oito anos hídricos (1983-1990) bem como a interceptação das copas e dados do escoamento superficial foram analisados, para o melhor entendimento dos processos hidrológicos e o efeito da cobertura florestal sobre estes processos nas cabeceiras do Rio Paraibuna.

**Palavras-chave:** bacia hidrográfica, escoamento, interceptação, balanço hídrico, precipitação.

## 1 INTRODUÇÃO

A área florestal do Estado de São Paulo decresceu de 81,8% para 8,3% com a expansão da agricultura, SERRA FILHO et alii (1975). O desenvolvimento inicial das plantações de café estava localizado no Vale do Paraíba, na porção leste do Estado. Extensas fazendas nesta região causaram problemas ambientais como erosão do solo e sedimentação nos rios e reservatórios. Esse problema induzido pelo ser humano foi exacerbado por enchentes e secas, as quais naturalmente ocorrem na região, JICA (1980).

O Instituto Florestal de São Paulo está implementando projetos de conservação do solo e da água, através do reflorestamento e da conservação das florestas naturais. Ao mesmo tempo, os projetos de pesquisa poderão fornecer dados científicos para a legislação do manejo de bacias hidrográficas. Sob estas circunstâncias o projeto de pesquisa em manejo de bacias hidrográficas em São Paulo teve seu início em 1979 pelo Instituto Florestal através da cooperação técnica com a Agência Japonesa de Cooperação Internacional (JICA). O projeto implantado no Laboratório de Hidrologia Florestal "Eng. Agr. Walter Emmerich", localizado no Núcleo Cunha do Parque Estadual da Serra do

## ABSTRACT

This paper deals with some results of a watershed experiment at the Cunha Forestry Hydrologic Laboratory, São Paulo, Brazil. Stream gauging at D-watershed (56.04 ha) covered with the Atlantic forest commenced in 1982. Measurements of crown interception and surface runoff from a hillslope were also conducted to quantify individual components of hydrologic cycle. Streamflow during the eight water years (1983-1990) as well as crown interception and surface runoff data were analyzed to better understand the hydrologic processes and the effect of forest cover on these processes in the headwaters.

**Key words:** watershed, runoff, interception, water year, rainfall.

Mar, situado nas cabeceiras do Rio Paraibuna, tributário do Rio Paraíba do Sul, tem por objetivos avaliar os processos hidrológicos e os recursos hídricos em bacias com cobertura florestal.

O Laboratório consiste em duas estações fluviométricas (bacias hidrográficas B e D), três lisímetros, três áreas experimentais para escoamento superficial e medição de sedimentos e uma estação meteorológica. A área de estudo é usada não só por pesquisadores do Instituto Florestal, mas também por professores e estudantes universitários para suas pesquisas. Este projeto tem contribuído para a transferência de tecnologia no manejo de bacias hidrográficas no país e no exterior.

O objetivo deste trabalho é fazer uma revisão e um sumário de alguns resultados dos experimentos na bacia hidrográfica experimental D, com o propósito de entender os processos hidrológicos e o efeito da cobertura florestal. A influência da floresta sobre a qualidade da água, será descrita posteriormente.

## 2 DESCRIÇÃO DA ÁREA

O Laboratório está localizado na Serra do Mar, no Estado de São Paulo, Brasil, latitude 23° 13'S, longitude 45° 01'W, FIGURA 1. Segundo Koppen, o clima da área

(1) Instituto Florestal - C.P. 1322 - 01059 São Paulo, SP - Brasil.

(2) Forestry and Forest Products Research Institute - Japan.

é classificado como do tipo Cwa, clima subtropical úmido com precipitações em todas as estações, com a máxima no verão. A região é coberta com Floresta Atlântica, sendo que sua altitude varia de 800 m a 1500 m. A precipitação média anual na estação meteorológica é de 2391 mm e 71% da precipitação anual ocorre durante a estação chuvosa, outubro a março. A temperatura média anual é 16,5°C, todavia, as temperaturas médias máxima e mínima, no inverno são 20,6°C e 6,6°C, e no verão 26,3°C e 16,0°C, respectivamente.

A rocha matriz na área é composta de gnaiss e xisto cristalino do período pré-cambriano. Nas vertentes os solos são oxisoils com estreito horizonte A (até 30 cm) contendo matéria orgânica e o horizonte B (70 a 200 cm) com alto nível de sesquióxidos saprolíticos na linha abaixo da manta do solo. A TABELA 1 mostra algumas características fisiográficas das bacias hidrográficas B e D. Maiores detalhes por FURIAN & PFEIFER (1986).

TABELA 1 - Algumas características fisiográficas das bacias hidrográficas B e D.

Nome da bacia	B	D
Área de drenagem	36,68	56,04
Altitude (m)	1025-1199	1048-1222
Declividade média	0,332	0,468
Comprimento do canal (m)	920	1260
Fator de forma	0,433	0,353

### 3 MÉTODO DE ESTUDO

Em experimentos de bacias hidrográficas é preciso quantificar individualmente os componentes do ciclo hidrológico antes dos tratamentos nas bacias hidrográficas (período de calibragem). As seguintes medições hidrológicas foram implementadas para calibração:

#### 3.1 Precipitação

Foram instalados quatro pluviógrafos (capacidade 0,5 mm; tipo caçamba) com o objetivo de calcular a precipitação média, avaliando a variação local da distribuição da precipitação que tem influência dos ventos marítimos. Os diagramas dos pluviógrafos são coletados com intervalo de três meses. A precipitação média foi calculada pelo método dos Polígonos de Thiessen, SHIMOMICHI et alii (1987).

#### 3.2 Interceptação pelas copas

Uma área experimental para estudo da interceptação de 400 m<sup>2</sup> foi instalada em uma vertente com cobertura florestal secundária típica da região. A precipitação interna foi medida através de 16 pluviômetros com diâmetro de 20 cm, os quais foram instalados em intervalos de 5 metros. O escoamento pelo tronco foi medido

instalando-se dispositivos em torno dos troncos de nove árvores. A precipitação total foi medida em área aberta utilizando-se um pluviômetro semelhante àquele utilizado para a precipitação interna. O escoamento pelo tronco foi estimado multiplicando-se sua média pelo número total de árvores da parcela e dividindo-se pela sua área. A interceptação pelas copas é igual à precipitação total menos a soma da precipitação interna e do escoamento pelo tronco.

#### 3.3 Medição do escoamento superficial

Três áreas experimentais (A, B, e C) para medições do escoamento superficial e sedimentos foram construídas sobre uma vertente com cobertura de gramíneas. As declividades médias das áreas A, B, e C são 18,0°; 14,5° e 17,5°, respectivamente. Cada área tem 30 x 20 metros. Os lados e a parte superior das áreas foram delineadas por placas de concreto e o escoamento superficial e sedimentos foram coletados em uma calha com 0.8 metros de profundidade e mesma largura na base da área experimental. O volume do escoamento superficial foi medido por um equipamento tipo caçamba, com capacidade de 1000 cc com registrador automático. O escoamento superficial foi expresso como o equivalente da altura da água (mm), dividindo-se o volume de água pela área experimental.

#### 3.4 Estação fluviométrica

A estação fluviométrica construída na bacia hidrográfica D é um canal trapezoidal com 20 mm de comprimento com 0,90 m de base menor e 2,0 m de altura. O canal é ligado por um tubo conector. A altura da lâmina d'água foi registrada por um linígrafo automático e a carta de registro substituída em intervalos mensais. A curva-chave, equação que converte altura da lâmina d'água em vazão foi determinada pela medida da velocidade do canal próximo à estação medidora usando-se um pequeno molinete. A seguinte equação foi obtida pelo método dos mínimos quadrados:

$$Q = 2.9148 H^{1,6983} \quad (R = 0.9983), \dots (1)$$

onde: Q = vazão (l/s)

H = altura da lâmina d'água (cm)

O escoamento superficial diário é expresso como um equivalente da altura de água (mm), dividindo-se a vazão total pela área da bacia. Detalhes de medições hidrológicas e cálculos de escoamento são dados por CICCIO et alii (1987).

#### 3.5 Análise de hidrogramas

A separação do hidrograma em escoamento superficial direto e escoamento básico, separação do escoamento básico, foi conduzida pelo desenho de uma linha reta do ponto de ascensão para o ponto característico de recessão, CHOW (1964). Apesar da separação do esco-

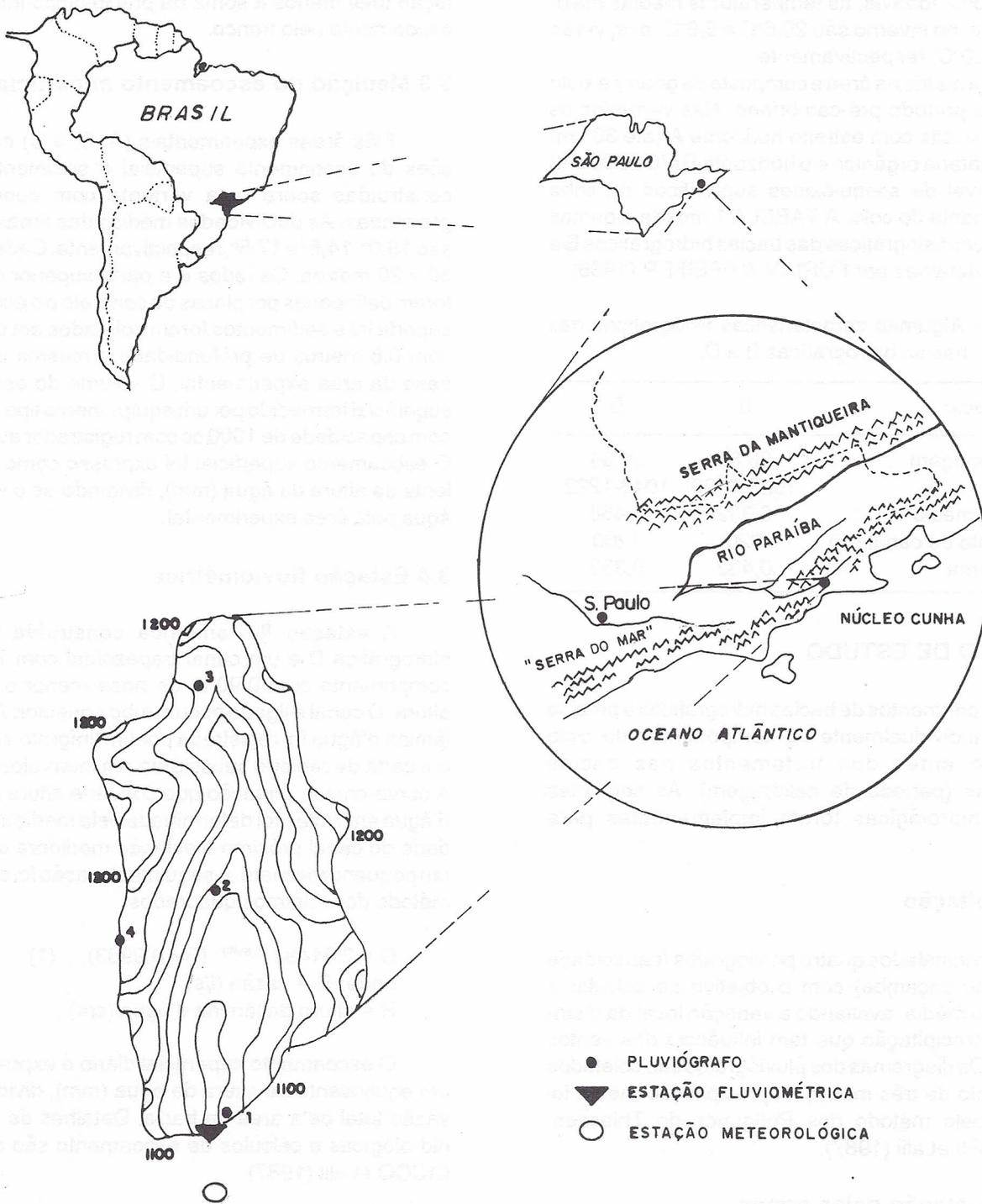


FIGURA 1 - Localização do núcleo de pesquisa e mapa planialtimétrico da bacia hidrográfica D.

amento básico, foi conduzida pelo desenho de uma linha reta do ponto de ascensão para o ponto característico de recessão, CHOW (1964). Apesar da separação do escoamento básico ser arbitrária, o uso do método é consistente e provém da prática e metodologia simples, SWIFT et alii (1987). A separação do hidrograma foi feito para todos os eventos chuvosos durante os oito anos hídricos. O escoamento superficial direto mensal é obtido somando-se o escoamento superficial direto de cada evento através da análise dos hidrogramas. O escoamento básico mensal é obtido pela subtração do escoamento superficial mensal do escoamento superficial direto mensal. A razão do escoamento superficial direto mensal (f) é calculada dividindo-se o escoamento superficial direto mensal pela precipitação mensal. O escoamento superficial é expresso em precipitação equivalente, em mm. O ano hídrico de 1983 é definido como o período de 1 de outubro de 1982 a 30 de setembro de 1983.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Precipitação da área

Visto que os ventos dominantes são para Sudeste, do Oceano Atlântico para a Serra do Mar, a precipitação tende a aumentar com o aumento da altitude ao longo do eixo Noroeste-Sudeste do canal principal. A TABELA 2 mostra a precipitação anual da estação meteorológica e da bacia hidrográfica D. O pluviômetro N° 4 instalado sobre o cume na porção Norte-Centro da bacia, mostra que tem a mesma precipitação que o pluviômetro N° 1. A precipitação nos quatro pontos foi analisada usando-se os métodos Aritmético e Polígonos de Thiessen para calcular a precipitação média da área, SHIMOMICHI et alii (1987).

TABELA 2 - Precipitação anual na bacia hidrográfica D

Pluviômetro	Altitude (m)	1983 (mm)	1984 (mm)	1985 (mm)
Est. Met.	1045	2337,5	-	-
N° 1	1045	2289,5	1647,1	3149,0
N° 2	1080	2518,5	1718,1	3002,0
N° 3	1145	2648,2	1775,1	3074,0
N° 4	1185	-	1515,2	2956,6

(-) Falha

A precipitação média mensal estimada pelo método Aritmético é cerca de 1,3% mais alto do que o método de Thiessen. A relação da média Aritmética (Pa) e o Polígono de Thiessen (Pt) é mostrado pela seguinte equação:

$$Pt = -3,386 + 0,981 Pa \dots\dots(2)$$

$$R = 0,996$$

A relação entre a estação meteorológica (pm) e o método dos Polígonos de Thiessen é mostrado na equação abaixo:

$$Pt = 6,360 + 1,041 Pm \dots\dots(3)$$

$$R = 0,987$$

A equação 3 mostra que o pluviômetro da estação meteorológica subestima a precipitação da bacia hidrográfica D quando comparada com o Polígono de Thiessen. Este resultado indica o problema de estimativa da precipitação por uma só estação medidora, em bacia hidrográfica menor do que 1 km<sup>2</sup>.

### 4.2 Interceptação pelas copas

Foi medida a interceptação de 9 de janeiro de 1983 a 20 de janeiro de 1984, onde 51 eventos foram registrados CICCIO et alii (1986/88). O volume da precipitação total (Pg), precipitação interna (Pt), escoamento pelo tronco (Ps) e interceptação (Ic) e a percentagem de Pg são mostrados na TABELA 3.

TABELA 3 - Interceptação pelas copas na área experimental

	Volume (mm)	Porcentagem (%)
Precipitação total	2252,6	100,0
Precipitação interna	1816,8	80,7
Escoamento pelo tronco	25,2	1,1
Interceptação	410,6	18,2

As regressões entre precipitação total e os outros parâmetros são as seguintes:

$$Pt = -0,0210 + 0,8072 Pg (R = 0,9987) \dots (4)$$

$$Ps = -0,0508 + 0,0120 Pg (R = 0,8584) \dots (5)$$

$$Ic = 0,1405 + 0,1804 Pg (R = 0,9744) \dots (6)$$

A TABELA 4 contém resultados de interceptação para alguns tipos de floresta tropical no Brasil, CICCIO et alii (1986/88). A interceptação varia de 5% a 27,3% dependendo do tipo de floresta. A interceptação em Cunha é intermediária com respeito aos valores citados e é muito próximo ao da Floresta de Terra Firme (Floresta Amazônica). Já que as medições em Cunha foram conduzidas em floresta natural, a diferença entre os pluviômetros que mediram a precipitação interna alcançou altos valores. O total da precipitação interna alcançado por cada pluviômetro durante o período variou de 68% a 98% da precipitação total (média = 0,828; desvio padrão = 0,096). Segundo HEWLETT (1982), cerca de dez pluviômetros são necessários para obter uma média exata na medição da precipitação no aberto. Por conseguinte, os resultados medidos na área experimental acreditamos ser de similar exatidão comparado com os resultados mostrados na TABELA 4.

### 4.3 Escoamento superficial

O escoamento superficial da área experimental A

TABELA 4 - Interceptação pelas copas em floresta tropical no Brasil.

Local	Tipo de floresta	Pt (%)	Ps (%)	Ic (%)
Amazonas	Floresta de Terra Firme	81,8	-	18,2
Amazonas	Floresta de Terra Firme	77,7	0,3	22,0
Viçosa	Floresta Natural Secund.	87,4	0,2	12,4
Agudos	Cerradão	72,7	-	27,3
São Manuel	Cerradão	80,5	2,9	16,6
Rio de Janeiro	Reflorestamento	83,0	-	17,0
Cunha	Floresta Natural Secund.	80,7	1,1	18,2

(plot-test) foi medido de novembro de 1982 a outubro de 1983, os resultados são mostrados na TABELA 5, JICA (1986). O escoamento superficial total durante o período foi de 0,61% da precipitação total. A razão do escoamento superficial mensal variou de 0,0% a 1,55% dependendo da precipitação e conteúdo de água no solo. O maior valor encontrado foi 4,0%, ocorreu na estação chuvosa com uma alta intensidade de precipitação. A intensidade mínima de precipitação requerida para geração de escoamento superficial é possivelmente maior do que 10,0 mm por hora.

TABELA 5 - Escoamento superficial mensal da parcela experimental A.

Mês	Precipitação (mm)	Esc.Sup. (mm)	Razão Esc (mm)
Nov.1982	214,5	1,07	0,50
Dez.	373,0	4,80	1,29
Jan.1983	199,5	0,33	0,17
Fev.	165,5	0,99	0,60
Mar.	352,5	1,41	0,40
Abr.	232,5	2,08	0,89
Mai.	153,0	0,52	0,34
Jun.	193,0	3,08	1,60
Jul.	51,0	0,00	0,00
Ago.	29,5	0,00	0,00
Set.	256,6	0,58	0,23
Out.	131,5	0,26	0,20
Nov.	132,0	0,13	0,10
Total	2484,0	15,25	0,61

LEITE (1985) mediu os escoamentos superficial e o sub-superficial em solo Alfisol com plantação de cacau na Bahia, Brasil. Ele registrou que o mais alto volume de escoamento superficial foi de 24% da precipitação, todavia, a média do escoamento superficial é 1,1% da precipitação total. A declividade média na área experimental é de 23% e 26%. Este resultado indica que a razão do escoamento superficial de Cunha é cerca da metade do que a encontrada na Bahia. A principal diferença ocorre em relação às propriedades físicas dos solos, especialmente a textura e a permeabilidade.

## 4.4 Descarga

### 4.4.1 Resposta hidrológica

A estação fluviométrica da bacia hidrográfica D está em operação desde março de 1982 e a descarga diária registrada por oito anos hídricos (1983-1990). Primeiro, gostaríamos de descrever sobre as características gerais da descarga diária e resposta hidrológica da bacia. A FIGURA 2 mostra a distribuição da frequência do escoamento e a descarga média diária durante o período.

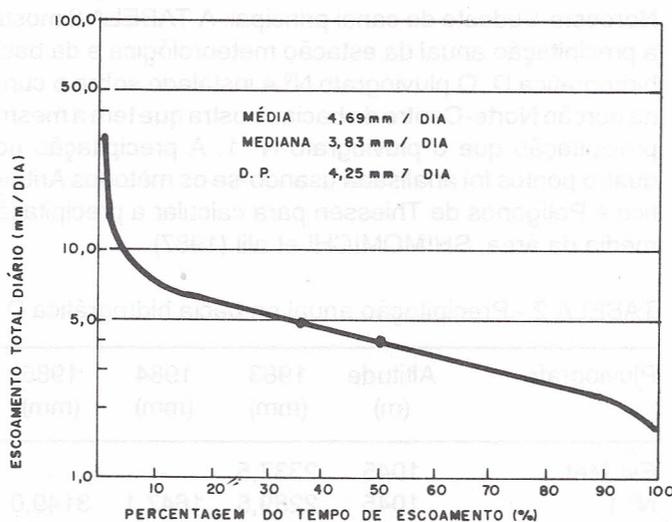


FIGURA 2 - Distribuição da frequência do escoamento da bacia D.

A descarga mostra um rápido decréscimo de até 10% do tempo de escoamento, e descrevendo uma suave linha reta sobre papel semilogarítmico. Definindo-se que o componente dominante da descarga até 10% pode ser o escoamento superficial direto, suponhamos que ele pode consistir de 5 a 7% do tempo de escoamento, depois é que o escoamento básico torna-se dominante. A descarga diária média para os oito anos hídricos foi de 4,69 mm, o qual equivale a 34,5% do tempo de escoamento. A descarga mediana corresponde a 50% do tempo de escoamento e é de 3,83 mm. A TABELA 6 mostra a precipitação anual, escoamentos e perdas

TABELA 6 - Balanço hídrico anual da bacia hidrográfica D.

Balanço Hídrico	Precip. Anual (mm)	Escoam. Superf. Direto (mm)	Escoam. Básico Total (mm)	Escoam. Superf. (mm)	Perdas Anual (mm)
1983	2583,5	197,8	1630,5	1828,3	758,5
1984	1852,0	148,8	1197,2	1346,0	506,0
1985	3113,3	748,9	1973,5	2722,4	390,9
1986	2378,6	184,9	998,2	1183,1	1195,5
1987	2602,3	230,6	1734,6	1964,2	637,1
1988	2191,2	221,9	1370,4	1592,3	598,9
1989	2466,1	199,3	1326,2	1525,5	940,6
1990	1867,3	187,9	1010,9	1198,8	668,5
Média	2381,8	265,0	1405,2	1670,2	712,0

TABELA 7 - Características hidrológicas média das bacias hidrográficas de Coweeta e Cunha.

Nome da bacia	Área bacia (ha)	Altitude média (m)	Precip. anual (mm)	Esc.Sup. direto (mm)	Esc. básico (mm)	Fator resp.
Coweeta						
Nº 2	12,26	857	1771,7	81,9	772,0	0,046
Nº 18	12,46	860	1939,0	97,3	936,9	0,050
Nº 27	39,05	1257	2450,8	518,0	1219,4	0,211
Nº 36	48,60	1281	2222,5	371,8	1303,3	0,167
Cunha						
D	56,04	1112	2381,8	265,0	1405,2	0,106
B	36,68	1135	1974,1	359,2	1033,0	0,182

do tempo de escoamento e é de 3,83 mm. A TABELA 6 mostra a precipitação anual, escoamentos e perdas durante o período.

O escoamento superficial direto médio é só 11,1% da precipitação média anual. O escoamento básico médio anual é de 59,0% da precipitação e o valor perto de 84% da descarga total. HEWLETT (1982) descreve que o escoamento básico em rios montanhosos com boa cobertura florestal contribui com cerca de 85% da descarga total, todavia, pesquisas mais detalhadas são necessárias. A evapotranspiração média anual foi estimada em 27,3% da precipitação pelo balanço hídrico, CICCIO et alii (1989).

A TABELA 7 mostra as características hidrológicas médias das bacias hidrográficas de controle de Coweeta (latitude 35° 03'N, longitude 83° 25'W) na Carolina do Norte-E.U.A. e nas bacias hidrográficas B e D. O fator de resposta definido como a razão do escoamento superficial direto anual e a precipitação média anual, foi selecionado por J.D. Hewlett como a mais profícua característica de resposta, SWIFT et alii (1987). O fator de resposta de Coweeta varia de 0,05 a 0,21 e aumenta com a altitude e a precipitação média anual. Isto é, o fator com baixa altitude e com solos profundos (bacias hidrográficas Nº 2 e Nº 18) são menores do que as bacias hidrográficas com alta altitude com solos rasos e declividades íngre-

mes (bacias hidrográficas Nº 27 e Nº 36). O fator de resposta da bacia hidrográfica D é 0,115, o qual está entre os valores encontrados para Coweeta. Este resultado mostra que a maior parte da precipitação permanece na manta do solo e gradualmente dirige-se ao rio como escoamento básico.

#### 4.4.2 Relação entre precipitação mensal e descarga

A FIGURA 3 mostra a relação entre a precipitação mensal e o escoamento superficial direto.

O escoamento superficial direto mensal aumenta gradualmente com o aumento da precipitação. A razão do escoamento superficial direto mensal (f) durante a estação chuvosa varia de 0,018 a 0,579 (média = 0,095) e durante a estação seca varia de 0,00 a 0,128 (média = 0,044). A razão durante a estação chuvosa mostra uma larga variação, todavia, razões abaixo de 300 mm de precipitação mensal, são quase abaixo de 0,10. De acordo com o conceito de área variável de influência, o escoamento superficial direto é usualmente produzido por esta área variável, as quais são: canais, nascentes e áreas alagadiças, sendo estas saturadas rapidamente pela precipitação, HIBBERT (1987).

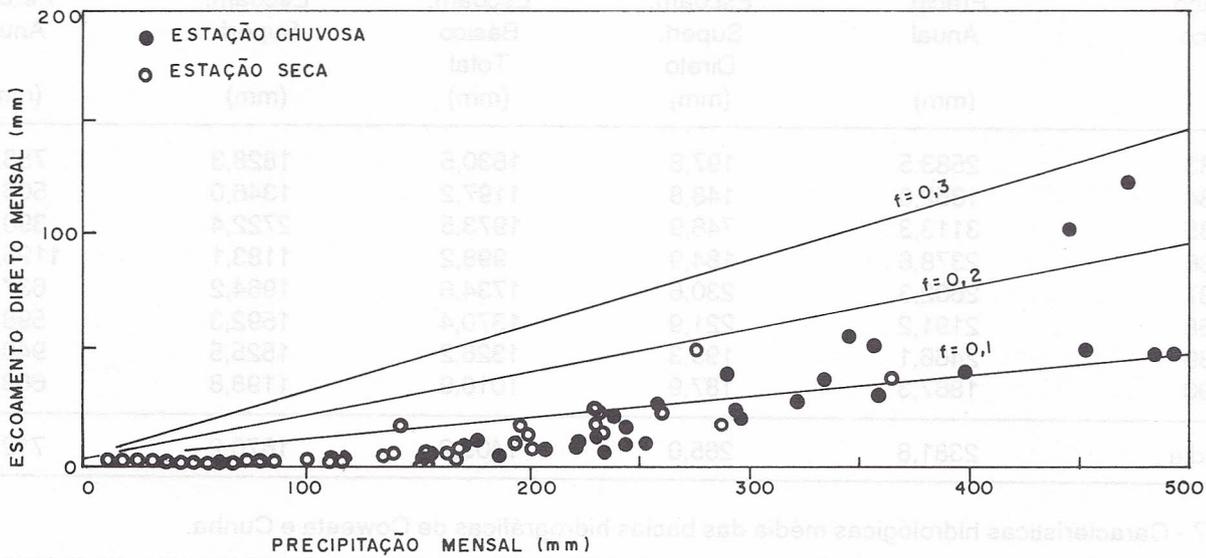


FIGURA 3 - Relação entre a precipitação mensal e o escoamento superficial direto.

Na bacia hidrográfica D as áreas úmidas ao longo do rio compreendem cerca de 2,5 hectares, equivalente a 4,5% da área da bacia. Desde que a área é usualmente saturada, ela tornar-se-á a área variável após a precipitação. Deste modo, sob baixa precipitação mensal a razão do escoamento superficial direto é quase a mesma que a razão da área saturada da área de drenagem. A razão média da estação seca é metade quando comparada com a estação chuvosa. As áreas úmidas próximas ao rio (ciliar) estão tipicamente localizadas nas altitudes de 1000 e 1100 m, portanto, nos platôs montanhosos da bacia do Rio Paraibuna. Sua avaliação é um caminho efetivo para estimar a razão do escoamento superficial direto mensal ou anual durante condições de pouca precipitação.

A FIGURA 4 mostra a relação entre a precipitação média mensal e descarga.

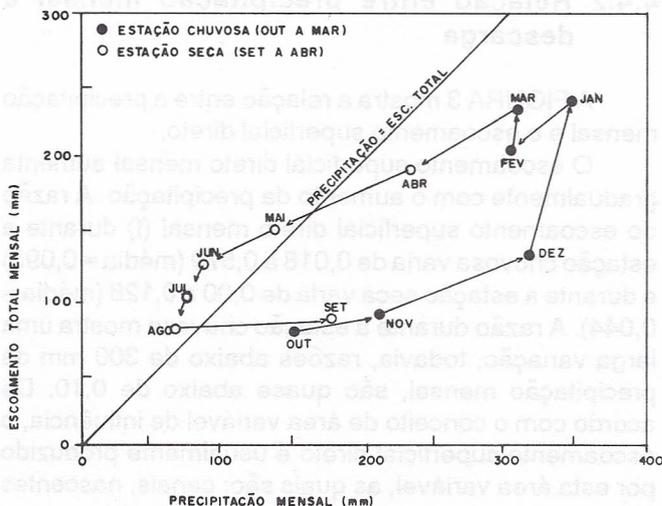


FIGURA 4 - Relação entre a precipitação média mensal e o escoamento total.

A descarga máxima mensal ocorre durante o período de recarga, janeiro a março, e a descarga mínima mensal ocorre no fim do inverno ou começo da primavera, todavia, uma característica importante é que a descarga mensal durante maio a agosto (estação seca) é maior do que a precipitação mensal durante o mesmo período. As trocas sazonais seguem o sentido anti-horário, ou seja, de outubro a setembro. A curva é causada pelo efeito do armazenamento de água pela bacia hidrográfica. Se a capacidade de armazenamento da bacia fosse pequena, a FIGURA 4 descreveria uma linha reta similar a relação da precipitação mensal e escoamento superficial direto mostrada na FIGURA 3. Este resultado indica que parte da precipitação na estação chuvosa pode ser armazenada no regolito como solução do solo e água subterrânea, podendo mais tarde abastecer o rio como escoamento básico na estação seca. Esta liberação temporal do escoamento básico é um dos mais importantes fatores hidrológicos, de modo que esta associado às características da bacia, bem como as propriedades físicas e profundidade do solo e cobertura vegetal.

## 5 CONCLUSÕES

O sumário do ciclo hidrológico da bacia hidrográfica D é o seguinte:

Cerca de 18% da precipitação anual é interceptada pela cobertura florestal e retorna para a atmosfera. A precipitação chegando sobre o piso florestal, parte infiltra na superfície do solo e o restante no solo propriamente dito para alimentar o escoamento básico ou a evapotranspiração. O escoamento superficial constitui somente 0,6% da precipitação anual, sendo raro sua ocorrência em áreas montanhosas com boa cobertura florestal. O escoamento superficial direto é gerado peals

áreas úmidas, o volume total obtido foi somente 11% da precipitação anual. Cerca de 61% da precipitação anual foi armazenada na manta do solo e escoou sub-superficialmente em direção ao rio, como escoamento básico durante todo o ano. A evapotranspiração do solo foi estimada como 10% da precipitação anual.

Os resultados das medidas hidrológicas da bacia hidrográfica D mostram que a Serra do Mar é uma área muito importante como produtora de água para a região do Vale do Paraíba. Conseqüentemente, as condições de solo e cobertura florestal nessa região tão extensa, dificulta enormemente a proteção e conservação da área, contudo, seria um procedimento apropriado.

A descarga em bacia hidrográfica florestada não perturbada é o resultado líquido da sua fisiografia e seu clima, portanto, as características hidrológicas da bacia hidrográfica D resultam principalmente das propriedades físicas do solo. São requeridos posteriormente avaliações e detalhamento dos processos hidrológicos, as medições da capacidade de armazenamento de água da bacia e também medições do escoamento. De todas as medições hidrológicas na bacia hidrográfica, a capacidade de armazenamento de água no solo é a mais difícil de ser avaliada, porém, é a mais interessante para o hidrólogo, HEWLETT (1982). O levantamento do solo e física do solo foi iniciado para estimar a capacidade do armazenamento de água na bacia hidrográfica D.

O modelo conceitual precipitação-vazão é também um método útil para avaliar o ciclo hidrológico. O modelo conceitual simples foi aplicado na bacia D para a descarga diária com boa aproximação do observado e o calculado, FUJIEDA et alii (1987). Todavia, é preciso a revisão do modelo com incorporação dos resultados dos estudos do processo hidrológico da bacia hidrográfica D, na região da Serra do Mar.

## 6 AGRADECIMENTOS

Este projeto foi conduzido como parte da cooperação técnica japonesa para o projeto de pesquisa florestal em São Paulo, por intermédio da "Japan International Cooperation Agency - JICA".

Os autores desejam agradecer o Departamento de Cooperação e Desenvolvimento Florestal da JICA por seu apoio e encorajamento, e expressar sua estima pelos pesquisadores do Instituto Florestal de São Paulo e do "Forestry and Forest Products Research Institute" do Ministério da Agricultura, Floresta e Pesca do Japão, o qual participou como contraparte do projeto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHOW, V. T. 1964. Runoff. In: CHOW V. T. *Handbook*

- of Applied Hydrology*. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, p. 14-1/14-54.
- CICCO, V. de; EMMERICH, W. & FUJIEDA, M. 1987. Determinação da curva-chave do vertedouro da bacia hidrográfica experimental "D" no Parque Estadual da Serra do Mar-Núcleo Cunha-SP. *Boletim Técnico I.F.*, São Paulo, 42(1):79-96.
- CICCO, V. de; ARCOVA, F. C. S.; SHIMOMICHI, P. Y. & FUJIEDA, M. 1986/88. Interceptação das chuvas por floresta natural secundária de Mata Atlântica - SP. *Silvicultura em S. P.*, 20/22:25-30.
- CICCO, V. de; ARCOVA, F. C. S. & SHIMOMICHI, P. Y. 1989. Estimativa da evapotranspiração em bacia hidrográfica com floresta natural secundária de Mata Atlântica-SP. *Rev. Inst. Florestal de São Paulo*, São Paulo, 1(2):43-54.
- FUJIEDA, M.; KUDOH, T.; MASHIMA, Y & CICCO, V. de. 1987. Cunha Forestry Hydrology Research Project in Brazil (IV). Low flow characteristics of D-basin. Anais... 98th ANNUAL MEETING OF THE JAPANESE FORESTRY SOCIETY, Japan. p.569-572.
- FURIAN, S. M. & PFEIFER, R. M. 1986. Levantamento do reconhecimento do meio bio-físico do Núcleo Cunha, SP. *Boletim Técnico I. F.* São Paulo, 42(1):1-26.
- HEWLETT, J. D., (1982) Principles of Forest Hydrology. The University of Georgia Press. Athens. 153p.
- HIBBERT, A. R. & TROENDLE, C.A. 1988. Streamflow Generation by Variable Source Area. In: SWANK, W. T. & CROSSLEY JR. D. A. *Forest Hydrology and Ecology at Coweeta*. New York, Springer-Verlag. p.111-127. (Ecological Studies 66).
- JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY - JICA. 1980. Report of Implementation Design Survey on the Japanese Technical Cooperation Project for the Forestry Research in São Paulo, Brazil. São Paulo, JICA. 248p. FDD-JR 80-90.
- JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY - JICA. 1986. Synthetic Report of the Japanese Technical Cooperation Project for the Forestry Research in São Paulo, Brazil, JICA. 555p. FDD-JR 86-30.
- LEITE, J. de O. 1985. Interflow, overland-flow and leaching of natural nutrients on an Alfisol slope of southern-Bahia, Brazil. *Journal of Hydrology*, 80:77-79.
- SERRA FILHO, R.; CAVALLI, A. C.; GUILLAUMON, J. R.; CHIARINI, J. V.; NOGUEIRA, F.P.; IVANCKO, C. A. M.; BARBIERI, J. L.; DONZELI, P. L.; COELHO, A. G. S. & BITTENCOURT, I. 1974. Levantamento da cobertura vegetal natural e do reflorestamento no Estado de São Paulo. *Boletim Técnico do IF*, São Paulo, 11:1-53.
- SHIMOMICHI, P. Y.; CICCO, V. de; ARCOVA, F. C. S. & FARIA, A. J. 1987. Correlação entre métodos de cálculos de precipitação média mensal em bacia

hidrográfica experimental. *Boletim Técnico I. F.*, São Paulo, 41(1):1-26.

SWIFT JR, L. W.; CUNNINGHAM, G. B. & DOUGLAS, J. E. 1988. Climatology and Hydrology. In: SWANK, W. T. & CROSSLEY Jr., D. A. *Forest Hydrology and Ecology at Coweeta*. New York, Springer-Verlag. p.35-55. (Ecological Studies 66).