

# INFLUÊNCIA DA FLORESTA NO REGIME HIDROLÓGICO DE UMA SUB-BACIA NO RIO ITAJAÍ-AÇU

Julio Cesar REFOSCO<sup>1</sup>  
Adilson PINHEIRO<sup>2</sup>

## RESUMO

Desde o início da colonização do Vale do rio Itajaí até os dias atuais podem-se observar mudanças radicais no meio ambiente e no uso do solo - o desmatamento, a urbanização, a agropecuária, o povoamento, as quais têm implicações variadas nos componentes do ecossistema. A ocupação do solo não condiz com a aptidão das terras. Os pequenos remanescentes florestais são explorados sem critérios técnicos que otimizem a produção e minimizem os impactos ambientais. Não se conhece a fundo a relação entre floresta e eventos hidro meteorológicos. Utilizando-se de metodologia bastante simples, estabeleceram-se dois períodos de avaliação para a bacia hidrográfica do rio Itajaí do Norte: período I - 1935 a 1965 e período II - 1966 a 1986. Em

ambos os períodos, foram avaliados parâmetros indicadores de cobertura florestal/desmatamento e parâmetros indicadores do regime hídrico. Os resultados mostram que, no início da colonização, por volta de 1890, existia 100% de cobertura vegetal arbórea; em 1966 existia 58%; e em 1986, apenas 39%. A precipitação média nos dois períodos não sofreu mudanças, diminuindo em apenas 4,68%. A vazão média sofreu aumento de 49,89% e a vazão mínima aumentou 86,29% no período II. A precipitação, permanecendo inalterada, mostra que as mudanças verificadas nas vazões do rio Itajaí do Norte se devem às alterações no uso do solo, sobretudo ao desflorestamento.

**Palavras-chave:** Hidrologia florestal, bacia hidrográfica, regime hídrico, desmatamento.

## 1 INTRODUÇÃO

Desde o início do processo de colonização do Vale do Itajaí até os dias atuais, contabilizaram-se enormes mudanças no meio ambiente e no uso do solo. Uma das mais radicais foi o desmatamento. Depois, a utilização do solo para agropecuária, o povoamento e a urbanização. Estas mudanças, é claro, têm implicações variada nos componentes do ecossistema.

O rio Itajaí-Açu drena uma área de aproximadamente 15.000 km<sup>2</sup>, e é um rio de grande importância para toda a região, em termos sócio-econômicos e ambientais. Como contra-senso, o rio Itajaí-Açu é, por um lado, o receptor de uma grande quantidade de efluentes industriais, esgotos domésticos e resto do processo de produção agropecuária e, por outro, a fonte d'água para o abastecimento humano e industrial. É comum a idéia errônea de que a água é um recurso inesgotável.

A ocupação do solo não condiz com a aptidão das terras, as quais têm vocação florestal na sua grande maioria, ao mesmo tempo que são utilizadas quase que totalmente para culturas anuais e pastagens. As florestas, como agravante, são exploradas sem critérios técnicos que otimizem a produção e minimizem os impactos ambientais.

Este trabalho objetiva avaliar a influência da flores-

ta no regime hidrológico, numa sub-bacia do rio Itajaí-Açu, qual seja a bacia hidrográfica do rio Itajaí do Norte (FIGURA 1).

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os recursos vegetação, solo e água mantêm estreita relação entre si. O ciclo da água contribui para a dinâmica desse sistema.

Pode-se afirmar que o ciclo hidrológico é composto pelas seguintes fases: evapotranspiração; precipitação; acumulação da água precipitada no solo, em sua cobertura ou nas massas de água; escoamento direto ou retardado para os cursos d'água e para o mar e reevaporação (FIGURA 2).

A vegetação funciona como defesa do terreno contra o impacto das gotas de chuva; efeito de retardo no período da precipitação; retenção de volume apreciável de água nos diversos componentes do edifício vegetal (PRANDINI et alii, 1976; RIZZI, (1981) citam GOLLEY et alii), os quais determinaram 19% de interceptação na floresta tropical úmida de Santa Fé, Panamá, para uma precipitação anual de 1933 mm, e cita ANDRAE, que utiliza dados de outros autores, dizendo que a floresta tropical atlântica do Rio de Janeiro intercepta até 29% da precipitação anual de 1950 mm.

(1) Depto. Meio Ambiente - Prefeitura Municipal Blumenau.

(2) Universidade de Blumenau - Centro Tecnológico.



A hipótese de que a floresta facilita a infiltração da água no solo baseia-se em três argumentos. Primeiro, as propriedades do solo são modificadas pelos vegetais. Segundo, praticamente não há escoamento superficial numa encosta florestada e, terceiro, a floresta mantém as fontes e os cursos d'água sempre perenes. A maior quantidade total de água infiltrada num solo descoberto do que num solo florestado é devida ao fato de parcela de água que chega ao solo e tem possibilidade de infiltrar ser bastante menor no solo florestado que no solo nu e, quase sempre, é totalmente infiltrada, a não ser no caso em que, devido justamente à falta de cobertura, o solo tem propriedades não propícias à infiltração de água (PRANDINI et alii, 1976).

O escoamento hipodérmico, aquele que ocorre encosta abaixo, através da manta de detritos folhaves e das primeiras camadas de solo, explica o fato da rápida alimentação dos cursos d'água, logo após uma chuva, sem que haja escoamento superficial. A maioria das florestas atua no sentido das amplitudes das variações de umidade e temperatura do ambiente (PRANDINI et alii, 1976).

A evaporação, segundo KITTREDGE apud RIZZI (1981), a partir das terras e florestas, apresenta um papel considerável quando se realiza sobre grandes áreas. Em áreas mais restritas a água evaporada é transportada por correntes de vento para outros locais. MOLCHANOV (1963) afirma que as florestas fazem aumentar as quantidades de precipitação e que, quando é tomado em consideração o vapor de água que é condensado no interior da floresta durante a chuva, podem atingir até 10% da precipitação.

A floresta propicia uma diminuição na evaporação do solo, já que ameniza as temperaturas e diminui as velocidades médias dos ventos. Embora a evapotranspiração apresente elevados valores, essa perda é compensada pela melhor economia do restante da água que atravessa as etapas do regime hidrológico, GUERREIRO apud RIZZI (1981). Em solos florestados há um aumento da capacidade de infiltração e, portanto, uma diminuição do escoamento superficial. A erosão do solo, conseqüência do escoamento superficial, é menor em solo florestado.

As reduções das vazões dos rios de pequenas bacias hidrográficas, em estudos citados por DONS (1986), foram atribuídas ao incremento da evaporação de água interceptada pelo dossel durante as chuvas. Inversamente, a falta das árvores provocaria um aumento da vazão dos rios. O mesmo autor elaborou um modelo matemático para estimar as mudanças que ocorreram na vazão de um rio (rio Tarawera) devido ao reflorestamento de parte de sua bacia hidrográfica.

No Japão os estudos de hidrologia florestal são imprescindíveis, em função de sua importância no tratamento dos problemas ocasionados por enchentes e inundações, deslizamentos e erosão do solo (NAKANO, 1966).

Se o objetivo do manejo da bacia hidrográfica, diz EMMERICH & MARCONDES (1975), for o aumento do volume de água ou aumento em determinados períodos,

providências a fim de diminuir as perdas por evapotranspiração devem ser tomadas, tais como diminuir a densidade do povoamento ao mínimo admissível, substituir nas florestas as espécies por aquelas com sistemas radiculares superficiais, em solos profundos. Segundo os mesmos autores, torna-se imperativo o reestabelecimento da cobertura florestal em áreas degradadas, pois desta forma evita-se a erosão, o decréscimo da fertilidade do solo, a ocorrência de enxurradas e os longos períodos de estiagem.

DONS (1986), ao tentar determinar em quanto o reflorestamento havia reduzido a vazão do rio Tarawera, chegou à conclusão de que no período de tempo abordado - 1964 a 1981 - as vazões anuais, de verão e de inverno diminuíram em 10,9, 11,4 e 9,6 m<sup>3</sup>/s respectivamente, apesar da variação sazonal na precipitação. Redução esta, diga-se de passagem, bastante significativa. O reflorestamento feito numa área de 250 km<sup>2</sup> dos 906 km<sup>2</sup> da bacia, segundo o autor, pode explicar de forma satisfatória os 4,5 m<sup>3</sup>/s, em média, de diminuição (ou 13% de vazão média durante o período de calibração).

RIZZI (1981), a respeito da relação floresta e inundações, diz que a floresta reduz a ocorrência de inundações, na medida em que intercepta a água, para que não atinja rapidamente o solo; conserva e aumenta a capacidade de infiltração; contém e reduz a erosão e o conseqüente depósito de sedimentos nos caudais; aumenta a capacidade de retenção de água no solo, pela manutenção e aumento da porosidade; e favorece a eliminação da água armazenada no solo nos períodos de intervalo entre tormentais.

WILM apud RIZZI (1981), conclui que, se o objetivo é obter o máximo rendimento hídrico compatível com a estabilidade do solo e com a contenção de inundações, o caso é, então, manter a mínima densidade da vegetação acima do ponto crítico da desagregação dos solos. BUERGER, apud RIZZI (1981), observa que o consumo de água aumenta com a idade dos povoamentos e que, portanto, rotações mais curtas aumentariam o escoamento.

### 3 MATERIAL

A cobertura vegetal era originalmente composta por "floresta ombrófila densa" e "floresta ombrófila mista", esta segunda em menor escala. A "floresta ombrófila densa" é uma formação que se caracteriza por árvores perenefoliadas com alturas de 20 a 30 metros com brotos foliares sem proteção à seca. Sua área é formada por encostas íngremes da Serra do Mar e da Serra Geral, formando vales profundos e estreitos. Quanto à climatologia, pode-se dizer que a temperatura média anual está em torno de 20°C; os ventos preponderantes sopram de leste ou sudeste; a nebulosidade é de 150 a 200 dias por ano; a insolação está na ordem de 2000 horas por ano; a evaporação gira em torno de 40 mm por mês; e a precipitação em média é 1200 a 1300 mm por ano. Os solos são, na sua grande maioria, cambissolo distrófico e cambissolo álico. As altitudes variam de 200 a 1000 metros. O rio Itajaí do Norte é subseqüente às



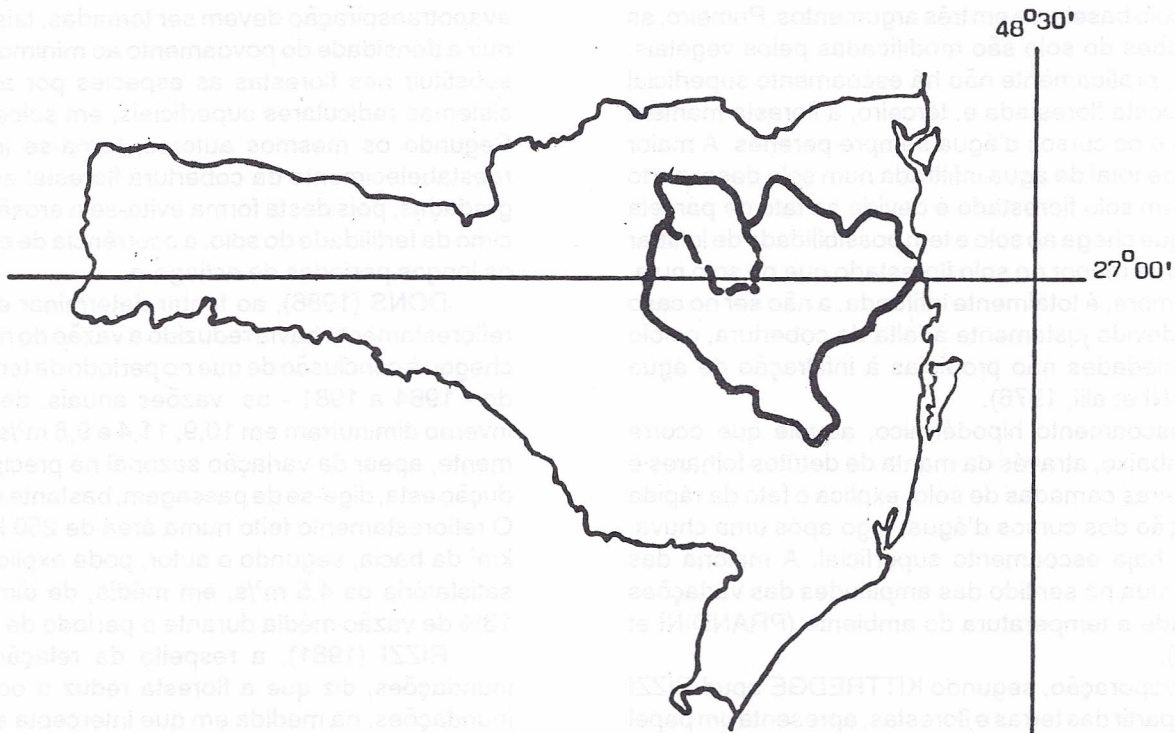


FIGURA 1 - Estado de Santa Catarina, bacia hidrográfica do Rio Itajaí-Açú, sub-bacia do Rio Itajaí do Norte - localização geográfica

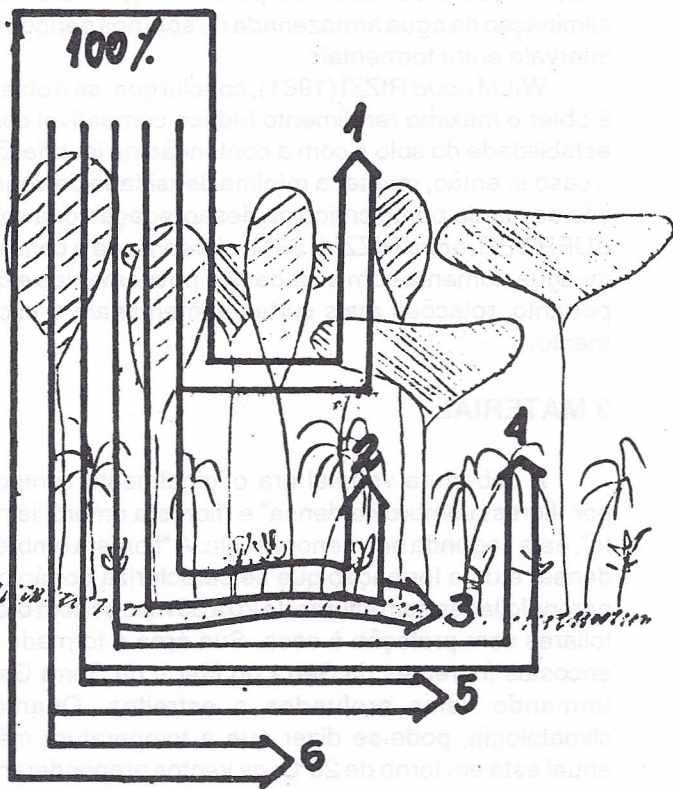


FIGURA 2 - Componentes do regime hidrológico segundo MOLCHANOV. 1. Interceptação; 2. evaporação e transpiração do solo; 3. Escoamento superficial; 4. Transpiração; 5. Infiltração; 6. Escoamento subsuperficial

camadas paleozóicas e possui um perfil longitudinal com declividades bastante acentuadas, com inúmeros saltos e corredeiras. Mudanças radicais no uso do solo ocorreram nas últimas décadas. A floresta deu lugar, principalmente, às culturas agrícolas cíclicas e pastagens. Os remanescentes florestais são, na maioria das vezes, degradados. A grande maioria das terras não é apta para uso agrícola. Uma pequena parcela tem aptidão regular para culturas de ciclo curto ou longo (SANTA CATARINA, 1986).

#### 4 MÉTODOS

Foi feito o levantamento da cobertura vegetal da sub-bacia do rio Itajaí do Norte, para ser utilizado, efetivamente, na análise subjetiva e gráfica com o aspecto hidrológico. A vegetação foi medida em duas ocasiões - 1966 e 1986 - e foi estimada a cobertura vegetal existente antes da colonização da sub-bacia. Quanto à cobertura vegetal, optou-se por trabalhar com a área da bacia hidrográfica coberta por vegetação de porte arbóreo em dados relativos e absolutos. Os vários tipos de vegetação de porte arbóreo, tais como capoeira, mata secundária e mata primária, foram agrupados em um tipo único, apesar das particularidades de cada um em relação ao ciclo hidrológico. Isto foi devido à dificuldade de se conhecer a área de cobertura de cada tipo nas ocasiões consideradas.

A cobertura vegetal foi levantada utilizando-se a Carta do Brasil - escala 1:50.000, e imagem de satélite em escala 1:250.000 (TM.LANDSAT). A avaliação das



áreas foi feita utilizando-se o planímetro. Os dados de precipitação vazão do rio Itajaí do Norte, na seção de controle de Ibirama, já se encontravam tratados e organizados. Sobre estes formulários foi aplicada análise estatística que gerou os resultados utilizados na análise final. Utilizou-se agrupar os dados hidrológicos em dois períodos. O período I vai desde 1935 a 1965. O período II vai de 1966 a 1986. Em cada um dos períodos, foram avaliadas três variáveis: a precipitação pluviométrica, em termos de totais anuais de precipitação, obtidos através da soma em cada ano dos totais mensais; a vazão média anual, obtida através da soma das vazões médias em cada mês; e a vazão mínima anual para duração de um dia.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em 1890, no início da colonização da bacia hidrográfica do rio Itajaí do Norte, existia 100% de cobertura vegetal arbórea nativa ou algo em torno de 330.000 hectares. O processo evoluiu de tal forma que em 1966 existia 58%, ou seja 198.129 hectares, e em 1986, apenas 39% de área coberta por florestas, ou seja, 134.714 hectares. O desflorestamento ocorreu, portanto, à razão média de 3.000 ha por ano, aproximadamente, durante o período de 1956 a 1986 (TABELA 1).

TABELA 1 - Área da bacia hidrográfica coberta por vegetação arbórea em duas ocasiões -Sub - Bacia do rio Itajaí do Norte

	área de cobertura vegetal arbórea	
	absoluta	relativa
1890*	330.000 ha.	100%
1966	198.129 ha.	58%
1986	134.714 ha.	39%

(\*) estimado

A precipitação pluviométrica, nota-se, ocorreu de forma bem distribuída durante os dois períodos considerados, tanto que a diferença de média em ambos é insignificante. A vazão média, pelo contrário, sofreu um visível aumento no final do período I e em todo o período II. A vazão mínima para a duração de um dia, observa-se, comporta-se de forma idêntica à vazão média. Sobrepondo-se a precipitação pluviométrica à vazão média, observa-se que nos primeiros anos do período I ocorreram índices altos de precipitação, aos quais não correspondem grandes vazões médias e mínimas. Ao final do período II, no entanto, os altos índices de precipitação correspondem a vazões bastante elevadas (FIGURA 3).

A TABELA 2 mostra que a diferença de vazão média do período I para o período II foi de 273,02 m<sup>3</sup>/s, o que representa 49,89% em relação à média do período I. A vazão mínima para a duração de um dia, aumentou, em média, 5,29 m<sup>3</sup>/s, ou seja, 86,29% em relação à

TABELA 2 - Resultados da análise estatística de três variáveis (vazão média anual, vazão mínima anual para a duração de um dia e precipitação pluviométrica) em dois períodos distintos

		VARIÁVEIS		
		vazão média anual m <sup>3</sup> /s	vazão mínima anual p/ duração de um dia - m <sup>3</sup> /s	precipitação pluviométrica mm
P	X	547,18	6,13	1.442,00
E	I			
R	DP	208,52	2,62	310,49
I				
O	X	820,20	11,42	1.347,57
D	II			
O	DP	361,88	6,47	226,56
VARIACÃO DA MÉDIA		+273,02	+5,29	-67,44
VARIACÃO RELATIVA		49,89%	86,29%	4,68%

(X) média

média do período I. A precipitação pluviométrica, entretanto, teve uma variação insignificante, diminuindo em 67,44 mm, ou seja, 4,68%.

Tais resultados demonstram, sem sombras de dúvidas, que a dinâmica do regime hídrico sofreu uma série de mudanças em termos de quantidade, em determinadas fases. Considerando o que diz MOLCHANOV (1963), ilustrado pela FIGURA 2, quando uma determinada área florestada sofre corte "raso", a água que antes era interceptada pelo dossel da floresta e evaporada passa a ficar disponível a outras fases do ciclo hidrológico, inclusive à infiltração no solo e ao escoamento superficial, fases para as quais dedicaremos mais atenção, já que são ligadas diretamente ao fluxo dos cursos d'água. A precipitação, permanecendo inalterada no transcorrer dos dois períodos, mostra que as alterações observadas na vazão do rio Itajaí do Norte são em função das mudanças do uso do solo.

Sabe-se que a capacidade de infiltração do solo é menor num solo descoberto, mas, ao menos num momento imediato ao desmatamento, a taxa de infiltração é maior neste tipo de solo.

Em princípio esperava-se que a vazão mínima anual para a duração de um dia fosse diminuir, já que o curso d'água, em época de seca, é alimentado pelos lençóis subterrâneos, que, por sua vez, obtêm água da infiltração da chuva no solo. Outro fato que contribui para essa idéia é o de que com o deflorestamento as características físicas do solo, principalmente a estrutura, vão-se degradando e tornando a infiltração mais difícil. As características geológicas e geomorfológicas e as carac-



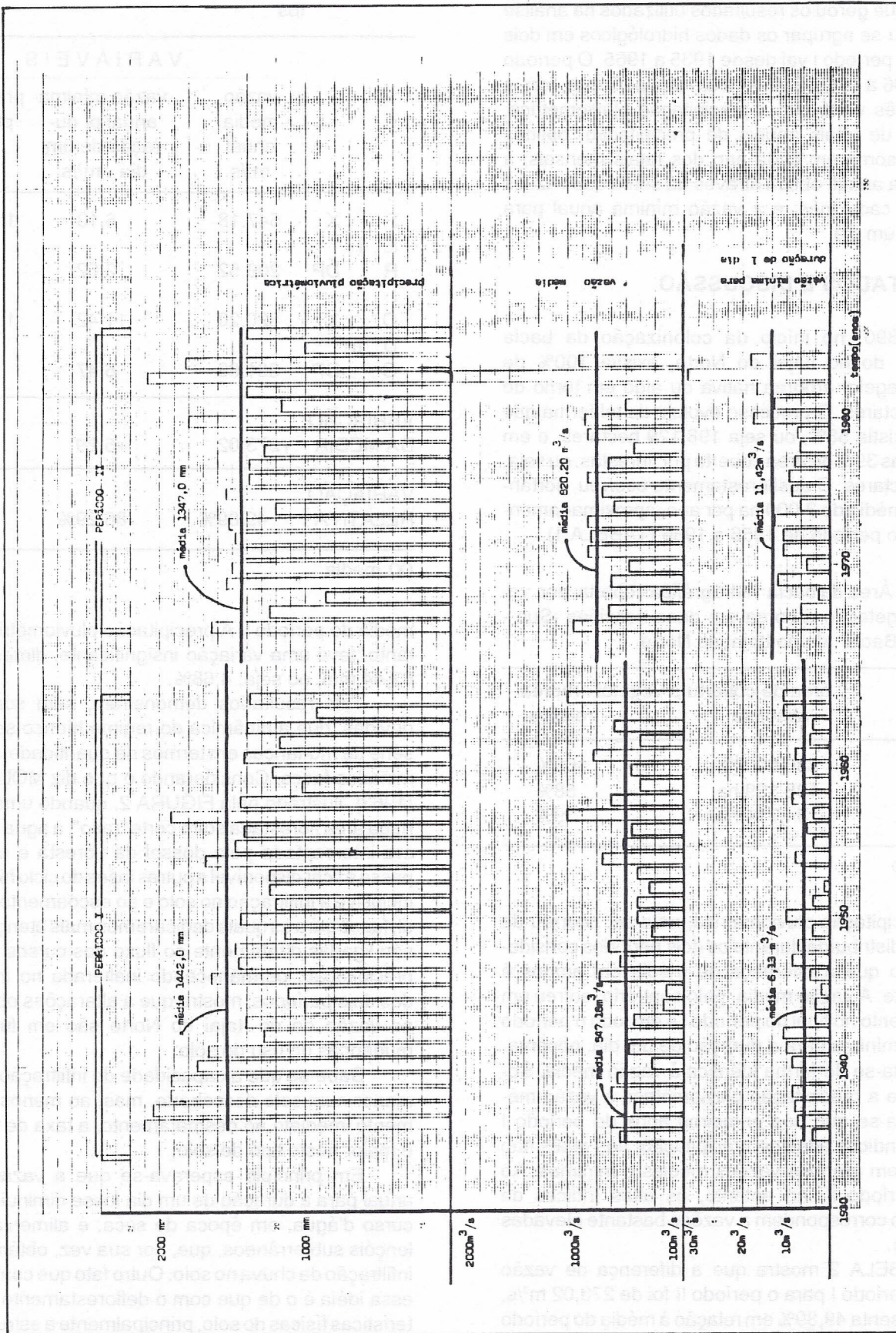


FIGURA 3 - Comportamento de três variáveis (precipitação pluviométrica, vazão média e vazão mínima para duração de um dia) em dois períodos



terísticas dos solos da área em estudo contribuem para que a vazão mínima sofra acréscimo, como o que foi constatado. Os solos da região, apesar de terem textura médio-argilosa ou franco-argilosa, são bem drenados e porosos e, portanto, possuem boas características para infiltração de água. O escoamento superficial também sofre um acréscimo bastante considerável, decorrente da parcela da água desviada da interceptação, que não infiltra no solo. Isto tem, provavelmente, ação direta no aumento das vazões máximas.

## 6 CONCLUSÕES

A vegetação tem estreita relação com as etapas do ciclo hidrológico, modificando-as conforme as condições em que se encontra. As fases mais relacionadas à vegetação são a interceptação, a infiltração, o escoamento e a evapotranspiração. A vegetação regula o ciclo hidrológico, fazendo com que a água percorra as diversas fases do mesmo, de forma adequada a possibilitar a estabilidade do processo. A vegetação retém grande parcela da água precipitada, libertando-a ao poucos para os cursos d'água e reservatórios superficiais e subterrâneos. A quantidade de cobertura vegetal está relacionada em ordem inversa à vazão dos cursos d'água. Isto considerando um momento imediatamente após o deflorestamento. Constatou-se que na bacia hidrográfica do rio Itajaí do Norte as vazões médias e mínimas aumentaram em 49,89% e 59,23%, respectivamente, enquanto o deflorestamento passava de 41% em 1966 a 61% em 1986.

A vegetação funciona, então, praticamente, como se fosse um reservatório de contenção de cheias, com a vantagem de se prestar a outros fins de grande importância ambiental, econômica e social, tais como a produção madeireira, a produção hídrica, a biomassa, a proteção a outros recursos naturais, como o solo e a fauna, os bancos de germoplasma, dentre outros.

O deflorestamento faz parte do conjunto de fatores que determinam juntos a ocorrência de cheias e enxurradas e contribuem para o aumento de incidência deste tipo de evento. Indiretamente o deflorestamento aumenta a erosão do solo e o assoreamento dos cursos d'água. Diretamente aumenta a velocidade de escoamento das águas superficiais e, por conseqüência, do nível dos cursos d'água. As cheias e enxurradas ocorrem, portanto, em área deflorestada, num período de tempo menor do que ocorreriam em áreas cobertas por florestas.

Sabe-se que, em se falando da relação vegetação versus água, existe uma série de variáveis que pode ser utilizada, tais com: o porte da vegetação, a distribuição espacial das árvores, o tipo de sistema radicular, a morfologia externa e a taxa de crescimento da planta, dentre outras. Deve-se também distinguir o tipo de influência de cada tipo de vegetação ao ciclo hidrológico. A relação floresta versus regime hidrológico, dada sua importância, deve ser considerada quando do planejamento e execução de qualquer projeto estrutural ou não, especialmente aqueles de contenção de cheias e enxur-

radas, evitando-se, desta forma, o desperdício de recursos e o impacto sócio-ambiental de tais projetos, além, é claro, do fracasso dos mesmos, a exemplo de tantos já executados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DONS, A. The effect of large-scale afforestation on Tarawera river flows. *Journal of Hydrology*, 25(2):61-73, 1986.
- EMMERICH, W. & MARCONDES, M. A. P. Algumas características do manejo de bacias hidrográficas. *Boletim Técnico do Instituto Florestal de São Paulo*, (18):15-32, outubro de 1975.
- KLEIN, R. M. Ecologia da flora e vegetação do vale do Itajaí. *SELLOWIA*, 31, (31). Dezembro 1979.
- MOLCHANOV, A. A. *Hidrologia florestal*. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa. Trad.i.1963.413 p.
- NAKANO, O. Effects of changes of forest conditions on water yield peak flow and direct runoff on small watersheds in Japan. In: *Proceedings International Symposium on Forest Hydrology*. New York. Pergamon Press. 551-554, 1966.
- PRANDINI, F. L.; GUIDICINI, G.; BOTURA, J. A.; PONÇANO, W. L.; SANTOS, A. R. dos. Atuação da cobertura vegetal na estabilidade de encostas - uma resenha crítica. *Anais do 2º Congresso Brasileiro de Florestas Tropicais*, Mossoró, 1976.
- RIZZI, N. E. *Avaliação do benefício florestal de proteção à potabilidade natural das águas para abastecimento da região metropolitana de Curitiba*. Curitiba, UFPR. 1981. 128 p. (tese de mestrado).
- SANTA CATARINA. Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. Subchefia de Estatística, Geografia e Informática. *Atlas de Santa Catarina*. Rio de Janeiro. Aerofoto Cruzeiro, 1986. 173 p. tab. gráf. col.