

## Estimativa de curvas cota-volume em bacias hidrográficas

Paulo Sergio dos Santos<sup>1</sup>; Marcelo dos Santos Targa<sup>1</sup>; Celso de Souza Catelani<sup>2</sup>; Marcia Eliza de Godoi dos Santos<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Universidade de Taubaté (UNITAU), Est. Mun. Dr. José Luiz Cembranelli, n° 5000, CEP: 12081-010, Taubaté, SP, Brazil. E-mail: [engpaulosantos18@gmail.com](mailto:engpaulosantos18@gmail.com)

<sup>2</sup>Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrográficas (IPABHi), Est. Mun. Dr. José Luiz Cembranelli, n° 5000, CEP: 12081-010, Taubaté, SP, Brazil. E-mail: [cscatelani@gmail.com](mailto:cscatelani@gmail.com)

<sup>3</sup>Programa de Pós-Graduação em Gestão e Desenvolvimento Regional. Universidade de Taubaté (UNITAU), Rua Expedicionário Ernesto Pereira, Portão 2, Taubaté - SP - CEP: 12020-330Taubaté, São Paulo, SP, Brasil E-mail: [marciae.godoisantos@gmail.com](mailto:marciae.godoisantos@gmail.com)

\*Corresponding author. E-mail: [engpaulosantos18@gmail.com](mailto:engpaulosantos18@gmail.com)

### RESUMO

O gerenciamento de ocorrências nos recursos hídricos e o acompanhamento nas alterações do uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas e fundamental conservar e restaurar a capacidade do ambiente natural. Dessa forma, pode-se antecipadamente estabelecer coeficientes de escoamento em função do tipo de uso e ocupação, definir possíveis cotas de inundação por ocasião de eventos extremos de precipitação, registrar fotograficamente e datar as ocorrências na bacia, identificar pontos críticos de sedimentação, de inundação, etc. Essas situações frequentemente causam perdas econômicas. O objetivo deste artigo consiste em apresentar o estudo e análise crítica quanto ao impacto recorrente do escoamento superficial da bacia hidrográfica, considerando fatores relacionados à ocupação urbana e a descaracterização do ambiente rural. A curva cota-volume de um rio ou reservatório é fundamental em qualquer projeto sobre dimensionamento da vazão, para mitigar os insucessos nas obras hidráulicas, pois relaciona com o volume armazenado do rio de acordo com a profundidade, ou elevação do mesmo. Se não for analisada criteriosamente, a representação da curva cota-volume do reservatório ou rio, conduz a resultados irreais e insatisfatórios para previsão de afluições. Além disso, a condição de contorno provoca instabilidades nas vazões calculadas.

**Palavra-chave:** Ciências ambientais; Curva cota- volume; Bacia Hidrográfica; Escoamento Superficial.

### ABSTRACT

It is necessary to manage water resources and monitor changes, use and appropriation of soil in river basins to strategically protect and restore the capacity of the natural environment. The objective of this article is to present the study and this critical analysis

regarding the recurring impact of runoff from the watershed, considering the factors related to urban occupation and the mischaracterization of the rural environment. The quota-volume curve of a river or reservoir is fundamental in any project regarding the dimensioning of the flow, to mitigate the failures in the hydraulic works, as it relates to the stored volume of the river according to its depth, or elevation. If not analyzed carefully, the representation of the quota-volume curve of the reservoir or river, leads to unreal and unsatisfactory results for forecasting inflows. In addition, a boundary condition causes instabilities in the calculated flows.

**Keyword:** Environmental Sciences; Quota-volume curve; Hydrographic basin; Surface runoff.

## 1.INTRODUÇÃO

O gerenciamento dos recursos hídricos insere-se no contexto mais amplo das discussões sobre gestão ambiental, cujo surgimento é fruto de um processo histórico de conscientização ambiental. Segundo Santos et al.(2019) o gerenciamento destes recursos tem nas bacias hidrográficas uma estratégia que visa proteger e restaurar a qualidade ambiental.

A curva cota-volume tem como princípio compreender o fenômeno de amortecimento de ondas de cheias em reservatórios permitindo-se avaliar as ocorrências e os riscos de cheias e de secas, a partir da contabilização dos volumes de acumulação por meio de cada cota ou nível atingido pelo rio em determinado momento

Os principais fatores que podem exercer influência no escoamento superficial em uma bacia são: área e forma da bacia, características topográficas da bacia (declividade, depressão e relevo), condições de superfície do solo e constituição geológica (vegetação, impermeabilização, capacidade de infiltração e tipos de rochas), e interferência humana (irrigação, canalização, transposição de bacias, mudanças no uso e cobertura do solo, construção de estruturas hidráulicas).

A curva cota-volume tem como princípio auxiliar na compreensão do fenômeno de amortecimento de ondas de cheias em reservatórios permitindo-se avaliar as ocorrências e os riscos de cheias e de secas, a partir da contabilização dos volumes de acumulação por meio de cada cota ou nível atingido pelo rio em determinado momento de precipitação intensa.

Devido as ações antrópicas negativas, principalmente de impermeabilização de áreas, devido a urbanização, tem-se verificado a ampliação de ocorrência de inundações em bacias hidrográficas, mesmo em situações de precipitações de menor tempo de recorrência.

Conforme aponta os estudos de Ruhoff (2004), até a década de 1970, os resultados da ação humana sobre o meio-ambiente eram vistos sob a ótica estrita da escala local, como em trechos de rios e áreas agrícolas. Atualmente, os problemas ambientais começam a ser considerados na escala de bacia hidrográfica, em nível regional e global.

Segundo Centurion, Cardoso e Natali (2001), a retirada da cobertura vegetal original para outras atividades, principalmente para agricultura, promove o rompimento do equilíbrio entre o solo e o meio físico, alterando suas propriedades químicas, físicas e biológicas.

Neste sentido, a infiltração de água é um indicativo de diferenças no comportamento hidrodinâmico do solo, em função da alteração de sua estrutura, e que

essas alterações de solo são provocadas pela ação antrópica em coberturas vegetais, como pastagem e mata nativa. De modo geral, as modificações que ocorrem em bacia hidrográfica interferem no escoamento superficial.

Bertoni (1985), estudando a dinâmica da infiltração da água, observou que o meio em que ocorre a infiltração são os espaços porosos do solo que recebem influência da força da gravidade, nos solos saturados, e, fundamentalmente, através da capilaridade nos solos não saturados. É complexa a gama de fatores que influenciam a velocidade de infiltração no solo, aliado ao tamanho e a disposição dos poros que condicionam a velocidade do fluxo. No caso de solos arenosos, os espaços porosos são maiores, enquanto em solos argilosos os espaços são mais reduzidos.

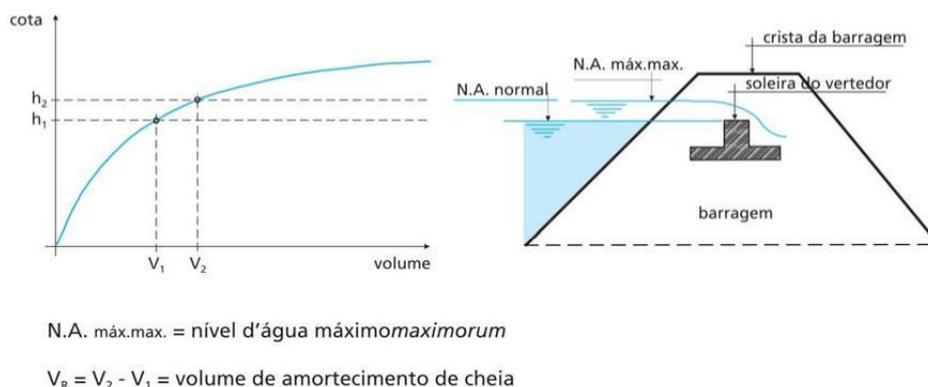
A determinação da curva cota- volume para um reservatório existente, é feita convencionalmente por meio de batimento manancial, levantando-se as profundidades em vários pontos da área inundada e fazendo a devida integração do volume. Se o reservatório não se encontrar cheio no momento do estudo, o volume adicional do nível d'água é estimado por aerofotogrametria.

## 2. METODOLOGIA

A metodologia da curva cota-volume tem sido aplicada para a definição da capacidade de armazenamento de água em barragens para fins de geração de energia, controle de inundações, abastecimento, disposição de resíduos em lagoas, etc.

Com a intenção de compreender o fenômeno de amortecimento de ondas de cheias em reservatórios, deve-se analisar o conceito de volume de reservação.

A formação de volumes de acumulação, onde cada cota ou nível atingido pelo rio corresponde a um valor de volume do fluido armazenado, contido pelas várzeas, encostas do rio nas presentes cotas. Ocasionalmente demasiados valores de volumes totais armazenados, com estes valores obtidos, pode-se traçar a curva cota-volume do reservatório, como demonstrado na Figura 1.



**Figura 1** - Curva cota-volume de reservatório formado por um pequeno barramento.

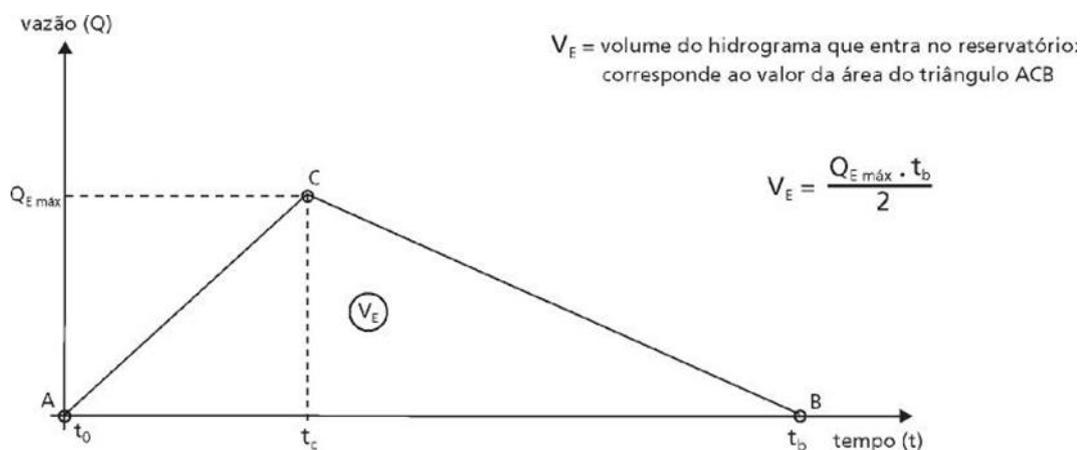
**Fonte:** DAEE (2005)

Como se observa na Figura 1 a curva cota-volume é essencialmente obtida para reservatórios e barramentos, Contudo dado ao nível de intervenção em bacias hidrográficas, frequentemente o curso d'água é cortado por uma rodovia, ferrovia, estradas municipais, que devido as características de suas estruturas e taludes, funcionam como se fossem barramentos em momentos de chuvas intensas, quando a capacidade de seu bueiro pode ser superada. Na busca de maior precisão nos dados é de fundamental

importância, o estudo da curva cota-volume, no sentido de minimizar as incertezas inerentes aos mesmos.

Determina-se os volumes de entrada (VE) e de saída do reservatório (VS). O (VE) deve ser obtido a partir da vazão máxima do curso d'água, a qual é obtida a partir da precipitação máxima que ocorre na região. Por outro lado, (VS), pode ser obtido pela vazão que passa pelo extravasor de superfície, os volumes de entrada e saída podem ser determinados pelo método do hidrograma de cheia.

O método do Hidrograma Unitário Triangular (HUT), consiste em uma representação gráfica da elevação na seção de controle, da vazão em função do tempo, conforme Figura 2, abaixo. Esse método considera que o escoamento unitário é função da precipitação antecedente, das características de impermeabilidade do solo, da cobertura vegetal, do uso do solo e das práticas de manejo do solo, agrupando todos estes elementos em um só coeficiente, que transforma a precipitação total em precipitação efetiva.



**Figura 2:** Representação triangular de um hidrograma de enchente.

**Fonte:** DAEE (2005)

$t_0$  = zero (considerado)

$t_a$  = tempo de ascensão. No método racional  $t_a = t_c$  (tempo de concentração)

$t_b$  = tempo de base

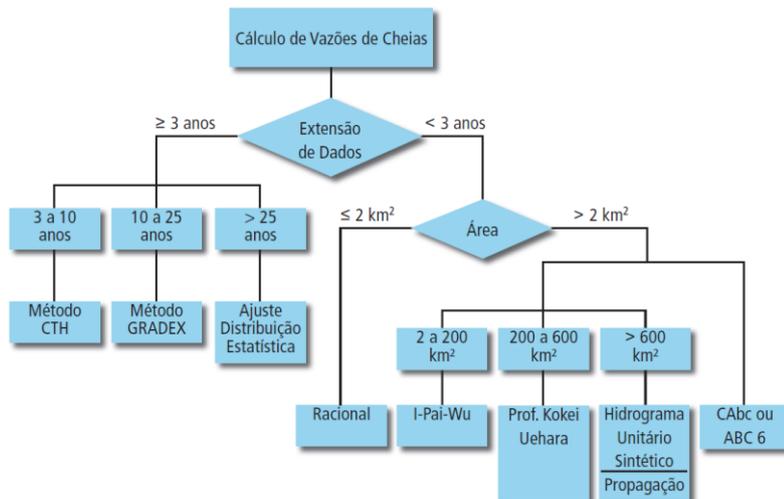
$t_b - t_c$  = tempo de recessão

Na Figura 2 a vazão que entra (QE) no reservatório é chamada vazão afluente é definida pelos segmentos AC e CB, e a que sai (QS) do reservatório é chamada de vazão efluente, definido pelos segmentos AD e DE e no início da afluência da cheia, o nível d'água no reservatório encontra-se na mesma cota da soleira da estrutura hidráulica.

Considera-se o instante inicial ( $t_0$ ) o Hidrograma afluente é definido pelos segmentos de reta AC (ascendente) e CB (descendente) com o valor máximo da vazão de enchente que entra no reservatório,  $Q_e$ , ocorrendo no instante  $t_c$  máximo. O Hidrograma efluente define-se pelos segmentos de reta AD (ascendente) e DE (descendente); valor máximo da vazão que sai pelo vertedor,  $Q_s$ , ocorrendo no instante  $t_s \text{ max}$ .

A vazão de entrada (QE) na bacia hidrográfica e proveniente de uma precipitação máxima e pode ser determinada por diversas metodologias. O DAEE (2006) no estado de São Paulo recomenda a utilização de diferentes metodologias em a ser utilizadas em

estudos hidrológicos em função da existência de series históricas de dados fluviométricos e da área da bacia (Figura 3).

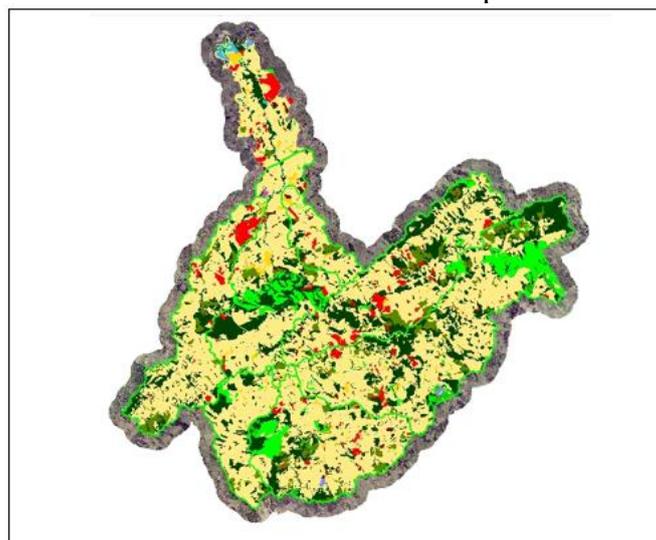


**Figura 3.** Metodologias recomendadas no estado de São Paulo, para cálculos de vazões de cheias em função da existência e extensão das series de dados fluviométricos e área da bacia.

**Fonte:** DAEE, 2006.

Dentre os impactos causados pelo homem em bacias hidrográficas destacam-se a redução da capacidade de infiltração, o aumento do escoamento superficial e erosão, a sedimentação dos cursos d’água, a diminuição da profundidade do leito dos cursos d’água e o aumento de cheias e inundações, ou seja, as condições hidrológicas da bacia hidrográfica.

Para melhorar a informação física da bacia hidrográfica, é de fundamental importância a utilização de um sistema de geoprocessamento, que possibilitem a obtenção de dados confiáveis da área da bacia, de suas elevações, do comprimento do curso d’água, das curvas de nível, e do uso e ocupação do solo. Na bacia do rio Una (Figura 4) em Taubaté, SP na região do Vale do Paraíba do Sul, esses dados estão disponíveis em um banco de dados ambientais da bacia e foram realizados por Batista et al. (2005).



**Figura 4** - Uso e Cobertura do solo para a bacia do rio Una

**Fonte:** [www.agro.unitau.br/una](http://www.agro.unitau.br/una)

Como exemplo, na Tabela 1 apresenta-se as percentagens de uso e ocupação de cada sub-bacia do rio Una, localizada na região metropolitana do Vale do Rio Paraíba do Sul e Litoral Norte (RMVPLN) no Estado de São Paulo. Segundo Santos et al. (2020), a existência de dados para bacias da magnitude da bacia do rio Una, são importantes, pois levantamentos dessa magnitude (476 km<sup>2</sup>), que disponibilizam dados na forma de mapas de uso e ocupação da bacia, de altimetria, de altimetria e uso de solo, de rede de drenagem, de áreas de preservação permanente, de susceptibilidade a escorregamentos e inundações, além da imagem ortorretificada da bacia, disponíveis como shape file, podem ser utilizados para se obter uma série de medidas, interações entre planos de informação, de modo a possibilitar a elaboração de diversos planos diretores e estudos.

Os dados utilizados por Santos, (2019) da bacia do rio Una, possibilitou a verificação de todas as classes de uso e ocupação do solo de cada sub-bacia com a predominância de classe pastagem, de forma que e esperado um comportamento de elevado escoamento, principalmente devido a baixa capacidade de infiltração de água em pastagens sobre Latossolo Vermelho-amarelo (23 mm/h), conforme já determinou Sales e Targa (2017).

**Tabela 1** – Classes de uso e ocupação do solo das Sub-bacias hidrográficas do rio Una.

Classes de uso do solo	SUB BACIAS HIDROGRÁFICAS DO RIO UNA													
	Pouso frio Área (ha)	% Ocupada	Rocinha Área (ha)	% Ocupada	Antas Área (ha)	% Ocupada	Ipiranga Área (ha)	% Ocupada	Sete voltas Área (ha)	% Ocupada	Médio Una Área (ha)	% Ocupada	Itaim Área (ha)	% Ocupada
Pastagem	4719,2020	57,2488	4229,3480	62,4767	2165,5128	73,8113	1274,8184	73,1403	6800,8708	56,0805	4172,0264	57,8219	3841,4752	66,6007
Mata_Capoeira	2193,6688	26,6115	1207,8560	17,8427	530,6080	18,0857	193,5156	11,1026	2918,4492	24,0657	1618,3328	22,4292	1025,8296	17,7851
Pasto_Sujo	602,9476	7,3144	495,2976	7,3166	111,2404	3,7916	120,4464	6,9104	849,9888	7,0091	237,8188	3,2960	417,1272	7,2318
Reflorestamento	163,3676	1,9818	453,2984	6,6962	87,4496	2,9807	20,7140	1,1884	1051,8744	8,6738	703,0808	9,7443	19,4080	0,3365
Pastagem Degradada	442,4728	5,3677	137,1764	2,0264	11,2804	0,3845	30,5500	1,7527	171,0128	1,4102	135,5952	1,8793	93,4060	1,6194
Area_Urbanizada	0,6260	0,0076	15,2444	0,2252	0,4264	0,0145	30,7400	1,7636	9,3060	0,0767	13,8024	0,1913	283,5708	4,9163
Areas_Cultivadas	33,2524	0,4034	66,8516	0,9875	19,7312	0,6725	33,6616	1,9313	91,5424	0,7549	186,7000	2,5876	46,6532	0,8088
Solo_Exposto	77,0444	0,9346	53,9636	0,7972	3,4404	0,1173	34,1448	1,9590	51,6420	0,4258	85,3612	1,1831	17,9244	0,3108
Reflorestamento_Cortado	0,0000	0,0000	53,0756	0,7840	0,0008	0,0000	0,0000	0,0000	132,8360	1,0954	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Area_Degradada	1,7508	0,0212	10,6548	0,1574	1,8516	0,0631	0,0000	0,0000	1,9796	0,0163	16,5572	0,2295	3,5428	0,0614
Corpos_Dagua	8,9904	0,1091	25,6352	0,3787	2,3076	0,0787	4,3860	0,2516	25,5736	0,2109	43,1576	0,5981	10,6552	0,1847
Atividades_Minerais	0,0000	0,0000	21,0780	0,3114	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	21,9080	0,1807	2,8740	0,0398	8,3288	0,1444
<b>TOTAIS</b>	<b>8243,3228</b>	<b>100,0000</b>	<b>6769,4796</b>	<b>100,0000</b>	<b>2933,8492</b>	<b>100,0000</b>	<b>1742,9768</b>	<b>100,0000</b>	<b>12126,9836</b>	<b>100,0000</b>	<b>7215,3064</b>	<b>100,0000</b>	<b>5767,9212</b>	<b>100,0000</b>

**Fonte:** Adaptado CATELANI, C. S. (2004)

Observa-se que, as informações destacadas são de grande relevância para definição futura do coeficiente de escoamento superficial. Portanto, ressalta-se a importância da utilização do sistema de geoprocessamento para a devida precisão dos dados que devem ser utilizados.

Contudo, o conhecimento da taxa de infiltração da água no solo é de fundamental importância para definir técnicas de conservação do solo, planejar e delimitar sistemas de irrigação e drenagem, fatores que vão impactar a área estudada.

Quanto ao cálculo da curva cota-volume, consiste em uma representação gráfica que determina o volume que está acumulado até a referência de determinada cota. Com os parâmetros obtidos, é possível definir a área de água contida entre as curvas de nível e pela diferença de cota, calcular o volume de água acumulado entre as curvas de nível.

Para o cálculo de vazão máxima de cheia deve-se considerar os riscos inerentes as características apresentadas no ponto extravasor, uma precipitação com possibilidade estatística de ocorrer uma vez a cada 100 anos na bacia e os valores dos parâmetros necessários para calcular o volume e a vazão máxima da bacia hidrográfica de acordo com sua área de drenagem, definindo-se assim, o método sintético a utilizar.

Conforme apontamentos do estudo de Santos et al. (2020) com relação a bacia hidrográfica do rio Una, destaca-se na (Tabela 2), os valores dos parâmetros físicos

necessários para calcular o volume e a vazão máxima da bacia, pelo método Kokei Uehara (1989) considerando-se que a área de análise é maior que 200km<sup>2</sup> e menor que 600km<sup>2</sup>.

**Tabela 2.** Parâmetros necessários para cálculo do volume e da vazão máxima de entrada na bacia do rio Una, para tempo de recorrência de 100 anos para a secção de passagem sob a ponte do Rio Una, onde este cruza com a rodovia Presidente Dutra em Taubaté, SP

PARAMETROS	UNIDADE DE MEDIDA	VALORES
Comprimento do Talvegue (L)	km	57,31
Declividade. equivalente (Ieq)	m/km	3,13
Área da bacia (A)	km <sup>2</sup>	449,49
Tempo Concentração (Tc)	h	13,83
Tempo de base (tb)	h	46,88
Distância ao Centro de gravidade da bacia (Lo)	km	29,93
Tempo de retardo (tr)	h	9,83
Tempo de duração da precipitação (td)	h	2,46

Santos et al. (2020) utilizaram os dados da Tabela 2, onde obtém-se, a partir dos coeficientes de escoamento ( C ) adotados, por meio de equações. A Precipitação máxima (h1), a precipitação excedente (h - exc), os valores de vazão de entrada (QE), acrescidos em 10%, conforme metodologia descrita em Uehara (1986) e o volume de Entrada (VE), os quais estão demonstrados na Tabela 3, aos valores de Volume de Reservação (VR), os quais se acumularão nas áreas de várzea e atingirão as diferentes cotas na bacia. Valores de precipitação com tempo de retorno de 100 anos utilizados nesse caso foram os da equação de chuvas intensas para Taubaté, de Martinez Junior e Magni (1999).

Os valores dos coeficientes de escoamento superficial utilizados na Tabela 3 são variações daqueles recomendados pelo DAEE (2006).

**Tabela 3.** Dados de Vazão de Entrada e dos Volumes de Entrada (VE) e de Reservação para cada valor de coeficiente de escoamento superficial adotado.

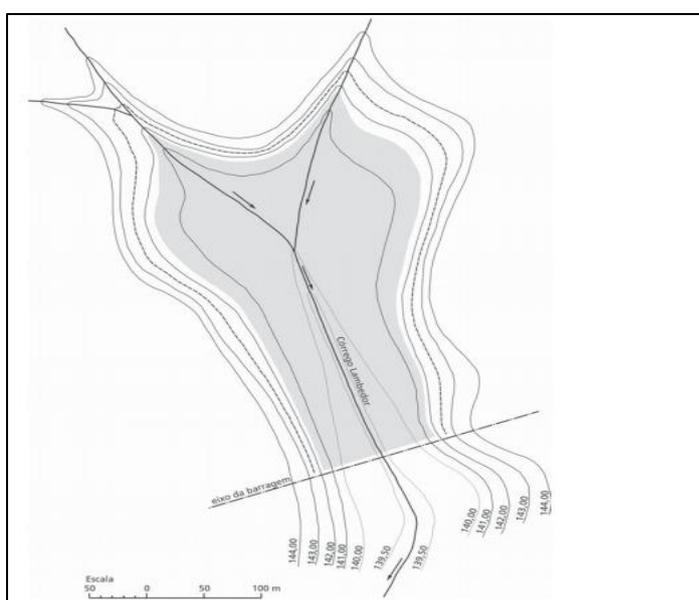
Coeficiente de Escoamento C	Vazão de Entrada QE (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	Volume de Entrada VE (m <sup>3</sup> )	Volume de Reservação RV (m <sup>3</sup> )
0,35	168,49	14.219.067,52	1.602.513,15
0,40	192,56	16.250.362,88	3.633.807,51
0,45	216,63	18.281.658,25	5.665.101,88
0,50	240,70	20.312.953,61	7.696.396,24
0,55	264,77	22.344.248,97	9.727.690,60
0,60	288,84	24.375.544,33	11.758.984,96
0,65	312,91	26.406.839,69	13.790.279,32
0,70	336,98	28.438.135,05	15.821.573,68

Calcula-se a vazão de saída (QS), com a seção de passagem da água sob a área ponto extravasor, por meio da Equação de Manning, onde se faz necessário a aplicação dos seguintes parâmetros: diâmetro definido conforme a área, rugosidade (n) da superfície da seção hidráulica e declividade apresentada entre os dois pontos extremos. Nesse contexto, o Volume de saída (VS) é obtido no tempo de base do hidrograma triangular sintético.

A “Equação de Manning” tem sido utilizada como ferramenta uma forma indireta de estimativa de vazão há diversos anos. Embora a equação tenha sido utilizada para canais em regime uniforme, algumas simples considerações podem ser feitas para obtenção de resultados viáveis (LIMERINOS E RESOURCES,1970).

Segundos Limerinos e Resources (1970), esse coeficiente apresenta-se como um parâmetro obtido empiricamente, que expressa as forças resistivas ao escoamento, está a diversas características do rio, do leito, irregularidade da margem, vegetação, presença das eventuais obstruções, carga de sedimentos, e outros. Contudo, o remanso hidráulico, causado pela confluência dos rios, da declividade da linha d’água pode causar contínuas alterações entre a cota e a vazão.

Na Figura 5, apresenta-se o exemplo das áreas influenciadas pelas curvas de nível com cada cota específica informada, para a determinação dos volumes. O volume resultante determinado para as características apresentadas na bacia, por meio da curva cota-volume, obtém-se as cotas de inundação.



**Figura 5** - Curvas de nível com suas áreas de influência a partir do ponto extravasor  
**Fonte:** DAEE (2006)

Para a estimativa dos volumes parciais do reservatório, calcula-se o valor da área média intermediária entre duas cotas adjacentes. Por exemplo, na Tabela 4 abaixo as curvas de nível 141,0 m e 142,0m, definem as áreas de 41.800m<sup>2</sup> e 62.700m<sup>2</sup>, respectivamente a média desses valores é 52.250m<sup>2</sup> (DAEE, 2005).

**Tabela 4** – Valores para montagem da curva cota – área – volume

Cota m <sup>2</sup>	Área Inundada (m <sup>2</sup> )	Área Média (m <sup>2</sup> )	Desnível (m)	Volume Parcial (m <sup>3</sup> )	Volume Acumulado (m <sup>3</sup> )
137,5	0			0	0
139,0	1.500		2,0	1.000	1.000
140,0	8.300	4.900	0,5	2.450	3.450
141,0	41.800	25.050	1,0	25.050	28.500
142,0	62.700	52.250	1,0	52.250	80.750
143,0	84.600	73.650	1,0	73.650	154.400

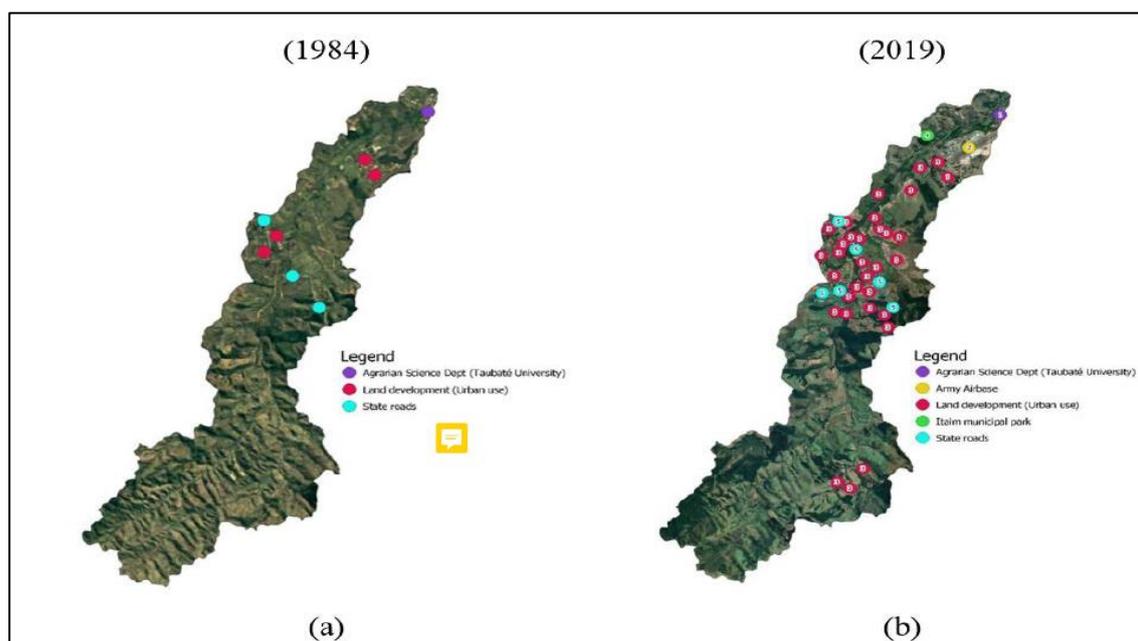
**Fonte:** DAEE (2006)

A ocupação de uma bacia hidrográfica pela população urbana desperta grandes preocupações, a ação no planejamento e desenvolvimento da ocupação do espaço, requer cada vez mais uma interpretação ampla das necessidades dos diferentes grupos sociais e econômicos (TUCCI, 2000).

Os estudos alertam para necessidade de maiores investimentos neste campo e para importância acerca dos cuidados, manutenção e acompanhamento de bacias hidrográficas, com atenção especial ao escoamento e a drenagem.

Os descritivos deste artigo, nos chama atenção para estudos hídricos considerando a necessidade de atenção ao uso e ocupação das áreas ao entorno das bacias, e ainda, nos remete a um novo e emergente olhar sobre os impactos e consequências causadas pelas ações antrópicas desordenadas.

Como exemplo, destaca-se os estudos de Targa et al. (2019), apresenta-se o uso e ocupação da bacia do Itaim em 1984 (Figura 6 a) e 2019 (Figura 6 b), observa-se que a ação antrópica aumentou em 2019, principalmente no terço médio e inferior da bacia, representada pela grande ampliação de áreas com infraestrutura urbana e, conseqüentemente pelo desenvolvimento da malha viária.



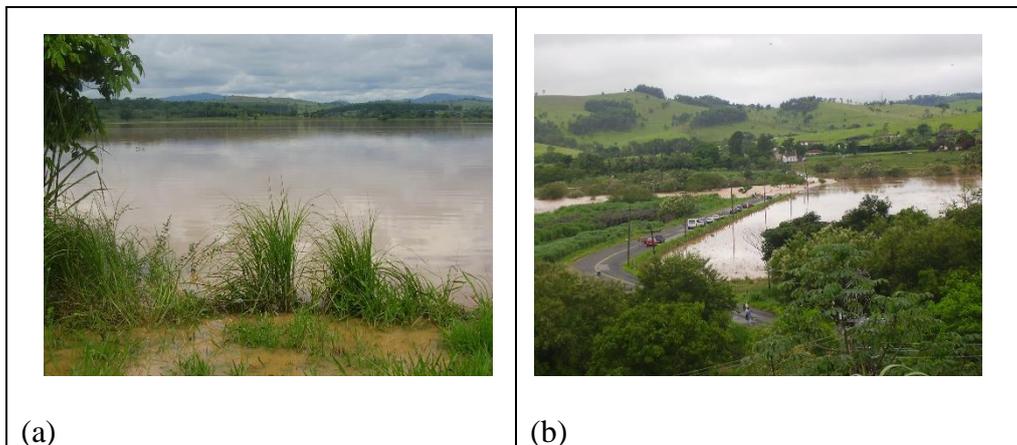
**Figura 6** - Uso e ocupação do solo na bacia do Itaim em Taubaté, SP em 1984 (a) e 2019 (b)

Observa-se nos estudos dos autores, que a urbanização já avançou (Figura 6b) sobre a área definida como macrozona rural (PDMT), que apresenta características de conservação ambiental no terço médio, mas também em áreas altas, o que pode comprometer a infiltração de água no solo e posteriormente aumentar o escoamento superficial na bacia bem como os processos erosivos e de sedimentação do Itaim.

Segundo Targa et al. (2019), a permissão do município para essas áreas de expansão urbana (oficialmente ou por falta de fiscalização) deve ser proibida. A fiscalização precisa atuar no sentido de coibir esse tipo de ocupação da bacia do Itaim, por se tratar de uma área de reserva técnica de água para abastecimento humano, conforme estabelecido pelo Estado de São Paulo (1998).

Com o contexto contemporâneo atual e constantes discussões acerca da sustentabilidade é notório a importância das questões referentes a conservação da natureza e tomada de consciência sustentável pelo homem.

Nesse sentido, outro aspecto que nos chama atenção apresenta-se na vazão das águas nas proximidades da bacia, como destacado na Figura 7.



**Figura 7** - Cheias e abalos na estrutura das vias locais em diferentes períodos.

A estimativa da cota de inundação, como destaca os estudos de Santos et al. (2020), o talvegue do rio Una apresenta uma acentuada declividade de 300 m/km nos primeiros 1,7 km, e em seguida passa a 18.75 m/km nos 6,4 km seguintes e a uma suave declividade de aproximadamente 4,06 m/km por 49,2 km, até chegar na Rodovia presidente Dutra. Essa última faixa, mais plana, anualmente passa por episódios de inundações, comprometendo a Estrada municipal Dr. Jose Luiz Cembranelli, ocasionando parada total por tempo indeterminado do tráfego de veículos (Figura 7b).

Conforme Figura 8, observa-se que quando a urbanização avança desordenadamente, o impacto desta expansão na urbanização e da malha viária ocasiona um aumento significativo da sedimentação.



**Figura 8** – Sedimentos removidos do ribeirão Itaim em 2017 em Taubaté-SP

Pela posição da malha urbana do Município de Taubaté, o processo de ocupação de bacia do Itaim inclina a intensificar-se, o desenvolvimento da área e a ocupação

descontrolada gera sérios danos ambientais como a retirada de matas nativas e ciliares, erosão de encostas de morros, estradas rurais e urbanas e conseqüentemente o assoreamento de córregos, ribeirões e tributários, comprometendo a vazão, a fauna e a qualidade d'água (Targa et al. 2019)

Os autores Targa et al (2019) destacam que as estradas que margeiam parte a bacia do Itaim e seus afluentes, passam a ser um grande contribuinte em sedimentos o que resulta na erosão de encostas, ocasionando sérios danos de perdas de solo fértil.

A escassez de mata ciliar, a inexistência de matas nativas e a predominância de pastagem na bacia acelera o processo de degradação.

Para Santos (2019), quando o solo é utilizado de modo irregular, são gerados impactos na sua ocupação. Portanto, quando se desconsidera a dinâmica do meio físico, acaba por acarretar riscos provocados por movimentos da massa, enchentes, inundações e alagamentos.

O processo de degradação da bacia se dá pela ocupação do solo pouco criteriosa. Se essa situação não for analisada criteriosamente, a representação da curva cota-volume do reservatório ou rio, conduz a resultados irreais e insatisfatórios para previsão de afluências.

A ocupação da bacia hidrográfica pela população urbana suscita grandes preocupações, como o impacto do homem na bacia e a sua ação no planejamento e desenvolvimento da ocupação do espaço, o que requer cada vez mais uma interpretação ampla das necessidades dos diferentes grupos sociais e económicos. recursos terrestres disponíveis, bem como na ação racional de equiparar faltas e recursos limitados (TUCCI, 2000).

### **3. CONCLUSÃO**

Com a curva cota-volume compreende-se o fenômeno do amortecimento da onda de cheia, permitindo assim, avaliar as ocorrências e os riscos de cheias e de secas de uma bacia hidrográfica a partir do momento que se contabiliza os volumes de acumulação por meio de cada cota ou nível atingido pelo rio em determinado momento.

Há vários casos de exploração de recursos naturais, a extensão de áreas frágeis nas bacias, movimento de massas e inundações, os resultados da pesquisa demonstram o grau de preocupação que se deve ter com a situação dessa área, visto que o empobrecimento do solo poderá agravar a situação de toda extensão da bacia, gerando inúmeros impactos no curso d'água e conseqüentemente, no ecossistema.

O desmatamento afeta diretamente os cursos d'água, a exploração atual dos recursos da bacia e a fragilidade ambiental em que se encontram algumas area afetam a qualidade ambiental da bacia como um todo. Os indícios e focos de erosão, tanto geológicos como antropológicos nos bolsões são evidentes, portanto, apresenta-se necessário intensificar o processo de fiscalização de áreas de preservação permanente e de orientação aos proprietários locais coma intenção de amenizar os impactos já existentes e evitar danos ainda maiores no futuro.

Portanto neste percurso se estabelece a relevância deste estudo, recorre-se ainda, a importância da informação sobre controle do uso e da ocupação das classes de cobertura do solo.

### **4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BATISTA, G. T.; TARGA, M. S.; DIAS, N. W.; CATELANI, C. S. **Modelo de banco de dados ambientais georreferenciados voltado à recuperação e preservação de**

**recursos hídricos de uma bacia de médio porte, o modelo da bacia do rio Una, Paraíba do Sul, SP.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS (SBRH), 16., 2005, João Pessoa. **Anais...** Rio de Janeiro: ABRH, 2005. v. 1. p. 1-16.

BERTONI, J.; LOMBARDI, F. **Conservação do solo.** Piracicaba: Livroceres, 1985. 392p.

CENTURION, F. J.; CARDOSO J. P.; NATALI, W. **Efeitos de formas de manejo em algumas propriedades físicas e químicas de um latossolo vermelho em diferentes agroecossistemas.** *Revista Bras. Engenharia Agrícolas e Ambiental.* Campina Grande, v. 5, n. 2, p. 254-258, 2001.

DAEE - **Departamento de águas e energia elétrica do Estado de São Paulo, Guia prático para projetos de pequenas obras hidráulicas.** DIRETORIA DE PROCEDIMENTOS DE OUTORGA E FISCALIZAÇÃO, 2005.

DAEE - **Departamento de águas e energia elétrica do Estado de São Paulo, Guia prático para projetos de pequenas obras hidráulicas.** DIRETORIA DE PROCEDIMENTOS DE OUTORGA E FISCALIZAÇÃO, 2006.

Departamento de Ciências Agrárias - UNITAU – Bacia do Rio Una - **Projeto Banco de Dados Ambientais da Bacia do Rio Una** –. Disponível em [www.agro.unitau.br/una/](http://www.agro.unitau.br/una/). Acesso em 05 de dezembro de 2020.

LIMERINOS, J. T.; RESOURCES, C. D. O. W. (1970). **Determination of the Manning coefficient from measured bed roughness in natural channels.** US Government Printing Office Washington, DC. 53 pp

MARTINEZ JUNIOR, F.; MAGNI, N. L. G. **Equações de chuvas intensas do Estado de São Paulo.** São Paulo: Departamento de Águas e Energia Elétrica; Universidade de São Paulo, 1999. 125 p.

PMT. **Código de ordenação espacial do município de Taubaté.** Lei Complementar n. 007, de 17 de maio de 1991, Taubaté, 1991.

RUHOFF, A. L., 1980 – Dissertação: **Gerenciamento de recursos hídricos em bacias hidrográficas:** Modelagem ambiental com simulação de cenários preservacionistas/ Santa Maria: UFSM, 2004.

SALES, Patricia Aparecida; TARGA, Marcelo Santos. **Infiltração de Água em Diferentes Usos e Ocupação dos Solos na Bacia do Rio Una em Taubaté.** SP. *Revista Técnica Ciências Ambientais*, [S.l.], v. 1, n. 1, p. 1-13, dec. 2017. Disponível em: <http://www.agro.unitau.br/repositorio/index.php/rca/article/view/5>>. Acesso em: 30 dec. 2020.

SANTOS, P.S. Dissertação: **Estimativa do escoamento superficial na bacia hidrográfica do rio Una:** Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, Universidade de Taubaté – UNITAU, 2019.

SANTOS, P.S; SANTOS, E. R.; TARGA M. S.; CATELANI C.S.C.; DIAS, N.W.; SANTOS M.E. G. **Overflow risk analysis on the Presidente Dutra highway using the quota-volume curve in the Una River Basin in Taubaté, SP, Brazil.** *Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, [S.l.], v. 15, n. 7, p. 1-13, dec. 2020. ISSN 1980-993X. Available at: <<http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/view/2295>>. Date accessed: 23 dec. 2020. doi:<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.2580>.

SÃO PAULO (ESTADO) **Portaria DAEE n ° 107 de 05 de março de 1998**. Dispõe sobre a garantia do Ribeirão Itaim como reserva técnica do município de Taubaté. Diário Oficial do Estado de São Paulo, Poder Executivo, Seção I, São Paulo, v. 108, p. 32, 07 mar.1998.

TARGA, M.S. Hidrologia e Manejo de Bacias. **Apostila. Universidade de Taubaté Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais**. 61p. 2011

TARGA, M. S. **Vazão de projeto em bacias hidrográficas Rurais com áreas em declive**. Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, Universidade de Taubaté - UNITAU, Repositório Eletrônico Ciências Agrárias, Coleção Recursos Hídricos, (<http://www.agro.unitau.br/dspace>). p. 1 -20, 2011.

TARGA M. S.; Gonçalves M. C.; Catelani C.S.C.; Dias, N.W. **Human occupation and land use process in the Itaim basin, Taubaté, Brazil**. Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science, [S.l.], v. 14, n. 7, p. 1-13, dec. 2019. ISSN 1980-993X. Available at: <<http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/view/2211>>. Date accessed: 30 dec. 2020. doi:<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.2339>.

TUCCI, M.E.C. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2 ed. Porto Alegre. Ed. Universidade/UFRS: ABRH, 2000. 943p.