



# Estimativas das vazões máximas para barragens de pequeno porte: Estudo de caso Represa Tarumã

## Estimates of maximum flows for small dams: Tarumã Dam case study

Wilson de Souza Dias Junior<sup>1</sup>, Gabriel de Souza Vieira<sup>2</sup>, Andrea Sartori Jabur<sup>3</sup>

### RESUMO

A alteração de forma não planejada na área da bacia hidrográfica reflete no balanço hídrico da bacia hidrográfica e da modificação das vazões de projeto resultante das impermeabilizações do solo, com a redução da infiltração e aumento do escoamento superficial. O presente trabalho tem como objetivo demonstrar como o método racional modificado determina a vazão da bacia atual, com o uso do solo, em comparação a diferentes tempos de retorno, avaliando e determinando o coeficiente de escoamento superficial, o qual avalia a taxa de impermeabilização do solo em função do tipo e do crescimento populacional. A intensidade pluviométrica calculada com tempo de retorno de 10 a 200 anos resulta no acréscimo do tempo de concentração e na contribuição do aumento da taxa de escoamento superficial, que irá auxiliar para planejamento de infraestruturas hidráulicas a serem instaladas no local ou já construídas, como a barragem Tarumã.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bacia Urbana; Hidrologia; Método Racional Modificado.

### ABSTRACT

The unplanned modification reflects on the water balance of the river basin and as well the change of design flows resulting from soil waterproofing, with a reduction in infiltration and increased surface runoff. The present work aims to demonstrate how the method modified rational determines the flow of the current basin, with land use, compared to different return times, evaluating and determining the surface runoff coefficient, which then evaluates the rate of soil sealing depending on the type and population growth. The rainfall intensity calculated with a return time between 10 to 200 years, results in an increase in concentration time and in contribution of increasing the surface runoff rate, which will bennefits to help with infrastructure planning hydraulics to be installed on site or already built, such as the Tarumã dam for an example.

**KEYWORDS:** Urban Basin; Hydrology; Modified Rational Method.

### INTRODUÇÃO

Barragem do Tarumã, situada na cidade de Apucarana, no Parque Natural Municipal das Araucárias, Unidade de Prevenção Permanente, pertencente à bacia Hidrográfica do Rio Tibagi. Com o crescimento desordenado da população adjacente ao talvegue e a interferência na impermeabilização do solo, há uma alteração no ciclo hidrológico local, com a redução da infiltração e aumento do escoamento superficial, o que pode acarretar eventos de inundações e cheias no exutório da bacia hidrográfica.

<sup>1</sup> E-mail: juniorw@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 5766668211976695.

<sup>2</sup> E-mail: capacitacao.vieira@gmail.com. ID Lattes: 3460370696760809.

<sup>3</sup> Docente no Curso de Engenharia Civil/Departamento de Engenharia Química. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil. E-mail: jabur@professores.utfpr.edu.br. ID Lattes: 0460678668447420.



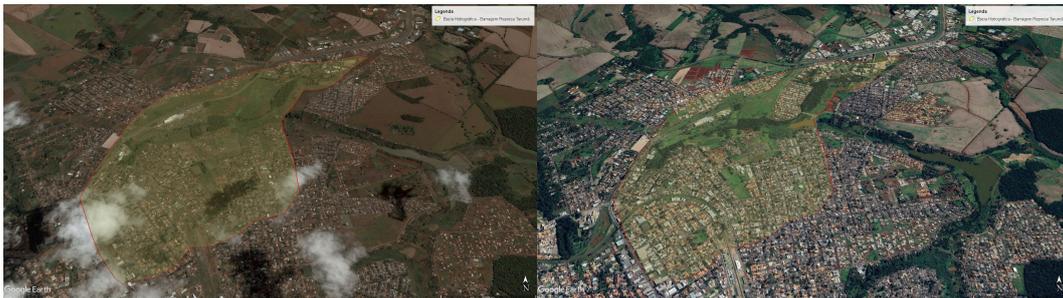
O subdimensionamento de obras de engenharia para drenagem e obtenção de cotas para alerta de inundações urbanas incide em problemáticas para a população, em centros urbanos o estudo das vazões das bacias sofre de uma carência de estudos adequados em uma vazão de projeto resultantes de precipitações (TUCCI, 2005).

Com dados físicos da bacia realizou-se a simulação de dados que permite a obtenção de valores relacionados a precipitação em diversos períodos assim como sua vazão, analisando os resultados obtidos, verificou-se as vazões de pico com período de retorno de 10, 25, 50, 100 e 200 anos, (desconsiderando o crescimento populacional), com a escolha criteriosa dos coeficientes, fórmulas e parâmetros de determinação das vazões de projeto e assim dimensionar corretamente as estruturas hidráulicas, considerando o ano de 2023 via Google Earth Pro.

## ÁREA DE ESTUDO

A Bacia do Tarumã, afluente do Córrego Ouro Fino, encontra-se na região nordeste do município de Apucarana, Paraná. O córrego nasce próximo a rua Canadá, no Jardim Diamantina, com uma extensão de 1,59 km, área de drenagem de 3,12 Km<sup>2</sup> e uma declividade média de 6,6%.

Figura 1 – Bacia Tarumã - 2005 e 2023



Fonte: Modificado do Google Earth Pro. (2023).

A densidade de moradias, o aumento de áreas impermeáveis no intervalo de 18 anos é notável. (Figura 2).

Conforme (SALES; ASSUNÇÃO, 2007) a área caracterizada pela presença da nascente, é considerada uma área de preservação permanente. A legislação exige que não haja ocupação em um raio de 50m, e 30m de margem, o que não ocorre no local de estudo, a nascente encontra-se com uma área de 15 metros para cada margem.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O método Racional é um método que determina a vazão de projeto em bacias menores que 2 Km<sup>2</sup>, entretanto quando aplicado em áreas maiores, o método superestima a vazão de projeto, devendo ser substituído por outros métodos como I PAI WU, Kokei Uehara, entre outros. Segundo (JABOR, 2013), para áreas superior a 2 Km<sup>2</sup> e inferior a 10 Km<sup>2</sup> foi desenvolvido o método racional modificado, que leva consigo um coeficiente de retardo, a declividade e área da bacia, além das variáveis já conhecidas no método racional. O local apresenta uma área superior a 2km<sup>2</sup>, logo



adota-se o método racional modificado.

$$Q(m^3/s) = 0,278 \cdot C \cdot i(mm/h) \cdot A(m^2) \cdot \Phi \quad (1)$$

Q : Vazão em m³/s;

C : Coeficiente;

i : Intensidade Pluviométrica em mm/h;

A : Área em Km²;

Φ : Área Urbanas =  $A^{(-0,15)}$ ;

Área Rurais =  $A^{(-0,10)}$ ;

Os coeficientes de escoamento superficial são apresentados no Quadro 1, adotados em função do tipo e uso de solo e sua futura urbanização.

**Quadro 1 – COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL ADOTADOS.**

Superfícies	Intervalo	C adotado
Área Central (verticalizado)	0,70 a 0,95	-
Área com Prédios (até 4 andares)	0,50 a 0,75	-
Área Bairros Centrais	0,50 a 0,70	0,6
Área Residencial (Jardins)	0,4 a 0,70	0,5
Cemitérios e Área sem Cobertura	0,20 a 0,35	0,2
Matas e Parques	0,05 a 0,20	0,05

**Fonte: Elaborado pelo Autor conforme Wilken (1978).**

**Figura 2 – Uso do Solo na Bacia.**



**Fonte: Modificado do Google Earth.**

A partir das delimitações do uso do solo conforme Quadro 1, fez-se possível obter suas respectivas dimensões apresentada no Quadro 2.

**Quadro 2 – DIMENSÕES DAS SUPERFÍCIES DA BACIA.**

Superfícies	C adotado	Área (km²)
Área Bairros Centrais	0,6	0,04
Área Residencial (Jardins)	0,5	2,22
Cemitérios e Área sem Cobertura	0,2	0,65
Matas e Parques	0,05	0,21

**Fonte: Autor Próprio (2023).**



## EQUAÇÃO DO COEFICIENTE

De acordo com (TUCCI, 2000) o coeficiente de escoamento de uma bacia de superfícies variáveis pode ser estimado pela ponderação do coeficiente de diferentes superfícies. Considerando uma bacia urbana onde podem existir dois tipos de superfícies: permeável e impermeável é possível estabelecer que

$$C = \frac{C_p \cdot A_p + C_i \cdot A_i}{A_t} \quad (2)$$

Onde:

$C_p$  = coeficientes de escoamento superficial para a área permeável da bacia

$C_i$  = coeficiente de escoamento superficial para a área impermeável da bacia

$A_p$  = área da superfície permeável da bacia.

$A_i$  = área da superfície impermeável da bacia.

$A_t$  = área total da bacia.

$C$  = coeficiente de escoamento superficial obtido pela média ponderada efetuada.

## TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

Para a determinação dos tempos de concentração foi utilizado a fórmula de Carter Eq. (3).

$$T_c = \frac{0.0977 \cdot L^{0.6}}{I^{0.3}} \quad (3)$$

Onde:

$T_c$  = Tempo de concentração (min);

$L$  = Comprimento (km);

$I$  = Declividade (%);

O tempo de concentração para a Eq. (3) é dado em horas, multiplica-se o resultado por 60 para ter a resposta em minutos.

## INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA

Calculou-se a intensidade pluviométrica para o município de Apucarana para tempos de retorno de 10, 25, 50, 100, 150, 200 anos. A fórmula da intensidade pluviométrica do município de Apucarana é dada pela Eq. (4) (GONÇALVES, 2011).

$$i = \frac{3092 \cdot T_r^{0.18}}{(t + 26.4)^{0.94}} \quad (4)$$

Onde:

$i$  = Índice Pluviométrico (mm/h);

$T_r$  = Tempo de Retorno (anos);

$t$  = Duração da chuva (min);



## RESULTADO

Inicialmente foi obtido o resultado do tempo de concentração utilizando a Equação 1. A intensidade representa a variação da precipitação relativa aos respectivos tempos de retorno (10, 25, 50, 100, 150 e 200 anos), apresentado na Tab. 1.

$$T_c = \frac{0.0977 \cdot 1.59^{0.6}}{0.021383648^{0.3}} = 24,53 \text{ min}$$

O tempo de concentração obtido representa o tempo decorrido para que toda a bacia contribua para o escoamento superficial. A Tab. 2 apresenta as vazões decorrente aos tempos de retorno. O escoamento da bacia apresenta uma taxa de impermeabilização considerável, gerando o aumento do coeficiente de escoamento superficial, resultando na redução do abastecimento do lençol freático.

**Tabela 1 – INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA PARA A BACIA.**

Tempo de Retorno (anos)	Intensidade (mm/h)
10	116.3083453
25	137.1639801
50	155.3908627
100	176.0398043
150	189.3683101
200	199.4326574

Fonte: Autor Próprio (2023).

**Tabela 2 – VAZÕES DAS BACIAS PARA DIFERENTES TEMPOS DE RETORNO.**

Tempo de Retorno (anos)	Vazão (m <sup>3</sup> /s)
10	34,80
25	41,04
50	46,494
100	52,672
150	56,66
200	59,671

Fonte: Autor Próprio (2023).

## CONCLUSÃO

A bacia da represa do Tarumã representa uma área onde o crescimento urbano foi inserido sem planejamento, com ocupação de fundos de vales por habitações unifamiliares. O local apresenta falta de área de proteção ambiental com as áreas de mata ciliar inferiores a 15 m de cada margem, no qual o código Florestal indica o raio de 50 metros para as nascente. A bacia hidrográfica apresenta uma área de 3,2 km<sup>2</sup> e uma declividade de aproximadamente 6,6%, e no exutório, foi construída uma barragem de pequeno porte, que apresenta um altura de 4 metros, sem risco e de responsabilidade



da prefeitura, conforme o relatório apresentado pelo IAT 2023. O estudo apresentou um tempo de concentração de 24,53 min e as vazões calculadas foram obtidas de diferentes tempos de recorrência, para estudos futuros. O estudo inicial, apresentado no artigo, foi de determinação das vazões máximas e a segunda etapa da pesquisa é a avaliação destas vazões na barragem Tarumã, como a avaliação das características hidráulicas, como vertedor, orifício de fundo, sangradouro e dissipador de energia, que serão avaliados com as vazões de 100 e 200 anos, de 56,66 m<sup>3</sup>/s e 59,671 m<sup>3</sup>/s.

## REFERÊNCIAS

GONÇALVES, Lidiane Souza. **Relações Intensidade-Duração-Frequência com base em estimativas de precipitação por satélite**. 2011. Diss. (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

JABOR, Marcos Augusto. Drenagem de Rodovias. **Estudos hidrológicos e projeto de drenagem. Apostila do curso de drenagem em rodovias**, 2013.

SALES, Milena de Paiva; ASSUNÇÃO, Simone Gonçalves Sales. Análise do risco de danos às águas subterrâneas provocados por usos antrópicos no entorno do Córrego Mingau, no Parque Amazônia, em Goiânia – GO. **In Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, São Paulo – SP**, 2007.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Coeficiente de escoamento e vazão máxima de bacias urbanas. **RBRH: Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Vol. 5, n. 1 (2000), p. 61-68**, 2000.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Gestão de águas pluviais urbanas**. [S.l.]: Programa de Modernização do Setor Saneamento, Secretaria Nacional de . . . , 2005. v. 1.