



0	Março/2023	Emissão inicial	
Emissão	Data	Descrição	
<div>  <div> inec instituto estadual do ambiente </div> <div> Secretaria do Ambiente e Sustentabilidade </div> <div>  GOVERNO DO ESTADO RIO DE JANEIRO </div> <div>  </div> </div>			
GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO SECRETARIA DE ESTADO DO AMBIENTE INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE			
PROJETO BÁSICO DE MACRODRENAGEM E URBANIZAÇÃO MÃE D'ÁGUA – CACHOEIRAS DE MACACU			
RELATÓRIO DE ESTUDO HIDRÁULICO			
DATA Mar./2023	AUTOR/IDENT. Erick Santana Amâncio 201338619 – CREA - RJ	NÚMERO DO DOCUMENTO DRM-BBGB-PCM-MMD-0-IED-K002-RT	01/01

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	3
1.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	4
1.2. MODELAGEM HIDRODINÂMICA	6
1.3. CRITÉRIOS DE CÁLCULO	12
2. RESULTADOS	15
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	17
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	18
ANEXO I.....	19

1. INTRODUÇÃO

O presente relatório trata dos estudos hidrológicos e hidráulicos realizados para o afluente do rio Macacu denominado como córrego Mãe d'Água. O trabalho tem por objetivo obter as informações necessárias para a definição do projeto hidráulico de uma canalização para o curso d'água. Para tal, foi realizado o estudo hidrológico para a obtenção das vazões máximas associadas aos Tempos de Recorrência (TR) de 10, 25 e 50 anos, tanto para o córrego objeto de estudo, quanto para o rio Macacu. Ainda, foi realizado estudo hidráulico para o devido dimensionamento da canalização, assim como para o rio Macacu, para definição de condição de contorno do projeto.

1.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O objeto deste trabalho é elaboração de projeto básico de macrodrenagem em trecho de, aproximadamente, 552 metros do córrego Mãe D'Água, afluente do Rio Macacu, que se estende ao longo da Rua 18, no bairro Village, em Cachoeiro de Macacu-RJ, conforme quadro de coordenadas abaixo e mapa da Figura 1.

Tabela 1: Coordenadas do trecho de interesse no córrego Mãe d'Água

INÍCIO	-22.570823°
	-42.697192°
FIM	-22.571710°
	-42.702111°

O município de Cachoeiras de Macacu (Figura 2) está inserido na Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro, com população estimada de cerca 60 mil habitantes e 954.749 km², segundo o IBGE, distrito único, após criação da Lei Complementar 0039/2015, que transformou seus três distritos (Cachoeiras, Japuíba e Subaio) em um único distrito-sede. O município dista, aproximadamente, 110 km da capital do Rio de Janeiro, com acesso principal pelas rodovias BR-101, BR-116, Rodovia Presidente João Goulart e Estrada Rio-Friburgo.

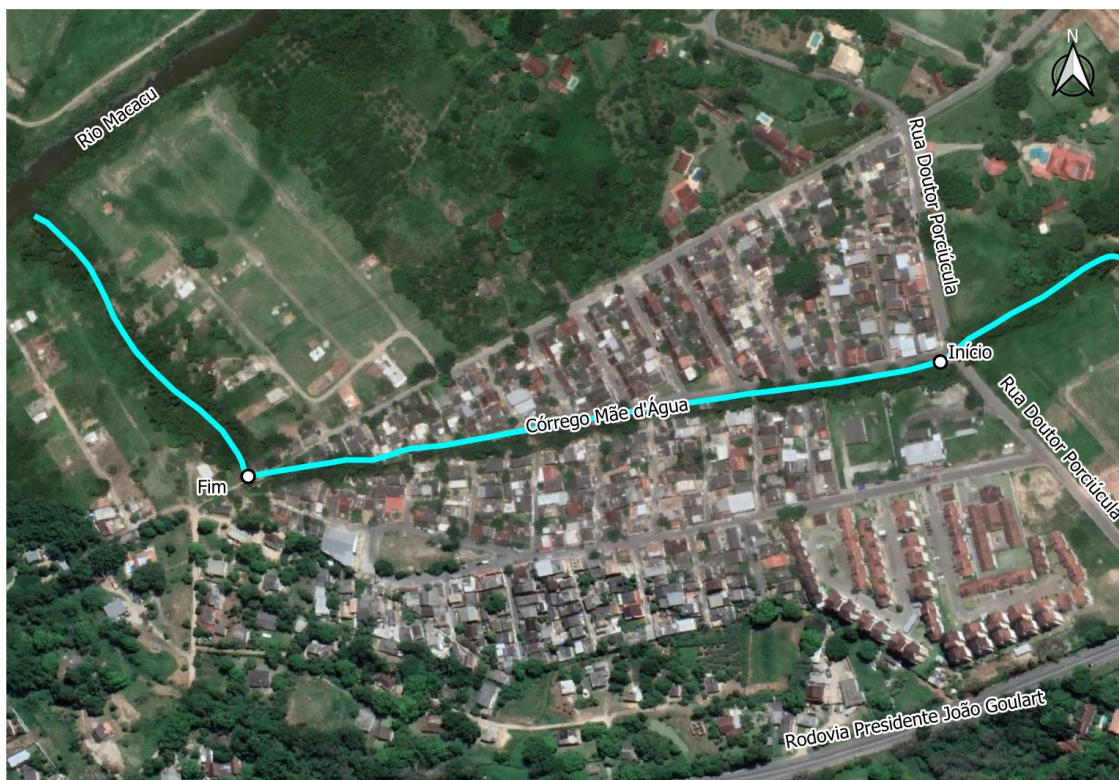


Figura 1: Localização do córrego Mãe d'Água

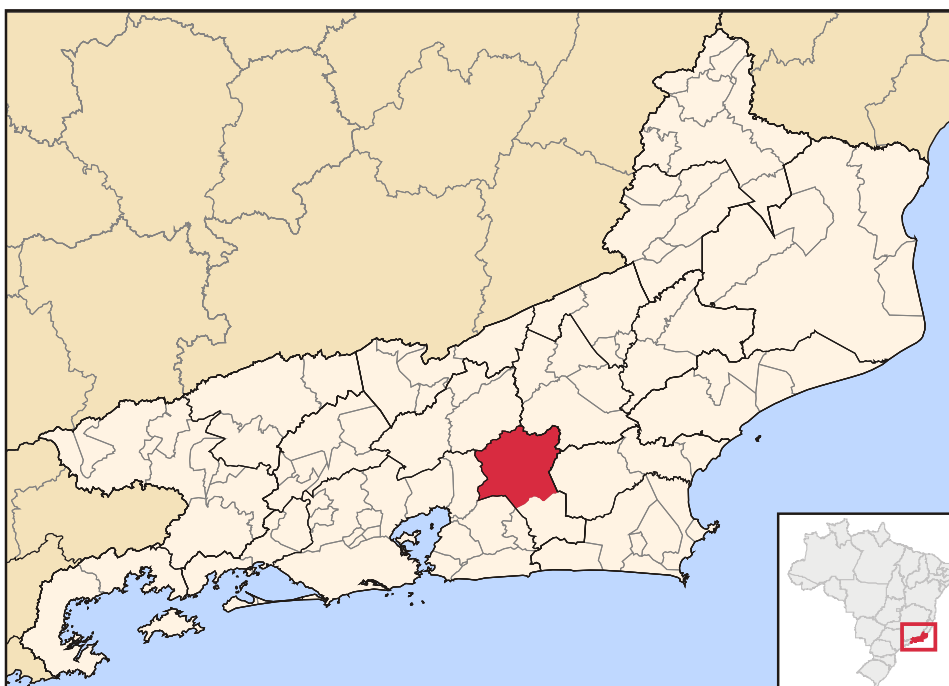


Figura 2: Localização do município de Cachoeira de Macacu no estado do Rio de Janeiro
(Fonte: Wikimedia Commons, 2006)

O Córrego Mãe D'água está inserido na RH V - Baía de Guanabara (Figura 3), e pertence a bacia hidrográfica dos rios Guapi-Macacu, que possui uma área de drenagem de cerca de 1.640 km². É um afluente da margem esquerda do rio Macacu, principal corpo hídrico da cidade e contribuinte do rio Guapimirim, cujo desague se faz na Baía de Guanabara. A nascente se dá na Serra do Soarinho, a leste do vale por onde corre o Rio Macacu. No trecho inicial, atravessa áreas de mata, agricultura e pastos, respectivamente, até cruzar a rodovia BR-116.

No relatório de número DRM-BBGB-PCM-MMD-0-IED-K001-RT, intitulado como "Relatório de Estudos Hidrológicos" estimou-se as vazões de pico para cada Tempo de Retorno: TR 10 (16,8 m³/s), TR 25 (21,2 m³/s) e TR 50 24,7m³/s.

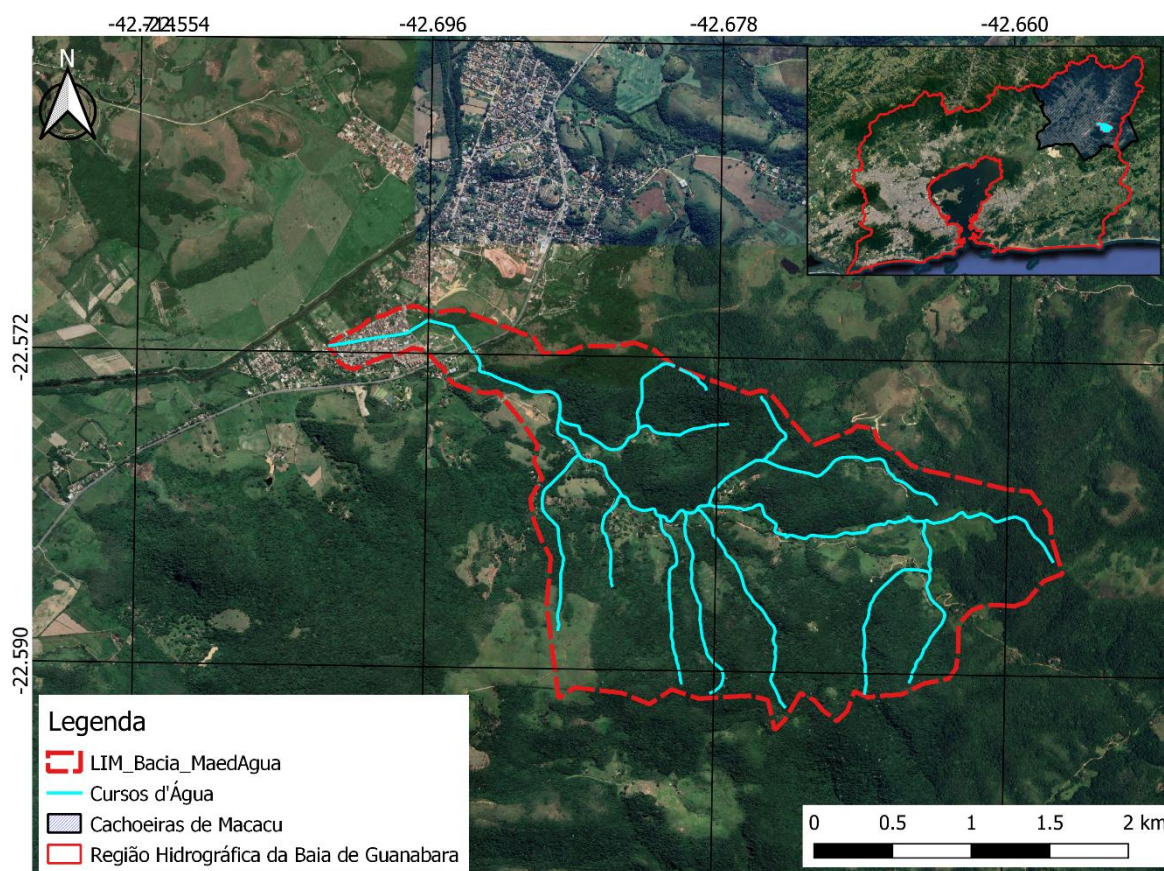


Figura 3: Bacia do córrego Mãe d'Água afluente do Rio Macacu

1.2. MODELAGEM HIDRODINÂMICA

Para modelagem hidrodinâmica foi utilizado o *software* HEC-RAS, que permite ao usuário verificar escoamentos em regime permanente (quantidade da água na calha do canal não varia no tempo) e não permanente (vazão variando no tempo), onde é possível obter informações tanto em apenas uma dimensão (nível de água em uma seção transversal) ou em duas dimensões (estabelecendo planícies de inundação). Este *software* foi desenvolvido pela *U.S Army Corps of Engineers – Hydrologic Engineering Center*, sendo esse de uso corrente no INEA e em diversos estudos hidrodinâmicos para bacias urbanas e rurais.

Antes de iniciar o estudo dos canais, verificou-se a seção ideal de escoamento a partir nível d'água no rio Macacu em um estudo realizado pelo Inea anteriormente. Para pré-dimensionar o canal com o intuito de obter uma seção tipo para iniciar modelo hidrodinâmico, foi utilizada a fórmula de *Manning* (Equação 1), tendo como dado de entrada a vazão máxima, característica geométrica da seção, coeficiente de Manning, cota de fundo do canal.

$$Q = \frac{1}{n} \times A \times R_h^{2/3} \times \sqrt{S_{f,med}} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

Q = vazão, em m^3/s ;

n = coeficiente de *Manning*, dado adimensional;

A = área molhada, em m^2 ;

R_h = raio hidráulico, em m ;

$S_{f,med}$ = declividade média da linha de energia, em m/m .

A área molhada é uma relação entre a base do canal e altura da linha d'água, sendo definida pela Equação 2:

$$A = y \times B \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:

y = altura da coluna de água, em m ;

B = base do canal retangular, em m ;

O raio hidráulico (Equação 4) pode ser encontrado como a relação entre a área molhada e o perímetro molhado (Equação 3).

$$P = B + 2y \quad \text{Equação (3)}$$

$$R_h = \frac{A}{P} \quad \text{Equação (4)}$$

A declividade média da linha de energia pode ser encontrada de duas formas, se estiver sendo analisada a seção de controle hidráulico, ou seja, aquela onde se estabelece um critério de partida do cálculo das variáveis, a declividade da linha energética será determinada a partir da Equação 5, caso contrário, calcula-se a linha de energética a partir da média entre a declividade da linha energética seção analisada e declividade da linha de energia da seção de montante, caso a seção de controle seja de montante (Equação 6).

$$S_f = \left(\frac{Q \times n}{A \times R_h^{\frac{2}{3}}} \right)^2 \quad \text{Equação (5)}$$

$$S_{f,med} = \frac{S_{f_n}}{S_{f_{n-1}}} \quad \text{Equação (6)}$$

Diante da declividade da linha de energia média, pode-se estimar a quantidade de energia ao final do escoamento. A partir da Equação de Bernoulli, determina-se a quantidade e energia total para o escoamento (Equação 7).

$$E = \frac{v^2}{2g} + H$$

Equação (7)

Onde:

v = velocidade média no canal, em m/s;

g = aceleração da gravidade, equivalente a 9,81m/s²

H = energia potencial gravitacional, em m.

Partindo da hipótese que é possível determinar o nível d'água de montante, é possível determinar o nível d'água de uma seção a partir do equilíbrio de energia. Como o escoamento se dá pela diferença de nível, ou seja, devido a energia geométrica, calcula-se a coluna d'água que conduz o sistema a um equilíbrio de energia, ou seja, capaz de gerar um resultado onde:

$$L_n \times S_{f,med} = E_n - E_{n-1}$$

Equação (8)

Sendo assim, o método utilizado é o de balanço de energia, pois sabe-se que não há perda, tão pouco ganho de energia no processo. Para tornar mais eficiente a determinação dos níveis de água, utilizou-se a ferramenta *solver* do aplicativo Excel. Todos os resultados estão em um arquivo.

A primeira etapa de estudo foi simular o canal em condições atuais de escoamento a partir de um levantamento de curvas de nível com resolução 1:2000 disponibilizadas pelo próprio Inea. Após a verificação do nível mais a montante do córrego Mãe d'água, verificou-se a seção ideal para TR 25 anos e, por fim, foi realizado um estudo hidráulico para que fosse possível obter a geometria que é um dos dados de entrada de um modelo hidrodinâmico.

O modelo permite simular e analisar os perfis de escoamento da água no regime subcrítico, supercrítico e misto. Este procedimento é baseado na aplicação da equação de energia unidimensional, onde são avaliadas as perdas de energia por atrito (equação de Manning) e contração ou expansão das seções transversais.

As expressões usadas pelo HEC-RAS seguem as seguintes suposições:

- a) O escoamento é permanente. De forma que não existem condições dependentes do tempo na equação de energia.

- b) O escoamento é gradualmente variado. A equação da energia Bernoulli está fundamentada na premissa da distribuição uniforme de pressões hidrostáticas em cada seção transversal. Nos locais onde o escoamento é rapidamente variado, o programa utiliza a equação de momento ou outras empíricas;
- c) Escoamento é unidimensional. A energia cinética é a mesma para todos os pontos numa seção transversal. Os componentes da velocidade estão na mesma direção do fluxo;
- d) Canais e rios têm pequenos declives, inferiores a 10%. A pressão hidrostática é uma componente somente na direção Y da equação de energia, representada pela profundidade da água medida verticalmente.

Para calcular a linha d'água em regime uniforme o HEC-RAS realiza um balanço de energia entre as seções transversais analisadas, a partir da equação de Manning (Equação 9) para estabelecer as perdas de energia por atrito (Equação 10). As equações básicas utilizadas no processo de obtenção da elevação da linha d'água são apresentadas a seguir, junto a um digrama mostrado na Figura 4.

$$Y_2 + Z_2 + \frac{a_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{a_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad \text{Equação (9)}$$

$$h_e = L * Sf + C \left| \frac{a_1 V_1^2}{2g} + \frac{a_2 V_2^2}{2g} \right| \quad \text{Equação (10)}$$

Onde:

Z_1, Z_2 = cotas do fundo do canal;

Y_1, Y_2 = altura da água em relação ao fundo do canal;

V_1, V_2 = velocidades médias;

a_1, a_2 = coeficiente de velocidade;

g = aceleração da gravidade;

L = comprimento entre as seções;

Sf = declividade da linha de energia;

C = coeficientes de perda de carga por expansão e contração.

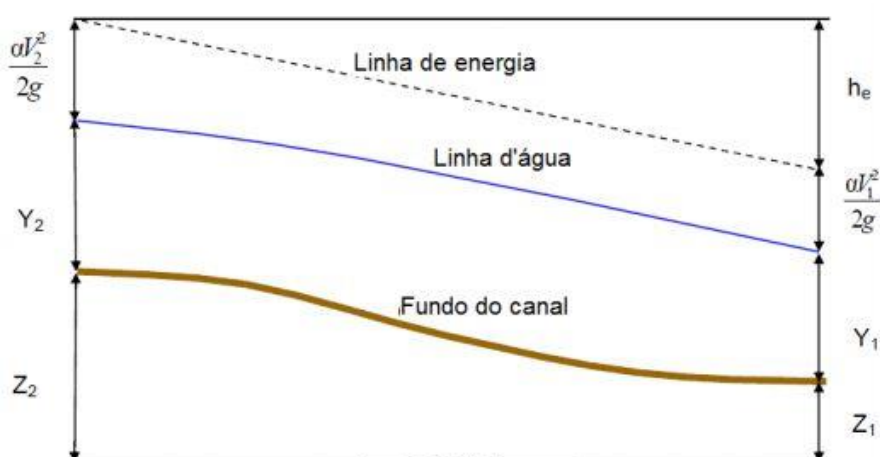


Figura 4: Representação dos termos da equação de energia. Fonte: Manual do HEC-RAS 4.1 (USACE, 2010).

A determinação da vazão total e da velocidade para cada seção transversal requer a subdivisão do escoamento em áreas onde a velocidade seja uniforme. O programa subdivide as áreas laterais nos pontos onde há mudança dos valores n (*bank station*) nas seções transversais.

A vazão em cada subdivisão é então calculada através da equação de *Manning*:

$$Q = \frac{1}{n} A R^{\frac{2}{3}} S f^{\frac{1}{2}} = k S f^{\frac{1}{2}} \left\{ k = \frac{1}{n} A R^{\frac{2}{3}} \right\} \quad \text{Equação (11)}$$

Onde:

K = Capacidade de vazão em cada subdivisão;

n = Coeficiente de rugosidade de *Manning* para a subdivisão;

A = Área do fluxo na subdivisão;

R = Raio hidráulico para subdivisão (área / perímetro molhado)

Para o cálculo da energia cinética média o programa determina ainda o coeficiente de ponderação (α) da velocidade principal, calculado como segue:

$$\alpha = \frac{Q_1 V_1^2 + Q_2 V_2^2 + \dots + Q_n V_n^2}{Q \bar{V}^2} \quad \text{Equação (12)}$$

O coeficiente de velocidade (α) é calculado a partir dos três elementos de fluxo (margem esquerda, calha e margem direita) e pode ser escrito em termos do escoamento e da área.

A perda por contração e expansão do escoamento é avaliada através da seguinte equação:

$$h_{c,e} = C * \left| \frac{a_2 V_2^2}{2g} - \frac{a_1 V_1^2}{2g} \right| \quad \text{Equação (13)}$$

Em relação ao valor do coeficiente α :

- Quando não há perda por transições ou alterações significativas, pode-se utilizar 0 para os coeficientes de contração e expansão;
- Quando a mudança na seção transversal de um rio é pequena, e o fluxo é subcrítico, os coeficientes de contração e expansão são iguais a 0,1 e 0,3, respectivamente;
- Quando a mudança repentina e abrupta na área efetiva da seção, os coeficientes de contração e expansão podem chegar a 0,6 e 0,8, respectivamente;
- Coeficientes de contração e expansão tipicamente empregados em pontes e bueiros são iguais a 0,3 e 0,5, respectivamente.

No geral, os coeficientes empíricos de contração e expansão, no caso de regime supercrítico, tendem a ser menores.

Para o presente estudo, procurou-se usar o mínimo de 0,1 e 0,3 para os coeficientes de contração e expansão.

Para a determinação do coeficiente de *Manning* (n), foi utilizado como base as informações constantes no próprio manual do HEC-RAS (USACE, 2010), o qual utiliza os valores determinados por Chow (1959), além das informações obtidas em Porto (1998). A Tabela 1 apresenta os valores de *Manning* para diversos materiais.

Tabela 2: Valores de Manning para diversos materiais.

Material	Condições			
	Muito boa	Boa	Regular	Má
Alvenaria de pedra argamassada	0,017	0,02	0,025	0,03
Alvenaria de pedra aparelhada	0,013	0,014	0,015	0,017
Alvenaria de pedra seca	0,025	0,033	0,033	0,035
Alvenaria de tijolos	0,012	0,013	0,015	0,017
Canais com fundo em terra e talude com pedras	0,028	0,03	0,033	0,035
Canais com leito pedregoso e talude vegetado	0,025	0,03	0,035	0,04
Canais de terra (retilíneos e uniformes)	0,017	0,02	0,023	0,025
Canais dragados	0,025	0,028	0,03	0,033

Gabião	0,022	0,03	0,035	-
Superfícies de argamassa de cimento	0,011	0,012	0,013	0,015
Córregos e rios Limpos, retilíneos e uniformes	0,025	0,028	0,03	0,033
Igual ao anterior, porém com pedras e vegetação	0,03	0,033	0,035	0,04
Com meandros bancos e poços, limpos	0,035	0,04	0,045	0,05
Margens espraçadas, pouca vegetação	0,05	0,06	0,07	0,08
Margens espraçadas, muita vegetação	0,075	0,1	0,125	0,15

Fonte: Adaptado de Chow (1957); Porto (1998); USACE (2010).

Para as simulações, foi utilizado o fluxo permanente (*steady flow*), com o regime de escoamento misto (*flow regime mixed*).

1.3. CRITÉRIOS DE CÁLCULO

Para o dimensionamento da canalização pretendida no afluente do rio Macacu, foi utilizado como base o manual da Rio-Águas (RIO-ÁGUAS, 2010), que adota o método de cálculo de galeria em marcha estabelecido no “Roteiro para o Projeto de Galerias Pluviais de Seção Circular” do Eng.º Ulisses M. A. de Alcântara – publicado em 1962 - na Revista de Engenharia Sanitária da Associação Interamericana de Engenharia Sanitária, aplicável a quaisquer outras formas de seção. Para seguir as devidas etapas, utilizou-se de planilha em Excel preparada para o dimensionamento hidráulico.

Os critérios e parâmetros de projeto adotados foram Coeficiente de Manning (Tabela 2), velocidades admissíveis (máxima 5,0m/s e mínima para 0,8m/s) e o *freeboard* (borda livre) será 10% da lâmina d’água ou, no mínimo, 40cm.

Adicionalmente, na transição da galeria de concreto para o curso d’água em leito natural, foram dimensionados dissipadores de energia para minimizar os processos de erosão. Para tal foram calculados o canal em degraus.

A adoção de canais com degraus só deve ser usada em situações em que temos uma declividade natural muito elevada. Nesses casos, a montante e a jusante do degrau, deve-se projetar os greides com declividades subcríticas. Conforme orientações contidas no livro Drenagem e Controle da Erosão Urbana (FENDRICH et al., 1988), as características hidráulicas do vertedor em degrau vertical, num canal, sempre conduz a um ressalto hidráulico a jusante do degrau.

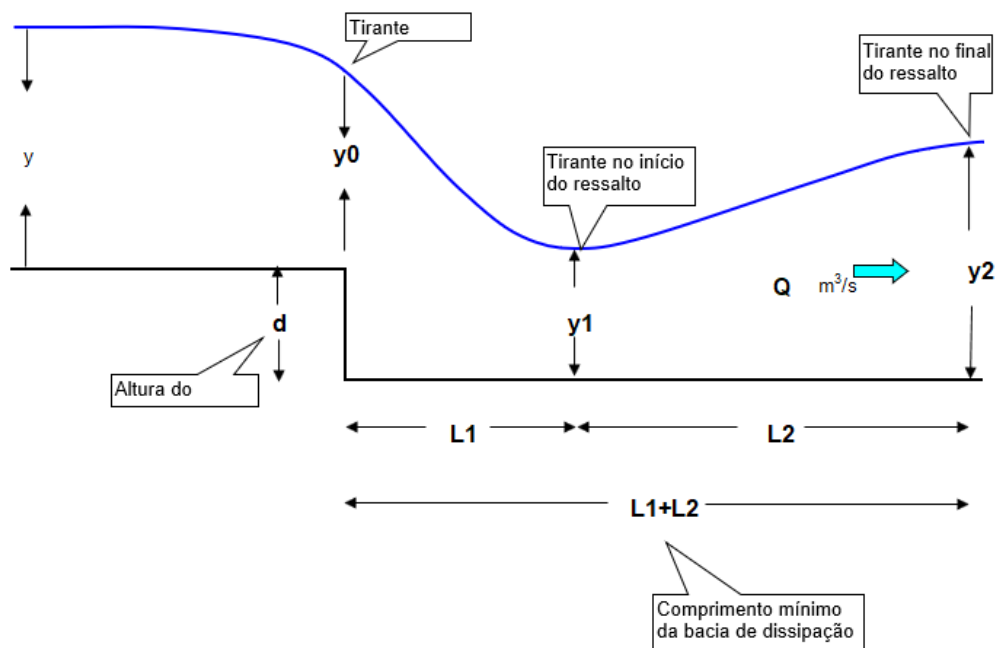


Figura 5: Degraus em canais. Fonte: Adaptado de Fendrich *et al.*, 1997.

Os elementos geométricos do degrau, indicados na Figura 5, em canais retangulares podem ser obtidos em função do número de queda D , definido por:

$$D = \frac{q^2}{gd^3}$$

Equação (14)

Onde:

D = número de queda;

q = vazão específica;

d = altura do degrau.

As funções são:

$$L_1 = 4,30xD^{0,27}xd$$

Equação (15)

$$y_p = dxD^{0,22}$$

Equação (16)

$$y_1 = 0,54xD^{0,425}xd \quad \text{Equação (17)}$$

$$y_2 = 1,66xD^{0,27}xd \quad \text{Equação (18)}$$

O valor de L_2 pode ser determinado por:

$$L_2 = 6,9 \times (y_2 - y_1) \quad \text{Equação (19)}$$

Para estimar a condição de contorno, que é um dado de entrada para o modelo hidrodinâmico, a partir das precipitações máximas para o rio Macacu. A Eletrobras (1987) recomenda o uso da distribuição de Gumbel para coeficiente de assimetria positiva e inferior a 1,5, caso contrário, recomenda-se o uso da Distribuição Exponencial de Dois Parâmetros.

A distribuição de Gumbel tem sido bastante utilizada e recomendada para modelagem probabilística de valores extremos, Caldeira et al. (2015) e Mello e Silva (2005) recomendam diversos artigos que realizam análise de séries pluviométricas e fluviométricas que utilizam essa distribuição. Neste estudo será utilizada a distribuição de Gumbel (Equações 20), cujos parâmetros de escala e forma serão definidos pelo método dos momentos, que é descrito por Naghetti e Pinto (2007).

$$x = \bar{x} - 0,45 \cdot s - 0,7797 \cdot s \cdot \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T_r} \right) \right] \quad \text{Equação (20)}$$

Onde:

\bar{x} = a média das maiores precipitações mensais a cada ano;

s = o desvio padrão das maiores precipitações mensais a cada ano.

As variáveis supracitadas podem ser calculadas a partir das Equações 21 e 22:

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n x_i \quad \text{Equação (21)}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad \text{Equação (22)}$$

A vazão calculada para cada tempo de retorno é ajustada pelo coeficiente de Fuller, que definido pela Equação 23.

$$C_F = 1 + 2,66 \cdot A^{-0,3} \quad \text{Equação (23)}$$

Onde,

A = a área dada em km².

2. RESULTADOS

Conforme indicado na metodologia, para o rio Macacu foi realizada análise estatística por meio da estimativa de vazões máximas através da distribuição de Gumbel. Utilizou-se o posto fluviométrico Parque Ribeira (Código 59240000) que possui dados consistidos entre 1969 e 2014.

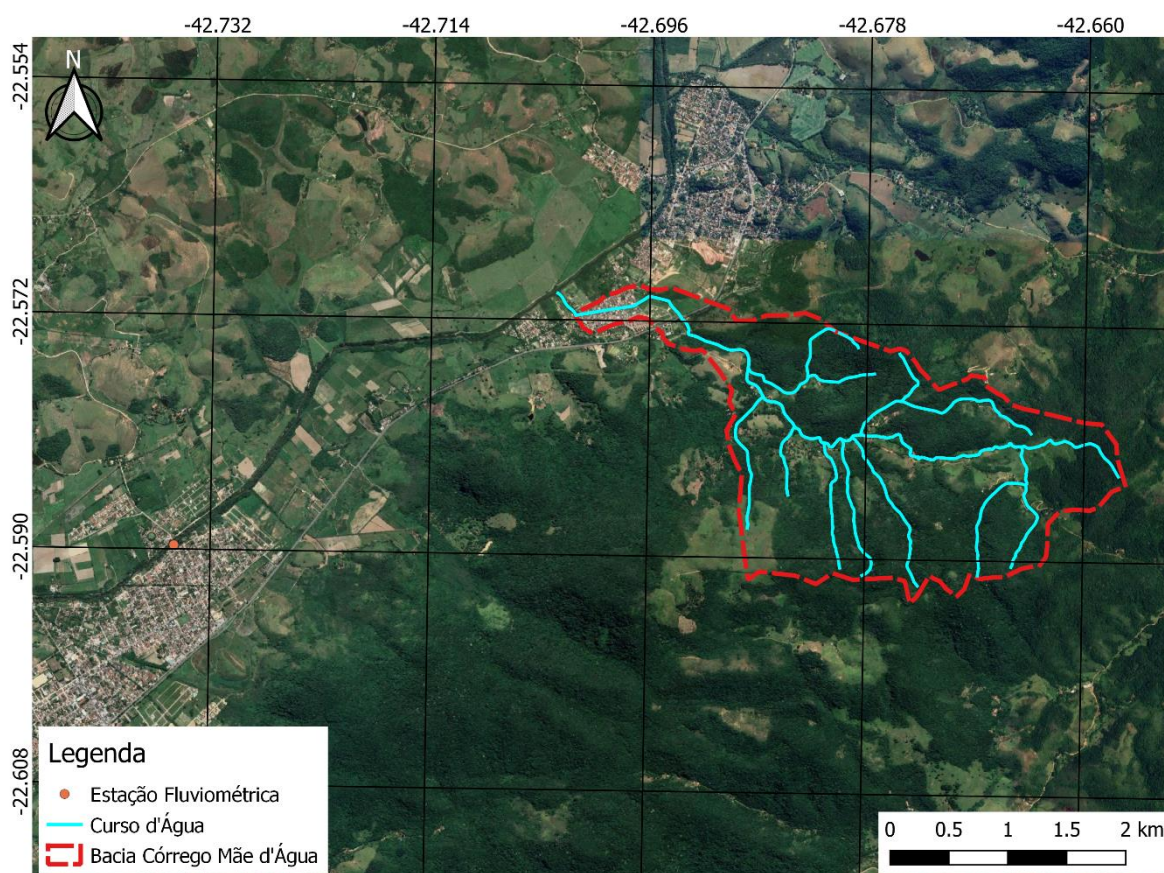


Figura 6: Localização da estação fluviométrica em relação à área de interesse.

Apesar da estação fluviométrica estar a aproximadamente 4,0km da área de interesse, esse é único posto fluviométrico mais próximo que possui dados consistidos e uma série histórica considerável (38 anos) por isso adotou-se os dados deste posto para que fosse possível definir

as condições de contorno necessárias para o modelo hidrodinâmico. Com a obtenção das vazões máximas para TR 10 anos (207 m³/s), TR 25 anos (253 m³/s) e TR 50 anos (287 m³/s).

Para obter as os níveis d'água mais a jusante da Bacia do Córrego Mãe d'Água estimou-se a nível d'água para o Rio Macacu no ponto de confluência. A declividade adotada foi de 0,016 m/m, obtida a partir da declividade do talvegue principal. A Figura 6 ilustra uma das simulações realizadas no Hidro-FLU.

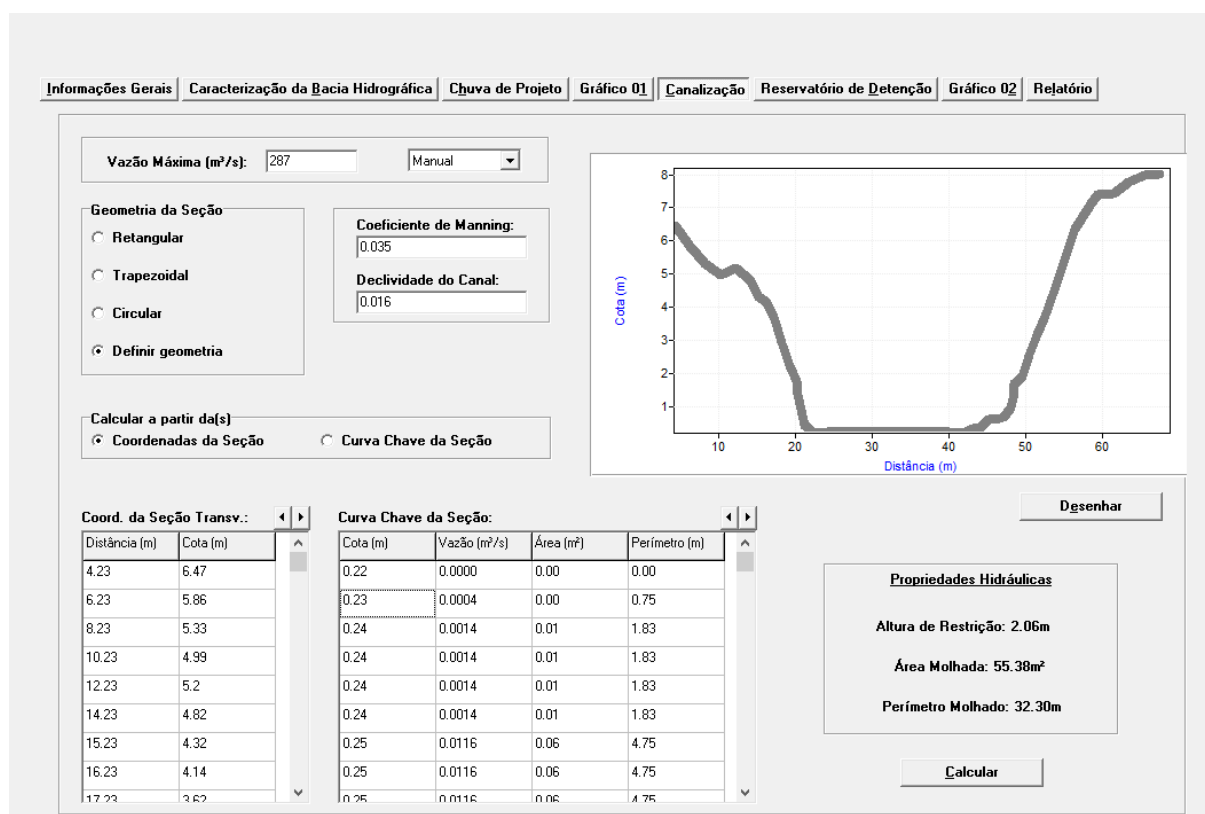


Figura 7: Captura de tela do Hidro-FLU com a simulação da vazão de TR 50 anos na Seção 5 do rio Macacu.

Com todas as simulações e verificações realizados, foram obtidos os resultados apresentados na Tabela 2.

Tabela 3: Resultados obtidos nas simulações hidráulicas para a do rio Macacu.

	TR 10 anos	TR 25 anos	TR 50 anos
Lâmina d'água (m)	1,69	1,91	2,06

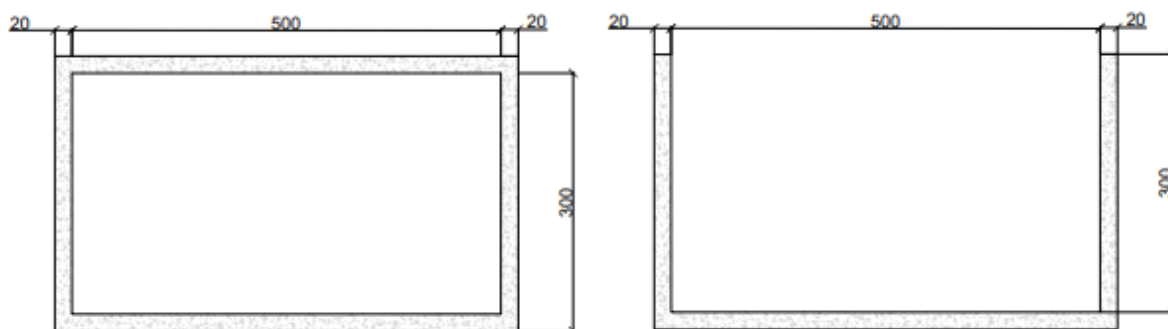


Figura 8: Seções Tipo do projeto de canalização.

A canalização proposta, com base nos critérios e metodologias já citados, possui extensão total de 547,42, sendo 140,13m em canalização celular aberta em concreto armado, com seção $B \times H = 5,00 \times 3,00$ m, em degraus de 1,00m a cada 15m. Tal configuração gera uma altura d'água Normal de 2,34m e velocidade de 1,78m/s. O trecho a jusante, com extensão de 407,29, está sendo proposto com seção retangular fechada, $B \times H = 5,00 \times 3,00$ m e declividade 0,03m/m. As seções tipo do projeto de canalização são apresentadas na Figura 8.

O sistema projetado foi avaliado como canal livre e considerou como as condições de contorno para TR 25 e 50 anos. A vazão utilizada no córrego Mãe d'Água foram àquelas calculadas no Relatório Hidrológico. Verificou-se que a canalização manteve o freeboard mínimo de 40 cm qualquer que seja a seção analisada, para maiores detalhes pode-se observar a o Anexo I.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo apresentou as metodologias utilizadas para a definição das vazões de projeto, assim como os métodos utilizados para a determinação da canalização pretendida. O Anexo I apresenta os cálculos realizados (em planilha) e há um complemento em plantas esquemáticas geométrica, estimativas de aterro e corte, que darão suporte para o projeto estrutural e de urbanismo.

Salienta-se que é necessário realizar ensaios geológicos, para verificar o perfil de solo, realizar levantamento topobatimétrico. Recomenda-se que esse levantamento seja feito até o encontro do córrego Mãe d'Água e Macacu e que seja levantada pelo menos uma seção do Macacu, para que seja possível estimar as condições de contorno para o dimensionamento hidráulico com mais acurácia. Salienta-se que a declividade do canal foi deveras muito pequena, contudo essa ação foi tomada para não haver escavação em excesso e por haver gradiente hidráulico suficiente para o escoamento ocorrer sempre acima da velocidade mínima.

REFERÊNCIAS

INEA. Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro. *Portal GEO INEA - Base de Dados Geoespaciais*. Disponível em:

<https://inea.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=00cc256c620a4393b3d04d2c34acd9ed>. Acesso em: 03 Jul 2022.

RIO-ÁGUAS. *Instruções Técnicas para Elaboração de Estudos Hidrológicos e Dimensionamento Hidráulico de Sistemas de Drenagem Urbana*. Subsecretaria de Gestão de Bacias Hidrográficas - Rio-Águas, 1ª versão, 2010.

Malta, Fernanda Siqueira. "Estudo de correntes de maré do complexo estuarino da Baía de Guanabara-RJ." Estudo realizado pela empresa Tetra Tech, responsável pela confecção da modelagem numérica (2005).

CHOW, V.T. *Open Channel Hydraulics*. McGraw-Hill Book Company, NY. 1959.

USACE. US Army Corps of Engineers. *HEC-RAS River Analysis System - Reference Manual*. Version 4.1. Hydrologic Engineering Center, Davis, CA, USA. 2010.

WILKEN, P. S. *Engenharia de Drenagem Superficial*. Cia. de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB. São Paulo, 1978.

ANEXO I

Planilha do Projeto Hidráulico

Tempo de Retorno	Estaca	Vazão (m³/s)	Declividade da Linha de Energia (m/m)	Velocidade (m/s)	Número de Froude	Nível d'Água (m)	Borda Livre (m)
TR25	0	21.15	0.001571	2.89	0.77	1.45	1.55
TR25	10	21.15	0.001733	3	0.81	1.4	1.6
TR25	20	21.15	0.002575	3.44	1	1.22	1.78
TR25	40	21.15	0.0019	3.09	0.85	1.36	1.64
TR25	60	21.15	0.001973	3.13	0.87	1.34	1.66
TR25	80	21.15	0.002056	3.18	0.89	1.32	1.68
TR25	100	21.15	0.000398	1.76	0.37	2.36	0.64
TR25	120	21.15	0.000402	1.77	0.37	2.35	0.65
TR25	140	21.15	0.000405	1.78	0.37	2.34	0.66
TR25	160	21.15	0.000409	1.78	0.37	2.34	0.66
TR25	180	21.15	0.000412	1.79	0.38	2.33	0.67
TR25	200	21.15	0.000416	1.79	0.38	2.32	0.68
TR25	220	21.15	0.000419	1.8	0.38	2.32	0.68
TR25	240	21.15	0.000422	1.8	0.38	2.31	0.69
TR25	260	21.15	0.000426	1.81	0.38	2.31	0.69
TR25	280	21.15	0.00043	1.82	0.39	2.3	0.7
TR25	300	21.15	0.000434	1.82	0.39	2.29	0.71
TR25	320	21.15	0.000438	1.83	0.39	2.28	0.72
TR25	340	21.15	0.000442	1.83	0.39	2.27	0.73
TR25	360	21.15	0.000446	1.84	0.39	2.27	0.73
TR25	380	21.15	0.000451	1.85	0.4	2.26	0.74
TR25	400	21.15	0.000455	1.85	0.4	2.25	0.75
TR25	420	21.15	0.000459	1.86	0.4	2.24	0.76
TR25	440	21.15	0.000464	1.87	0.4	2.24	0.76
TR25	460	21.15	0.000469	1.87	0.4	2.23	0.77
TR25	480	21.15	0.000474	1.88	0.41	2.21	0.79
TR25	500	21.15	0.00048	1.89	0.41	2.2	0.8
TR25	520	21.15	0.004678	1.91	0.42	2.19	0.81
TR25	540	21.15	0.00551	2.03	0.45	2.06	0.94
TR25	560	21.15	0.007159	2.26	0.62	1.83	1.17
TR25	580	21.15	0.011447	2.62	0.78	1.55	1.45
TR25	600	21.15	0.018559	2.99	1.01	1.15	1.85
TR25	620	21.15	0.010315	1.81	0.74	0.76	2.24
TR25	640	21.15	0.006519	1.94	0.61	1.52	1.48
TR25	660	21.15	0.004625	1.69	0.52	1.45	1.55
TR25	680	21.15	0.008521	2.13	0.7	1.23	1.77
TR25	700	21.15	0.004832	1.64	0.53	1.17	1.83
TR25	720	21.15	0.00337	1.35	0.44	1.18	1.82
TR25	740	21.15	0.000971	0.95	0.25	2.12	0.88
TR25	760	21.15	0.002311	1.42	0.37	2.03	0.97
TR25	780	21.15	0.003803	1.77	0.46	1.91	1.09

Tempo de Retorno	Estaca	Vazão (m³/s)	Declividade da Linha de Energia (m/m)	Velocidade (m/s)	Número de Froude	Nível d'Água (m)	Borda Livre (m)
TR50	0	24.68	0.001634	3.07	0.78	1.59	1.41
TR50	10	24.68	0.001799	3.18	0.82	1.54	1.46
TR50	20	24.68	0.002605	3.62	1	1.35	1.65
TR50	40	24.68	0.001967	3.28	0.86	1.49	1.51
TR50	60	24.68	0.002058	3.33	0.88	1.47	1.53
TR50	80	24.68	0.00214	3.38	0.9	1.45	1.55
TR50	100	24.68	0.00044	1.9	0.38	2.55	0.45
TR50	120	24.68	0.000445	1.91	0.39	2.54	0.46
TR50	140	24.68	0.000448	1.92	0.39	2.53	0.47
TR50	160	24.68	0.000452	1.92	0.39	2.53	0.47
TR50	180	24.68	0.000456	1.93	0.39	2.52	0.48
TR50	200	24.68	0.00046	1.94	0.39	2.51	0.49
TR50	220	24.68	0.000465	1.94	0.4	2.5	0.5
TR50	240	24.68	0.000468	1.95	0.4	2.49	0.51
TR50	260	24.68	0.000473	1.96	0.4	2.49	0.51
TR50	280	24.68	0.000477	1.96	0.4	2.47	0.53
TR50	300	24.68	0.000482	1.97	0.4	2.46	0.54
TR50	320	24.68	0.000486	1.98	0.41	2.45	0.55
TR50	340	24.68	0.000491	1.99	0.41	2.44	0.56
TR50	360	24.68	0.000497	1.99	0.41	2.44	0.56
TR50	380	24.68	0.000502	2	0.41	2.43	0.57
TR50	400	24.68	0.000507	2.01	0.42	2.42	0.58
TR50	420	24.68	0.000512	2.02	0.42	2.41	0.59
TR50	440	24.68	0.000518	2.02	0.42	2.4	0.6
TR50	460	24.68	0.000524	2.03	0.42	2.39	0.61
TR50	480	24.68	0.00053	2.04	0.43	2.38	0.62
TR50	500	24.68	0.000537	2.05	0.43	2.37	0.63
TR50	520	24.68	0.005249	2.08	0.44	2.35	0.65
TR50	540	24.68	0.006269	2.22	0.48	2.2	0.8
TR50	560	24.68	0.007532	2.4	0.63	1.96	1.04
TR50	580	24.68	0.012399	2.81	0.81	1.65	1.35
TR50	600	24.68	0.018197	3.09	1.01	1.26	1.74
TR50	620	24.68	0.007646	1.72	0.65	0.9	2.1
TR50	640	24.68	0.00647	2.01	0.61	1.65	1.35
TR50	660	24.68	0.004585	1.76	0.53	1.57	1.43
TR50	680	24.68	0.007874	2.17	0.68	1.37	1.63
TR50	700	24.68	0.004173	1.65	0.5	1.32	1.68
TR50	720	24.68	0.002714	1.33	0.4	1.35	1.65
TR50	740	24.68	0.000954	1	0.25	2.29	0.71
TR50	760	24.68	0.00235	1.49	0.38	2.19	0.81
TR50	780	24.68	0.003967	1.87	0.47	2.06	0.94