



AMBIENTAL
ENGENHARIA E ARQUITETURA

ESTUDO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

LOTEAMENTO CAMPOS OLIVOTTI LTDA

EXTREMA

2025

ETHOS ENGENHARIA E SERVIÇOS LTDA

CNPJ: 11.282.617/0001-63

Telefone: (35) 3181-0209 | Site: www.ethosprojetos.com

Endereço: R. Treze de maio, 835, 2º Piso – Sala 01, Centro Ouro Fino – MG

Sumário

Responsável Técnico.....	3
1. Estudo de Impacto Hidrológico à Jusante da Canalização	3
1.1. Objetivo	3
2. Análise do Regime Supercrítico	3
2.1 Avaliação Inicial da Condição do Leito e Margens.....	3
2.1 Cálculo da Força de Cisalhamento (Shear Stress).....	4
2.2 Aplicação da Equação de Meyer-Peter & Muller.....	5
2.3 Comparação com a Velocidade Crítica do Solo	6
2.4 Velocidade de Escoamento Após o Canal.....	6
2.5 Cálculo da Energia Específica Antes e Depois.....	7
3. Simulação no HEC-RAS.....	8
4. Dimensionamento do dispositivo de controle de vazão e velocidade.....	10
4.1 Cálculo do número de degraus.....	11
4.3 Velocidade final do fluxo após a dissipação.....	11
4.4 Cálculo do número de Froude após a dissipação.....	12
5. Conclusão.....	14

Responsável Técnico

Eduardo [REDACTED]

Engenheiro Ambiental

CREA: [REDACTED]

ART: [REDACTED]

1. Estudo de Impacto Hidrológico à Jusante da Canalização

1.1. Objetivo

Este estudo tem como finalidade avaliar os impactos do escoamento supercrítico ($Fr = 16,359$) na região a jusante da canalização, considerando parâmetros como estabilidade do leito, risco de erosão e alterações na infiltração do solo.

2. Análise do Regime Supercrítico

2.1 Avaliação Inicial da Condição do Leito e Margens

O solo da região caracterizado por Latossolos LVAd, é um dos solos mais profundos e intemperizados, formado em climas tropicais úmidos, sujeito a altos níveis de intemperismo químico.

Sua textura é variável podendo ser arenoso, argiloso, a depender do material de origem, devido a sua porosidade, possui ótima drenagem.

No local em questão o solo é caracterizado por ser uma mistura de arenoso e argiloso, como esperado pela sua caracterização.

No trecho de escoamento do curso hídrico após canalização é composto basicamente por mata ciliar, salvo um trecho de aproximadamente 60m que passa pela rodovia e aproximadamente 80m que passa pelo fundo de uma área residencial.

A App local, está em um ótimo estado de conservação, e em pouquíssimos locais possui a presença de aberturas ou clareiras, o córrego em questão, possui extensão de 1,32km até desaguar no Rio Jaguari.

Segundo levantamento, a declividade do trecho média é de 0,03m por metro, do ponto onde finaliza o canal para o até a junção do córrego ao Rio Jaguari.



Imagem 01 – Foto satélite, com demarcação do canal e curso hídrico posterior

2.1 Cálculo da Força de Cisalhamento (Shear Stress)

A tensão de cisalhamento (τ) é um dos principais indicadores do potencial erosivo do fluxo e é calculada pela equação:

$$\tau = \gamma \times R \times S$$

Onde:

τ : Tensão de cisalhamento no leito (Pa)

γ : Peso específico da água: $\approx 9,81 \text{ kN/m}^3$

R = raio hidráulico do leito (m): 0,364m

S = declividade do canal: 0,03m/m

Calculando temos:

$$\tau = 9,81 \times 0,364 \times 0,03$$

$$\tau = 0,107 \text{ N/m}^2$$

O valor obtido para a tensão de cisalhamento foi **0,107 N/m²**. Comparando-se com a resistência ao cisalhamento crítico do solo ($\tau_c = 2,61 \text{ N/m}^2$, conforme Lima et al.), conclui-se que a erosão é improvável.

2.2 Aplicação da Equação de Meyer-Peter & Muller

Para estimular a taxa de erosão, podemos utilizar a equação do Meyer-Peter & Muller

$$q_s = 8 \times (\tau - \tau_c) \times 1.5$$

Onde:

Qs = Taxa de transporte de sedimentos (m³/s/m)

τ = Tensão de cisalhamento: 0,107N/m²

Tc = Tensão crítica de cisalhamento do solo: 2,61N/m²

Resolvendo:

$$q_s = 8 \times (0,107 - 2,61) \times 1.5$$

$$q_s = -30,04 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}/\text{m}$$

O resultado negativo, indica que a tensão de cisalhamento aplicada é menor que a tensão crítica do solo evitando assim o risco de erosão.

Porém a vazão de projeto do canal, foi determinada para um tempo de retorno de 100 anos, através da Equação de Mattos em 33,87m³/s, sendo importante nesse caso calcular a vazão crítica do canal, para esse tempo de retorno.

2.3 Comparação com a Velocidade Crítica do Solo

A erosão ocorre quando a tensão cisalhante aplicada supera a tensão crítica de cisalhamento do solo. Além disso, a velocidade do fluxo deve ser comparada com a velocidade crítica do solo, que pode ser calculada por:

$$V_c = \sqrt{\frac{T_c}{P}}$$

Onde:

T_c = Tensão crítica de cisalhamento do solo: 2,61N/m²

P = densidade da água ($\approx 1000 \text{ kg/m}^3$)

V_c = Velocidade crítica: m³/s

$$V_c = \sqrt{\frac{2,61}{9810}}$$

$$V_c = 0,016\text{m/s}$$

A velocidade crítica encontrada (0,016m/s), comparada com a velocidade de projeto (39,57m/s), O cálculo confirma que a velocidade de escoamento é elevada, aumentando o risco de erosão.

2.4 Velocidade de Escoamento Após o Canal

Uma vez que o canal é composto por uma superfície lisa e regular, o número de Manning utilizado no projeto é 0,013, após a canalização esse número é alterado, devido as características do solo do local de drenagem, e da área de app, que servira de área de alagamento em casos extremos.

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

Onde:

- V = velocidade do fluxo (m/s)
- n = coeficiente de rugosidade de Manning (s/m^{1/3}): 0,035
- R = raio hidráulico (m): 0,364
- S = declividade do canal (m/m): 0,03

Calculando temos:

$$V = \frac{1}{0,035} \times 0,364^{\frac{2}{3}} \times 0,03^{\frac{1}{2}}$$

$$V = 2,52m/s$$

2.5 Cálculo da Energia Específica Antes e Depois

A energia específica (E) em um ponto do fluxo é dada por:

$$E = h \times \frac{v^2}{2g}$$

Onde:

- E = energia específica (m)
- h = profundidade do fluxo (m): 0,75
- V = velocidade do escoamento (m/s): 39,57
- G = 9.81 m/s² (aceleração da gravidade)

Calculando:

$$E = 0,75 \times \frac{39,57^2}{2 \times 9,81}$$

$$E = 59,85m$$

3. Simulação no HEC-RAS

Para uma melhor compreensão dos efeitos do canal, numa chuva de evento crítico, com tempo de retorno de 100 anos, para a velocidade de escoamento de 39,57m/s, utilizaremos o software HEC-RAS.

Foram delimitadas as áreas de contribuição do córrego em questão, e importadas para dentro do software.

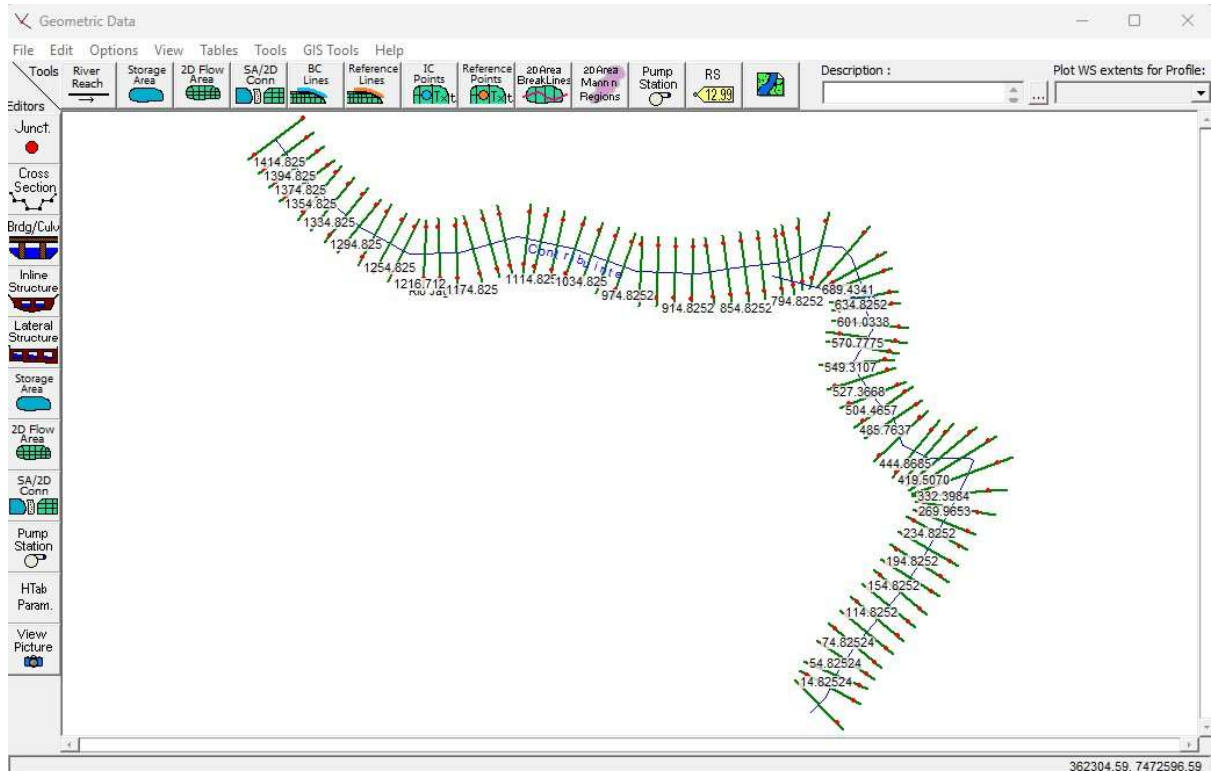


Imagem 02 – software HEC-RAS, com o detalhamento do trecho

Após a importação foram definidos os coeficientes de Manning para o leito do córrego e para as margens conforme levantamento *in loco*, sendo eles, para o leito, considerando um valor médio segundo CHOW, V.T. em Open-Channel Hydraulics, em 0,028, e para as áreas laterais, como a região é composta basicamente por mata ciliar, salvo algumas penas artes em contato com áreas urbanizadas, adotamos o valor de 0,07.

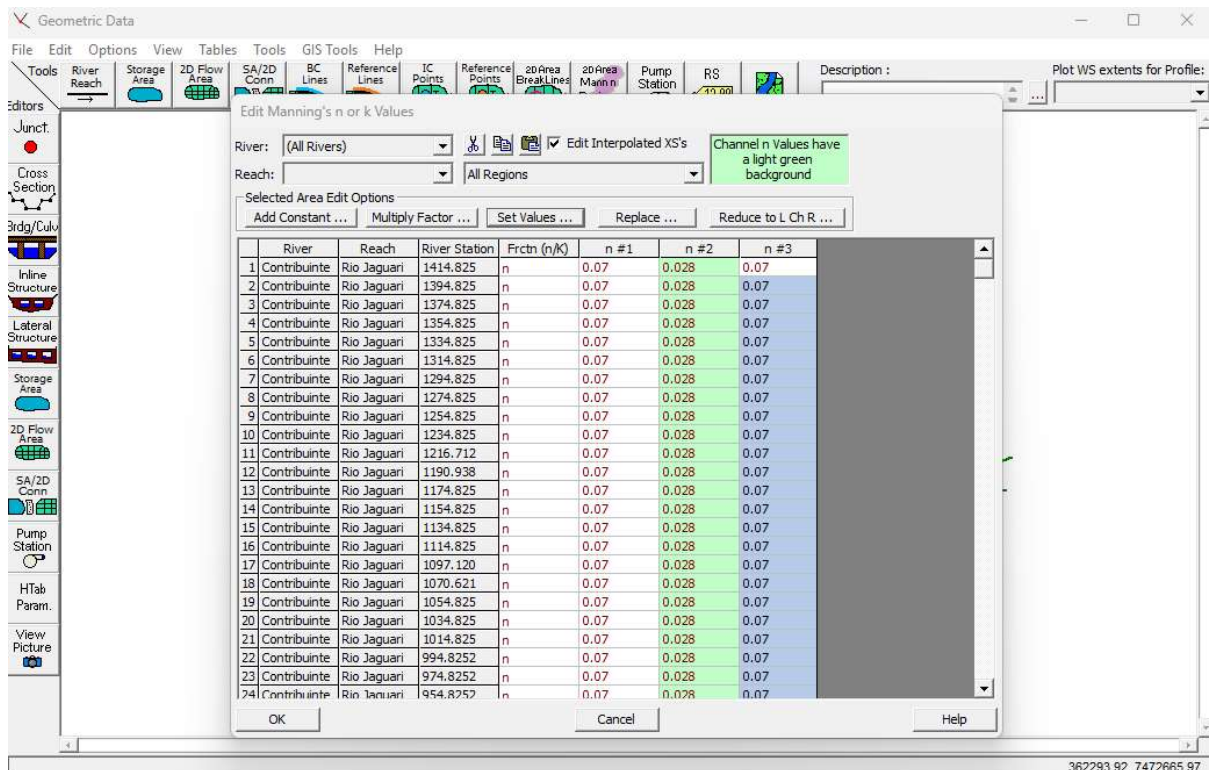


Imagem 03 – software HEC-RAS, com a definição dos coeficientes de Manning

Após rodar a simulação o resultado mostra um risco grande de transbordo e inundações em todo o trecho de 1,3km, conforme modelo.

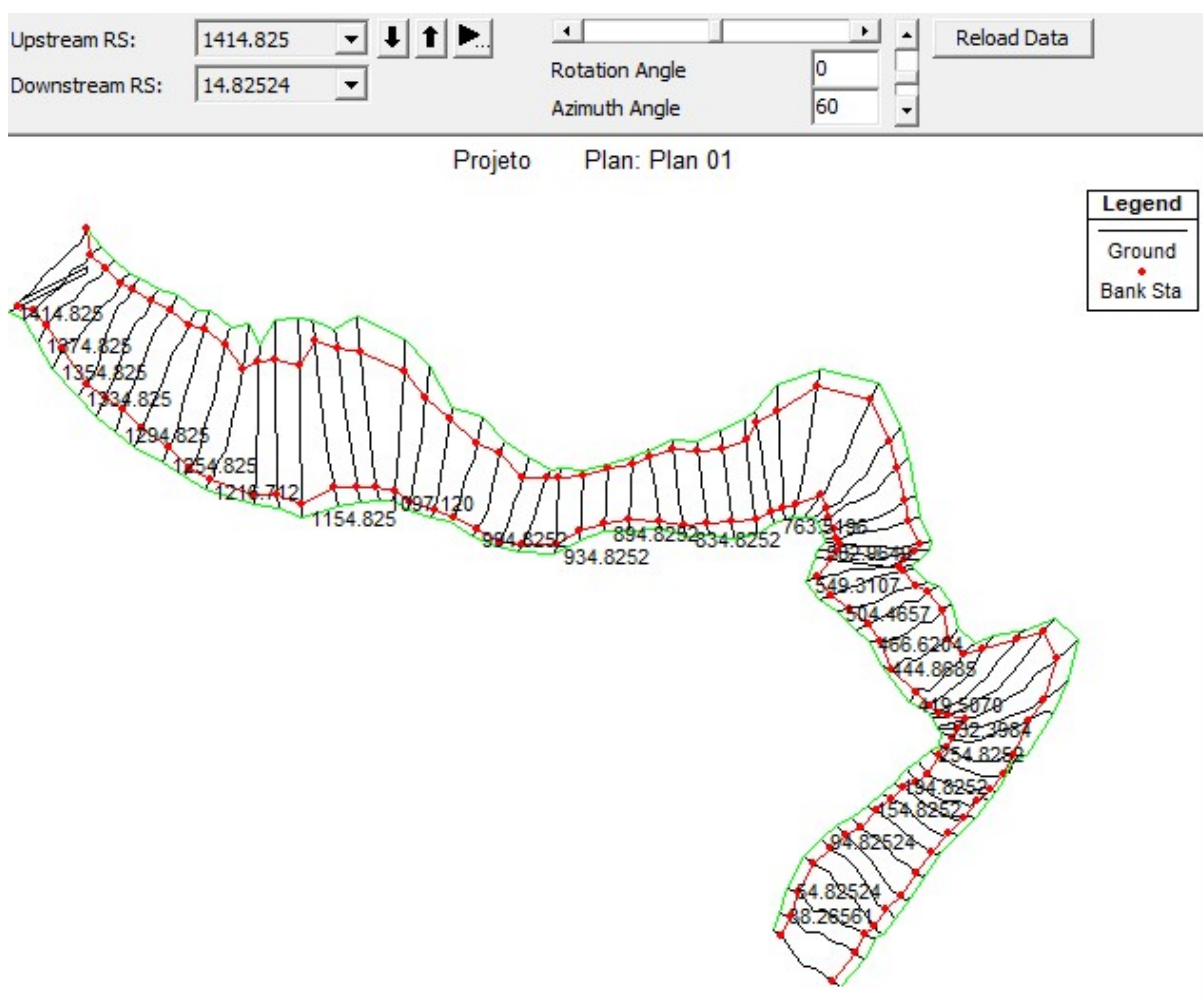


Imagem 04 – software HEC-RAS, mostrando o alto risco de inundações

4. Dimensionamento do dispositivo de controle de vazão e velocidade

Com o objetivo de reduzir a velocidade do fluxo para minimizar os impactos a jusante, optou-se pela construção de escadas hidráulicas para controle do escoamento, dispositivo construído para dissipar a energia hidráulica progressivamente, garantindo assim maior estabilidade do leito e das margens do curso hídrico.

Para o dimensionamento adequado da escada hidráulica, levamos em conta os seguintes parâmetros:

- Declividade do trecho: 1m/m
- Vazão de Projeto: 33,87m³/s
- Velocidade atual do fluxo: 39,57m/s
- Número de Froude: 16,359 (supercrítico)

A escada hidráulica será dimensionada com degraus sucessivos para promover a dissipação de energia.

4.1 Cálculo do número de degraus

O número total de degraus é obtido dividindo a altura total do trecho pela altura de cada degrau.

$$N = \frac{H}{h}$$

Onde:

- N = número total de degraus
- H = altura total do trecho (m): 10
- h = altura de cada degrau (m): 1

$$N = \frac{10}{1}$$

$$N = 10 \text{ Degraus}$$

4.3 Velocidade final do fluxo após a dissipação

A redução da velocidade do fluxo pode ser estimada considerando a dissipação de energia ao longo dos degraus. Para simplificação, adotamos um modelo empírico:

$$V_f = \frac{V_i}{1 + 0,5 \times N}$$

Onde:

- V_f = nova velocidade do fluxo após a dissipação (m/s)
- V_i = velocidade inicial do fluxo antes das escadas hidráulicas (m/s): 39,57m/s
- N = número total de degraus: 16

$$V_f = \frac{39,57}{1 + 0,5 \times 10}$$

$$Vf = 6,595 \frac{m}{s}$$

4.4 Cálculo do número de Froude após a dissipação

O número de Froude (Fr) é uma indicação da criticidade do fluxo, definido como:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \times d}}$$

Onde:

- Fr = número de Froude
- V = velocidade do fluxo (m/s): 6,595 m/s
- g = aceleração da gravidade: 9,81 m/s²
- d = profundidade do fluxo (m): 10

$$Fr = \frac{6,595}{\sqrt{9,81 \times 10}}$$

$$Fr = 0,666$$

Diante dos cálculos foi realizado conseguimos uma redução significativa da velocidade de escoamento e do número de Froude, sendo assim passamos para a elaboração do projeto das escadas:

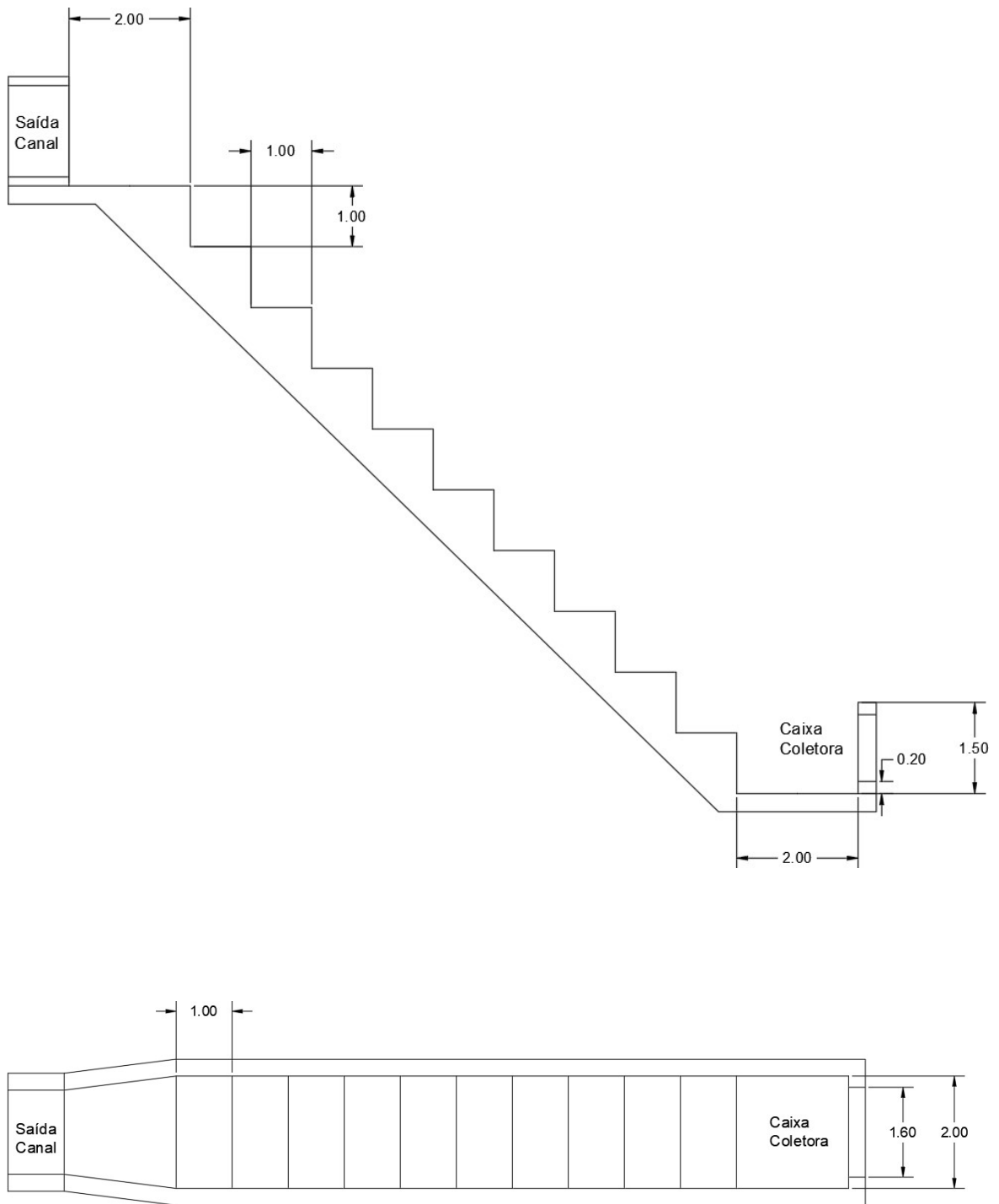


Imagem 05 – Projeto das escadas hidráulicas

5. Conclusão

O presente estudo hidrológico e hidráulico para o Loteamento Campos Olivotti permitiu avaliar os impactos do escoamento supercrítico a jusante da canalização, identificando riscos potenciais de erosão, transbordamento e instabilidade do leito do córrego. A análise dos parâmetros hidráulicos demonstrou que a velocidade do fluxo e a energia específica são significativamente elevadas, resultando em um risco elevado de erosão e degradação das margens, especialmente em trechos mais vulneráveis.

A simulação realizada no software HEC-RAS confirmou a tendência de transbordo e inundações em um trecho de 1,3 km, reforçando a necessidade de adoção de medidas mitigadoras. Para minimizar os impactos negativos e garantir a estabilidade do leito e das margens, foi proposta a implantação de escadas hidráulicas, que atuam na dissipação da energia do fluxo, reduzindo a velocidade e, conseqüentemente, o risco de erosão.

Com base nos cálculos realizados, a implementação dessa solução hidráulica demonstrou-se eficaz na redução da velocidade do fluxo de 39,57 m/s para aproximadamente 6,60 m/s, trazendo o número de Froude para uma condição mais próxima da estabilidade. Assim, conclui-se que as medidas propostas são tecnicamente viáveis e fundamentais para garantir a segurança da área a jusante, prevenindo impactos ambientais negativos e promovendo a sustentabilidade do empreendimento.



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20253699266

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

1. Responsável Técnico

EDUARDO

Título profissional: **ENGENHEIRO AMBIENTAL**

2. Dados do Contrato

Contratante: **LOTEAMENTO CAMPOS OLIVOTTI LTDA**

CPF/CNPJ: **43.304.128/0001-51**

LOTEAMENTO CAMPOS OLIVOTTI LTDA

Nº: **s/n**

Complemento:

Bairro: **CAMPOS OLIVOTTI LTD**

Cidade: **EXTREMA**

UF: **MG**

CEP: **37640000**

Contrato: **Não especificado**

Celebrado em: **11/02/2025**

Valor: **R\$ 1.500,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

LOTEAMENTO CAMPOS OLIVOTTI LTDA

Nº: **s/n**

Complemento:

Bairro: **CAMPOS OLIVOTTI LTD**

Cidade: **EXTREMA**

UF: **MG**

CEP: **37640000**

Data de Início: **11/02/2025**

Previsão de término: **14/02/2025**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **AMBIENTAL**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **LOTEAMENTO CAMPOS OLIVOTTI LTDA**

CPF/CNPJ: **43.304.128/0001-51**

4. Atividade Técnica

8 - Consultoria

Quantidade

Unidade

40 - Estudo > MEIO AMBIENTE > MANEJO E GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS > #7.3.1 - DE GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

1,00

un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

elaboração estudo complementar hidrológico para outorga

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: <https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados>. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

APEA-TMAPS - Associação dos Profissionais de Engenharia Ambiental do Triângulo

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Extrema, **11** de **fevereiro** de **2025**

Local

data

LOTEAMENTO CAMPOS OLIVOTTI LTDA - CNPJ: 43.304.128/0001-51

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Valor da ART: **R\$ 103,03**

Registrada em: **11/02/2025**

Valor pago: **R\$ 103,02**

Nosso Número: **8607228218**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: ba5BC
 Impresso em: 11/02/2025 às 14:41:54 por: ip: 186.193.145.170

