

DATA Dezembro, 2016

Nº DE REFERÊNCIA G006900-G-1RT106_R-
00/MT-E26-001_159-515-
2282_00-B

PARA Alexandre Gonçalves (alexandre.goncalves@fundacaorenova.org)
Fundação Renova

CC sandrom@samarco.com; alexandre.furtado@fundacaorenova.org;
samir.zaidan@fundacaorenova.org; Allan_Bronsro@golder.com; SCapellao@golder.com.br

DE Antônio Harley

E-MAIL AHarley@golder.com.br

PROJETO DE RECUPERAÇÃO DE RIOS PRINCIPAIS PROJETO TÉCNICO DE OBRAS DE ENROCAMENTO NAS CALHAS

1.0 INTRODUÇÃO

Este memorando documenta a abordagem da Golder para o projeto de obras de enrocamento nas calhas dos rios principais, particularmente o rio Gualaxo do Norte e o rio do Carmo.

2.0 ABORDAGEM DE PROJETO

O enrocamento foi projetado em conformidade com o documento *Riprap Design and Construction Guide* (Guia de Projeto e Construção de Enrocamento), do *British Columbia Ministry of Environment, Lands and Parks* (2000), incluindo seu anexo *Appendix A – Technical Report*.

As características consideradas incluem o que se segue:

- Comprimento e alinhamento do revestimento;
- Tratamento da extremidade e do topo do revestimento;
- Formato, tamanho e gradação da rocha e espessura do enrocamento;
- Talude da calha e altura vertical (extensão) da proteção;
- Tratamento do pé ou proteção contra erosão ou solapamento;
- Camada de filtragem, com cascalho ou geotêxtil.

A seção geral do enrocamento foi adaptada da Figura 2 do anexo *Appendix A*.

2.1 Comprimento e alinhamento do revestimento

A extensão do enrocamento foi determinada a partir de estudo de campo e da modelagem HEC-RAS.

Em geral, foi especificado um enrocamento significativo (designado como Tipo “E” nos desenhos) somente para áreas que sofreram erosão ativa e em que a erosão estivesse ameaçando alguma infraestrutura, como estradas, pontes, edificações ou tubulações, bem como para áreas para as quais o cliente solicitou a aplicação de enrocamento. Não foi previsto enrocamento do Tipo “E” para calhas com erosão natural.

Para que um rio funcione naturalmente, deve-se permitir que haja erosão e sedimentação ao longo de suas calhas. Portanto, um enrocamento excessivo pode afetar adversamente o funcionamento hidráulico e ecológico do rio. Assim, permite-se que as calhas que não estiverem ameaçando nenhuma infraestrutura

continuem a erodir, o que agregará material ao rio, permitindo que a camada do leito do rio evolua. Se todas as calhas recebessem enrocamento, o resultado final seria um rio com pouco sedimento e também com um valor ecológico limitado.

Além disso, foi especificado enrocamento para proteção do pé em muitas áreas que receberam tratamento de bioengenharia nas calhas. Geralmente, a proteção do pé por meio de enrocamento foi especificada em áreas em que a modelagem HEC-RAS indicou velocidades acima de 1,75 m/s.

2.2 Tratamento da extremidade e do topo do revestimento

Em alguns pontos, as extremidades jusantes de revestimentos foram, de um modo geral, espessadas ou travadas na calha visando minimizar a possibilidade de que o rio solapasse por trás da camada de rocha (Figura 3-3 do anexo *Appendix A*).

De um modo geral, as partes superiores dos revestimentos permaneceram como instaladas.

2.3 Formato, tamanho e gradação da rocha e espessura do enrocamento

O formato, tamanho e gradação do enrocamento são estabelecidos na especificação técnica G006900-C-1ET100.

O tamanho (D_{50}) da rocha foi dimensionado com base no método do *U.S. Army Corps of Engineers* (Seção 3.7 do anexo *Appendix A*) em função das velocidades modeladas como descrito abaixo.

A espessura da camada de enrocamento nos taludes foi estabelecida em $1,5 \times D_{50}$.

2.4 Talude da calha e altura vertical (extensão) da proteção

A declividade dos taludes das calhas foi geralmente estabelecida em 1,5 horizontal para 1,0 vertical, porém com variações que levem em consideração as condições locais.

Em geral, a parte superior da proteção em enrocamento foi estabelecida (i) no nível de água da vazão de projeto com 10 anos de tempo de retorno (Q_{10}) ou (ii) no topo natural da calha, prevalecendo o que for menor.

Em geral, a parte inferior da proteção em enrocamento foi estabelecida na profundidade de escavação, conforme discutido abaixo.

2.5 Tratamento do pé ou proteção contra erosão ou solapamento

Na maioria das seções Tipo “E”, a base do enrocamento foi escavada a uma profundidade de pelo menos $2 \times D_{50}$, com a equipe de campo fazendo os ajustes necessários. A experiência mostra que tal profundidade de escavação é, de um modo geral, adequada nos casos em que há falta de informações detalhadas.

Em algumas áreas de projetos mais significativos, foi feita uma análise de profundidade de escavação mais detalhada com base no método do *Guide to Bridge Hydraulics* (NEILL, 1973) modificado por ferramentas internas da Golder. Este método estima profundidades de escavação próximo às margens usando a “profundidade de regime”. Profundidades máximas escavadas (abaixo do nível de cheia) foram tratadas como múltiplos da profundidade de “regime”.

Adaptando-se o método de Lacey em Neill (1973):

$$d_s = 0.47Z(Q/F)^{1/3}, \text{ onde}$$

d_s = profundidade de escavação abaixo do leito do curso d'água (m);

Z = fator multiplicador igual a 0,25 para um trecho reto, 0,50 para uma curva moderada e 0,75 para uma curva acentuada (adimensional);

Q = vazão de projeto (Q_{10}) (m^3/s);

F = um fator de assoreamento igual a $1,75 \times D_{50}^{0.5}$, onde D_{50} é o tamanho de grão mediano do leito (mm)

A partir de observações de campo na área de Barra Longa, os tamanhos de grão do leito do rio variam de areia grossa até cascalho. As observações de campo sugerem ainda uma faixa de 1 mm a 5 mm no canal na margem do rio; esta faixa foi usada nas estimativas de profundidade de escavação.

O método de Lacey foi verificado também em relação aos métodos de Blench e Neill. Entretanto, a profundidade da proteção em enrocamento foi, de um modo geral, limitado pela viabilidade prática de escavação no leito do rio.

2.6 Geotextil e camadas de filtragem

De um modo geral, utilizou-se geotêxtil sob todos os enrocamentos, exceto nos casos em que o geotêxtil foi especificado como opcional na base do enrocamento (abaixo do nível da água na época de escavação), no caso de escavação em cascalhos naturais.

Geralmente, não se utilizou camadas de filtro de cascalho onde o enrocamento foi feito sobre solo competente, tendo sido incluído, porém, nos projetos como opcionais que poderiam ser instalados nas seções Tipo "E", a critério dos engenheiros de campo da Golder.

3.0 SEÇÕES, PROFUNDIDADES E VELOCIDADES DO RIO

Os perfis de rio nos locais do projeto foram derivados a partir de levantamentos topográficos fornecidos pela Samarco:

- ARYA INVENTÁRIO TERRITORIAL / FIDUCIAL ENGENHARIA E AEROLEVANTAMENTO_CN-SIRGAS-UTM-0-SAMARCO.dwg (voo em janeiro de 2016);
- ARYA INVENTÁRIO TERRITORIAL / FIDUCIAL ENGENHARIA E AEROLEVANTAMENTO (voo em agosto de 2016).

Para a região de Barra Longa foi utilizada também a batimetria realizada para os rios do Carmo e Gualaxo do Norte em março de 2016, pela ERG Engenharia (2860-A-MN-SD-16-001).

Uma vez que, de um modo geral, não havia dados batimétricos disponíveis (batimetria foi feita somente para a área de Barra Longa), o perfil de rio abaixo do nível da água foi geralmente inferido.

As vazões de projeto (Q_2 e Q_{10}) nas seções de interesse foram estimadas a partir de informações hidrológicas disponíveis, cuja consolidação é apresentada no documento Relatório de Estudos Hidrológicos e Hidráulicos do Projeto de Recuperação Ambiental de Rios Principais (G006900-G-1RT101).

Finalmente, as vazões de projeto foram modeladas através do canal usando um modelo HEC-RAS para fornecer níveis de água e velocidades estimadas para Q_2 e Q_{10} em cada local de projeto.

4.0 CONSIDERAÇÕES

Favor consultar os cálculos detalhados para mais informações.

Antônio Harley
Gerente do Projeto

AH/AB/acs

q:\3-projetos\2015\2-meio ambiente\159 515 2282_samarco\3-relatorio\rt - relatório técnico\rt-e-26\g006900-g-1rt106_r-00\g006900-g-1rt106_00.docx