



Resposta a
Rep 43/18.

Ouro Preto, 15 de maio de 2018

Ofício HDB/MA Nº 034/2018

Ref: Resposta ao Ofício nº OF-SEC/18-04-106.

À V.Ex.^a.

Wander Lúcio Albuquerque
Presidente da Câmara de Vereadores
Ouro Preto - MG

Prezado Senhor,

HINDALCO DO BRASIL INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA., localizada na Av. Américo Renne Gianetti, nº 521, Bairro Saramenha – Ouro Preto/MG, inscrita no CNPJ sob o nº 17.720.994/0001-13, vem por meio deste protocolar, em resposta ao ofício supracitado, o último Laudo Técnico de Segurança da Barragem do Marzagão – Ano 2017, a Declaração de Condição de Estabilidade - 2017 e o Plano de Ação de Emergência (PAE) referente à Barragem de Marzagão, localizada no município de Ouro Preto, estado de Minas Gerais, operada pela Hindalco do Brasil Ltda. e devidamente licenciada junto à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) e ao Conselho de Política Ambiental (COPAM) do estado.

Ressalta-se que os documentos Laudo Técnico de Segurança da Barragem do Marzagão, a Declaração de Condição de Estabilidade são protocolados regularmente em atendimento às Deliberações Normativas COPAM: DN 62/2002, DN 87/2005 E DN 124/2008 que dispõem sobre Segurança de Barragens (último protocolo anexo). Da mesma forma, vale lembrar que o PAE foi protocolado junto à Prefeitura Municipal de Ouro Preto em 02/02/2016 e na Secretaria de Defesa Social (Defesa Civil) em duas ocasiões, em 02/02/2016 e em 05/05/2017 (protocolos anexos), além dos órgãos estaduais como Defesa Civil Estadual (protocolo anexo).

Sem mais para o momento, manifestamos nossos votos de elevada estima e consideração, subscrevemo-nos.

Leandro Ribeiro Pires

Hindalco do Brasil Indústria e Comércio de Alumina Ltda.

Gerente de EHS

HINDALCO BRASIL

Av. Américo R. Gianetti, s/nº - Saramenha - Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil, 35400-000
Tel + 55 31 3559 9236 · www.hindalco.com

Município de Ouro Preto - 0000000392 - 05/05/2018 15:11



Ouro Preto, 02 de maio de 2017

Ofício HDB/MA Nº 045/2017

Ref: Encaminhamento do PAE da Barragem do Marzagão.

Prezado Senhor,

A Hindalco do Brasil Ltda., em atendimento à Lei nº 12.334/2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), vem respeitosamente protocolar o Plano de Ação de Emergência (PAE) referente à Barragem de Marzagão, localizada no município de Ouro Preto, estado de Minas Gerais, operada pela Hindalco do Brasil Ltda. e devidamente licenciada junto à Superintendência Regional de Regularização Ambiental (Supram) e ao Conselho de Política Ambiental (Copam) do estado, por meio da Licença de Operação (LO) nº 225-A/2012, com vencimento em 24 de setembro de 2018.

Ressalta-se que este mesmo documento, foi protocolado junto à Supram Central em 24 de novembro de 2015, em atendimento à Condicionante nº 09 integrante da Licença Prévia (LP) + Licença de Instalação (LI) nº 096/2014 referente à modernização da unidade industrial da Hindalco do Brasil Ltda. em Ouro Preto, emitida em 25 de novembro de 2014.

Da mesma forma, o PAE em questão já foi também encaminhado pela Hindalco Brasil junto à Coordenação Estadual de Defesa Civil de Minas Gerais, conforme protocolo realizado em 02/02/2016 e também junto à Defesa Civil e prefeitura do município de Ouro Preto na mesma data (ofícios anexos).

Sem mais para o momento, manifestamos nossos votos de elevada estima e consideração, subscrevemo-nos.

Ao Ilmo. Sr.

Antônio Ramos

Secretário da Defesa Civil de Ouro Preto

Defesa Civil de Ouro Preto

Leandro Ribeiro Pires

Hindalco do Brasil Indústria e Comércio de Alumina Ltda.
Coordenador de Meio Ambiente

02 05 17
Vanderson Almeida P. de S.



Ouro Preto, 02 de fevereiro de 2016

Ofício HDB/MA Nº 013/2016

Ref: Encaminhamento do PAE da Barragem do Marzagão.

Prezado Senhor,

A Hindalco do Brasil Ltda., em atendimento à Lei nº 12.334/2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), vem respeitosamente protocolar o Plano de Ação de Emergência (PAE) referente à Barragem do Marzagão, localizada no município de Ouro Preto, estado de Minas Gerais, operada pela Hindalco do Brasil Ltda. e devidamente licenciada junto à Superintendência Regional de Regularização Ambiental (Supram) e ao Conselho de Política Ambiental (Copam) do estado, por meio da Licença de Operação (LO) nº 225-A/2012, com vencimento em 29 de setembro de 2018.

Ressalta-se que este mesmo documento, foi protocolado junto à Supram Central em 24 de novembro de 2015, em atendimento à Condicionante nº 09 integrante da Licença Prévia (LP) + Licença de Instalação (LI) nº 096/2014 referente à modernização da unidade industrial da Hindalco do Brasil Ltda. em Ouro Preto, emitida em 25 de novembro de 2014.

Da mesma forma, o PAE em questão já foi também encaminhado pela Hindalco Brasil junto à Coordenação Estadual de Defesa Civil de Minas Gerais, conforme protocolo realizado em 02/02/2016, e estará sendo também disponibilizado junto à Defesa Civil do município de Ouro Preto.

Sem mais para o momento, manifestamos nossos votos de elevada estima e consideração, subscrevemo-nos.

Ao Exmo. Sr.

José Leandro Filho
Prefeito de Ouro Preto

Leandro Ribeiro Pires
Hindalco do Brasil Indústria e Comércio de Alumina I tda.
Coordenador de Meio Ambiente

Recebido
02/02/2016



Ouro Preto, 02 de fevereiro de 2016

Ofício HDB/MA Nº 012/2016

Ref: Encaminhamento do PAE da Barragem do Marzagão.

Prezado Senhor,

A Hindalco do Brasil Ltda., em atendimento à Lei nº 12.334/2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), vem respeitosamente protocolar o Plano de Ação de Emergência (PAE) referente à Barragem de Marzagão, localizada no município de Ouro Preto, estado de Minas Gerais, operada pela Hindalco do Brasil Ltda. e devidamente licenciada junto à Superintendência Regional de Regularização Ambiental (Supram) e ao Conselho de Política Ambiental (Copam) do estado, por meio da Licença de Operação (LO) nº 225-A/2012, com vencimento em 29 de setembro de 2018.

Ressalta-se que este mesmo documento, foi protocolado junto à Supram Central em 24 de novembro de 2015, em atendimento à Condicionante nº 09 integrante da Licença Prévia (LP) + Licença de Instalação (LI) nº 096/2014 referente à modernização da unidade industrial da Hindalco do Brasil Ltda. em Ouro Preto, emitida em 25 de novembro de 2014.

Da mesma forma, o PAE em questão já foi também encaminhado pela Hindalco Brasil junto à Coordenação Estadual de Defesa Civil de Minas Gerais, conforme protocolo realizado em 02/02/2016.

Sem mais para o momento, manifestamos nossos votos de elevada estima e consideração, subscrevemo-nos.

Ao Ilmo. Sr.

Sebastião Evásio Bonifácio

Coordenador de Defesa Civil de Ouro Preto

Leandro Ribeiro Pires
Hindalco do Brasil Indústria e Comércio de Alumina Ltda.
Coordenador de Meio Ambiente

Recebido em
02/02/16
AKJ



Ouro Preto, 02 de fevereiro de 2016

Ofício HDB/MA N° 009/2016

Ref: Encaminhamento do PAE da Barragem do Marzagão.

Prezado Senhor,

A Hindalco do Brasil Ltda., em atendimento à Lei nº 12.334/2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), vem respeitosamente protocolar o Plano de Ação de Emergência (PAE) referente à Barragem do Marzagão, localizada no município de Ouro Preto, estado de Minas Gerais, operada pela Hindalco do Brasil Ltda. e devidamente licenciada junto à Superintendência Regional de Regularização Ambiental (Supram) e ao Conselho de Política Ambiental (Copam) do estado, por meio da Licença de Operação (LO) nº 225-A/2012, com vencimento em 29 de setembro de 2018.

Ademais do protocolo do documento, solicitamos, assim que possível, a realização de uma reunião com representantes da estimada equipe da Defesa Civil de Minas Gerais, com o objetivo de apresentar em detalhes o referido PAE e estabelecer uma interlocução técnica, a fim de subsidiar o constante aprimoramento das ações de segurança já postas em prática pela Hindalco do Brasil Ltda.

Ressalta-se que este mesmo documento, foi protocolado junto à Supram Central Metropolitana em 24 de novembro de 2015, em atendimento à Condicionante nº 09 integrante da Licença Prévia (LP) + Licença de Instalação (LI) nº 096/2014 referente à modernização da unidade industrial da Hindalco Brasil, em Ouro Preto, emitida em 25 de novembro de 2014.

Sem mais para o momento, manifestamos nossos votos de elevada estima e consideração, subscrevemo-nos.

Ao Ilmo. Sr.

Coronel Helbert Figueró de Lourdes

Coordenador Estadual de Defesa Civil - MG

Mariades Cardoso Vieira, SC
Masp.: 614.071-9

02/02/16

Leandro Ribeiro Pires
Leandro Ribeiro Pires
Hindalco do Brasil Indústria e Comércio de Alumina Ltda.
Coordenador de Meio Ambiente

HINDALCO BRASIL

Av. Américo R. Guanetti, s/nº - Saramenha - Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil, 35400-000
Tel + 55 31 3550 9236 - www.hindalco.com

Protocolo

GESTÃO DE MONITORAMENTO DE BARRAGENS

CNPJ: 17.720.994/0001-13

Razão Social: HINDALCO DO BRASIL INDUSTRIA E COMERCIO DE ALUMINA LTDA.

Nome Estrutura / Barragem Marzagao

Número Protocolo: BA 1606-007.2017

Data de envio: 07/09/2017

Tipo Protocolo: Declaração de condição de estabilidade - 2017

Data de 07/09/2017

00	05/09/17	C	PARA CONHECIMENTO	JBV	OVB	JBV	LEM
0A	05/09/17	B	PARA APROVAÇÃO	JBV	OVB	JBV	LEM
Rev.	Data	Tipo	Descrição	Por	Ver.	Apr.	Aut.

EMISSÕES

TIPOS DE EMISSÃO	A - PRELIMINAR	D - P/COTAÇÃO	G - CONFORME CONSTRUÍDO
	B - P/APROVAÇÃO	E - P/CONSTRUÇÃO	H - CANCELADO
	C - P/CONHECIMENTO	F - CONFORME COMPRADO	

ESTE DOCUMENTO, INCLUSIVE TODAS INFORMAÇÕES NELLE CONTIDAS, CONSTITUI PROPRIEDADE DA HINDALCO NÃO PODENDO SER REPRODUZIDO NEM FORNECIDO A TERCEIROS SEM PRÉVIA E EXPRESSA AUTORIZAÇÃO.

Hindalco do Brasil Ltda

Engenharia – Ouro Preto – Minas Gerais



LOCALIZAÇÃO HINDALCO:	ÁREA:	SUB-ÁREA:
	0-Geral	00-Área Geral
CÓDIGO ELETRÔNICO: GGC-468-DI.-T-001	TÍTULO: Declaração de Condições de Estabilidade Barragem do Marzagão Julho de 2017	
SUBSTITUI:		
ESCALA:		
FORMATO: A4	FOLHA: 1 de 9	REV.
	Nº DES	

Empreendedor: **Hindalco do Brasil Ltda**
Barragem: **Marzagão**
Classe quanto ao potencial dano ambiental: **Classe III**
Município: **Ouro Preto/MG**

Declaro, para fins de acompanhamento e comprovação junto à Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM, que realizei auditoria técnica de segurança na estrutura acima especificada, conforme o "Laudo Técnico de Segurança de Barragem – Barragem do Marzagão, referência GGC-468-RL-T-017, de agosto de 2017.

De acordo com a inspeção realizada e a análise dos documentos disponibilizados, a mencionada estrutura, na data da inspeção 24/07/2017, encontrava-se em condições adequadas de segurança tanto do ponto de vista de dimensionamento das estruturas hidráulicas, quanto da estabilidade física do maciço.

Para melhorar/manter as condições de segurança da barragem foram especificadas as recomendações que estão apresentadas no Apêndice I.

No Apêndice II, segue a cópia da Anotação de Responsabilidade Técnica do Laudo de Técnico de Segurança de Barragem/2017.

Nova Lima, 04 de SETEMBRO de 2017.



Octávio Vilas Boas Machado Filho
Engenheiro Civil Geotécnico
CREA-BA 4529/D

Número do Fornecedor GGC-468-DL-T-001	Número HINDALCO	Revisão 00	Folha 2
--	-----------------	---------------	------------



APÊNDICES

Número do Fornecedor GGC-468-DL-T-001	Número HINDALCO	Revisão 00	Folha 3
--	-----------------	---------------	------------



APÊNDICE I

Recomendações da Auditoria

Número do Fornecedor GGC-468-DL-T-001	Número HINDALCO	Revisão 00	Folha 4
--	-----------------	---------------	------------

Recomendações indicadas no Laudo de Segurança GGC-468-RL-T-017 de Agosto de 2017:

ITEM	DESCRIÇÃO	RECOMENDAÇÃO	PRAZO PREVISTO
1	Presença de água no interior da caixa de passagem da descida d'água do sistema de drenagem superficial, na ombreira esquerda do maciço	Recomenda-se identificar o ponto exato de saída de água no seu interior. Recomenda-se separar o efluente da surgência do efluente pluvial e dar início ao monitoramento da vazão deste ponto de surgência e gerar registro como-construído.	Até final de Dezembro de 2017
2	Presença de fluxo de água no lado direito da calha de concreto do sistema extravasor oriundo do fundo do talvegue adjacente	Recomenda-se dar início ao monitoramento da sua vazão.	Atividade de rotina
3	Sistema extravasor em galeria bipartida dotada de "stop-logs" em cada um das calhas sobre a ombreira, com curva e trecho sub-horizontal na ombreira esquerda. A galeria possui histórico de dano estrutural em "stop-logs" que foram recuperados posteriormente. A barragem está muito perto do fim da sua vida útil.	Recomenda-se a realização de inspeções anuais ao interior da galeria de concreto para avaliação das condições do estado de conservação do concreto, com elaboração de laudo técnico atestando as condições estruturais dos "stop-logs". Recomenda-se também a realização de inspeção anual, por mergulhador, para avaliação das condições da face dos stop-logs e do concreto voltados para o lago. Recomenda-se que nova inspeção ao interior da galeria seja realizada no menor prazo possível, e que um engenheiro civil especialista em patologias de concreto elabore parecer técnico conclusivo sobre a condição de segurança atual dos "stop-logs", tanto das peças afetadas anteriormente quanto das demais, bem como sobre as condições de segurança da estrutura de concreto da galeria, como um todo. Recomenda-se que a HINDALCO dê início à implantação de um novo extravasor de superfície para a barragem (planejamento, projeto e construção) e efetue a desativação do sistema atual no menor tempo possível.	Atividade de rotina com frequência anual (deverá ser concluída antes de Abril/2018) Data Limite: Até final de Abril/2018 Iniciar em 2017 e concluir obra e o descomissionamento em até 2 anos
4	Assoreamento na porção central do reservatório com formação de lago a montante em cota ligeiramente superior ao reservatório perto do emboque	Recomenda-se interromper o lançamento dos rejeitos na porção central do reservatório para que o cenário de assoreamento atual não intensifique ainda mais o desnível entre os dois reservatórios. Recomenda-se que o lançamento de rejeitos seja efetuado apenas no lago de montante e sem ultrapassar a elevação 1.188,75m, que é a cota da soleira do reservatório. Recomenda-se efetuar batimetrias com periodicidade menor que a estabelecida no Manual de Operação da barragem (com realização de uma nova batimetria no ano 2017) para garantir que o lançamento de rejeitos no reservatório da barragem não comprometa a preservação de um volume de amortecimento de cheias mínimo da ordem de 660.000m ³	Até final de Setembro de 2017 A partir de Outubro de 2017 Uma antes do Final de 2017 e depois a cada 3 meses.
5	Manual de Operação da barragem	Recomenda-se que o Manual de Operação da barragem seja atualizado após a revisão da Carta de Risco	Abril de 2018
8	Pilhas de material seco na porção do fundo do reservatório	Recomenda-se a implantação do projeto de estabilização das pilhas.	Até final de Outubro de 2018

ITEM	DESCRIÇÃO	RECOMENDAÇÃO	PRAZO PREVISTO
9	Tubulação desprovida de proteção contra vazamento desde a ventosa e até o reservatório	Recomenda-se avaliar a necessidade de envelopamento da tubulação de rejeitos desde o cume até o ponto de lançamento.	Até Dezembro de 2017
10	N.A do reservatório na cota de elevação 1189,160.	Recomenda-se que a cota do N.A do reservatório esteja de acordo com os estudos de trânsito de cheia conforme descrito no Laudo de Segurança GGC-468-RL-T-017: nível da soleira do vertedouro no máximo na cota 1188,75.	Sempre

Handwritten signature

APÊNDICE II

Anotação de Responsabilidade Técnica (ART)

Número do Fornecedor GGC-468-DL-T-001	Número HINDALCO	Revisão 00	Folha 7
--	-----------------	---------------	------------



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
CREA-MG
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

Via da Obra/Serviço
Página 1/1

ART de Obra ou Serviço
1420170000004023120

1. Responsável Técnico

OCTAVIO VILAS BOAS MACHADO FILHO

Título profissional:
ENGENHEIRO CIVIL;

RNP: 0507590546

Registro: 03.0.000004529

2. Dados do Contrato

Contratante: HINDALCO DO BRASIL IND COM ALUMINA LIDA
Logradouro: AVENIDA AMERICO RENNE GIARETTI

CNPJ: 17.720.994/0001-13
Nº 000521

Cidade: OURO PRETO

Bairro: SARRAMENHA

UF: MG CEP: 35400000

Contrato: 012507

Concluído em: 22/05/2017

Valor: 72.070,84

Tipo de contratante: PESSOA JURÍDICA DE DIREITO PRIVADO

Ação Institucional: CONVÊNIO DO CREA

3. Dados da Obra/Serviço

Logradouro: FAZENDA MAREAGAO S/Nº

Nº: 000000

Cidade: OURO PRETO

Bairro: ZONA RURAL

UF: MG CEP: 35400000

Data de início: 30/05/2017 Previsto de término: 05/09/2017

Finalidade: OUTRO

Proprietário: HINDALCO DO BRASIL IND COM ALUMINA LTDA

CNPJ: 17.720.994/0001-13

4. Atividade Técnica

I - CONSULTORIA

Quantidade: Unidade:

LAUDO, MINERAÇÃO, BARRAGEM/BARRAMENTO DE REJEITOS E/OU FINOS

1.00 un

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

5. Observações
LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM - BARRAGEM DO MAREAGAO - AHO 2017 - CONFORME DOCUMENTO EMITIDO DE Nº GGC-468-DL-T-017.

6. Declarações

7. Entidade de Classe

HINDICATO DE ENGENHEIROS NO ESTADO DE MINAS GERAIS

8. Assinaturas

Dados sobre verdadeiras as informações acima

NOVA LIMA de *04* de *SETEMBRO* de *2017*

OCTAVIO VILAS BOAS MACHADO FILHO RNP: 0507590546

HINDALCO DO BRASIL IND COM ALUMINA CNPJ: 17.720.994/0001-13

Valor da ART: 214,82

Registrada em: 04/09/2017

Valor Pago: 214,82

Nosso Número: 000000003958246

9. Informações

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

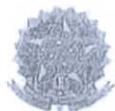
- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site www.crea-mg.org.br ou www.confea.org.br

- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

VALOR DA OBRA: R\$ 726.115,00. ÁREA DE ATUAÇÃO: GEOTECHIA.



www.crea-mg.org.br | 0800.0312732



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
CREA-MG
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

Via do Contratante
Página 1/1

ART da Obra ou Serviço
14201700000004023120

1. Responsável Técnico

OCTAVIO VILAS BOAS MACHADO FILHO

Título profissional:
ENGENHEIRO CIVIL;

RNP: 0507590546

Registro: 03.0.0000004529

2. Dados do Contrato

Contratante: HINDALCO DO BRASIL IND COM ALUMINA LTDA

Logradouro: AVENIDA AMERICO RENNE GIANETTI

CNPJ: 17.720.994/0001-13

Nº: 000521

Cidade: OURO PRETO

Bairro: SARUENHA

Contrato: 012507

Cobrado em: 22/05/2017

UF: MG

CEP: 35400000

Valor: 72.070,84

Tipo de contratante: PESSOA JURÍDICA DE DIREITO PRIVADO

Ação instituída: CONVÊNIO DO CREA

3. Dados da Obra/Serviço

Logradouro: FAZENDA MAREAGAO S/Nº

Nº: 000000

Cidade: OURO PRETO

Bairro: ZONA RURAL

Data de início: 30/05/2017 Prazo de término: 05/09/2017

UF: MG

CEP: 35400000

Finalidade: OUTRO

Proprietário: HINDALCO DO BRASIL IND COM ALUMINA LTDA

CNPJ: 17.720.994/0001-13

4. Atividade Técnica

1 - CONSULTORIA

Quantidade: Unidade:

LAUDO, MINERAÇÃO, BARRAGEM/BARRAMENTO DE REJETOS E/OU FINOS

1,00 un

Ação a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART

5. Observações

LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM - BARRAGEM DO MAREAGAO - ANO 2017 - CONFORME DOCUMENTO EMISSO DE Nº GGC-468-DL-T-017.

6. Declarações

7. Entidade da Classe

SINDICATO DE ENGENHEIROS NO ESTADO DE MINAS GERAIS

8. Assinaturas

Documentar e validar as informações acima

Octavio Vilas Boas Machado Filho de 21/05/2017

OCTAVIO VILAS BOAS MACHADO FILHO RNP: 0507590546

HINDALCO DO BRASIL IND COM ALUMINA CNPJ: 17.720.994/0001-13

Valor da ART: 214,82

Registrada em: 04/09/2017

Valor Pago: 214,82

9. Informações

- A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante de pagamento ou consignação no site do Crea.

- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site

www.crea-mg.org.br ou www.crea.org.br

- A guarda da via original da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

VALIDAÇÃO (R\$): R\$ 1516,115,00. ANUA DE ATUAÇÃO: GEOTECNIA,



www.crea-mg.org.br | 0800 0312732

Nosso Número: 0000000003958246



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Leit Nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
CREA-MG
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

Via do Contratante
 Página 1/1

ART de Obra ou Serviço
14201700000004023120

1. Responsável Técnico

OCTAVIO VILAS BOAS MACHADO FILHO

Título profissional:
ENGENHEIRO CIVIL;

RNP: 0507590546

Registro: 03.0.0000004529

2. Dados do Contrato

Contratante: **HINDALCO DO BRASIL IND COM ALUMINA LTDA** CNPJ: 17.720.994/0001-13

Logradouro: **AVENIDA AMERICO RENNE GIANETTI** Nº: 000521

Cidade: **OURO PRETO** Bairro: **SARAMENHA** UF: **MG** CEP: 35400000

Contrato: **012507** Celebrado em: **22/05/2017**

Valor: **72.070,84** Tipo de contratante: **PESSOA JURÍDICA DE DIREITO PRIVADO**

Ação institucional: **CONVÊNIO DO CREA**

3. Dados da Obra/Serviço

Logradouro: **FAZENDA MARZAGAO S/Nº** Nº: 000000

Cidade: **OURO PRETO** Bairro: **ZONA RURAL** UF: **MG** CEP: 35400000

Data de início: **30/05/2017** Previsão de término: **05/09/2017**

Finalidade: **OUTRO**

Proprietário: **HINDALCO DO BRASIL IND COM ALUMINA LTDA** CNPJ: 17.720.994/0001-13

4. Atividade Técnica

Atividade Técnica	Quantidade	Unidade
1 - CONSULTORIA		
LAUDO, MINERAÇÃO, BARRAGEM/BARRAMENTO DE REJEITOS E/OU FINOS	1.00	un

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

5. Observações

LAUDO TECNICO DE SEGURANCA DE BARRAGEM - BARRAGEM DO MARZAGAO - ANO 2017 - CONFORME DOCUMENTO EMITIDO DE Nº GGC-468-RL-T-017.....

6. Declarações

7. Entidade de Classe

SINDICATO DE ENGENHEIROS NO ESTADO DE MINAS GEF

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

NOVA LITA de *SARAMENHA* de *2017*

OCTAVIO VILAS BOAS MACHADO FILHO RNP: 0507590546

HINDALCO DO BRASIL IND COM ALUMINA LTDA CNPJ: 17.720.994/0001-13

9. Informações

- A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.
- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site www.crea-mg.org.br ou www.confrea.org.br
- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

VALOR DA OBRA: R\$ R\$16.115,00. ÁREA DE ATUAÇÃO: GEOTECNIA,



www.crea-mg.org.br | 0800.0312732

Valor da ART: 214,82

Registrada em: 04/09/2017

Valor Pago: 214,82

Nosso Número: 000000003958246



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

CREA-MG

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

Via da Obra/Serviço

Página 1/1

ART de Obra ou Serviço
14201700000004023120

1. Responsável Técnico

OCTAVIO VILAS BOAS MACHADO FILHO

Título profissional:
ENGENHEIRO CIVIL;

RNP: 0507590546

Registro: 03.0.0000004529

2. Dados do Contrato

Contratante: **HINDALCO DO BRASIL IND COM ALUMINA LTDA**

CNPJ: 17.720.994/0001-13

Logradouro: **AVENIDA AMERICO RENNE GIANETTI**

Nº: 000521

Cidade: **OURO PRETO**

Bairro: **SARAMENHA**

UF: **MG**

CEP: 35400000

Contrato: **012507**

Celebrado em: **22/05/2017**

Valor: **72.070,84**

Tipo de contratante: **PESSOA JURÍDICA DE DIREITO PRIVADO**

Ação Institucional: **CONVÊNIO DO CREA**

3. Dados da Obra/Serviço

Logradouro: **FAZENDA MARZAGAO S/Nº**

Nº: 000000

Cidade: **OURO PRETO**

Bairro: **ZONA RURAL**

UF: **MG**

CEP: 35400000

Data de início: **30/05/2017** Previsão de término: **05/09/2017**

Finalidade: **OUTRO**

Proprietário: **HINDALCO DO BRASIL IND COM ALUMINA LTDA**

CNPJ: 17.720.994/0001-13

4. Atividade Técnica

1 - CONSULTORIA

Quantidade: Unidade:

LAUDO, MINERAÇÃO, BARRAGEM/BARRAMENTO DE REJEITOS E/OU FINOS

1.00

un

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

5. Observações

LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM - BARRAGEM DO MARZAGAO - ANO 2017 - CONFORME DOCUMENTO EMITIDO DE Nº GGC-468-RL-T-017.....

6. Declarações

7. Entidade de Classe

SINDICATO DE ENGENHEIROS NO ESTADO DE MINAS GERAIS

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

NOVA VIA de *04* de *SETEMBRO* de *2017*

OCTAVIO VILAS BOAS MACHADO FILHO RNP: 0507590546

HINDALCO DO BRASIL IND COM ALUMINA LTDA CNPJ: 17.720.994/0001-13

9. Informações

- A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.
 - A autenticidade deste documento pode ser verificada no site www.crea-mg.org.br ou www.confrea.org.br
 - A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

VALOR DA OBRA: R\$ R\$16.115,00. ÁREA DE ATUAÇÃO: GEOTECNIA,



www.crea-mg.org.br | 0800.0312732

Valor da ART: 214,82

Registrada em: 04/09/2017

Valor Pago: 214,82

Nosso Número: 000000003958246



01	05/09/17	C	PARA CONHECIMENTO	JBV	OVV	OVV	LEM
00	05/09/17	C	PARA CONHECIMENTO	JBV	OVV	OVV	LEM
0B	01/09/17	B	PARA APROVAÇÃO	JBV	OVV	OVV	LEM
0A	28/08/17	B	PARA APROVAÇÃO	JBV	OVV	OVV	LEM
Rev.	Data	Tipo	Descrição	Por	Ver.	Apr.	Aut.

EMISSÕES

TIPOS	A - PRELIMINAR	D - P/ COTAÇÃO	G - CONFORME CONSTRUÍDO
DE	B - P/ APROVAÇÃO	E - P/ CONSTRUÇÃO	H - CANCELADO
EMIÇÃO	C - P/ CONHECIMENTO	F - CONFORME COMPRADO	

ESTE DOCUMENTO, INCLUSIVE TODAS INFORMAÇÕES NELE CONTIDAS, CONSTITUI PROPRIEDADE DA HINDALCO NÃO PODENDO SER REPRODUZIDO NEM FORNECIDO A TERCEIROS SEM PRÉVIA E EXPRESSA AUTORIZAÇÃO.

Hindalco do Brasil Ltda

Engenharia – Ouro Preto – Minas Gerais



LOCALIZAÇÃO HINDALCO:	ÁREA: 0-Geral	SUB-ÁREA: 00-Área Geral							
CÓDIGO ELETRÔNICO: GGC-468-RL-T-017	TÍTULO: Hindalco do Brasil - Usina de Ouro Preto Barragem do Marzagão Laudo Técnico de Segurança de Barragem – Ano 2017								
SUBSTITUI:									
ESCALA:									
FORMATO: A4	FOLHA: —	Nº DES. <table border="1"><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr></table> REV. <table border="1"><tr><td> </td><td> </td></tr></table>							

HINDALCO DO BRASIL LTDA

LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS – ANO 2017

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	3
2. OBJETIVO	3
3. DESCRIÇÃO DA BARRAGEM	3
3.1 – Dados Gerais	3
3.2 – Aspectos Geológicos	4
3.3 – Fundação	6
3.4 – Maciço da Barragem	7
3.5 - Sistema de Drenagem Interna	7
3.6 – Instrumentação	7
3.7 – Estruturas Extravasoras	8
3.8 – Drenagem Superficial.....	8
3.9 – Resumo das Características da Barragem	9
4. INSPEÇÃO TÉCNICA DA BARRAGEM.....	10
4.2 - Observações da Inspeção de Campo.....	11
5. CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM CONFORME DN COPAM Nº 87, DE JUNHO DE 2005	22
6. AVALIAÇÃO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM	22
6.1 – Recomendações da Avaliação de Segurança de 2016.....	23
6.2 – Análise da Capacidade do Extravasor Frente às Cheias	24
6.3 – Análise da Instrumentação da Barragem do Marzagão.....	26
6.4 – Controle da Percolação.....	26
6.5 – Estabilidade da Barragem.....	27
7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	28
8. REFERÊNCIAS	31

Número do Fornecedor GGC-468-RL-T-017	Número HINDALCO	Revisão 01	Folha 2
--	-----------------	---------------	------------

HINDALCO DO BRASIL LTDA

LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS – ANO 2017

1. INTRODUÇÃO

A GGC Gerenciamento e Consultoria Ltda foi contratada pela HINDALCO para inspecionar a barragem de rejeitos do Marzagão, de sua propriedade, bem como emitir o respectivo Laudo Técnico de Segurança, ano 2017, em atendimento às Deliberações Normativas do COPAM: DN 62/2002, DN 87/2005 e DN 124/2008, que dispõem sobre Segurança de Barragem.

A inspeção Técnica à barragem de rejeitos da HINDALCO foi realizada no dia 24 de julho de 2017 pela equipe da GGC Gerenciamento e Consultoria Ltda formada pelos engenheiros civis geotécnicos Octávio Vilas Boas e José Bernardo Vasconcelos, e pela engenheira ambiental hidrotécnica Clarice Pinheiro, com o apoio do engenheiro Ângelo Toffolo e do Técnico José Heloísio das Graças, ambos da equipe da HINDALCO.

2. OBJETIVO

O objetivo do presente documento é apresentar as condições gerais da barragem do Marzagão e de suas estruturas auxiliares, no dia da visita de inspeção (24/07/2017); a base de dados fornecida pela HINDALCO para a realização dos trabalhos; a descrição das condições da barragem e do seu reservatório; relatório fotográfico com evidências da inspeção; e finalmente o parecer conclusivo sobre a sua estabilidade física e sobre sua segurança frente à passagem de cheias, com apresentações de novas recomendações.

No APÊNDICE I é apresentada a guia de Anotação de Responsabilidade Técnica da Barragem.

3. DESCRIÇÃO DA BARRAGEM

3.1 – Dados Gerais

A Barragem do Marzagão está localizada a cerca de 2,00 km em linha reta a oeste do bairro Saramenha, em córrego homônimo afluente da margem direita do Córrego Tripuí, que corre de oeste para leste, com o qual se encontra a aproximadamente 800,00 m a jusante da barragem. A Figura 1 apresenta o mapa de localização da Barragem do Marzagão.

Número do Fornecedor	Número HINDALCO	Revisão	Folha
GGC-468-RL-T-017		01	3



Figura 1 – Localização da Barragem do Marzagão

De acordo com o Manual de Operação da barragem, documento HD-170-MO-41666-02 elaborado pela Pimenta de Ávila Consultoria Ltda, datado de 09/03/16, e com o Laudo Técnico de Segurança de Barragem – Ano 2016, documento HD-190-LT-43588-00, de 30/08/16, também da Pimenta de Ávila Consultoria Ltda, a barragem inicial foi implantada por volta do ano de 1974, para receber os rejeitos neutralizados do beneficiamento de bauxita para produção de alumina, na época pela ALCAN, atualmente HINDALCO, na sua unidade de Ouro Preto - MG. Desde a sua implantação, a barragem passou por 5 fases de alteamento, pelo método de jusante, tendo o último sido concluído em dezembro de 2007, projeto desenvolvido pela Pimenta de Ávila Consultoria Ltda.

Atualmente, a crista da barragem encontra-se na El. 1.191,00 m, com 5,00 m de largura e 145,00 m de comprimento. As coordenadas da crista são:

Ombreira Direita: N = 7.743.610,902 / E = 652.184,358;

Ombreira Esquerda: N = 7.743.758,720 / E = 652.287,070.

Datum: SIRGAS 2000.

O seu reservatório apresenta volume de aproximadamente $3,87 \times 10^6 \text{ m}^3$ (na El. 1.189,00m). Na região de montante do reservatório encontram-se as duas pilhas de bota-foras (Pilhas 1 e 2) que recebem rejeitos sólidos gerados na fábrica de Alumina.

3.2 – Aspectos Geológicos

Conforme apresentado no documento AL-207-RL-4680, elaborado pela Pimenta de Ávila, a área de barramento localiza-se na porção sul do Quadrilátero Ferrífero representada por rochas do Supergrupo Minas. O Supergrupo Minas é dividido, da base para o topo, nos Grupos Caraça, Itabira, Piracicaba e Sabará Figura 2.

Número do Fornecedor GCC-468-RL-T-017	Número HINDALCO	Revisão 01	Folha 4
--	-----------------	---------------	------------

Localmente afloram xistos da Formação Sabará dispostos discordantemente sobre rochas das Formações Barreiro (filito grafítico), Cercadinho, Fecho do Funil, ou da própria Formação Sabará. A barragem e seu reservatório estão contidos no bloco superior de uma falha de empurrão, onde são encontrados clorita e/ou sericita xistos e filitos com lentes de quartzito. As rochas da área de interesse apresentam direção predominantemente E-W com mergulhos suaves, entre 20° e 30°. Em direção à cabeceira do córrego do Marzagão, as rochas apresentam-se na direção N-S, com caimento para E, devido à proximidade da falha.

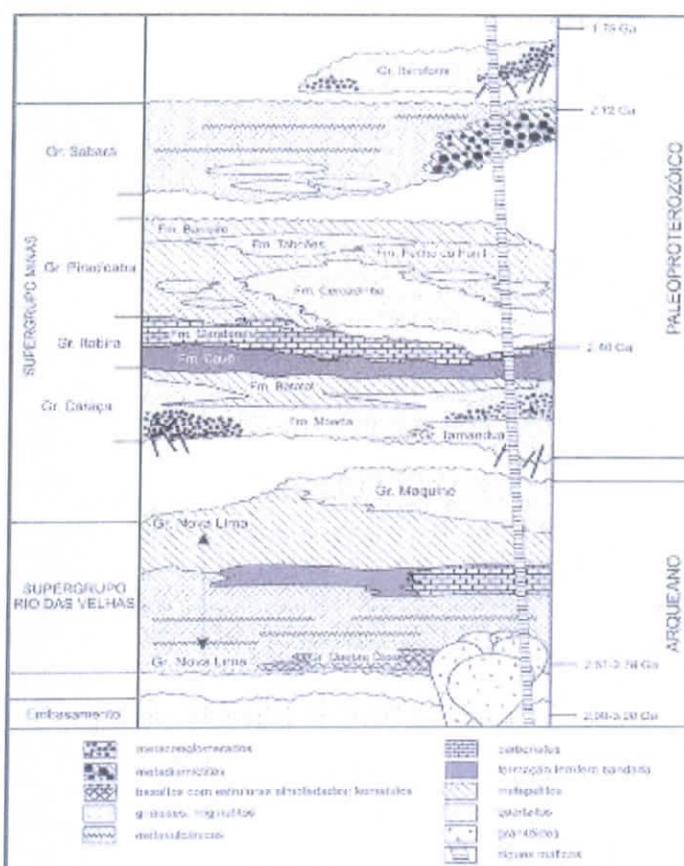


Figura 2 - Coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero (modificado de Alkmin & Marshak, 1998).

Conforme o relatório (nº 012) de avaliação do fluxo sub-superficial pela fundação da Barragem do Marzagão, elaborado pela Pimenta de Ávila Consultoria em 1992, foram executados ensaios de perda d'água e três sondagens rotativas com a finalidade de investigar a rocha de fundação da estrutura.

Número do Fornecedor GGC-468-RL-T-017	Número HINDALCO	Revisão 01	Folha 5
--	-----------------	---------------	------------

Os estudos foram iniciados por uma inspeção de campo para coleta de dados e consistiram na formulação de um modelo hidrogeológico da área do reservatório e da barragem e análise das condições de fluxo pelas margens do reservatório e pelo terreno de fundação da barragem. O fluxo pelas margens do reservatório foi analisado com base no modelo geológico e o fluxo pelas fundações da barragem foi analisado numericamente com apoio do método dos elementos finitos.

A avaliação geológica indicou que as possibilidades de fluxo a partir do reservatório do Marzagão para o divisor oeste e para a maior parte do norte são praticamente nulas pelos impedimentos estruturais, litológicos e topográficos. Para o sul, embora estruturalmente haja possibilidade de fluxo, este é impedido pelas condições topográficas, que exigiram a passagem do fluxo em longas distâncias, e por regiões com recobrimento de rocha, acima de 150 metros, portanto com baixíssimas permeabilidades.

Os pontos de possível fluxo para fora do reservatório são apenas os constituídos pelas ombreiras da barragem, sendo que do lado direito as condicionantes geológicas e topográficas levam o fluxo para o próprio vale do Marzagão. Na ombreira esquerda a estrutura geológica torna possível o fluxo do reservatório para o córrego do Tripuí. Entretanto, a cobertura de pelo menos 80 metros abaixo do divisor de águas diminui a possibilidade de feições francamente abertas. Mesmo em hipóteses desfavoráveis, o estudo conclui que as vazões seriam inexpressivas para o canal existente do Tripuí.

A análise do fluxo pelas fundações da barragem indicou que a vazão total que percola pela fundação é pouco expressiva ($Q = 150$ litros/min) perante o fluxo superficial. Esta vazão se concentra nos metros superiores do maciço rochoso (zona de rocha "relaxada"), fluindo das ombreiras para o vale e de montante para jusante. Este fluxo da fundação tende a emergir ascendentemente a jusante, para o leito do córrego.

3.3 – Fundação

Conforme relatório AL-207-RL-4680, o maciço da barragem está assentado sobre rocha alterada. Durante as fases de alteamento fez-se a remoção completa de toda vegetação, solo mole, blocos de rocha e qualquer outro tipo de material que pudesse prejudicar a estabilidade da barragem. No contato entre o terreno e o aterro compactado foram executados tapetes drenantes de areia, com enrocamento no fundo do vale. Nas ombreiras, as transições foram executadas com escória de granulometria média, fina e grossa, além de areia em espessuras variáveis.

Número do Fornecedor GGC-468-RL-T-017	Número HINDALCO	Revisão 01	Folha 6
--	-----------------	---------------	------------

3.4 – Maciço da Barragem

A seção da barragem é homogênea construída em solo compactado. Conforme relatório AL-207-RL-4680, a barragem foi construída em etapas. A primeira etapa foi com uma barragem de concreto em arco gravidade com 25,00 m de altura, com a crista na cota 1.171,40 m.

Nas demais etapas o alteamento foi feito pelo método de jusante, em aterro compactado com material argiloso e silto argiloso retirado de áreas de empréstimo, a montante, distante de 3,00 a 8,00 km da barragem, com o talude de montante apoiando-se no paramento de jusante da barragem de concreto. Os alteamentos foram feitos nas elevações 1.182, 1.186, 1.189 e 1.191,00 m, tendo este último sido concluído em dezembro de 2007.

O talude de jusante apresenta inclinação de 1V:2H até a elevação 1.179,00 e inclinação de 1V:1,5H entre as elevações 1.179,00 e 1.191,00. As bermas estão nas elevações 1.186,00; 1.181,00; 1.169,00; 1.159,00; 1.149,00 e 1.139,00 m. O talude de jusante e as bermas são protegidos com grama em placas.

O talude de montante apresenta inclinação de 1V:2,5H até a elevação 1.182,00 m, 1V:1,5H entre as elevações 1.182,00 m e 1.186,00 m, 1V:2H entre as elevações 1.186,00 e 1.189,00 e 1V:1,5H entre as elevações 1.189,00 m e 1.191,00 m, sendo protegido contra a ação de ondas por meio de enrocamento (rip-rap). A crista do maciço é protegida com 20 cm de laterita compactada.

3.5 - Sistema de Drenagem Interna

O sistema de drenagem interna é composto por filtro vertical de areia até a elevação aproximadamente igual a 1.176,00 m e tapete drenante no fundo do talvegue e nas ombreiras com camadas de escória, areia e enrocamento.

3.6 – Instrumentação

A barragem possui 29 piezômetros tipo Casagrande e 01 indicador de nível d'água para monitoramento, além de medidores de vazão instalados na saída do dreno de fundo e no desemboque do canal extravasor. A Figura 3 apresenta a locação da instrumentação instalada na Barragem do Marzagão.

Número do Fornecedor GGC-468-RL-T-017	Número HINDALCO	Revisão 01	Folha 7
--	-----------------	---------------	------------

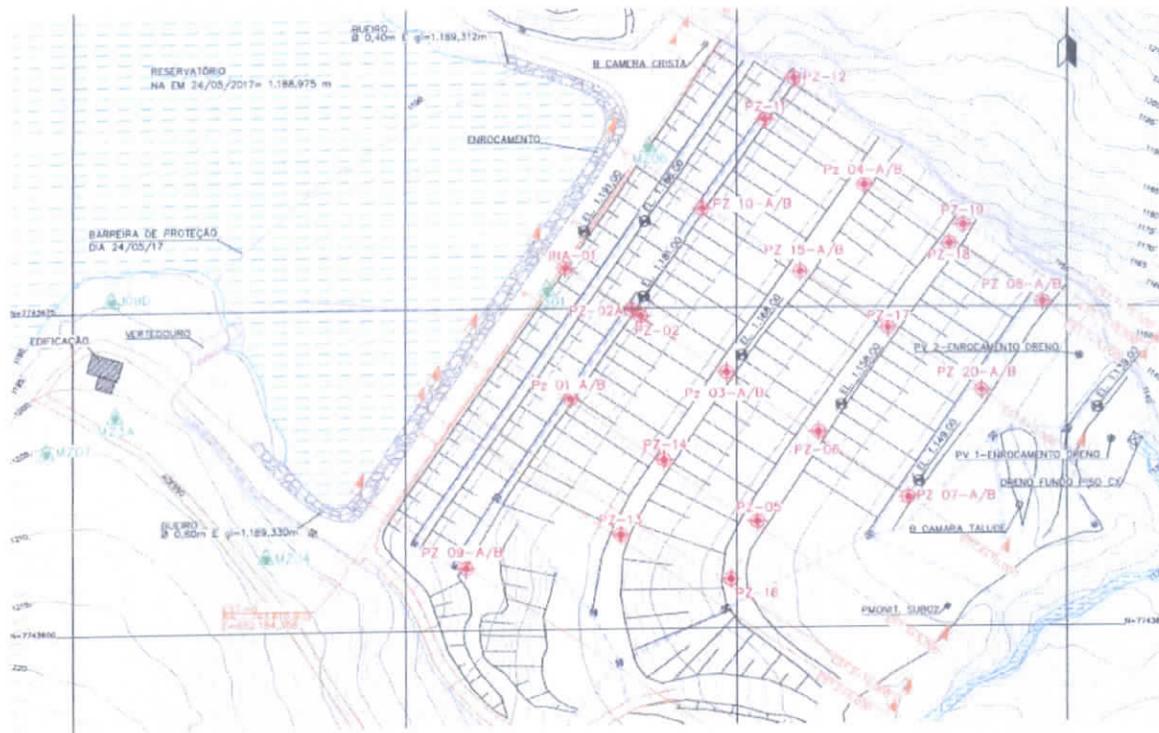


Figura 3 – Locação da Instrumentação – Barragem do Marzagão

3.7 – Estruturas Extravasoras

O sistema extravasor encontra-se na ombreira direita e é composto por galeria de encosta, construída em concreto armado com controle do nível da soleira por placas de concreto (“stop logs”), com dimensões 0,50 m x 0,80 m. A galeria de encosta se conecta a galeria sub-horizontal em concreto, com 1,70 m de diâmetro, 220,00 m de comprimento e declividade de 1%. A galeria sub-horizontal transpõe a barragem pela ombreira direita e é conectada à descida de água em degraus. No desemboque do canal extravasor é encontrada uma estrutura de contenção com perfis metálicos e enrocamento, utilizada para conter erosões e para dissipação de energia residual do escoamento.

3.8 – Drenagem Superficial

O sistema de drenagem superficial é composto por canaletas meia-cana nas bermas, canaletas trapezoidais e descidas em degraus nas ombreiras.

Número do Fornecedor	Número HINDALCO	Revisão	Folha
GCC-468-RL-T-017		01	8

3.9 – Resumo das Características da Barragem

No Laudo Técnico de Segurança de 2016 (documento HD-190-LT-43588-00) é apresentada a Ficha Técnica da barragem do Marzagão, com as principais informações sobre a estrutura, conforme a Tabela 1, a seguir.

Tabela 1: Ficha Técnica da Barragem do Marzagão.

DADOS GERAIS			
Finalidade	Contenção de rejeitos neutralizados e clarificação de água		
Empresa Projetista	PROMON / PIMENTA DE ÁVILA CONSULTORIA		
Etapa	5º alteamento (elev. 1.191,00 m)		
Método de Alteamento	Jusante		
Último Alteamento	Dezembro de 2007		
Altura	58,00 m (elevações 1.133,00 – 1.191,00 m)		
Elevação da Crista	1.191,00 m		
Comprimento da Crista	145,00 m		
Largura da Crista	5,00 m		
Volume do Maciço	208.591,63 m ³ / na El. 1.191 m		
Área do Reservatório	212.358 m ² / na Elevação 1.189,00 m		
Volume do Reservatório	4,68 x 10 ⁶ m ³ / na Elevação 1.189,00 m		
Tipos de Seção	Concreto, gravidade e homogênea, em solo compactado		
Drenagem Interna	Filtro vertical de areia, tapete drenante e dreno de fundo		
Instrumentação	29 piezômetros tipo Casagrande, um INA e 2 medidores de vazão		
Características do rejeito	Resíduo é classificado como Classe II A - Não Inerte ³		
ESTUDOS GEOTÉCNICOS			
Sondagens/Ensaio	Realizadas nas diversas fases dos alteamentos		
Parâmetros Geotécnicos	Material	γ (kN/m ³)	Parâmetros tensão efetiva
			c' (kPa) ϕ' (°)
	Aterro	19	20 35
	Fundação/Xisto alt.	21	50 50

Número do Fornecedor GGC-468-RL-T-017	Número HINDALCO	Revisão 01	Folha 9
--	-----------------	---------------	------------

HIDROLOGIA / HIDRÁULICA	
Área da Bacia	3,10 km ²
Tempo de Concentração	48 minutos
Precipitação de Projeto	624,8 mm (Duração crítica de 5 dias para TR = 10.000 anos)
Cheia de Projeto	Associada às precipitações com TR = 10.000 anos
Vazão Máxima Afluente	9,60 m ³ /s
Vazão Máxima Efluente	7,04 m ³ /s
NA Máximo Operacional	1.188,75 m
NA Máximo Maximorum	1.190,73 m
Borda Livre Remanescente (NA máx) ¹	0,27 m
Borda Livre Operacional ²	2,25 m
ESTRUTURAS VERTENTES	
Vertedouro de Operação	Galeria de encosta em concreto armado com controle do nível da soleira por placas de concreto ("stop-logs").

Notas:

- (1) Entende-se como sendo a borda livre durante a passagem da cheia de projeto.
- (2) Entre a soleira do extravasor e a crista da barragem.
- (3) Resíduos gerados pelo processamento de bauxita, base do processo de produção de alumina. Tal resíduo é uma polpa formada por solução diluída e neutralizada de licor Bayer e sólidos compostos por óxidos de ferro, alumínio, silício, cálcio e titânio principalmente.

4. INSPEÇÃO TÉCNICA DA BARRAGEM

A inspeção técnica da barragem do Marzagão e de suas estruturas auxiliares foi realizada por engenheiros geotécnicos experientes e especializados em barragens de rejeitos. Durante a inspeção além do registro das principais observações e constatações, também foi realizada coleta de dados de campo, na forma de entrevista, junto à equipe da HINDALCO, sobre detalhes de documentos fornecidos e sobre o comportamento da barragem em si, sua operação, seu monitoramento e sua manutenção. Conforme mencionado no item 2 deste documento, destaca-se que os registros, observações e conclusões apresentados no presente documento se referem à condição da barragem no dia da Inspeção Técnica, neste caso, dia 24 de julho de 2017.

Após a visita técnica à barragem e análise de toda a informação disponibilizada, também foram efetuados contatos com a equipe da HINDALCO com a finalidade de confirmação e validação de algumas informações disponibilizadas para a realização do presente trabalho, em especial do

Número do Fornecedor GGC-468-RL-T-017	Número HINDALCO	Revisão 01	Folha 10
--	-----------------	---------------	-------------

levantamento topo-batimétrico do reservatório da barragem do Marzagão e sobre os níveis de água o reservatório.

A inspeção técnica foi efetuada visualmente e teve por objetivo comprovar, *in loco*, a aderência aos procedimentos operacionais estabelecidos no seu Manual de Operação em como a identificação de evidências de processos ou condições que possam vir a comprometer a segurança da estrutura.

A barragem do Marzagão conta com uma rotina sistemática de realização de leituras mensais dos piezômetros e respectiva emissão mensal do relatório com os registros efetuados. A barragem também conta com três câmeras, sendo a primeira na margem esquerda (na crista da barragem), a segunda no pé da estrutura (próximo ao dreno de fundo) e a terceira na caixa do dreno de fundo, acompanhadas 24 horas por dia e 7 dias por semana. A HINDALCO informou que também conta com 2 barrageiros que atuam na operação e manutenção da barragem, 1 técnico responsável pelas inspeções quinzenais, e que atuam sob o comando do Responsável Técnico pela barragem, o engenheiro Ângelo Toffolo.

Com o objetivo de sistematizar a inspeção e as constatações, a barragem do Marzagão foi dividida nos seguintes componentes: crista; talude de jusante; área do pé; talude de montante; ombreiras; reservatório; sistema extravasor; área do entorno da barragem e do reservatório; sistema de transporte de rejeitos; pilhas ao fundo; acessos. Assim, os registros da inspeção serão apresentados separadamente, de acordo com esses componentes.

4.2 - Observações da Inspeção de Campo

4.2.1 – Crista

A crista da barragem se encontrava em boas condições. A crista estava revestida com solo laterítico compactado e apresentava inclinação para montante, sentido ao rip-rap. Na extremidade da crista voltada para o talude de jusante havia um guarda-corpo com placa indicativa da cota da crista: 1.191,00m. Não havia sinais de empoçamento, deformação nem de trincas. Não foi identificada qualquer anomalia.

Número do Fornecedor GGC-468-RL-T-017	Número HINDALCO	Revisão 01	Folha 11
--	-----------------	---------------	-------------



Foto 01 – Aspecto geral da crista no dia 24/07/2017.

4.2.2 – Talude de Jusante, Sistema de Drenagem Superficial e Dispositivos de Monitoramento

O talude de jusante se apresentava em boas condições. O talude estava completamente protegido com grama bem aparada e com bom aspecto. Ao todo, abaixo da crista, tem-se bermas nas seguintes elevações: 1.186,00; 1.181,00; 1.169,00; 1.159,00; 1.149,00 e 1.139,00 m, num total de seis. Visualmente, os dois taludes logo abaixo da crista são mais inclinados, portando inclinação aproximada de 1V:1,5H. Os demais taludes da barragem são mais suaves, com inclinação aproximada de 1V:2H. Não foram observados buracos nem cupinzeiros.

O sistema de drenagem superficial composto por canaletas e caixas e canal de descida periférico em degraus apresentava-se em boas condições. As canaletas de drenagem estavam pintadas na cor branca, assim como as caixas de passagem e as caixas dos instrumentos de monitoramento. Todas as canaletas estavam limpas e desobstruídas.

Todos os dispositivos de monitoramento da barragem estavam em boas condições de operação e devidamente protegidos por caixas de concreto fechadas com cadeado.

Em alguns pontos foi observado que o talude de jusante não se encontrava perfeitamente plano, apresentando algumas irregularidades. Segundo a equipe da HINDALCO essas irregularidades foram provocadas por pisoteamento de gado, no passado. As irregularidades foram inspecionadas de perto e testadas com o pé, se mostrando bem compactadas e bem revestidas com grama. O talude de jusante apresentava-se em ótimas condições, sem qualquer evidência de surgências,

Número do Fornecedor	Número HINDALCO	Revisão	Folha
GGC-468-RL-T-017		01	12

trincas, escorregamentos superficiais ou falhas na proteção superficial. Não foi identificada qualquer anomalia.



Foto 02 – Aspecto geral do talude de jusante no dia 24/07/2017.

4.2.3 – Área do Pé da Barragem

O acesso à área do pé ocorreu pela ombreira direita. Há escada com corrimão até a extremidade de jusante. No pé da barragem foi observada uma caixa de concreto na saída do sistema de drenagem de fundo da barragem e logo a jusante desta, um medidor de vazão. A água a jusante do medidor de vazão se encontrava muito limpa, permitindo-se ver o fundo. No lado esquerdo da caixa foi observado o canal de drenagem superficial da ombreira esquerda da barragem. O estado de conservação na região do pé era muito bom. Não foi identificada qualquer anomalia.

Número do Fornecedor GGC-468-RL-T-017	Número HINDALCO	Revisão 01	Folha 13
--	-----------------	---------------	-------------



Foto 03 – Aspecto geral da área do pé da barragem no dia 24/07/2017.

4.2.4 – Talude de montante

O talude de montante da barragem estava protegido com blocos de enrocamento de granito com diâmetro médio aproximado variando entre 15 a 20cm. Não havia sinais de erosão provocada por onda nem por erosão decorrente de concentração de fluxo devido à inclinação da crista para montante. Havia dispositivos de drenagem superficial especialmente posicionados no terreno natural, perto do *Rip-rap* para conduzir adequadamente o efluente captado pelas canaletas de drenagem do acesso até o interior do reservatório. Não foi identificada qualquer anomalia.

Número do Fornecedor GGC-468-RL-T-017	Número HINDALCO	Revisão 01	Folha 14
--	-----------------	---------------	-------------



Foto 04 – Aspecto geral do talude de montante (“rip-rap”) no dia 24/07/2017.

4.2.5 – Ombreiras

As ombreiras da barragem estavam em boas condições, sem erosões nem escorregamentos. A equipe da HINDALCO informou que no período de chuvas é possível identificar alguns pontos de umidade ou surgência na ombreira esquerda, logo acima do canal de drenagem periférico em concreto da barragem, sendo considerados pontos de saída de águas precipitadas infiltradas nas porções superiores do terreno. Em uma das caixas de passagem da ombreira esquerda foi observada a presença de água. Esta vazão não é monitorada. Segundo a equipe da HINDALCO, neste local, sempre foi observada uma pequena surgência. A água no interior da caixa estava muito limpa, podendo ver-se o fundo. *Recomenda-se identificar o ponto exato de saída de água no seu interior. Recomenda-se separar o efluente da surgência do efluente pluvial e dar início ao monitoramento da vazão deste ponto de surgência e gerar registro como-construído.*

Na ombreira direita há um acesso até a saída do sistema extravasor que, por sua vez, também permite acessar o pé da barragem. Na extremidade da calha de concreto do extravasor, lado direito, foi identificado um curso de água no fundo do talvegue. A equipe da HINDALCO informou que trata-se de uma nascente de água na porção superior do talvegue. Esta vazão não é monitorada. *Recomenda-se dar início ao monitoramento da sua vazão.* Não foram observados

Número do Fornecedor GGC-468-RL-T-017	Número HINDALCO	Revisão 01	Folha 15
--	-----------------	---------------	-------------

pontos de surgência nem pontos de saturação na ombreira direita, exceto a nascente de água. Não foi identificada qualquer anomalia.



Foto 05 – Aspecto geral da ombreira esquerda e da ombreira direita no dia 24/07/2017.

4.2.6 – Sistema extravasor

O Sistema Extravasor da barragem está posicionado na ombreira direita da barragem e é composto por uma galeria inclinada de concreto, bipartida, dotada de "stop-logs", associada a uma galeria de concreto com um trecho em curva e outro, sub-horizontal, até o trecho em calha aberta, com degraus e com bacia de dissipação. Na presente inspeção não foi possível inspecionar o seu interior, pois havia fluxo de água no interior.

Em 2012 o sistema extravasor foi inspecionado internamente e foi identificado desgaste nos "stop-logs" com exposição das armaduras. Segundo a HINDALCO foi efetuado reparo nos "stop-logs" com aplicação de Epóxi/Tubolit. Pelo lado externo, dentro dá água, não foi possível verificar a condição da face externa dos "stop-logs" devido a turbidez da água do reservatório. Visualmente, pelo lado externo, o sistema extravasor em concreto apresentava bom aspecto no trecho acima da linha d'água do reservatório no dia da inspeção.

Embora o Manual de Operação da barragem estabeleça a realização de inspeções ao interior do sistema extravasor a cada 5 anos, *recomenda-se a realização de inspeções anuais ao interior da galeria de concreto para avaliação das condições do estado de conservação do concreto, com elaboração de laudo técnico atestando as condições estruturais dos "stop-logs". Recomenda-se também a realização de inspeção anual, por mergulhador, para avaliação das condições da face dos stop-logs e do concreto voltados para o lago.* A HINDALCO está ciente desta necessidade e informou que efetuará a inspeção no menor prazo possível. O registro mais recente da condição interna da galeria data de 2016, ou seja, há um ano, conforme relatório de "Inspeção nos dois condutos do túnel do vertedouro da barragem do Marzagão", elaborado pela empresa MAR e AR Serviços Subaquáticos, datado de 30 de agosto de 2016. Este relatório conclui que o que "Após a inspeção de avaliação, compreendida entre as placas de concreto do teto e paredes laterais e piso

Número do Fornecedor	Número HINDALCO	Revisão	Folha
GGC-468-RL-T-017		01	16

da parte interna do conduto, verificou-se que encontram em boas condições físicas, sem nenhum comprometimento estrutural". O relatório confirma que 4 anos antes de 2016, ou seja, em 2012, foi efetuado reparo nos "stop-logs" e que a executante do serviço foi a própria MAR e AR Serviços Subaquáticos. O relatório cita, também, na legenda de uma foto, "Parte da laje com cobrimento, porém com agregado graúdo exposto, mas sem ferragem exposta". Por este fato, *recomenda-se que nova inspeção ao interior da galeria seja realizada no menor prazo possível, e que um engenheiro civil especialista em patologias de concreto elabore parecer técnico conclusivo sobre a condição de segurança atual dos "stop-logs", tanto das peças afetadas anteriormente quanto das demais, bem como sobre as condições de segurança da estrutura de concreto da galeria, como um todo.* A HINDALCO está ciente dessa necessidade e informou que planejará esta atividade para que seja executada o mais breve possível.

Ressalta-se que no Laudo Técnico de Segurança de 2015, da Pimenta de Ávila Consultoria Ltda já havia uma recomendação, de 2014, para a implantação de um novo extravasor de superfície para a barragem do Marzagão. Esta questão foi discutida com a HINDALCO e, face à proximidade do término da vida útil da barragem, *recomenda-se que a HINDALCO dê início à implantação de um novo extravasor de superfície para a barragem (planejamento, projeto e construção) e efetue a desativação do sistema atual no menor tempo possível.* A HINDALCO está ciente dessa questão e informou que atenderá a esta recomendação no menor tempo possível.

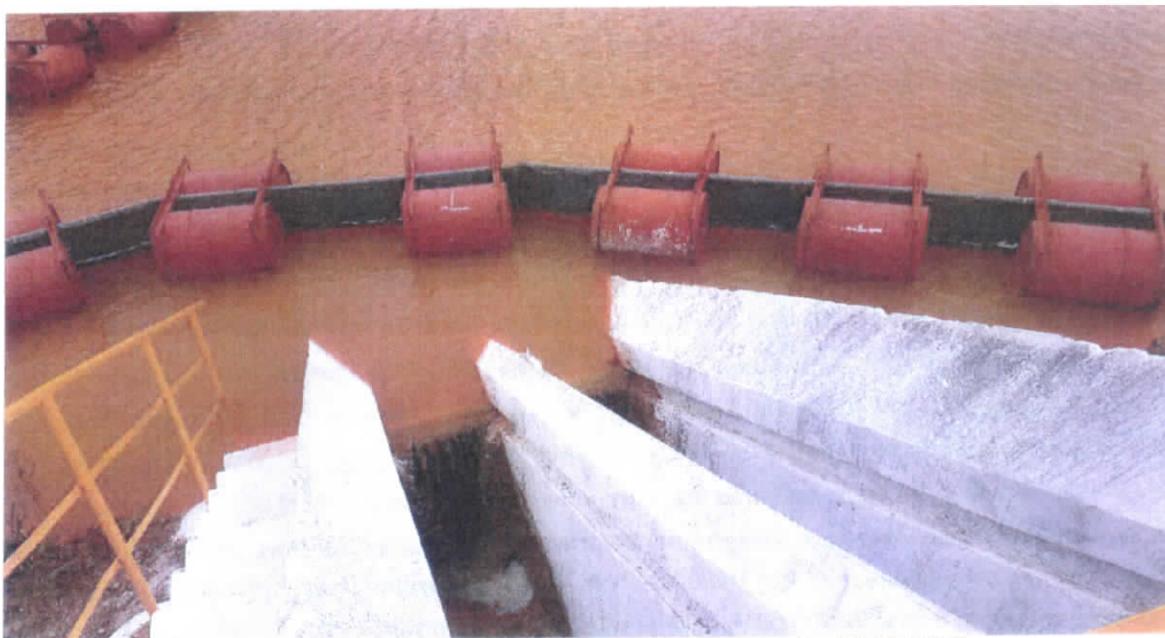


Foto 06 – Aspecto geral do sistema extravasor no dia 24/07/2017.

Número do Fornecedor GGC-468-RL-T-017	Número HINDALCO	Revisão 01	Folha 17
--	-----------------	---------------	-------------

A área do entorno do reservatório é composta, basicamente, por vegetação ao longo das margens, pelo acesso que contorna boa parte do reservatório e conduz à crista da barragem. Na margem esquerda, acima do nível do acesso, foi observada a ponte suspensa da tubulação de transporte de rejeitos e uma ventosa, no cume do morro, na margem esquerda do maciço da barragem. Neste local foram identificadas algumas erosões e indícios de pequenos vazamentos de rejeitos do passado. Não foi identificado nenhum escorregamento de encosta natural na região das matas periféricas.

4.2.9 – Sistema de transporte de rejeitos

O sistema de transporte de apresenta um eixo que passa pelo cume do morro da margem esquerda da barragem e que se desenvolve até o ponto central de lançamento, passando pelo acesso à barragem. *Recomenda-se avaliar a necessidade de envelopamento da tubulação de rejeitos desde o cume até o ponto de lançamento.*

Uma segunda tubulação foi observada na porção de montante do reservatório. A HINDALCO informou que esta tubulação encontrava-se em fase de montagem e que o ponto de lançamento no centro iria operar até o final do mês de Setembro e que no mês de Outubro o ponto de lançamento seria transferido para montante, visando ao enchimento do lago formado nesta região. A HINDALCO informou que durante o lançamento de rejeitos no lago de montante o reservatório será operado com nível na elevação, 1.188,75 m.

4.2.10 – Pilhas na região a montante do reservatório

Na região situada no fundo do reservatório foram identificadas duas pilhas de rejeitos secos (material arenoso). Essas pilhas apresentam taludes sem geometria regular, na inclinação de repouso do material, evidenciando superfícies de escorregamento que invadiram a área do reservatório. A equipe da HINDALCO informou que as pilhas foram implantadas sobre terreno natural sem remoção da vegetação existente. A HINDALCO também informou que o projeto de adequação das pilhas foi desenvolvido e será implantado em 2018. *Recomenda-se a implantação do projeto de estabilização das pilhas.*

Número do Fornecedor GGC-468-RL-T-017	Número HINDALCO	Revisão 01	Folha 20
--	-----------------	---------------	-------------

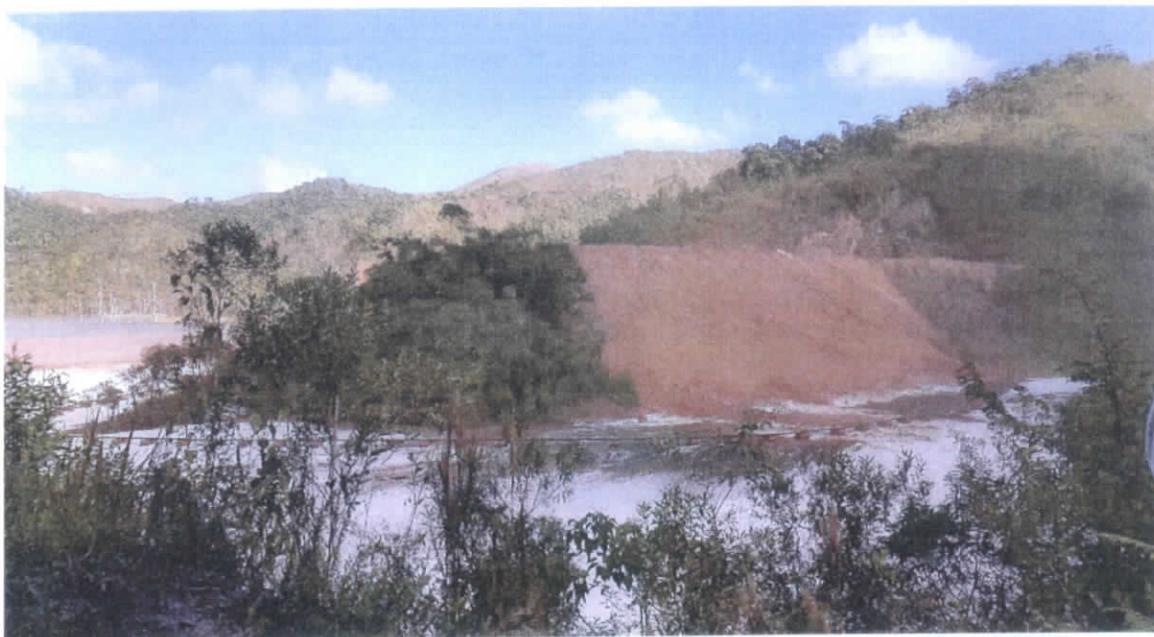


Foto 08 – Aspecto geral de uma das pilhas de rejeito, ao fundo, no dia 24/07/2017.

4.2.11 – Acessos

O acesso à barragem é feito pela margem esquerda, com início na extremidade de montante, atingindo a crista após circundar o reservatório de rejeitos. O acesso encontrava-se em boas condições. Nas imediações da chegada à barragem foi observado um portão. A HINDALCO também instalou portão com cadeado no início do acesso à barragem. A HINDALCO informou que inspeciona os acessos à barragem rotineiramente e que qualquer eventual necessidade de manutenção é reportada e os reparos são efetuados em função das prioridades.

Número do Fornecedor GGC-468-RL-T-017	Número HINDALCO	Revisão 01	Folha 21
--	-----------------	---------------	-------------

5. CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM CONFORME DN COPAM Nº 87, DE JUNHO DE 2005

Seguindo os critérios de cálculos que são definidos pela Deliberação Normativa COPAM nº 87, de 17 de junho de 2005, referentes à altura do maciço, volume do reservatório, ocupação humana à jusante, interesse ambiental à jusante e instalações a jusante, a classificação da barragem é determinada e apresentada na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2: Classificação conforme Deliberação Normativa nº 87.

CARACTERÍSTICAS	UNIDADE	PARÂMETRO	V
Altura do Maciço	m	58,00	2
Volume do Reservatório (El. 1189m)	x 10 ⁶ m ³	3,87	1
Ocupação Humana à Jusante	-	Existente	3
Interesse Ambiental à Jusante	-	Significativo	1
Instalações a Jusante	-	Alta concentração	2
ΣV			9
CLASSIFICAÇÃO			III

Nota: Esta classificação (III) representa "Alto Potencial de Dano Ambiental".

6. AVALIAÇÃO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM

Apresenta-se a seguir as principais atividades que conduziram à avaliação de segurança da barragem do Marzagão:

- Análise crítica dos documentos que foram disponibilizados pela HINDALCO, destacando-se: o Manual de Operação da barragem; o Laudo Técnico de Segurança de 2016; o levantamento Topobatimétrico de julho de 2017; a Carta de Risco e o histórico das leituras dos piezômetros.
- Verificação do atendimento às recomendações da Avaliação de Segurança de 2016 da Pimenta de Ávila Consultoria Ltda – ano 2016.
- Verificação da estabilidade da barragem considerando os níveis de saturação atuais do maciço, conforme as leituras mais recentes do monitoramento da rede de piezômetros.
- Verificação da capacidade do sistema extravasor frente à passagem de cheias considerando o atual estágio de ocupação do reservatório pelos rejeitos;

Número do Fornecedor GGC-468-RL-T-017	Número HINDALCO	Revisão 01	Folha 22
--	-----------------	---------------	-------------

6.1 – Recomendações da Avaliação de Segurança de 2016

A tabela que segue apresenta as recomendações Laudo Técnico de Avaliação de Segurança da barragem do Marzagão, de 2016, elaborado pela Pimenta de Ávila Consultoria Ltda, e na última coluna a situação atual da recomendação em relação ao seu atendimento.

Tabela 3: Recomendações do Laudo Técnico de Segurança de 2016

ITEM	DESCRIÇÃO	RECOMENDAÇÃO	PRAZO PREVISTO	SITUAÇÃO ATUAL
1	A estrada de acesso à barragem apresenta trechos com potenciais de escorregamentos.	A estrada de acesso deverá ser inspecionada continuamente e submetida a manutenções de forma que a barragem possa ser acessada por durante todo período chuvoso.	Contínuo.	Atendida
2	Pilhas de bota fora com erosões e escorregamentos.	Realizar estabilização das pilhas de bota fora.	Setembro de 2017.	Não Atendida
3	Monitoramento geotécnico.	Dar continuidade as leituras e avaliação dos dados da instrumentação e elaborar relatórios de controle.	Contínuo.	Atendida
4	Manter a Elevação do NA operacional até a El. 1.188,95 m.	Para atendimento ao critério de cheias de 10.000 anos a soleira do sistema extravasor da barragem deve ser mantida na El. 1.188,95 m.	Contínuo.	No dia da inspeção a elevação era 1.189,15m
5	Manutenção dos acessos, proteção dos taludes, limpeza das drenagens, etc.	Dar continuidade ao programa de manutenção das estruturas que compõem o sistema do barramento.	Contínuo.	Atendida

As recomendações 1, 3 e 5 feitas para a Barragem do Marzagão no relatório da Avaliação de Segurança de 2016 foram atendidas.

A recomendação 2, "Realizar estabilização das pilhas de bota fora" não foi atendida. A HINDALCO informou que o projeto de estabilização/adequação foi desenvolvido e que aguarda finalização e aprovação do projeto para dar início às obras.

A recomendação 4, segundo a HINDALCO é de aplicação em período de chuva. Contudo, ressalta-se que a possibilidade de ocorrência de chuvas extraordinárias fora do período comumente compreendido como período chuvoso é real. No dia da inspeção o nível de água do reservatório estava acima do estabelecido no Manual de Operação. A HINDALCO está ciente dos riscos

Número do Fornecedor GGC-468-RL-T-017	Número HINDALCO	Revisão 01	Folha 23
--	-----------------	---------------	-------------

associados a esta pratica e informou que passará a manter o nível operacional na elevação 1.188,75m a partir de Setembro de 2017.

6.2 – Análise da Capacidade do Extravasor Frente às Cheias

De acordo com as definições descritas pelo **BOLETIM 139 do ICOLD (Comissão de Barragens de Rejeitos – Gestão 2001-2007)** intitulado: “**IMPROVING TAILINGS DAM SAFETY: CRITICAL ASPECTS OF MANAGEMENT, DESIGN, OPERATION AND CLOSURE**” e a partir da classificação de risco discutida no item 5, foi estipulado, na Tabela 4, o critério de auditoria para verificação do período de retorno associado ao dimensionamento hidráulico da estrutura extravasora. Estes critérios, citados a seguir, foram definidos como padrão interno de segurança frente a cheias, e apresentam-se iguais ou mais conservadores que a atual NBR 13.028 (ABNT, 2006).

Tabela 4: Critérios para Definição do Tempo de Retorno de Estruturas Extravasoras.

CLASSIFICAÇÃO DE DANO CLASSE DN 87 COPAM ¹	TEMPO DE RETORNO RECOMENDADO (MÍNIMO)	
	CRITÉRIO ADOTADO ²	CRITÉRIO NORMATIVA NBR 13.028 ³
CLASSE I	TR 500 anos	Sistema extravasor operacional : considerar vazão efluente calculada para TR de 500 anos e verificado para TR 1.000 anos; e Sistema extravasor de abandono : considerar vazão efluente calculada para PMP.
CLASSE II	TR 1.000 anos ⁴	
CLASSE III	TR 10.000 anos ou PMP	

A Barragem do Marzagão, segundo a DN 87 COPAM mencionada na Tabela 4, é enquadrada como Classe III. Desse modo, deve ter sua estrutura extravasora dimensionada para o tempo de retorno de 10.000 anos ou PMP.

¹ A DN 87 (COPAM, 2005) alterou a DN 62 (COPAM, 2002) e foi complementada pela DN 124 (COPAM, 2008).

² Critério adotado no presente Laudo Técnico de Segurança.

³ A normativa não associa o dimensionamento do sistema extravasor a classe de risco da barragem e sim a etapa de funcionamento do mesmo (operação ou abandono da estrutura).

⁴ Ressalta-se que para as estruturas Classe II que tenham ocupação humana a jusante das mesmas e evidências de risco potencial para as mesmas, o sistema extravasor deve ser verificado para eventos de cheias provenientes de TR 10.000 anos ou PMP.

Número do Fornecedor GGC-468-RL-T-017	Número HINDALCO	Revisão 01	Folha 24
--	-----------------	---------------	-------------

Segundo os estudos mais recentes de Avaliação de Segurança Frente às Cheias de Projeto, elaborados pela GGC Consultoria e Gerenciamento, o sistema extravasor suporta a cheia associada ao TR de 10.000 anos, com NA máximo maximorum atingindo a elevação 1.190,73 m e borda livre remanescente igual a 0,27 m (vinte e sete centímetros). Tal condição atende, tanto o critério definido para a presente auditoria, quanto às recomendações da Norma Brasileira ABNT NBR 13028/2006 – “Mineração – Elaboração e Apresentação de Projeto de Barragens para Disposição de Rejeitos, Contenção de Sedimentos e Reservação de Água”, aos critérios sugeridos pelo USBR (1977)⁵ e às recomendações de Pinheiro (2011)⁶ para o caso de estudos hidrológicos e hidráulicos de barragens de mineração, contudo, não atende à borda livre mínima de 1,0 m durante a passagem da cheia de projeto, uma boa prática de engenharia. A Tabela 5 apresenta o resultado do estudo.

Tabela 5: Resultados da Avaliação da Condição do Sistema Extravasor Frente às Cheias.

Cheia de projeto	10.000 anos
Duração crítica da chuva de projeto	5 dias
Altura da chuva de projeto (mm)	624,8
Elevação da soleira do extravasor (m)	1.188,75
Elevação da crista da barragem (m)	1.191,00
Elevação do NA inicial (m)	1.188,75
Q máxima afluyente (m³/s)	9,60
Q máxima efluyente (m³/s)	7,04
Volume disponível para amortecimento de cheias entre a soleira do extravasor e a crista da barragem (m³)	660.097
NA máximo maximorum (m)	1.190,73
Borda livre remanescente (m)	0,27
Borda livre mínima operacional (m)	2,25

⁵ USBR – U.S. Bureau of Reclamation, *Design of Small Dams*, A Water Resources Technical Publication, 1977.

⁶ Pinheiro, M.C. *Diretrizes para Elaboração de Estudos Hidrológicos e Dimensionamentos Hidráulicos em Obras de Mineração*. 1ª Edição 2011, 171p.

Número do Fornecedor GGC-468-RL-T-017	Número HINDALCO	Revisão 01	Folha 25
--	-----------------	---------------	-------------

6.3 – Análise da Instrumentação da Barragem do Marzagão

A leitura dos piezômetros da barragem, todos do tipo Casagrande, é feita com periodicidade mensal, conforme preconizado no Manual de Operação. As leituras obtidas são comparadas aos níveis de controle da instrumentação, estabelecidos no documento "Manual de Operação – Barragem do Marzagão – Março de 2016", Item 6.0 – Carta de Risco, elaborado pela Pimenta de Ávila Consultoria Ltda, através dos quais é possível verificar a condição de normalidade da estrutura em relação aos níveis piezométricos.

Devido à instalação de novos piezômetros na barragem, encontra-se em desenvolvimento a revisão da sua Carta de Risco, visando à incorporação desses novos dispositivos. *Recomenda-se que o Manual de Operação da barragem seja atualizado após a revisão da Carta de Risco.*

A Tabela 6 apresenta as leituras dos piezômetros referentes ao mês de julho de 2017. A última linha apresenta o nível em que se encontravam as leituras no dia mencionado.

Tabela 6 - Leituras no mês de Julho

LEITURAS PIEZOMÉTRICAS - BARRAGEM DO MARZAGÃO - INSTRUMENTOS DA CARTA DE RISCO													
DATA DA LEITURA	INSTRUMENTO	PZ-02	PZ-03-A	PZ-03-B	PZ-04-A	PZ-04-B	PZ-05	PZ-06	PZ-07-A	PZ-07-B	PZ-08-A	PZ-08-B	N.A. DO RESERVATÓRIO (m)
	COTA DE BOCA DO INSTRUMENTO	1.180,06	1.168,92	1.168,92	1.169,27	1.169,27	1.159,19	1.159,16	1.149,23	1.149,23	1.149,18	1.149,18	
COTA DE FUNDO DO INSTRUMENTO	1.153,60	1.160,04	1.148,25	1.160,43	1.149,72	1.144,07	1.143,40	1.141,54	1.130,30	1.140,94	1.131,05		
COMPRIMENTO DO INSTRUMENTO	26,46	8,88	20,67	8,84	19,55	15,12	15,76	7,69	18,93	8,24	18,13		
ATENÇÃO	1.174,70	1.164,00	1.164,00	1.165,00	1.165,00	1.154,00	1.155,00	1.146,60	1.146,60	1.146,00	1.146,00		
ALERTA	1.178,00	1.166,80	1.166,80	1.167,20	1.167,20	1.157,70	1.156,30	1.148,00	1.148,00	1.147,20	1.147,20		
EMERGÊNCIA	1.179,20	1.169,00	1.169,00	1.169,00	1.169,00	-	1.159,00	1.149,00	1.149,00	1.149,00	1.149,00		
24/07/2017	NÍVEL	Seco	Seco	Seco	Seco	1.156,21	1.144,76	1.145,16	1.142,37	1.143,45	Seco	1.139,26	1.189,16

A análise da instrumentação indica que as leituras dos piezômetros apresentaram variações mínimas e comportamento constante, sem alterações. Nenhuma das leituras piezométricas apresentadas na Tabela 6 superou o limite de atenção estabelecido. Portanto, a barragem encontrava-se em condição satisfatória de segurança em relação à sua estabilidade física no dia da inspeção e o sistema de drenagem interna operava normalmente.

Conforme informado e confirmado pela Hindalco no dia da visita, os ensaios de teste de vida dos piezômetros foram executados no período seco de 2016 e início de 2017. Conforme informado pela HINDALCO, os testes apontaram que os piezômetros estão operando adequadamente.

6.4 – Controle da Percolação

Conforme mencionado no registro das observações da Inspeção Técnica do dia 24 de julho de 2017, a saída do sistema de drenagem interna da barragem estava funcionando satisfatoriamente

Número do Fornecedor GGC-468-RL-T-017	Número HINDALCO	Revisão 01	Folha 26
--	-----------------	---------------	-------------

no momento da inspeção, com efluente muito limpo, sem sinais de qualquer carreamento de sólidos. O histórico de medição das vazões indica que não houve variações significativas na vazão.

6.5 – Estabilidade da Barragem

A análise dos registros da instrumentação da barragem do Marzagão no período julho de 2016 a julho de 2017 não evidenciou anomalia nas leituras dos piezômetros, conforme já mencionado. Todas as leituras se encontravam constantes e normais. Assim, sem anomalias identificadas na Inspeção Técnica nem na análise da instrumentação e, conforme avaliação da Carta de Risco e verificação complementar da estabilidade global da barragem realizada pela GGC Consultoria e Gerenciamento Ltda, apresentada nas Figuras 4 a 6 (que consideraram os níveis piezométricos atuais e parâmetros de resistência previstos na Carta de Risco), concluiu-se que a Barragem do Marzagão encontra-se em condições satisfatórias de estabilidade, atendendo aos critérios indicados na Norma Brasileira ABNT NBR 13028 – “Mineração – Elaboração e Apresentação de Projeto de Barragens para Disposição de Rejeitos, Contenção de Sedimentos e Reservação de Água”.

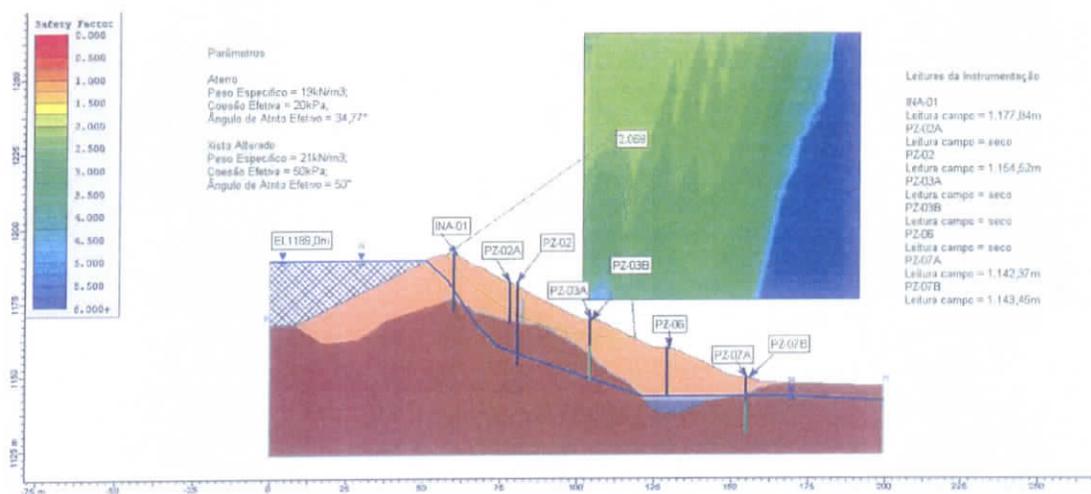


Figura 4: Estaca 4+10 – Análise de estabilidade – Nível piezométrico Julho/2017 – FS = 2,06.

Número do Fornecedor GGC-468-RL-T-017	Número HINDALCO	Revisão 01	Folha 27
--	-----------------	---------------	-------------

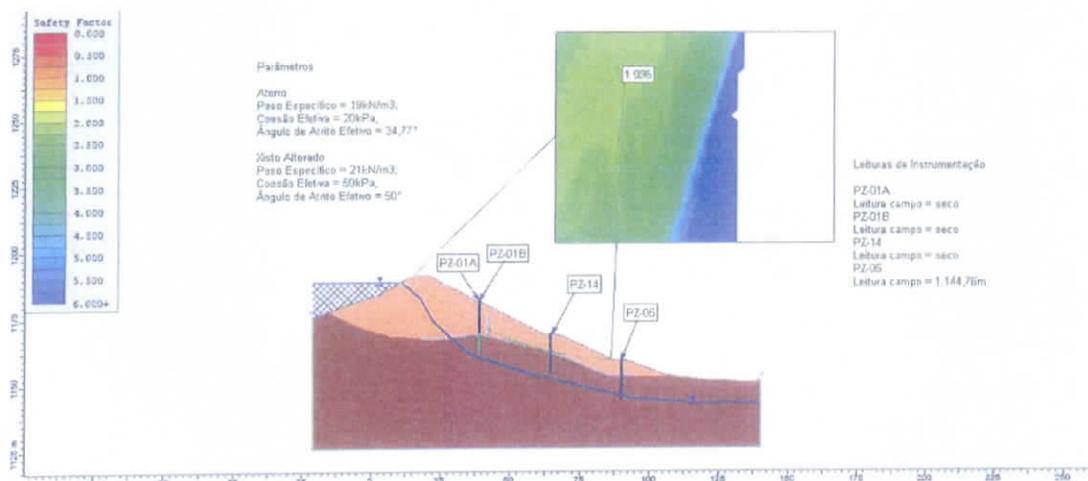


Figura 5: Estaca 3+5 – Análise de estabilidade – Nível piezométrico em Julho/2017 – FS = 2,00.

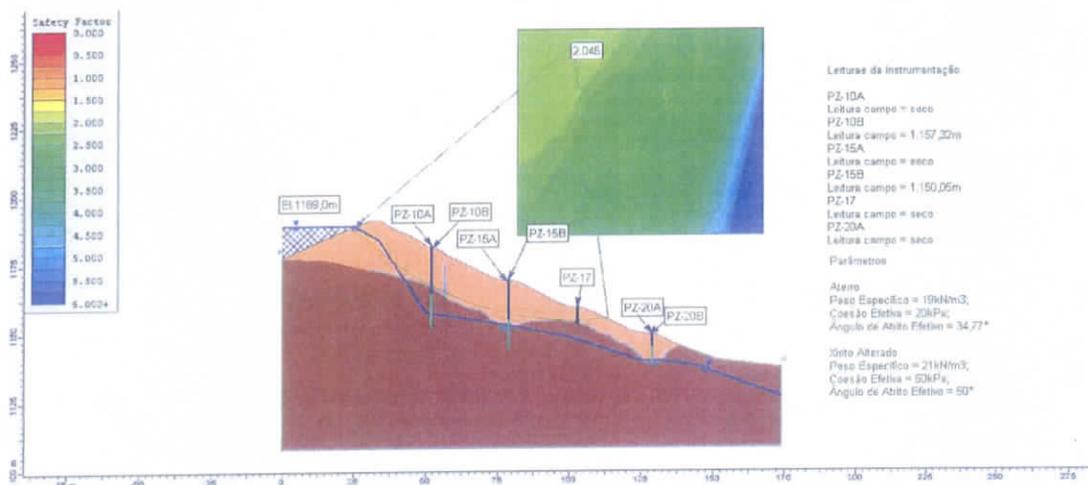


Figura 6: Estaca 6 – Análise de estabilidade – Nível piezométrico em Julho/2017 – FS = 2,05

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

De acordo com a inspeção técnica realizada, com as análises das leituras realizadas nos piezômetros e dos documentos disponibilizados, a Barragem do Marzagão, na data da inspeção 24 de julho de 2017, encontrava-se em condições adequadas de segurança quanto da estabilidade física do maciço e em relação ao dimensionamento do sistema extravasor.

Número do Fornecedor GGC-468-RL-T-017	Número HINDALCO	Revisão 01	Folha 28
--	-----------------	---------------	-------------

A verificação hidrológica e hidráulica do sistema extravasor indicou que a barragem do Marzagão, classificada como Classe III, possui um sistema extravasor com capacidade para verter cheias associadas até 10.000 anos de recorrência. Portanto, o sistema extravasor da barragem atende aos requisitos da norma ABNT NBR 13.028/2006 para estruturas em operação, e às recomendações de Pinheiro (2011) para o caso de estudos hidrológicos e hidráulicos de barragens de mineração.

Para o ano de 2017, as recomendações da Avaliação de Segurança seguem na Tabela 7.

Tabela 7 - Recomendações da Avaliação de Segurança 2017

ITEM	DESCRIÇÃO	RECOMENDAÇÃO	PRAZO PREVISTO
1	Presença de água no interior da caixa de passagem da descida d'água do sistema de drenagem superficial, na ombreira esquerda do maciço	Recomenda-se identificar o ponto exato de saída de água no seu interior. Recomenda-se separar o efluente da surgência do efluente pluvial e dar início ao monitoramento da vazão deste ponto de surgência e gerar registro como-construído.	Até final de Dezembro de 2017
2	Presença de fluxo de água no lado direito da calha de concreto do sistema extravasor oriundo do fundo do talvegue adjacente	Recomenda-se dar início ao monitoramento da sua vazão.	Atividade de rotina
3	Sistema extravasor em galeria bipartida dotada de "stop-logs" em cada um das calhas sobre a ombreira, com curva e trecho sub-horizontal na ombreira esquerda. A galeria possui histórico de dano estrutural em "stop-logs" que foram recuperados posteriormente. A barragem está muito perto do fim da sua vida útil.	Recomenda-se a realização de inspeções anuais ao interior da galeria de concreto para avaliação das condições do estado de conservação do concreto, com elaboração de laudo técnico atestando as condições estruturais dos "stop-logs". Recomenda-se também a realização de inspeção anual, por mergulhador, para avaliação das condições da face dos stop-logs e do concreto voltados para o lago. Recomenda-se que nova inspeção ao interior da galeria seja realizada no menor prazo possível, e que um engenheiro civil especialista em patologias de concreto elabore parecer técnico conclusivo sobre a condição de segurança atual dos "stop-logs", tanto das peças afetadas anteriormente quanto das demais, bem como sobre as condições de segurança da estrutura de concreto da galeria, como um todo. Recomenda-se que a HINDALCO dê início à implantação de um novo extravasor de superfície para a barragem (planejamento, projeto e construção) e efetue a desativação do sistema atual no menor tempo possível.	Atividade de rotina com frequência anual (deverá ser concluída antes de Abril/2018) Data Limite: Até final de Abril/2018 Iniciar em 2017 e concluir obra e o descomissionamento em até 2 anos
4	Assoreamento na porção central do reservatório com formação de lago a montante em cota ligeiramente superior ao reservatório perto do emboque	Recomenda-se interromper o lançamento dos rejeitos na porção central do reservatório para que o cenário de assoreamento atual não intensifique ainda mais o desnível entre os dois reservatórios. Recomenda-se que o lançamento de rejeitos seja efetuado apenas no lago de montante e sem ultrapassar a elevação 1.188,75m, que é a cota da soleira do reservatório. Recomenda-se efetuar batimetrias com periodicidade menor que a estabelecida no Manual de Operação da barragem (com realização de uma nova batimetria no ano 2017) para garantir que o lançamento de rejeitos	Até final de Setembro de 2017 A partir de Outubro de 2017 Uma antes do Final

		no reservatório da barragem não comprometa a preservação de um volume de amortecimento de cheias mínimo da ordem de 660.000m ³	de 2017 e depois a cada 3 meses.
5	Manual de Operação da barragem	Recomenda-se que o Manual de Operação da barragem seja atualizado após a revisão da Carta de Risco	Abril de 2018
8	Pilhas de material seco na porção do fundo do reservatório	Recomenda-se a implantação do projeto de estabilização das pilhas.	Até final de Outubro de 2018
9	Tubulação desprovida de proteção contra vazamento desde a ventosa e até o reservatório	Recomenda-se avaliar a necessidade de envelopamento da tubulação de rejeitos desde o cume até o ponto de lançamento.	Até Dezembro de 2017
10	N.A do reservatório na cota de elevação 1189,160.	Recomenda-se que a cota do N.A do reservatório esteja de acordo com os estudos de trânsito de cheia conforme descrito neste laudo: nível da soleira do vertedouro no máximo na cota 1188,75.	Sempre

8. REFERÊNCIAS

Principais documentos de Referências:

- Manual de Operação da Barragem do Marzagão, documento HD-170-MO-41666-02, de Março de 2016, emitido pela Pimenta de Ávila Consultoria;
- Laudo Técnico de Segurança da Barragem do Marzagão, documento HD-190-LT-43588-00, de Agosto de 2016, emitido pela Pimenta de Ávila Consultoria;
- Laudo Técnico de Segurança da Barragem do Marzagão, documento HD-170-LT-41056-00, de Agosto de 2015, emitido pela Pimenta de Ávila Consultoria;
- Estudo de Avaliação da Vida Útil da Barragem do Marzagão – Elevação Crista 1.191,00m – Relatório Técnico – Ano 2016, documento HD-190-RL43447-00, emitido pela Pimenta de Ávila Consultoria Ltda;
- Relatório de Consolidação de Dados – Estudo de Avaliação da Vida Útil da Barragem do Marzagão – Ano 2016, documento HD-190-RL-43017-00, emitido pela Pimenta de Ávila Consultoria Ltda.
- Estudos de Segurança da Barragem do Marzagão – Avaliação de Segurança Frente às Cheias de Projeto, documento HD-190-RL-43281-00, de Julho de 2016, emitido pela Pimenta de Ávila Consultoria;
- Estudos de Segurança da Barragem Marzagão – Avaliação de Segurança Frente às Cheias de Projeto para a condição final de Vida Útil (Crista na El. 1.191,00m) – Nota Técnica, de agosto de 2016, documento HD-190-RL-43488-00, emitido pela Pimenta de Ávila .
- Barragem do Marzagão – Alçamento para Elevação 1191,00m – Relatório de Acompanhamento de Obra, Controle de Construção e Análise de Estabilidade, documento NO-118-RL-13719-00, Fevereiro de 2008, emitido pela Pimenta de Ávila Consultoria;
- Norma Brasileira ABNT NBR 13028/2006 – “Mineração – Elaboração e Apresentação de Projeto de Barragens para Disposição de Rejeitos, Contenção de Sedimentos e Reservação de Água”;
- Relatório Técnico do Levantamento com VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado) e Topobatimetria da Barragem Marzagão – Ouro Preto – MG – Hindalco do Brasil – Aditya Birla, elaborado pela ERG Engenharia em Julho de 2017 (documento 2090-X-MN-SD-17-014).
- Levantamento Planialtimétrico – Metodologia aéreo não tripulado, Topobatimetria SIRGAS 2000, Planta Geral e Perfil Longitudinal, documento 2090-A-MN-SD-17-006, elaborado pela empresa ERG Engenharia, de 10/07/2017;
- Levantamento Planialtimétrico – Metodologia aéreo não tripulado, Topobatimetria Seções Transversais – FL01/02, documento 2090-A-MN-SD-17-007, elaborado pela empresa ERG Engenharia, de 18/07/2017;
- Levantamento Planialtimétrico – Metodologia aéreo não tripulado, Topobatimetria Seções Transversais – FL02/02, documento 2090-A-MN-SD-17-007, elaborado pela empresa ERG Engenharia, de 18/07/2017;
- Relatório - Inspeção nos dois condutos do túnel do vertedouro da barragem do Marzagão, elaborado pela empresa MAR e AR Serviços Subaquáticos, datado de 30 de agosto de 2016.

Número do Fornecedor	Número HINDALCO	Revisão	Folha
GGC-468-RL-T-017		01	31