

	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAPEBA - MINA Córrego Feijão BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 2/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

ÍNDICE

ITEM	DESCRIÇÃO	PÁGINA
1	INTRODUÇÃO	3
2	IDENTIFICAÇÃO DOS RESPONSÁVEIS LEGAIS DO EMPREENDEDOR	4
3	IDENTIFICAÇÃO DA EQUIPE EXTERNA RESPONSÁVEL PELO RISR	6
4	DESCRIÇÃO DA BARRAGEM	7
5	RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS DA BARRAGEM	13
6	CLASSIFICAÇÃO CONFORME DN COPAM Nº 87, DE 17 DE JUNHO DE 2005	15
7	INSPEÇÃO DE CAMPO	16
8	AVALIAÇÃO DE SEGURANÇA	21
9	RECOMENDAÇÕES DA AUDITORIA ANTERIOR	67
10	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	68
11	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
12	ASSINATURA DO RESPONSÁVEL PELO RISR	73
	APÊNDICE A – GRÁFICOS DE ANÁLISE DAS LEITURAS DOS INSTRUMENTOS	75
	APÊNDICE B – REGISTRO FOTOGRÁFICO DA INSPEÇÃO DE CAMPO	109
	APÊNDICE C – FICHA DE INSPEÇÃO	122
	APÊNDICE D – ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA	126

	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 3/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

1 INTRODUÇÃO

De modo a atender ao disposto na Deliberação Normativa COPAM n.º 87, de 17 de julho de 2005, a Vale S.A. contratou a TÜV SÜD Bureau de Projetos para realizar o Laudo Técnico de Segurança da Barragem I, pertencente à Mina Córrego do Feijão, Complexo Paraopeba, no município de Brumadinho, Estado de Minas Gerais.

O presente relatório foi elaborado com base nas observações de campo e na análise dos documentos e projetos disponibilizados pela empresa contratante, visando estabelecer um diagnóstico das condições geotécnicas de segurança da estrutura frente à passagem de cheia, controle de percolação e estabilidade física.

A inspeção de campo da Barragem I foi realizada no dia 20 de julho de 2018 pelos engenheiros da TÜV SÜD Bureau de Projetos, Marlísio O. Cecílio Jr., Sidnei Ono e Gabriel Ferrara Bilesky. A inspeção foi acompanhada pelos engenheiros da Vale, César Grandchamp, Cristina Malheiros, Helbert Pena e Camila Moreira Queiroz.

	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 4/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

2 IDENTIFICAÇÃO DOS RESPONSÁVEIS LEGAIS DO EMPREENDEDOR

O empreendedor responsável pelo Complexo Paraopeba, incluindo as barragens que dele fazem parte, é a empresa VALE S.A., portadora do CNPJ nº 33.592.510/0035-01. Na Tabela 2.1 é apresentada a identificação do empreendimento.

Tabela 2.1 – Identificação do empreendimento.

DESCRIÇÃO DAS INFORMAÇÕES	
Nome da Estrutura	Barragem I
Empreendedor	Vale S.A.
CNPJ	33.592.510/0035-01
Endereço – Sede Administrativa	Faz Córrego do Feijão, S/N - Etc Alberto Flores - Brumadinho/MG - CEP: 35460-000
Telefone – Sede Administrativa	(31) 3571 5411
Diretoria	Diretoria Executiva Ferrosos Carvão
Departamento	Operações Ferrosos Corredor Sudeste
Complexo	Paraopeba
Mina	Córrego do Feijão
Município	Brumadinho
Estado	Minas Gerais
Tipo de Minério	Ferro

	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAPEBA - MINA CÔRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 5/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

2.1 ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DA BARRAGEM

As informações sobre a estrutura organizacional associada à segurança da barragem estão indicadas na Tabela 2.2. Resumidamente, a estrutura organizacional foi segmentada em: gerenciamento, operação, manutenção, monitoramento / inspeção e demais profissionais envolvidos.

Tabela 2.2 – Informações sobre a estrutura organizacional.

GERENCIA						
Responsabilidade / Função	Nome	Empresa	Cargo	Responsabilidades	CREA	E-mail
Responsável / Representante Legal	César Grandchamp	VALE	Especialista Técnico	Especialista Técnico de Geotecnia Ferrosos Sul	39238/D	cesar.grandchamp@vale.com
Responsável Técnico pela Gestão (ART)	Rodrigo Artur Gomes de Melo	VALE	Gerente Geral	Gerente responsável pela operação do complexo	58773/D	rodrigo.melo@vale.com
Especialista Técnico	César Grandchamp	VALE	Especialista Técnico	Especialista Técnico de Geotecnia Ferrosos Sul	39238/D	cesar.grandchamp@vale.com
OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO, MONITORAMENTO E INSPEÇÃO						
Responsável Técnico pela Operação (ART)	Lúcio Medanha	VALE	-	Operação e Manutenção da Barragem	-	lucio.medanha@vale.com
Responsável Técnico pela Manutenção (ART)	Lúcio Medanha	VALE	-	Operação e Manutenção da Barragem	-	lucio.medanha@vale.com
Responsável Técnico pelo Monitoramento e Inspeção (ART)	Cristina Malheiros	VALE	Profissional Geotécnico	Responsável pela Inspeção e Monitoramento	107237/D	cristina.malheiros@vale.com

	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAPEBA - MINA CÔRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 6/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

3 IDENTIFICAÇÃO DA EQUIPE EXTERNA RESPONSÁVEL PELO RISR

A identificação da equipe responsável pelo presente relatório está apresentada na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Equipe TÜV SÜD responsável pelo RISR.

RESPONSÁVEL PELA REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA - Mina de Fábrica							
Nome	Empresa	Cargo	Responsabilidades	CREA	E-mail	Telefone	Celular
Makoto Namba	TÜV SÜD Bureau	Coordenador de Projetos	Coordenação / Declaração de Estabilidade	0601080777/SP	makoto.namba@tuv-sud.com.br	11-3817-0226	11-99264-9261
Marlísio O. Cecílio Jr	TÜV SÜD Bureau	Engenheiro Geotécnico Sênior	Relatório de Inspeção de Segurança Regular / Visita Técnica	2506115595/SP	marlisio.cecilio@tuv-sud.com.br	11-3817-0218	11-98105-2831
Sidnei Ono	TÜV SÜD Bureau	Engenheiro Hidráulico Sênior	Relatório de Inspeção de Segurança Regular / Visita Técnica	5062132798/SP	sidnei.ono@gmail.com	11-3817-0244	11-98919-4137
Gabriel Bilesky	TÜV SÜD Bureau	Engenheiro Geotécnico Junior	Relatório de Inspeção de Segurança Regular / Visita Técnica	5070200660/SP	gabriel.bilesky@tuv-sud.com.br	11-3817-0244	11-98385-7444

	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 7/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

4 DESCRIÇÃO DA BARRAGEM

4.1 DADOS GERAIS

A Barragem I faz parte da Mina Córrego do Feijão, Complexo Paraopeba, no Município de Brumadinho, Estado de Minas Gerais. A Mina Córrego do Feijão pode ser acessada pela rodovia BR-040 partindo de Belo Horizonte, em sentido Rio de Janeiro por cerca de 13km, até o Bairro Jardim Canadá, em Nova Lima. Deste ponto, segue-se por mais 28 km pela Estrada Municipal na Serra do Rola Moça até a portaria da mina. As coordenadas UTM da Barragem I são 591.955 E/ 7.775.080 N. A Figura 4.2 apresenta um mapa com a localização da barragem e a Figura 4.2 uma vista aérea da Barragem I data de junho de 2014.

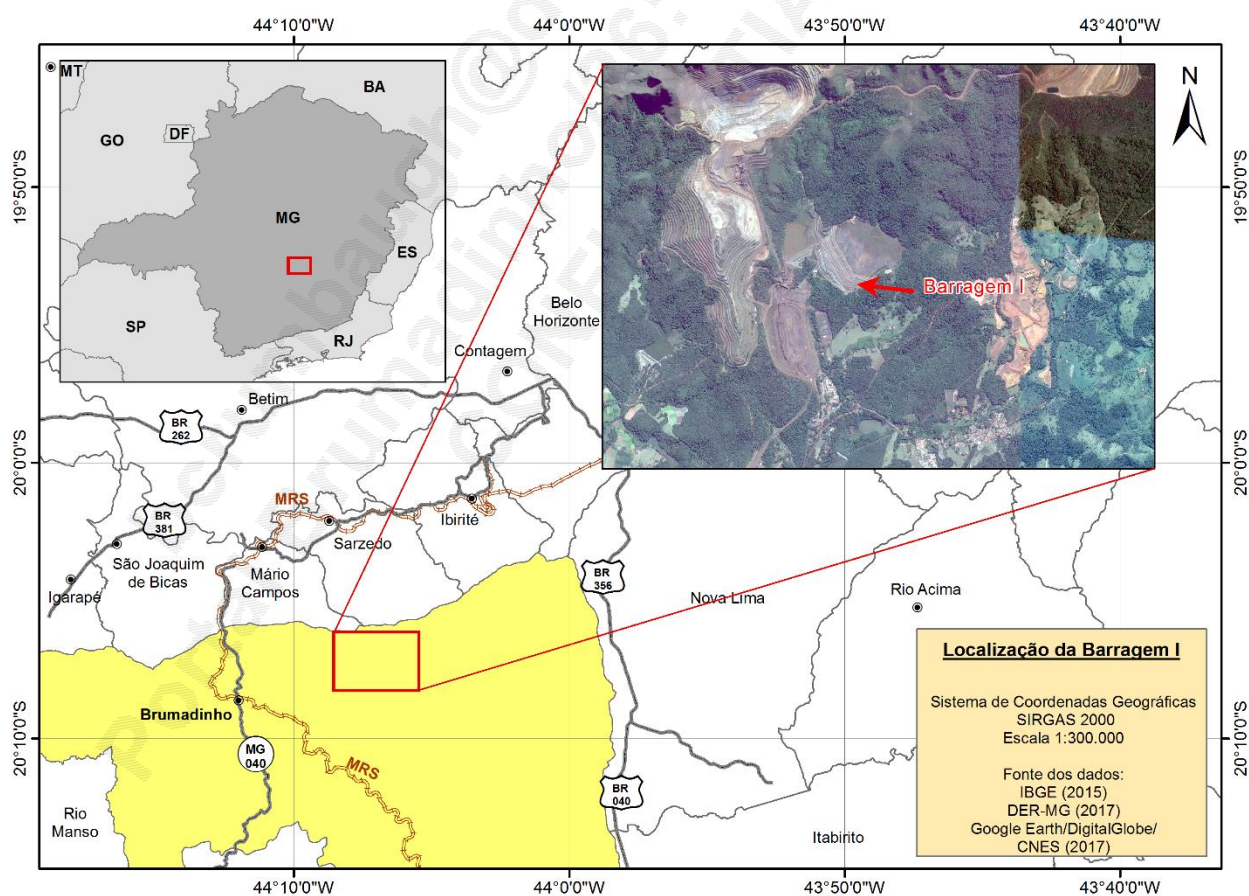


Figura 4.1 – Mapa com a localização da Barragem I.

	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 8/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0



Figura 4.2 – Vista aérea da Barragem I. Fonte: (VALE, 2018).

A barragem tinha como finalidade principal a contenção de rejeitos gerados no processo de beneficiamento da ITM-CFJ lançados através de “*spray-bars*” posicionados ao longo da crista da estrutura. Todavia, seu reservatório também serve para clarificação da água a ser extravasada para a Barragem VI. Em julho de 2016 as operações de beneficiamento do minério na instalação de tratamento de minério ITM-CFJ passaram a ser realizadas de forma a seco e a barragem atualmente não recebe rejeitos.

4.2 FUNDAÇÃO

Conforme apresentado na Revisão Periódica de Segurança de Barragem (RPSB) de 2018 (RC-SP-117/18) elaborada pela TÜV SÜD Bureau, foram encontrados poucos dados referentes à fundação da barragem e do reservatório. Os dados disponíveis são relativos a sondagens posteriores, realizadas para se tentar conhecer melhor a fundação e os alteamentos, execução de instrumentos ou para subsídio de auditorias. Não foi localizado mapa geológico local ou descrição geológica dos solos ocorrentes.

Segundo a avaliação de performance elaborada pela DAM Projetos e DF Consultoria, os projetos de alteamentos posteriores, como o realizado para o 3º alteamento pela RIAD CHAMMAS, mostram seções com sondagens efetuadas nas ombreiras, as quais indicam a existência de material silto-argiloso, com N_{SPT} entre 5 e 11 golpes, recoberto o horizonte de solo saprolítico, mais resistente, com N_{SPT} entre 15 a 40 golpes.

	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAPEBA - MINA CÔRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 9/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

Segundo a Revisão Periódica, o embasamento é conformado por gnaisses bandados, capeado por solos saprolítico/residual/coluvionar, com boa capacidade de suporte e baixa permeabilidade. Os alteamentos do maciço assentam-se na praia de rejeitos em sua porção central e em terreno constituído por solo residual ou saprolítico nas ombreiras.

4.3 MACIÇO

De acordo com a Revisão Periódica de Segurança de Barragem (RPSB) de 2018 (RC-SP-117/18) elaborada pela TÜV SÜD Bureau, a Barragem I foi idealizada para possuir alteamentos sucessivos conforme os rejeitos iam sendo dispostos no reservatório. O maciço inicial é constituído de material homogêneo drenante (minério ultrafino) com crista na EL. 874,0 m e altura de 18 m. A inclinação dos taludes montante e jusante é de 1V: 1,5H e 1V: 1,75H, respectivamente, revestidos por camada de laterita de 4,0 m de espessura a montante e 1,0 m de espessura a jusante. Existe ainda no talude de jusante uma berma de 5,0 m de largura na EL. 864,0 m.

A estrutura foi alteada em sua maior parte pelo método montante, alcançando atualmente a EL. 942,0 m. O barramento tem cerca de 86 m de altura e 720,0 m de comprimento de crista. Há uma berma de largura variável na EL. 899,0 m, decorrente do recuo do eixo da estrutura para montante quando da execução do 4º alteamento.

O material constituinte dos diques de alteamento é o próprio rejeito granular compactado, com exceção dos 8º e 9º alteamentos, os quais foram construídos com solo compactado. Em alguns documentos é mencionado o uso de rejeito compactado em substituição ao rejeito compactado, devido à exaustão da área de empréstimo de solo, porém não há registro “As Built” com localização dos materiais utilizados.

O maciço apresenta compacidade medianamente compacta a compacta, com coeficientes de permeabilidade situando-se na faixa dos 10^{-6} a 10^{-5} cm/s, com valores de até 10^{-7} cm/s. Para os rejeitos, os coeficientes de permeabilidade são da mesma ordem.

O material presente no reservatório é o próprio rejeito lançado, classificado como areia fina siltosa a silto arenoso. Sua compacidade é heterogênea, variando de fofa a compacta. Apresenta coeficiente de permeabilidade da ordem de 10^{-5} a 10^{-4} cm/s.

4.4 DRENAGEM INTERNA

Foram verificadas várias incertezas quanto ao sistema de drenagem interna em vários alteamentos devido à carência de informações históricas. Na maioria dos casos tem-se como informação os projetos executivos do alteamento, porém não há “As Built” indicando se a solução projetada foi efetivamente implantada na sua totalidade, conforme ressalta a Revisão Periódica de Segurança de Barragem (RPSB) de 2018 (RC-SP-117/18).

É apresentado a seguir um breve descritivo da solução de drenagem interna implantada para cada etapa construtiva. Para maiores detalhes os desenhos de projetos deverão ser consultados.

	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 10/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

- Maciço Inicial, 1º alteamento e 2º alteamento parcial (até EL. 889 m): O projeto original do dique de partida não previa sistema de drenagem interna. As primeiras etapas de alteamento, até a EL. 889 m, foram executados sem sistema de drenagem interna;
- 2º alteamento parcial (da EL. 889 m até EL. 892 m): os projetos indicam a execução de tapete de *sinterfeed* e tubos longitudinais envoltos por hematitinha;
- 3º alteamento (até EL. 899 m): não foram recebidas informações;
- 4º alteamento (até EL. 905 m): os projetos indicam a execução de tapete de *sinterfeed* e tubo longitudinal;
- 5º, 6º e 7º alteamentos (até EL. 922,5 m): os projetos indicam filtro vertical (0,80 m) e tapete drenante (0,50 m) constituídos de *sinterfeed*. A saída do sistema de drenagem é conectada a tubos porosos ou de PVC perfurados;
- 8º alteamento (até EL. 929,5 m): O *as built* indica filtro vertical (0,80 m) e tapete drenante (0,50 m) constituído de areia. Projetou-se na saída do sistema de drenagem interna trincheira drenante de 2,0 m de profundidade e 0,6 m de largura. A saída é conectada a um tubo PVC perfurado;
- 9º alteamento (até EL. 937,0 m): O projeto previa somente tapete horizontal (0,50 m) de areia estendido para montante, contudo, o *as built* indica que também foi executado filtro vertical (0,80 m). Executou-se ainda dreno de pé constituído de brita, envolto por geossintético.
- 10º alteamento (até EL. 942,0 m): de acordo com o *as built*, foi executado tapete drenante de 0,50 m de espessura, constituído de areia lavada com dreno de pé na saída, envolto por geossintético.

4.5 DRENAGEM SUPERFICIAL

Conforme descrito na Revisão Periódica de Segurança de Barragem (RPSB) de 2018 (RC-SP-117/18), a drenagem superficial da Barragem I consiste em canaletas de concreto nas bermas e descidas d'água sobre o maciço.

De acordo com o projeto executivo dos alteamentos até as cotas 937m e 942m, o sistema de drenagem superficial foi dimensionado para chuvas com período de retorno de 25 anos, sendo composto por canaletas paralelas ao eixo da berma na EL. 930 m, que seguem os projetos das canaletas utilizadas nas demais bermas. De acordo com o projeto Executivo do 9º alteamento, as canaletas de concreto têm formato trapezoidal, e direcionam o fluxo para caixas de passagem de 0,6 x 0,6 m e 1,1 m de altura, conectadas a tubulação de concreto circular com 0,40 m de diâmetro, ligada à descida d'água em degraus, com inclinação de 5%, 0,43 m de altura, 0,94 m de comprimento e 0,50 m de largura. Os alteamentos inferiores contam com um sistema de canaletas de concreto nas bermas, que direcionam a drenagem as descidas d'água em degraus citadas anteriormente. Na Figura 4.3 apresenta-se o arranjo geral do sistema de drenagem superficial da barragem.

	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 11/128
			Nº TUV SUD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

As dimensões do sistema de drenagem superficial e estruturas associadas foram verificadas em inspeção de campo, constatando que o sistema está em conformidade com os projetos desenvolvidos.

Uma avaliação do sistema de drenagem superficial deverá ser realizada, em razão do acréscimo de vazão advindo dos novos DHPs recém instalados e do futuro projeto de descomissionamento da barragem.

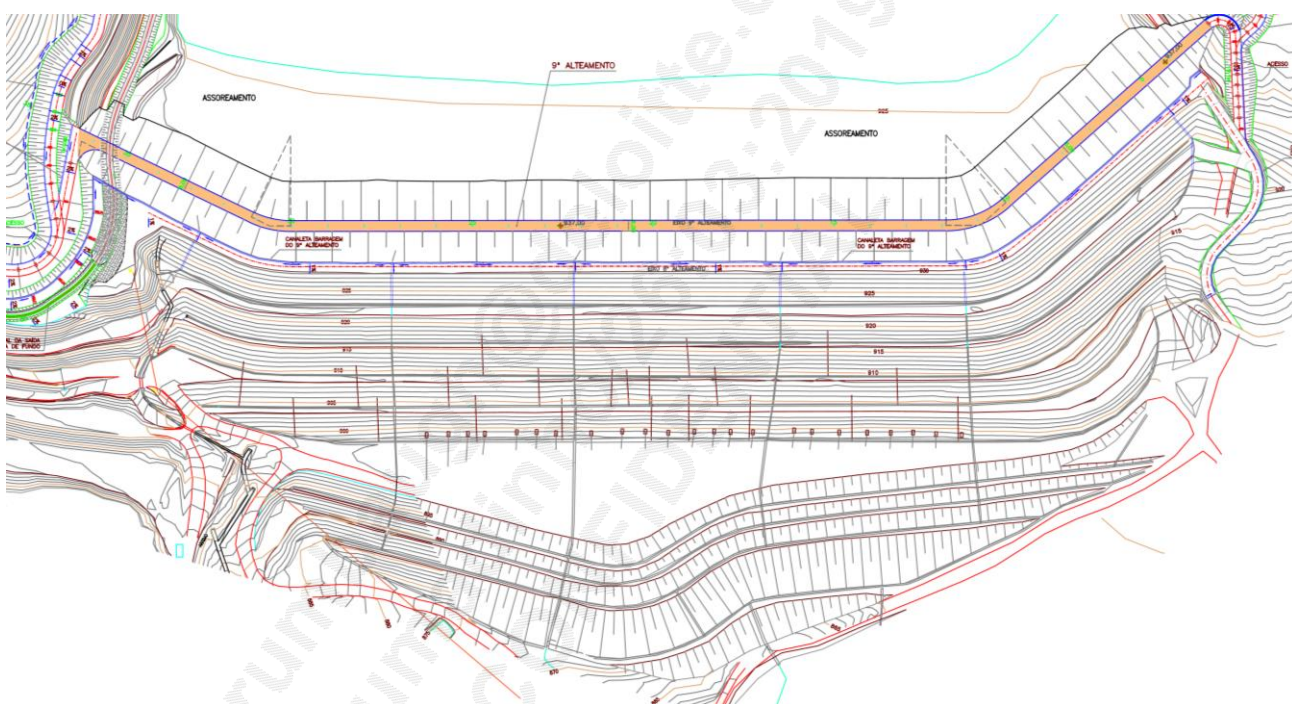


Figura 4.3 – Arranjo geral do sistema de drenagem superficial da Barragem I.

Fonte: Projeto Executivo dos 9º e 10º alteamentos.

4.6 SISTEMA EXTRAVASOR

O sistema extravasor da Barragem I, conforme Projeto Executivo desenvolvido pela Geoconsultoria em dezembro de 2006, teve seu padrão alterado do até então utilizado para os alteamentos anteriores, passando a operar com vertedor tipo torre e com galeria de fundo, em vez de se utilizar canais. O novo sistema foi concebido de forma a se controlar, garantir a cota do nível d'água no reservatório e a largura da praia, considerando uma precipitação máxima provável (PMP).

O sistema extravasor é composto por uma galeria de fundo, que passa sob a barragem na ombreira direita, conectando um conjunto de torres na encosta direita do reservatório, distantes da crista da barragem, que operam com soleira variável, com “stop-logs”, e um canal à jusante para adução da água extravasada até a Barragem VI. Sendo assim, sumariamente, o sistema extravasor da Barragem é constituído por:

	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA Córrego Feijão BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 12/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

- 3 torres de seção retangular de 1,2 m de largura, 1,0 m de profundidade e 5 m de altura. Estas torres são abertas em um dos lados, no qual são instalados os “stop-logs”.
- Galeria de fundo, com seção retangular, com 1,0 m de lado e 1,2 m de altura, com extensão de cerca de 310 m.
- Canal a céu aberto, de seção retangular, com 1,0 m de largura e 1,5 m de altura, com um trecho inicial contínuo e outro, final, em degraus, descarregando a vazão extravasada no reservatório da Barragem VI.

O trecho final do canal a céu aberto é remanescente do sistema extravasor do 8º alteamento, porém com uma modificação na ligação entre trechos (anteriormente havia uma caixa de passagem e, atualmente, há uma conexão direta). O trecho final descrito no projeto executivo do 8º alteamento é formado por um canal em rampa com aproximadamente 66 metros de extensão e desnível de 32,36 metros, com 6 trechos de mesma base e alturas diferentes, sendo 2 trechos em galeria fechada (para permitir o tráfego de veículos sobre a estrutura), e 4 trechos em canal à céu aberto.

Foram construídas três torres na encosta direita da barragem, distante da crista, estando a primeira imediatamente acima da galeria de fundo, e as demais acima da galeria de encosta. Apenas a segunda torre se encontra em operação, dado que a primeira está fechada e que o nível d'água não atinge a terceira. As torres possuem 1,20 m de largura, 1,00 m de profundidade e altura de 2,80 m para primeira torre e 5,50 m para as demais. De acordo com o “Manual de Operação da Barragem” elaborado pela Geoconsultoria em 2016, o sistema extravasor foi dimensionado de maneira que apenas 1 torre esteja em funcionamento em condições normais de operação, com instalação de stop-logs com 0,25 m de altura dependendo do nível d'água do reservatório. A soleira vertente é erguida até uma elevação 1,00 m inferior a altura máxima da torre de queda, quando deve ser executada a laje de fundo da mesma, completando seu fechamento com concreto, evitando assim que o sistema seja comprometido pelo avanço do rejeito no reservatório e uma possível passagem de rejeitos para jusante. No local da concretagem da laje de fundo, há uma diminuição na seção transversal da torre, que passa a ter 1,00 m de largura e 0,80 m de profundidade.

A galeria de encosta possui um trecho em degraus com 0,50 m de altura, 0,94 m de comprimento e 1,00 m de largura, que vence um desnível de 5,00 m. A extensão da galeria é de aproximadamente 310 m, com entrada na EL. 928,63 m e saída na EL. 925,50 m. Na saída da galeria de fundo, há um canal retangular a céu aberto, com 1,00 m de largura e 1,50 m de altura, mantendo a declividade de 1% ao longo de, aproximadamente, 64,30 m. Este trecho em canal se encontra com um outro existente da estrutura do extravasor construído durante o 8º alteamento. O trecho é constituído por seção retangular de 1,50 m de largura e altura variável (mínima de 1,00 m), com 65,75 m de extensão e desnível de 32,36 m. O rápido é dividido em 6 trechos distintos. As declividades de fundo são variáveis (0,660 m/m, 0,120 m/m, 1,000 m/m, 0,060 m/m e 1,000 m/m) e os trechos são divididos em quatro de canal aberto e dois em galeria fechada. Ao fim deste, há uma bacia de dissipação retangular, de 15,00 m de extensão, 1,50 m de largura e 2,40 m de altura, com fundo plano na EL. 890,764 m.

	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018		Nº VALE -	PÁGINA 13/128
		Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

5 RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS DA BARRAGEM

Os principais dados da Barragem I são apresentados da Tabela 5.1 à Tabela 5.5.

Tabela 5.1 – Resumo de características gerais da Barragem I. Fonte: RPSB 2018.

Características Gerais			
Coordenadas UTM:	Norte: 7.775.080 Este: 591.955		
Classificação:	Classe B (ANM - Portaria n º 70.389/2017)		
Finalidade:	Contenção de Rejeitos e Recirculação de água		
Início de Operação:	1976	Final da vida útil:	
Tipo de Seção:	Dique inicial: solo compactado; Alteamentos: solo compactado ou rejeito		
Tipo de Fundação:	Os diques de alteamentos assentam-se na praia de rejeitos em sua porção central e nas ombreiras são apoiados em solo residual ou saprolítico		
Curso de Água Barrado:	Afluente da margem esquerda do Ribeirão Ferro-Carvão		
Projetista:	Maciço Inicial: CHRISTOPH ERB 2º Alteamento: TECNOSAN 3º Alteamento: RIAD CHAMMAS 4º a 8º Alteamentos: TECNOSOLO 9º e 10º Alteamentos: GEOCONSULTORIA		
Método de Alteamento:	Montante		
Número de Alteamentos Previstos:	10	Alteamentos Realizados:	10
Volume de Projeto do Reservatório (m³):	8.797.136		
Volume Atual do Reservatório (m³):	7.529.033		
Elevação de Projeto (m):	942,0		
Elevação Atual da Crista (m):	942,0		
Comprimento da Crista (m):	720,0		
Altura Máxima de Projeto (m):	86,0		
Altura Máxima Atual (m):	86,0		
Drenagem Interna:	Dique inicial e alteamentos até El. 889 m sem drenagem interna; Acima da El. 889 m presença de filtro vertical e/ou tapete drenante na base dos alteamentos		
Drenagem Superficial	Canaletas e Descidas d'água		
Sistema Extravisor	Sistema de 03 torres (01 já foi tamponada), interligadas a uma galeria de fundo conectada a um canal a céu aberto, descarregando na Barragem VI (dimensionado para PMP).		

	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 14/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

Tabela 5.2 – Informações sobre a instrumentação da Barragem I.

Tipo de Instrumento	Frequência de Leitura	Quantidade
Indicador de nível d'água	Mensal	37
Piezômetro	Mensal	90
Régua limnimétrica	Mensal	1
Medidor de vazão	Mensal	56
Marco topográfico	Mensal	7
Inclinômetro	Mensal	2
Radar interferométrico	Extraordinária	1

Tabela 5.3 – Informações sobre a análise de estabilidade da Barragem I.

Referência do Documento	RC-SP-117/17-R3			
Tipo de Documento	RPSB			
Empresa Responsável	TÜV SÜD Bureau de Projetos			
Data	05/07/2018			
Menor F.S.:	Condição drenada	1,60	Condição não drenada	1,09

Tabela 5.4 – Informações sobre hidrologia-hidráulica da Barragem I.

Referência do Documento	RC-SP-117/17-R3
Tipo de Documento	RPSB
Empresa Responsável	TÜV SÜD Bureau de Projetos
Data	05/07/2018
Área da Bacia (km²)	0,844
Precipitação de Projeto (mm)	326 mm
Cheia de Projeto	CMP
Vazão Máxima Afluente (m³/s)	8,2
Vazão de Projeto (m³/s)	-
NA Máximo Operacional (m)	936,00
NA Máximo Maximorum (m)	937,35
Borda Live (NA máx Normal) (m)	6,00
Borda Live (NA máx Max) (m)	4,65
Vertedouro	Sistema de 03 torres (01 já foi tamponada), interligadas a uma galeria de fundo conectada a um canal a céu aberto, descarregando na Barragem VI (dimensionado para PMP).

	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 15/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

Tabela 5.5 – Informações sobre as Inspeções Periódicas da Barragem I.

Periodicidade máxima de inspeção de segurança regular de rotina	Quinzenal
Data da última inspeção regular de rotina	18/07/2018
Periodicidade máxima de inspeção de segurança regular	Semestral
Data da última inspeção regular	29/03/2018
Data da última inspeção especial	-
Periodicidade máxima da revisão periódica de segurança	3 anos
Data da última revisão de segurança	05/07/2018

6 CLASSIFICAÇÃO CONFORME DN COPAM Nº 87, DE 17 DE JUNHO DE 2005

A classificação da Barragem I é estabelecida de acordo com a Deliberação Normativa (DN) COPAM 87/2005 e com a Resolução No. 143, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). Os detalhes da classificação estão mostrados na Tabela 6.1

Tabela 6.1 – Classificação da Barragem I conforme DN COPAM Nº 87.

Característica	Parâmetro	Valor
Altura do Maciço	86 m	2
Volume do Reservatório	7,5 x 10 ⁶ m ³	2
Ocupação Humana a Jusante	Existente	3
Interesse Ambiental a Jusante	Elevado	3
Instalações a Jusante	Alta Concentração	2
Somatório		12
Classe		III

	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAPEBA - MINA Córrego Feijão BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 16/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

7 INSPEÇÃO DE CAMPO

A inspeção foi realizada pelos engenheiros da TÜV SÜD Bureau de Projetos, Marlisio O. Cecílio Jr, Sidnei Ono e Gabriel Ferrara Bilesky, com acompanhamento dos engenheiros da Vale S.A., César Grandchamp, Cristina Malheiros, Helbert Pena e Camila Queiroz.

A Inspeção ocorreu durante o período da manhã e da tarde de um dia ensolarado, sem notificação recente de chuva no local. As vistorias tiveram início no trecho de montante do reservatório, seguindo-se para o sistema extravasor, percorrendo-se sucessivamente a crista e as bermas de jusante do maciço da barragem, até que fosse alcançado seu pé.

O relatório fotográfico da inspeção é apresentado no Apêndice B, enquanto que o *checklist* da inspeção se encontra no Apêndice C, preenchido a partir das observações de campo. A seguir, são descritos os componentes da barragem e seus respectivos estados de conservação ou existência de anomalias encontradas durante a visita técnica.

7.1 OPERAÇÃO DA BARRAGEM

Verificou-se que a barragem não mais recebe aporte de rejeitos, posto que a mina de Córrego Feijão opera atualmente a seco. Desta forma, atualmente a operação da barragem visa a manutenção da segurança desta, controlando e direcionando os aportes de água para o sistema extravasor.

7.2 ACESSOS

O acesso à barragem é realizado por seu pé, a partir do qual é possível acessar a berma principal (de recuo) e a crista pela ombreira direita (Foto 1). Existe também um acesso secundário na ombreira esquerda, conectando o pé à crista (Foto 2). O acesso ao fundo do reservatório se dá a partir da crista, junto à ombreira direita (Foto 3). Os acessos apresentavam bom estado de conservação, sem a necessidade de pavimento e de sistema de drenagem superficial.

7.3 RESERVATÓRIO

O reservatório da Barragem I encontra-se visualmente seco, sem praticamente nenhuma lâmina d'água (Foto 4), preenchido com rejeito até aproximadamente a metade da altura do último alteamento. No dia da inspeção, o reservatório estava sendo roçado (Foto 5), atendendo recomendação da auditoria do início de 2018 (Fase VI A).

Quando da existência de lâmina d'água no reservatório, um sistema de bombeamento é acionado para manter o nível d'água na menor elevação possível (Foto 6), direcionando o fluxo para o extravasor operacional. A tubulação desagua o fluxo no topo da torre de queda do 10º Alteamento, o que representa uma perda de carga devida à altura a ser vencida (Foto 7). A tubulação poderia ser direcionada para a soleira da torre de queda do 9º Alteamento, aumentando a capacidade do sistema de bombeamento. Ademais, o sistema

	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 17/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

conta com uma bomba pronta para operar e uma reserva não instalada, armazenada distante do seu ponto de atuação no reservatório.

Foi possível verificar a implantação das obras de desvio do aporte d'água a montante do reservatório. A nascente d'água foi represada (Foto 8 e Foto 9) e seu fluxo direcionado por gravidade para um reservatório metálico parcialmente enterrado (Foto 10 e Foto 11). Esta água captada é direcionada para o extravasor operacional também por gravidade, através de tubulação (Foto 12) que desagua na soleira da torre de queda do 9º Alteamento.

Planeja-se a execução de um *sump* na região de montante do reservatório (a jusante da nascente d'água represada), a partir do qual um canal escavado no rejeito conduzirá o fluxo d'água superficial para o sistema extravasor (soleira da torre de queda do 9º Alteamento). O *sump* será construído como uma estrutura preventiva e complementar ao desvio da nascente já executado, de forma que em ocorrência de chuvas com maiores volumes a água não seja direcionada para o reservatório da barragem. O *sump* e o canal serão, portanto, estruturas complementares ao atual sistema de captação da nascente d'água, devendo o sistema de bombeamento d'água do reservatório permanecer operando.

7.4 CRISTA

A crista da barragem encontra-se em boas condições, sem depressões, abaulamentos ou trincas (Foto 13). O revestimento da crista é em solo laterítico, não sendo observados focos erosivos. Instaladas na crista, encontram-se as tubulações de disposição de rejeito (rejeitodutos), atualmente inoperantes (Foto 14).

7.5 TALUDES DE MONTANTE E JUSANTE

O trecho emerso do talude de montante encontra-se em boas condições, sem focos erosivos, áreas úmidas, deformações ou trincas (Foto 15).

No talude de jusante, a cobertura vegetal estava adequada em sua maior parte. Entretanto, entre a crista e a berma da El. 937,00 m, foram notadas falhas e irregularidades do substrato (Foto 16 e Foto 17).

Próximo à ombreira direita, entre o 6º e 7º alteamentos, foi identificado início de processo erosivo ao longo da superfície do talude, com profundidade centimétrica (Foto 18). Nota-se que houve um direcionamento preferencial do escoamento superficial ao longo de um caminho sem vegetação, o que propiciou o início do processo erosivo (Foto 19).

Na região central da barragem, logo abaixo da berma de recuo, a antiga estrutura de contenção executada em 2014 para estabilizar uma ruptura local do talude permanece adequadamente atuante (Foto 20).

Ademais, foram identificados formigueiros e cupinzeiros em alguns pontos, predominantemente já tratados (Foto 21 e Foto 22), tendo sido constatada a recente remoção de alguns (Foto 23). Em especial, acredita-se que o sulco observado próximo à ombreira

	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 18/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

esquerda na El. 905,00 m (Foto 24) se deva precisamente à remoção pretérita de um cupinzeiro.

A jusante do pé da barragem, encontra-se um talvegue que provavelmente se refere ao antigo curso d'água natural (Foto 25 e Foto 26). Nesta região se encontram blocos de canga, sendo o terreno alagadiço quanto mais a jusante, em direção ao medidor de vazão instalado. Junto à estrada de acesso à ombreira esquerda, foi notada a presença de um grande bloco rochoso com uma de suas faces verticais exposta, não sendo possível concluir sobre sua estabilidade visualmente em campo (Foto 27).

7.6 DRENAGEM INTERNA

Acima da berma de recuo (El. 899 m), a saída da drenagem interna do maciço é realizada por tubos PVC que desaguam nas canaletas de drenagem superficial. Constatou-se que a maioria destes tubos se encontra parcialmente exposta, faceando a superfície dos taludes, com danos provavelmente por pisoteamento de animais de grande porte (Foto 28, Foto 30 e Foto 29).

Na saída da drenagem interna próxima à ombreira esquerda, na berma da El. 871,00 m, o tubo de PVC desagua em uma escada hidráulica curta. Foi notada a presença de colóide, manchando de laranja toda a escada (Foto 31).

Também na ombreira esquerda, existem tubulações de drenagem interna que desaguam na canaleta perimetral. Foram notadas que estes tubos estão entupidos com vegetação (Foto 32).

Verificou-se em campo a recente instalação de novos DHPs na barragem, principalmente na berma de recuo principal na El. 899 m (Foto 33), mas também um na El. 890 m próximo à ombreira esquerda (Foto 34), um na El. 916 m próximo à ombreira direita (Foto 35), e um no pé da barragem próximo à ombreira direita (Foto 36).

A metodologia executiva dos drenos foi sendo alterada a cada novo DHP, com o intuito de aprimorar seu desempenho. Apenas o dreno da El. 890 m e alguns daqueles da berma de recuo apresentaram saída d'água, estando os demais secos.

Segundo a equipe de operação, durante a execução do último DHP (no pé da barragem próximo à ombreira direita), notou-se surgência d'água coletada por uma descida hidráulica localizada próxima ao local de execução do DHP. Após ser interrompida a perfuração, a surgência cessou. Acredita-se que tenha ocorrido percolação por caminho preferencial (fraturamento hidráulico do maciço), devido à injeção d'água sob pressão elevada realizada para viabilizar a perfuração. Desde então, a execução dos DHPs restantes está paralisada.

Notou-se que nem todos os drenos apresentavam sifão para evitar a entrada de ar e assim, evitar sua colmatção. Em outros (Foto 34), por mais que o sifão estivesse presente, estava posicionado invertido, não desempenhando a função de projeto.

Observou-se a presença de colóide na saída de alguns destes novos DHPs (Foto 37).

	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAPEBA - MINA Córrego Feijão BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 19/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

7.7 DRENAGEM SUPERFICIAL

Observou-se em campo que o sistema de drenagem superficial apresenta trechos em que a água permanece empoçada, indicando nivelamento inadequado das canaletas (Foto 38, Foto 39 e Foto 40). Conforme já recomendado pela auditoria anterior do início de 2018 (Fase VI A), as declividades deverão ser ajustadas, especialmente na região abaixo da berm de recuo principal da El. 899 m.

Tomando partido deste ajuste, o projeto de drenagem superficial como um todo poderia ser revisado, tomando-se em conta a nova contribuição advinda dos novos DHPs executados.

O sistema de drenagem superficial apresentava pontos de assoreamento. Alguns casos são referentes aos pontos de acúmulo d'água por falta de declividade das canaletas (Foto 40 e Foto 41), ou à erosão superficial no contato canaleta/maciço (Foto 42), mas a grande maioria dos casos é associada ao depósito do material escavado durante a execução dos novos DHPs (Foto 43 e Foto 44).

Não foi possível inspecionar danos nas estruturas de drenagem que se encontravam assoreadas (Foto 45).

A instalação dos DHPs levou, também, a danos estruturais no sistema de drenagem superficial (Foto 46). Alguns outros danos estruturais foram notados, os quais permanecem desde a auditoria anterior: trincas no encontro de canaletas com descida hidráulica (Foto 47); trincas nas canaletas na região da ombreira esquerda (Foto 48); trinca com surgência d'água e presença de colóide em um dos canais de drenagem na berm de recuo principal (Foto 49); canaletas quebradas por pisoteamento de animais de grande porte (Foto 50).

Ademais, verificou-se o início dos serviços de reparo de uma das escadas hidráulicas da drenagem superficial (Foto 51), na qual ocorreu o já mencionado fraturamento hidráulico durante a execução do último DHP (região destacada na Foto 52). O serviço deve prosseguir com a total substituição da escada.

Na ombreira esquerda, existe uma galeria que desagua em um poço revestido em concreto (Foto 53), com presença de vegetação. Ainda na ombreira esquerda, entre o 4º e o 5º alteamento, notou-se a falta de uma canaleta perimetral, de forma que a drenagem superficial ocorre pelo terreno natural ocasionando uma leve erosão superficial (Foto 54). Mais a jusante, observou-se a existência da referida canaleta, todavia bastante danificada.

7.8 SISTEMA EXTRAVASOR

O sistema extravasor foi inspecionado em todo seu comprimento, partindo do seu emboque do tipo flauta com três torres de queda, referentes aos três últimos alteamentos do maciço, chegando até seu desemboque no reservatório da Barragem VI.

Não foi possível inspecionar a torre de queda do 8º alteamento, por estar soterrada pelo rejeito. As torres de queda do 9º alteamento (Foto 55) e do 10º alteamento (Foto 56) encontram-se em bom estado de conservação.

	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 20/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

Conforme já mencionado, o fluxo desviado da nascente é direcionado para a soleira da torre de queda do 9º alteamento, enquanto que a tubulação do sistema de bombeamento do reservatório desagua no topo da torre do 10º alteamento.

Na ombreira direita, os antigos canais extravasores que estão atualmente desativados se encontram obstruídos por vegetação (Foto 57).

Destaca-se a necessidade de intervenção na saída do sistema extravasor (Foto 58). Isto porque esta não somente se encontra assoreada, mas necessita de manutenção em sua laje de fundo (Foto 59). Nesta última, foi identificado o início de um processo erosivo no contato com o terreno natural, estando a porção mais a jusante em balanço.

Por fim, ressalta-se a necessidade de poda da bacia de dissipação (Foto 60), uma vez que, devido à vegetação alta, não foi possível avaliar o tipo de revestimento existente.

7.9 INSTRUMENTAÇÃO

A instrumentação da barragem encontrava-se em bom estado de conservação, estando devidamente identificada, com tampa e sem sinais de artesianismo (Foto 61). Nota-se que parte dos instrumentos está em processo de automatização, tendo sido executadas caixa de concreto para acomodação dos sensores (Foto 62). Em alguns destes pontos, material escavado foi deixado assoreando canaletas de drenagem superficial (Foto 63).

7.10 GESTÃO DA SEGURANÇA

A gestão de segurança das estruturas da VALE é parte integrante do sistema de gerenciamento da empresa e compreende o atendimento à política de segurança estabelecida pelos órgãos estaduais e federais. Para tal, a empresa mantém atualizada documentação, planos, procedimentos e sistemas necessários, garantindo que riscos à segurança, à saúde e ao meio ambiente sejam eliminados e/ou minimizados durante todo o ciclo de vida das estruturas geotécnicas.

Sendo assim a VALE conta com equipe técnica qualificada, critérios de contratação/elaboração de projetos, controle/acompanhamento da construção, programa de monitoramento/inspeções, programa de auditorias/avaliação de segurança e plano de atendimento a emergências. Ademais, a empresa possui um sistema próprio de gerenciamento de risco geotécnicos, o qual atua diretamente na gestão da segurança das estruturas geotécnicas.

Para auxiliar nessa tarefa, um banco de dados unificado (GEOTEC IV) é empregado para controlar o monitoramento geotécnico. Juntamente com a progressiva automação da instrumentação, este sistema fornece informações para o acompanhamento, planejamento e gerenciamento das diversas estruturas geotécnicas. Por ora, a leitura dos instrumentos ainda é realizada mensalmente pela equipe técnica da barragem, a qual também realiza inspeções quinzenais de segurança e elabora relatórios mensais de avaliação geotécnica.

	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 21/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

8 AVALIAÇÃO DE SEGURANÇA

8.1 AVALIAÇÃO DAS FICHAS DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR DE ROTINA

As inspeções de segurança são realizadas quinzenalmente e como resultado são geradas as fichas de inspeção. Nestas fichas são registradas as observações feitas na visita de campo e, eventualmente, a constatação de alguma anomalia.

A partir da avaliação das fichas de inspeção de segurança regular da Barragem I, referentes ao período de janeiro/2017 a julho/2018, foi constatado que ocorreram registros de anomalias na barragem e foram elaborados planos de ação visando seus tratamentos.

As anomalias identificadas no decorrer deste período foram diversas, referentes a: assoreamento de canaletas de drenagens superficiais; canaletas com concreto danificado e/ou com juntas sem tratamento; erosão no pé da barragem causada por drenagem deficiente (anomalia n.º 22780); existência de erosões superficiais no talude da barragem e no talude natural de acesso ao emboque do sistema extravasor; início de erosão na ombreira direita (anomalia n.º 22882); obstrução do tubo de descida d'água (anomalia n.º 22527); presença de animais no talude de jusante da barragem (anomalia n.º 22781), que possivelmente danificou a saída de um dos DHPs (anomalia n.º 23602); presença de vegetação alta no talude de jusante, presença de vegetação arbustiva no talude de montante do 10º. alteamento; torre de queda parcialmente obstruída por vegetação (anomalia n.º 22883); empoçamento de água em alguns trechos do sistema de drenagem superficial por inclinação inadequada das mesmas (anomalia n.º 23599); umidade na face do talude, próximo à saída do DHP (anomalia n.º 23602); presença de sedimentos na saída de um dos DHPs da ombreira esquerda (anomalia n.º 25294); pontos de umidade identificados na face do primeiro talude da ombreira direita (anomalia n.º 25486).

Não foram verificadas anomalias com pontuação 6 ou 10 registradas pela VALE nas Fichas de Inspeção, tendo como base a tabela de Estado de Conservação da estrutura. De modo geral não foram identificadas anomalias relevantes durante o período analisado, conforme resumido na Tabela 8.1.

	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 22/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

Tabela 8.1 – Consolidação das inspeções regulares de rotina.

Inspeção	Confiabilidade das estruturas extravasoras	Percolação	Deformações e Recalques	Deterioração dos taludes / Parâmetros	EC (máximo)
jan./17	0	0	0	2	2
fev./17	0	0	0	2	2
mar./17	0	0	0	2	2
abr./17	0	0	0	2	2
mai./17	0	0	0	2	2
jun./17	0	0	0	2	2
jul./17	0	0	0	2	2
ago./17	0	0	0	2	2
set./17	0	0	0	0	0
out./17	0	0	0	2	2
nov./17	0	0	0	2	2
dez./17	0	0	0	2	2
jan./18	3	0	0	0	3
fev./18	3	0	0	2	3
mar./18	3	3	0	0	3
abr./18	3	3	0	0	3
mai./18	3	3	0	0	3
jun./18	0	3	0	2	3
jul./18	0	3	0	2	3

	Boa prática
	Não conformidade leve
	Não conformidade moderada
	Não conformidade alta

8.2 AVALIAÇÃO DO MONITORAMENTO

O monitoramento geotécnico da Barragem I é realizado por 90 piezômetros, 37 indicadores de nível d'água, 7 marcos superficiais, 56 pontos de medição de vazão, 2 inclinômetros, 1 pluviômetro (instalado nas dependências da mina, próximo ao laboratório) e 1 radar interferométrico.

	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAPEBA - MINA CÔRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 23/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

Da Tabela 8.2 à Tabela 8.8, apresenta-se o cadastro de todos os instrumentos ativos na barragem, conforme dados do GEOTEC e apresentado na revisão periódica (à exceção da Tabela 8.6, que apresenta o cadastro de medidores de vazão mantido pela equipe de operação).

Tabela 8.2 – Dados gerais da régua de reservatório.

Nomenclatura Campo	Código do instrumento	Coordenadas (m) UTM SAD-69		Elevações (m)	
		Norte	Leste	Base	Topo
Régua de Reservatório	CFJB1RR001	7.775.464	592.116	930	937

Tabela 8.3 – Dados gerais dos inclinômetros.

Instrumento	Coordenadas (m) UTM SAD-69		Profundidade (m)	Cotas (m)	
	Norte	Leste		Topo	Base
INC-01	7.775.061,82	591.902,55	45	904	859
INC-02	7.775.134,58	591.860,89	35	904	869

Tabela 8.4 – Dados gerais dos marcos topográficos.

Código Geotec III	Coordenadas (m) UTM SAD-69		Elevação (m)	Período de leituras
	Norte	Leste		
MT-01 BI	7.775.289,864	591.895,802	936,936	2017
MT-02 BI	7.775.219,062	591.924,699	936,674	2017
MT-03 BI	7.775.168,28	591.953,833	936,839	2017
MT-04 BI	7.775.119,277	591.982,926	937,802	2017
MT-05 BI	7.775.048,877	592.022,371	937,788	2017
MT-06 BI	7.774.935,019	592.088,572	937,709	2017
MT-07 BI	7.774.908,312	592.143,73	936,825	2017

**Tabela 8.5 – Dados gerais dos medidores de vazão
conforme cadastro do GEOTEC.**

Nomenclatura Campo	Código do instrumento	Coordenada Norte	Coordenada Leste	Cota do Terreno	
D1	CFJB1 MI001	7.775.136,238	591.776,516	888,25	SAD69
D10	CFJB1 MI002	7.775.071,190	591.875,585	897,275	SAD69
D11	CFJB1 MI003	7.774.977,764	591.927,038	897,629	LOCAL
D12	CFJB1 MI004	7.774.977,764	591.927,038	897,629	SAD69
D13	CFJB1 MI005	7.775.140,541	591.793,636	894,801	SAD69
D14	CFJB1 MI006	7.774.997,552	591.852,395	894,959	SAD69
D15	CFJB1 MI007	7.774.917,726	591.929,739	894,801	SAD69
D16	CFJB1 MI008	7.775.207,255	591.801,754	898,983	SAD69
D17	CFJB1 MI009	7.775.164,982	591.821,819	897,377	SAD69
D18	CFJB1 MI010	7.775.118,140	591.848,513	898,078	LOCAL
D19	CFJB1 MI011	7.775.077,208	591.872,133	897,568	SAD69
D2	CFJB1 MI012	7.775.038,371	591.802,089	887,619	SAD69
D20	CFJB1 MI013	7.775.053,757	591.884,620	897,723	SAD69
D21	CFJB1 MI014	7.775.033,979	591.895,499	897,886	SAD69
D22	CFJB1 MI015	7.775.015,71	591.905,39	897,971	SAD69
D23	CFJB1 MI016	7.774.997,11	591.915,86	898,04	SAD69

	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -
			PÁGINA 24/128
			Nº TUV SUD BUREAU RC-SP-102/18
			REV. 0

Nomenclatura Campo	Código do instrumento	Coordenada Norte	Coordenada Leste	Cota do Terreno	
D24	CFJB1 MI017	7.774.986,64	591.921,72	898,013	SAD69
D25	CFJB1 MI018	7.774.936,58	591.948,80	897,986	SAD69
D26	CFJB1 MI019	7.774.884,92	591.977,06	897,72	SAD69
D27	CFJB1 MI020	7.775.242,57	591.801,49	904,307	SAD69
D28	CFJB1 MI021	7.775.184,260	591.832,874	904,132	SAD69
D29	CFJB1 MI022	7.775.140,724	591.857,518	904,223	SAD69
D3	CFJB1 MI023	7.774.953,108	591.951,598	887,983	SAD69
D30	CFJB1 MI024	7.775.097,150	591.882,185	904,296	SAD69
D31	CFJB1 MI025	7.775.053,918	591.906,125	904,293	SAD69
D32	CFJB1 MI026	7.775.010,986	591.930,105	904,544	SAD69
D33	CFJB1 MI027	7.775.132,716	591.882,219	909,077	SAD69
D34	CFJB1 MI028	7.775.032,489	591.936,774	909,148	SAD69
D35	CFJB1 MI029	7.774.965,235	591.973,373	909,556	SAD69
D36	CFJB1 MI030	7.774.852,353	592.071,037	910,110	SAD69
D37	CFJB1 MI031	7.774.849,355	592.070,978	910,172	SAD69
D4	CFJB1 MI032	7.774.856,570	591.949,703	887,936	SAD69
D5	CFJB1 MI033	7.774.975,606	591.825,581	882,039	SAD69
D6	CFJB1 MI034	7.774.883,227	591.889,392	872,872	SAD69
D7	CFJB1 MI035	7.774.876,48	591.897,67	874,095	SAD69
D8	CFJB1 MI036	7.775.071,47	591.762,10	875,148	SAD69
D9	CFJB1 MI037	7.775.157,77	591.827,20	896,9	SAD69
PS1	CFJB1 MI038	7.775.136,24	591.776,52	890,259	SAD69
PS1A	CFJB1 MI039	7.775.170,85	591.783,96	893,693	SAD69
PS2	CFJB1 MI040	7.775.088,83	591.795,25	889,884	SAD69
PS2A	CFJB1 MI041	7.775.121,343	591.796,816	893,381	SAD69
PS3A	CFJB1 MI042	7.775.074,653	591.809,169	893,373	SAD69
PS4	CFJB1 MI043	7.774.994,579	591.834,321	890,884	SAD69
PS4A	CFJB1 MI044	7.775.025,441	591.822,120	893,403	SAD69
PS5	CFJB1 MI045	7.774.957,705	591.885,965	889,897	SAD69
PS5A	CFJB1 MI046	7.774.989,460	591.861,864	893,435	SAD69
PS6	CFJB1 MI047	7.774.906,432	591.921,880	889,562	SAD69
PS6A	CFJB1 MI048	7.774.958,771	591.896,883	893,352	SAD69
PS7	CFJB1 MI049	7.774.860,077	591.954,861	889,794	SAD69
PS7A	CFJB1 MI050	7.774.917,519	591.926,046	893,142	SAD69
PS8	CFJB1 MI051	7.774.813,346	591.988,165	890,346	SAD69
PS8A	CFJB1 MI052	7.774.875,786	591.955,249	893,107	SAD69
PS9A	CFJB1 MI053	7.774.836,259	591.983,126	893,458	SAD69
Vazão residual	CFJBGMO003	7.775.382	591.684	898	SAD69

Tabela 8.6 – Dados gerais dos medidores de vazão conforme cadastro fornecido pela equipe de operação da barragem.

Drenos	Coordenadas (Sistema local)		
	X (m)	Y (m)	Z (m)
PS 1	278.063,35	2.774.866,42	890,259
PS 2	278.083,49	2.774.794,74	889,884
PS 4	278.124,42	2.774.701,23	890,080
PS 5	278.176,80	2.774.665,36	889,897
PS 6	278.213,73	2.774.614,78	889,562
PS 7	278.247,63	2.774.369,06	889,794
PS 8	278.281,86	2.774.522,97	890,346

	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 25/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

Drenos	Coordenadas (Sistema local)		
	X (m)	Y (m)	Z (m)
PS 1 A	278.070,59	2.774.876,56	893,693
PS 2 A	278.084,42	2.774.827,29	893,381
PS 3 A	278.097,69	2.774.780,83	893,373
PS 4 A	278.111,61	2.774.731,86	893,403
PS 5 A	278.152,07	2.774.696,65	893,435
PS 6 A	278.187,70	2.774.666,64	893,352
PS 7 A	278.217,68	2.774.625,95	893,142
PS 8 A	278.247,71	2.774.584,78	893,107
PS 9 A	278.276,37	2.774.545,79	893,458
D 1	278.063,82	2.774.841,79	888,250
D 2	278.091,32	2.774.744,40	887,619
D 3	278.171,96	2.774.662,05	887,983
D 4	278.242,54	2.774.565,45	887,936
D 5	278.116,05	2.774.682,08	882,039
D 6	278.181,69	2.774.590,93	872,872
D 7	278.190,10	2.774.584,34	874,095
D 8	278.050,67	2.774.776,72	875,148
D 8 B			
D9	278.114,09	2.774.864,32	896,900
D10	278.164,19	2.774.778,67	897,275
D11	278.217,49	2.774.686,23	897,629
D12	278.220,50	2.774.681,10	897,800
D13	278.142,44	2.774.704,55	894,959
D14	278.080,86	2.774.846,43	894,714
D15	278.221,37	2.774.626,23	894,801
D16	278.087,67	2.774.913,32	898,983
D17	278.108,57	2.774.871,43	897,377
D18	278.136,19	2.774.825,10	898,078
D19	278.160,47	2.774.784,52	897,568
D20	278.173,57	2.774.761,41	897,723
D21	278.184,84	2.774.741,84	897,886
D22	278.195,09	2.774.723,76	897,971
D23	278.205,93	2.774.705,36	898,040
D24	278.212,09	2.774.694,98	898,013
D25	278.240,10	2.774.645,46	897,986
D26	278.269,35	2.774.594,34	897,720
D27			
D28			
D29			
D30			
D31			
D32			
D33			
D34			
D35			
D36			
D37			
D38*			
Vazão Residual	591.684,00	7.775.382	898,000
DHP 1			
DHP 2			

	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 26/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

Drenos	Coordenadas (Sistema local)		
	X (m)	Y (m)	Z (m)
DHP 3			
DHP 4			
DHP 7			
DHP 11			
DHP 12			
DHP 13			
DHP 14			
DHP 15			

Tabela 8.7 – Dados gerais dos indicadores de nível d'água.

Código Geotec III	ID de campo	Coordenadas (m) UTM-SAD69		Elevações (m)		Prof. (m)	Níveis de referência (m)		
		N	E	Topo	Fundo		Atenção	Alerta	Emerg.
CFJB1NA014	INA 01	7.775.192,34	591.867,46	916,52	896,00	20,52	913,73	---	---
CFJB1NA015	INA 02	7.775.152,23	591.889,60	916,65	896,25	20,40	915,46	915,59	915,59
CFJB1NA016	INA 03	7.775.127,79	591.865,23	905,38	885,65	19,73	902,87	903,93	903,93
CFJB1NA017	INA 05	7.775.083,01	591.928,14	916,83	896,49	20,34	915,53	915,70	915,70
CFJB1NA018	INA 06	7.775.057,77	591.883,37	898,65	878,62	20,03	896,32	897,99	897,99
CFJB1NA019	INA 07	7.775.026,10	591.979,85	922,32	902,39	19,93	919,16	920,70	921,65
CFJB1NA020	INA 08	7.774.993,16	591.919,49	899,20	878,77	20,43	893,30	896,92	898,22
CFJB1NA021	INA 09	7.774.909,28	592.045,45	923,64	904,54	19,10	919,22	922,34	---
CFJB1NA022	INA 10	7.774.881,42	592.003,19	906,32	885,63	20,69	903,77	904,38	---
CFJB1NA023	INA 11	7.775.286,48	591.850,42	922,09	906,59	15,50	920,69	---	---
CFJB1NA024	INA 12	7.775.285,02	591.830,08	916,81	906,24	10,57	914,97	---	---
CFJB1NA025	INA 13	7.774.885,41	592.142,91	931,40	911,80	19,60	927,81	---	---
CFJB1NA026	INA 14	7.774.868,37	592.136,58	924,27	913,51	10,76	920,45	---	---
CFJB1NA027	INA 17	7.774.933,12	592.083,27	937	914,55	22,45	---	---	---
CFJB1NA028	INA 21	7.775.005,34	591.930,82	905,62	884,94	20,68	898,34	903,11	903,85
CFJB1NA029	INA 22	7.775.100,60	591.789,78	890,87	884,11	6,76	885,00	886,17	888,95
CFJB1NA030	INA 23	7.774.868,01	591.957,89	894,41	887,70	6,71	SECO	889,31	891,60
CFJB1NA031	INA 24	7.775.289,10	591.894,96	938,15	929,20	8,95	934,96	---	---
CFJB1NA032	INA 25	7.775.225,05	591.921,80	938,21	929,27	8,94	934,67	---	---
CFJB1NA033	INA 26	7.775.183,23	591.944,95	938,33	929,42	8,91	935,43	935,80	935,80
CFJB1NA034	INA 27	7.775.113,71	591.983,53	938,40	929,45	8,95	935,30	935,74	935,74
CFJB1NA035	INA 28	7.775.048,81	592.019,31	938,29	929,37	8,92	931,68	934,58	935,77
CFJB1NA036	INA 29	7.774.934,70	592.085,12	938,23	929,55	8,68	934,04	936,04	---
CFJB1NA037	INA 30	7.774.906,52	592.150,12	938,27	929,78	8,49	933,80	---	---
CFJB1NA038	INA 31	7.775.290,71	591.914,30	943,52	937,78	5,74	940,19	---	---
CFJB1NA039	INA 32	7.775.235,41	591.940,15	943,42	937,66	5,76	939,78	---	---
CFJB1NA040	INA 33	7.775.193,15	591.963,72	943,53	937,66	5,87	940,07	940,64	---
CFJB1NA041	INA 34	7.775.123,87	592.002,00	943,51	937,63	5,88	940,42	940,74	940,74
CFJB1NA042	INA 35	7.775.058,64	592.037,94	943,44	937,54	5,90	938,75	940,09	937,25
CFJB1NA043	INA 36	7.774.946,41	592.103,72	943,50	937,66	5,84	938,16	940,72	---
CFJB1NA044	INA 37	7.774.924,80	592.159,33	943,50	937,62	5,88	939,68	---	---
CFJB1NA045	INA 38	7.774.895,01	592.242,80	943,55	937,97	5,58	---	---	---
CFJB1NA046	INA 39	7.775.122,25	591.774,68	898,81	893,29	5,52	---	---	---
CFJB1NA047	INA 40	7.775.071,12	591.801,84	899,00	895,71	3,29	---	---	---
CFJB1NA048	INA 41	7.775.007,24	591.838,57	898,37	895,90	2,47	---	---	---
CFJB1NA049	INA 42	7.774.824,29	591.940,82	937	933,92	3,08	---	---	---
CFJB1NA050	INA 43	7.774.987,14	591.916,65	899,51	893,51	6,00	---	---	---

	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 27/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

Tabela 8.8 – Dados gerais dos piezômetros.

Código Geotec III	ID de campo	Coordenadas (m) UTM SAD-69		Elevações (m)		Prof. (m)	Níveis de referência (m)		
		N	E	Topo	Fundo		Atenção	Alerta	Emerg.
CFJB1PZ002	PZ 17C	7.775.187,58	591.854,50	910,60	900,71	9,89	909,52	---	---
CFJB1PZ003	PZ 18C	7.775.184,33	591.849,01	909,50	899,18	10,32	907,53	---	---
CFJB1PZ005	PZ 19C-1	7.775.178,31	591.833,94	904,47	886,37	18,10	901,48	902,68	902,68
CFJB1PZ006	PZ 2C	7.774.928,16	591.842,99	869,59	855,09	14,50	860,89	863,61	865,66
CFJB1PZ007	PZ 20C	7.775.121,45	591.884,40	909,58	902,88	6,70	907,82	908,30	908,30
CFJB1PZ008	PZ 21C	7.775.074,04	591.916,26	910,92	901,18	9,74	909,63	909,86	909,86
CFJB1PZ009	PZ 22C	7.775.063,80	591.898,30	905,12	894,87	10,25	---	---	---
CFJB1PZ010	PZ 22C-1	7.775.064,49	591.897,94	905,46	893,38	12,08	901,06	902,58	902,58
CFJB1PZ011	PZ 23C	7.775.013,31	591.951,32	911,55	899,21	12,34	909,10	909,24	910,61
CFJB1PZ012	PZ 24C	7.775.003,52	591.931,45	905,28	884,72	20,56	898,22	902,55	903,38
CFJB1PZ013	PZ 25C	7.774.891,41	592.018,61	911,57	901,64	9,93	909,09	920,27	---
CFJB1PZ014	PZ 26C	7.774.879,10	591.999,63	905,79	895,32	10,47	901,15	903,44	---
CFJB1PZ015	PZ 27C	7.775.193,89	591.866,15	916,07	909,25	6,82	915,97	---	---
CFJB1PZ016	PZ 28C	7.775.196,25	591.870,61	917,42	906,35	11,07	913,95	---	---
CFJB1PZ017	PZ 29C	7.775.152,57	591.889,26	916,12	909,47	6,65	914,47	914,66	914,66
CFJB1PZ018	PZ 30C	7.775.154,89	591.893,62	917,57	906,27	11,30	916,18	916,18	916,18
CFJB1PZ020	PZ 32C	7.775.086,06	591.911,95	910,00	899,10	10,90	---	---	---
CFJB1PZ021	PZ 33C	7.775.019,15	591.963,16	916,46	910,00	6,46	SECO	914,29	915,36
CFJB1PZ022	PZ 34C	7.775.021,64	591.967,58	917,94	907,05	10,89	916,15	916,21	916,98
CFJB1PZ023	PZ 35C	7.774.898,95	592.030,37	916,89	910,42	6,47	916,17	917,08	---
CFJB1PZ024	PZ 36C	7.774.901,70	592.034,55	918,03	907,19	10,84	SECO	915,47	---
CFJB1PZ025	PZ 37C	7.775.202,56	591.882,02	921,89	915,86	6,03	921,37	---	---
CFJB1PZ027	PZ039	7.775.160,93	591.905,20	922,42	916,31	6,11	920,20	920,56	920,56
CFJB1PZ028	PZ 40	7.775.162,70	591.908,80	922,42	913,60	8,82	921,38	921,66	921,66
CFJB1PZ029	PZ 41	7.775.091,71	591.943,73	922,66	916,68	5,98	920,33	921,22	921,22
CFJB1PZ030	PZ 24	7.775.093,46	591.947,27	922,66	913,64	9,02	921,42	921,90	921,90
CFJB1PZ031	PZ 43C	7.775.027,07	591.979,53	922,94	916,98	5,96	SECO	919,75	920,83
CFJB1PZ032	PZ 44C	7.775.028,71	591.986,47	923,83	913,78	10,05	920,09	920,97	921,85
CFJB1PZ035	PZ 46C	7.774.911,49	592.049,32	923,34	914,19	9,15	920,60	922,54	---
CFJB1PZ036	PZ 47C	7.775.215,95	591.905,63	929,91	909,10	20,81	928,94	---	---
CFJB1PZ037	PZ 48C	7.775.174,20	591.928,98	929,08	909,03	20,05	929,09	929,27	929,27
CFJB1PZ038	PZ 49C	7.775.104,82	591.967,37	930,24	910,73	19,51	929,13	929,37	929,37
CFJB1PZ039	PZ 50C	7.775.040,03	592.003,45	930,32	911,90	18,42	924,48	928,87	929,51
CFJB1PZ040	PZ 51C	7.774.924,57	592.069,15	930,53	910,52	20,01	928,13	929,82	---
CFJB1PZ041	PZ 53C	7.775.213,69	591.901,80	930,08	923,53	6,55	927,38	---	---
CFJB1PZ042	PZ 53	7.775.102,82	591.963,97	930,30	923,41	6,89	927,19	928,14	928,14
CFJB1PZ044	PZC 19B	7.774.938,75	591.847,95	872,26	858,34	13,92	864,42	866,95	869,06
CFJB1PZ045	PZC 19C	7.774.935,57	591.850,32	872,26	853,69	18,57	864,35	867,20	869,24
CFJB1PZ046	PZC 20B	7.774.957,90	591.809,02	872,88	861,88	11,00	---	---	---
CFJB1PZ047	PZC 20C	7.774.955,73	591.812,30	872,95	856,95	16,00	---	---	---
CFJB1PZ048	PZC 21	7.775.162,42	591.783,78	894,87	878,80	16,07	890,65	---	---
CFJB1PZ049	PZC 22	7.775.103,87	591.812,23	899,64	884,41	15,23	889,60	893,43	896,08
CFJB1PZ050	PZC 23	7.775.107,01	591.811,45	899,71	878,21	21,50	889,47	893,21	895,81
CFJB1PZ051	PZC 24	7.775.097,68	591.790,47	891,03	875,30	15,73	884,35	885,26	888,25
CFJB1PZ052	PZC 25	7.774.854,07	591.939,48	886,32	874,70	11,62	880,56	884,46	---
CFJB1PZ053	PZF 1	7.775.154,57	591.762,49	886,13	877,53	8,60	883,82	---	---
CFJB1PZ056	PZF 13	7.774.932,93	591.848,20	872,06	857,26	14,80	864,00	865,96	868,10
CFJB1PZ057	PZF 19	7.774.852,04	591.941,13	885,74	878,50	7,24	880,34	884,60	---
CFJB1PZ058	PZF 23	7.774.878,85	591.893,59	874,42	863,65	10,77	---	---	---
CFJB1PZ059	PZF 5	7.775.074,96	591.762,35	875,91	869,94	5,97	872,63	875,79	875,79

	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARA OPEBA - MINA Córrego Feijão BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 28/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

Código Geotec III	ID de campo	Coordenadas (m) UTM SAD-69		Elevações (m)		Prof. (m)	Níveis de referência (m)		
		N	E	Topo	Fundo		Atenção	Alerta	Emerg.
CFJB1PZ060	PZM 06	7.775.029,22	591.765,18	872,28	865,76	6,52	868,77	869,58	870,79
CFJB1PZ061	PZM 10	7.775.046,90	591.826,62	898,96	890,18	8,78	SECO	891,37	894,22
CFJB1PZ062	PZM 14	7.774.941,12	591.859,26	877,24	860,51	16,73	865,66	871,37	873,72
CFJB1PZ063	PZM 15	7.774.950,83	591.872,01	885,37	873,13	12,24	874,45	881,35	885,33
CFJB1PZ064	PZM 16	7.774.979,40	591.828,66	885,36	872,79	12,57	---	---	---
CFJB1PZ065	PZM 17	7.774.964,25	591.889,80	893,94	873,00	20,94	876,64	884,41	889,73
CFJB1PZ066	PZM 2	7.775.157,81	591.774,29	890,80	881,42	9,38	887,00	---	---
CFJB1PZ067	PZM 20	7.774.859,08	591.951,31	889,89	882,63	7,26	884,87	889,04	---
CFJB1PZ068	PZM 22	7.774.872,06	591.973,56	898,65	889,85	8,80	893,24	896,84	---
CFJB1PZ070	PZM 07	7.775.038,46	591.793,25	885,94	873,83	12,11	878,66	881,15	882,27
CFJB1PZ071	PZM 09	7.775.043,30	591.814,61	893,73	871,27	22,46	885,88	888,39	890,59
CFJB1PZ072	PZC 26	7.775.290,08	591.894,93	938,15	925,20	12,95	934,75	---	---
CFJB1PZ073	PZC 27	7.775.226,01	591.921,30	938,21	925,21	13,00	934,51	---	---
CFJB1PZ074	PZC 28	7.775.048,81	592.019,31	938,29	925,78	12,51	---	---	---
CFJB1PZ075	PZC 29	7.775.114,55	591.983,09	938,49	925,54	12,95	---	---	---
CFJB1PZ076	PZC 30	7.775.049,76	592.018,75	938,29	925,41	12,88	931,22	934,29	935,60
CFJB1PZ077	PZC 31	7.774.935,94	592.084,51	938,23	925,31	12,92	930,87	935,91	---
CFJB1PZ078	PZC 32	7.774.905,92	592.150,96	938,24	925,34	12,90	933,56	---	---
CFJB1PZ079	PZ 03C	7.774.943,18	591.861,78	879,37	857,89	21,48	866,00	872,60	875,00
CFJB1PZ080	PZ 11C	7.775.082,03	591.752,53	876,31	853,28	23,03	871,31	875,78	875,78
CFJB1PZ081	PZ 12C	7.775.090,89	591.775,42	883,79	861,38	22,41	880,09	881,05	889,93
CFJB1PZ082	PZ 13C	7.775.100,22	591.800,13	894,60	871,66	22,94	---	---	---
CFJB1PZ084	PZ 04C	7.774.958,19	591.880,98	890,58	861,20	29,38	876,00	882,44	886,80
CFJB1PZ085	PZ 5C	7.774.975,53	591.903,53	899,55	862,01	37,54	---	---	---
CFJB1PZ086	PZ 6C	7.774.988,50	591.919,89	899,14	862,38	36,76	877,65	887,54	894,11
CFJB1PZ087	PZC 33	7.775.290,39	591.907,76	941,18	935,43	5,75	938,27	---	---
CFJB1PZ088	PZC 34	7.775.231,95	591.934,30	941,26	935,51	5,75	937,82	---	---
CFJB1PZ089	PZC 35	7.775.189,95	591.957,82	941,18	935,45	5,73	938,49	941,64	---
CFJB1PZ090	PZC 36	7.775.121,51	591.995,80	941,20	935,50	5,70	938,50	941,74	941,74
CFJB1PZ091	PZC 37	7.775.055,87	592.032,01	940,97	935,20	5,77	937,06	937,11	938,70
CFJB1PZ092	PZC 38	7.774.942,57	592.098,05	941,04	935,36	5,68	937,27	939,03	---
CFJB1PZ093	PZC 39	7.774.918,74	592.157,24	941,04	935,34	5,70	936,80	---	---
CFJB1PZ094	PZC 40	7.774.888,93	592.240,27	941,22	935,48	5,74	---	---	---
CFJB1PZ095	PZC 41	7.774.969,62	591.806,67	874	842,59	31,41	---	---	---
CFJB1PZ096	PZC 42	7.774.896,46	591.882,66	873	841,50	31,50	---	---	---
CFJB1PZ097	PZC 43	7.774.874,89	591.786,66	865,43	821,08	44,35	---	---	---
CFJB1PZ098	PZC 44	7.774.854,03	591.811,89	868,42	843,21	25,21	---	---	---
CFJB1PZ099	PZC 45	7.774.895,82	591.755,51	866,93	845,44	21,49	858,10	859,31	860,11
CFJB1PZ100	PZC 46	7.774.868,93	591.758,05	856,63	837,67	18,96	---	---	---
CFJB1PZ101	PZ 47	7.774.876,01	591.741,70	858,34	840,38	17,96	---	---	---

Foram constatados eventuais problemas com o cadastro: em **vermelho** os dados que não foram encontrados, em **verde** as incoerências internas ao próprio cadastro do GEOTEC, as quais tiveram que ser corrigidas por corresponderem a instrumentos cuja cota de topo estão incompatíveis com a posição em planta indicada.

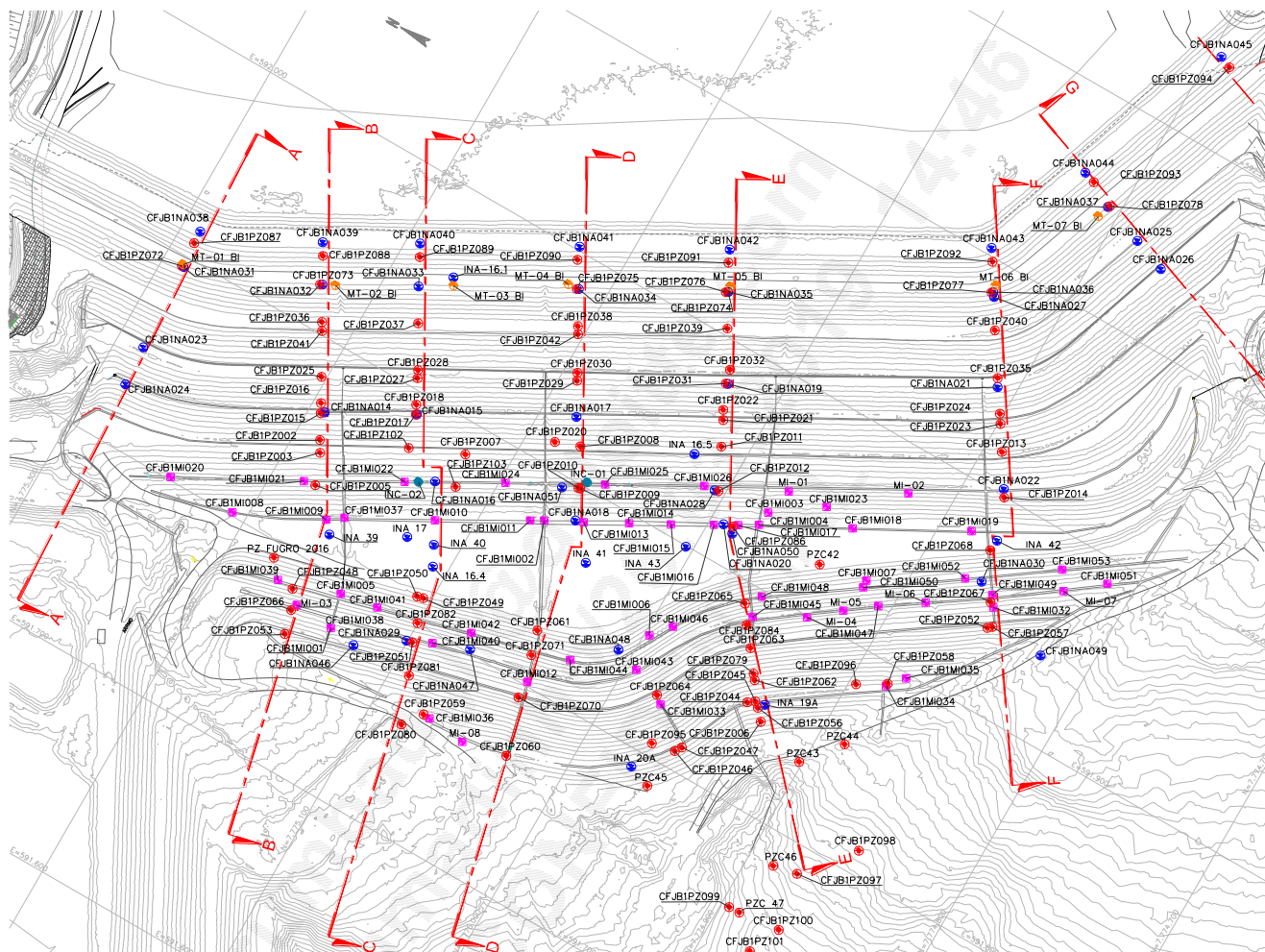
	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 29/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

Mesmo realizando as correções indicadas em verde, os instrumentos CFJB1PZ032, CFJB1PZ095, CFJB1PZ096, CFJB1NA027 e CFJB1NA049 ainda parecem apresentar erros de cadastro, com leituras incoerentes. Entende-se que, para estes instrumentos, a locação em planta no cadastro do GEOTEC esteja equivocada, devendo ser revista.

Por fim, deve-se ressaltar que não foi possível realizar a equivalência entre o cadastro de medidores de vazão apresentado no GEOTEC (Tabela 8.5) e aquele fornecido pela equipe de operação da barragem (Tabela 8.6). Neste caso, como as leituras apresentadas são referenciadas à nomenclatura do cadastro da equipe de operação, este último foi adotado para interpretação dos resultados. Note que, neste cadastro, as coordenadas são apresentadas em um sistema local, mas que aquela do medidor “Vazão Residual” parece ser dada em outro *Datum*.

De maneira a sintetizar os dados cadastrais disponibilizados, a Figura 8.1 apresenta a locação da instrumentação conforme cadastro do GEOTEC. Alternativamente, a Figura 8.2 apresenta o cadastro de medidores de vazão fornecido pela equipe de operação. Entretanto, nesta última, não é apresentada a locação do instrumento “Vazão Residual”.

	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 30/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0



**Figura 8.1 – Planta de locação da instrumentação
conforme cadastro do GEOTEC.**

	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 31/128
			Nº TUV SUD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

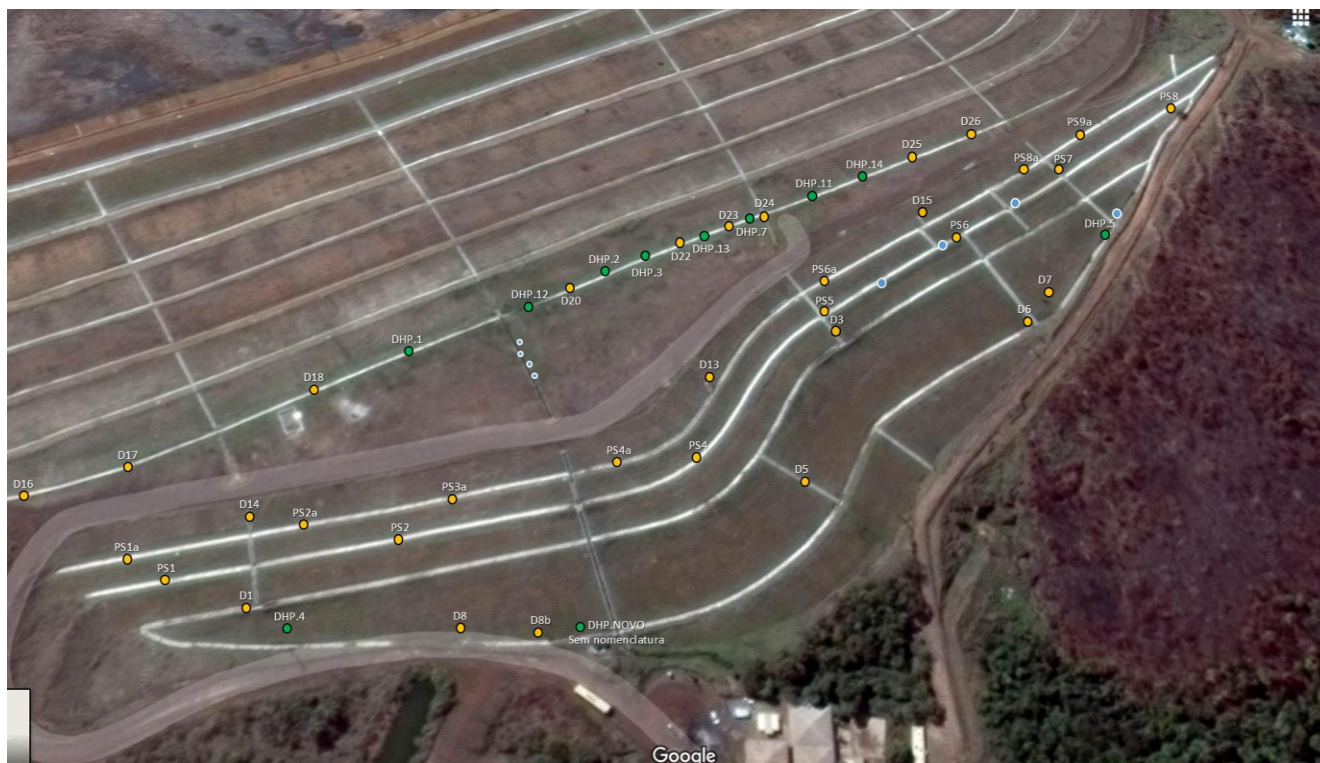


Figura 8.2 – Planta de locação dos medidores de vazão conforme cadastro da equipe de operação.

Os dados de leituras recebidos foram analisados, apesar das inconsistências mencionadas. A Figura 8.3 apresenta as leituras de pluviômetro e de régua de reservatório realizadas nos últimos dois anos. Nota-se que, no período em questão, o reservatório permaneceu com uma lâmina d'água bastante reduzida, em torno da soleira da torre de queda. Em especial, a partir de julho de 2017, o nível freático passou a se encontrar abaixo da base da régua, devido ao sistema de bombeamento instalado.

Na sequência, são apresentadas as leituras dos medidores de vazão nas saídas da drenagem interna (Figura 8.4), nas saídas dos DHPs instalados em 2018 (Figura 8.5) e no instrumento denominado como “Vazão Residual” (Figura 8.6). Por mais que se trate de uma série de dados curta, não parece haver uma tendência clara de variação da vazão, tampouco uma correlação entre estas medidas e os dados de pluviometria.

É possível analisar, também, o comportamento das leituras de piezometria e nível d'água no maciço, no rejeito e na fundação, variando em função do tempo. Os gráficos para cada um dos instrumentos são apresentados no Apêndice A, enquanto que as leituras para cada uma das seções instrumentadas são apresentadas da Figura 8.7 à Figura 8.13. A locação em planta destas seções foi apresentada anteriormente na Figura 8.1.

	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 32/128
			Nº TUV SUD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

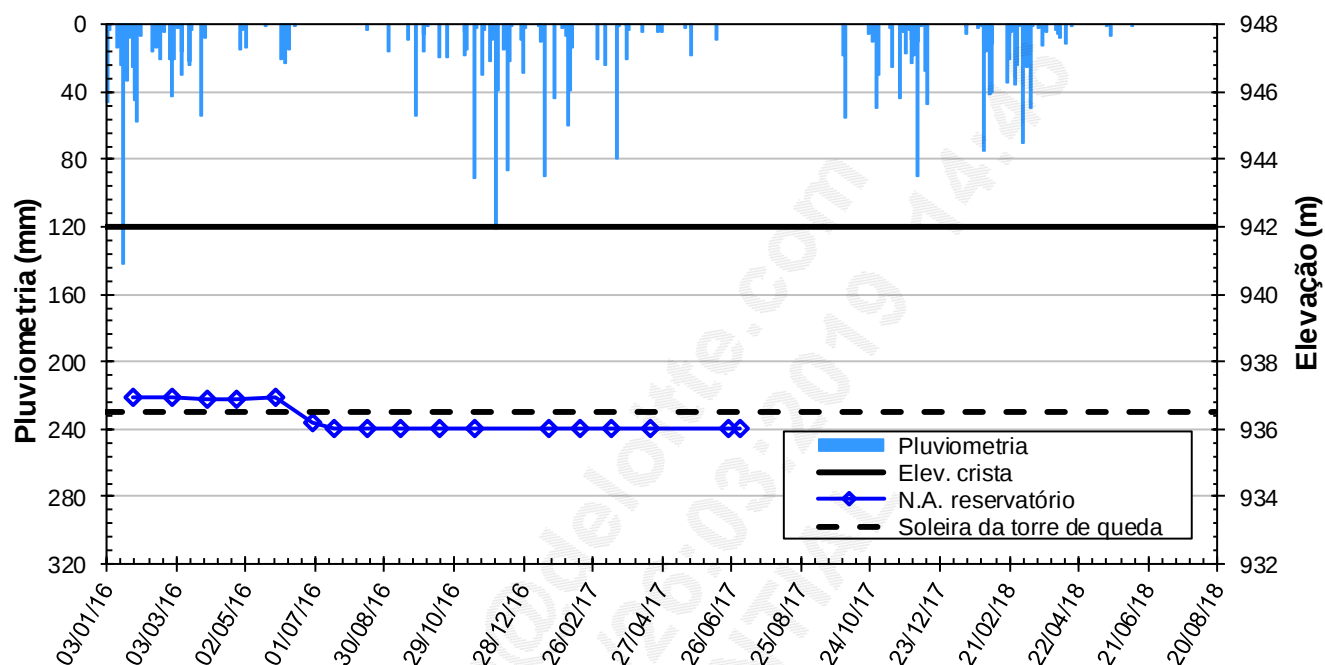


Figura 8.3 – Histórico do monitoramento do nível d'água do reservatório e da pluviosidade local.

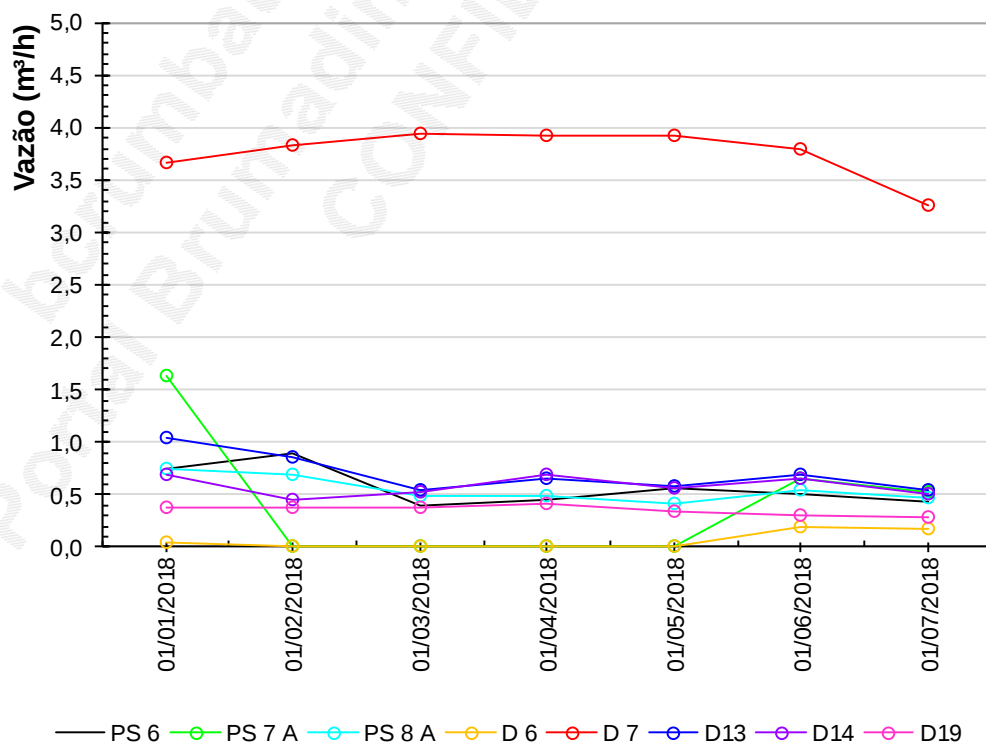


Figura 8.4 – Medidas de vazão nas saídas da drenagem interna.

	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 33/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

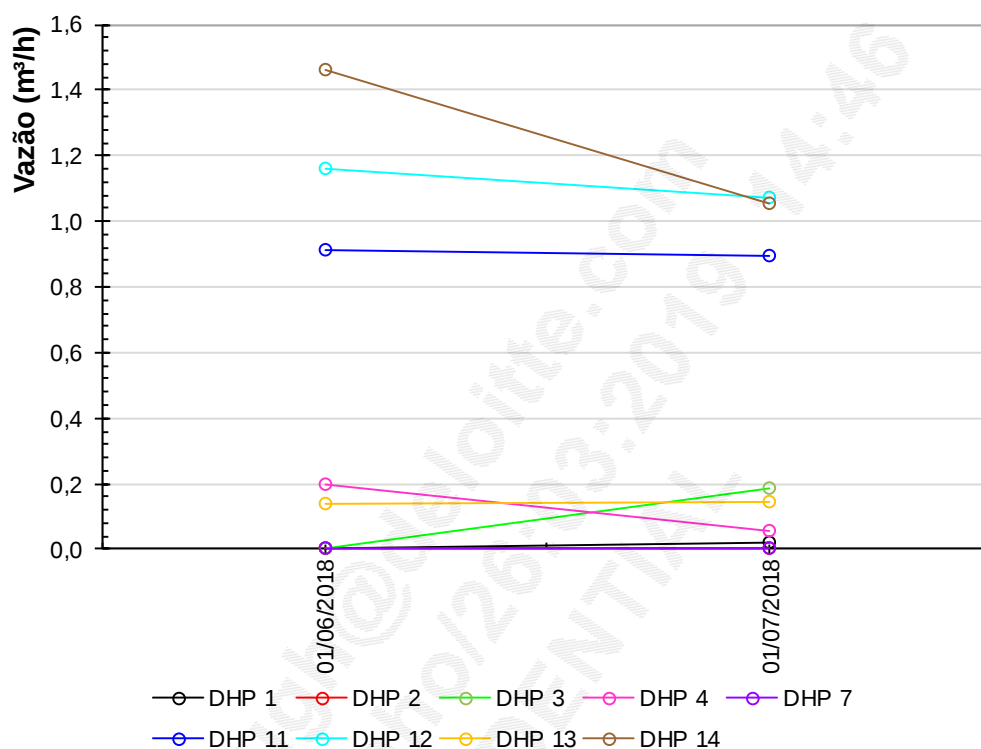


Figura 8.5 – Medidas de vazão nos DHPs instalados em 2018.

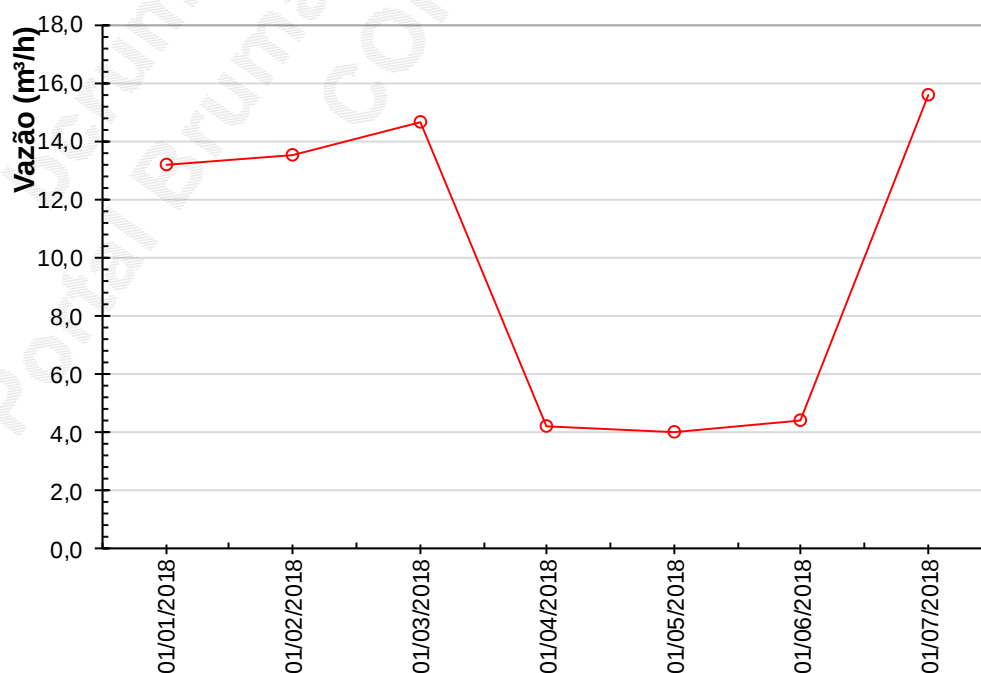


Figura 8.6 – Medidas de vazão no instrumento "Vazão Residual".

	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 34/128
			Nº TUV SUD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

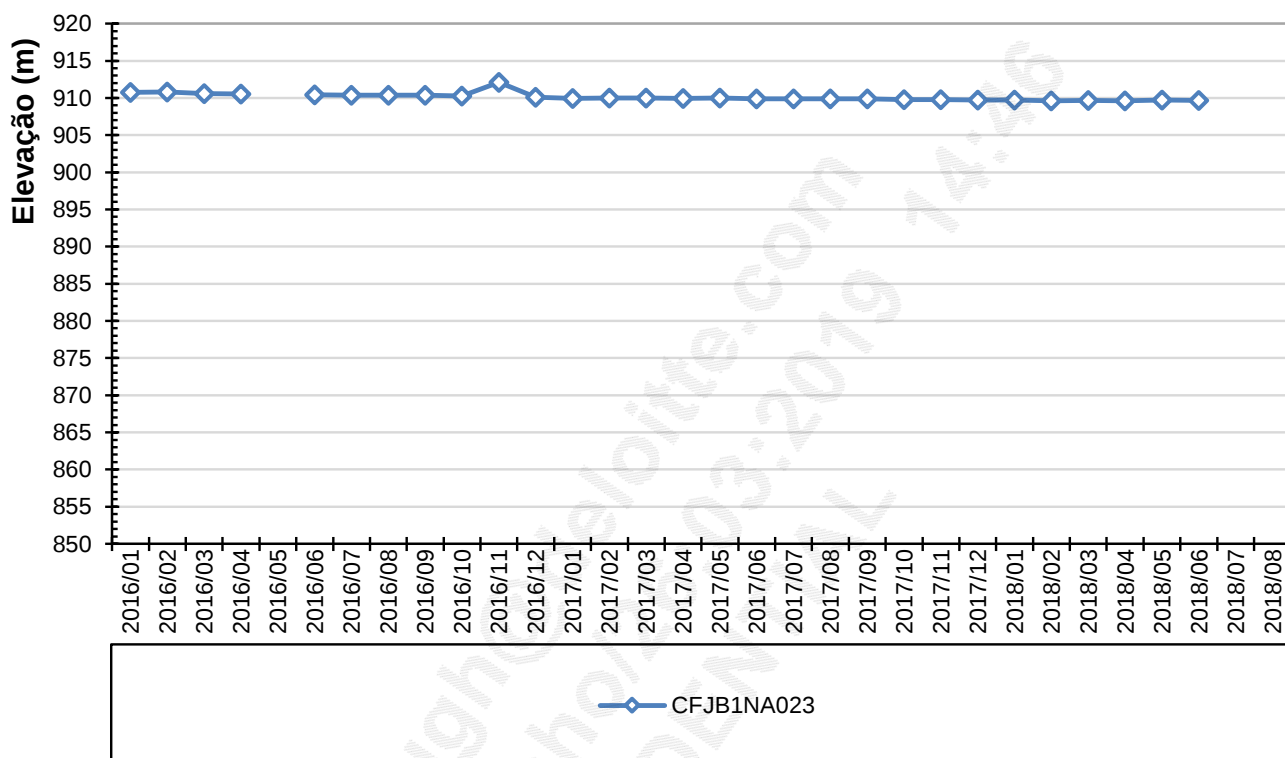


Figura 8.7 – Variação no tempo das leituras de PZs e INAs: Seção A-A.

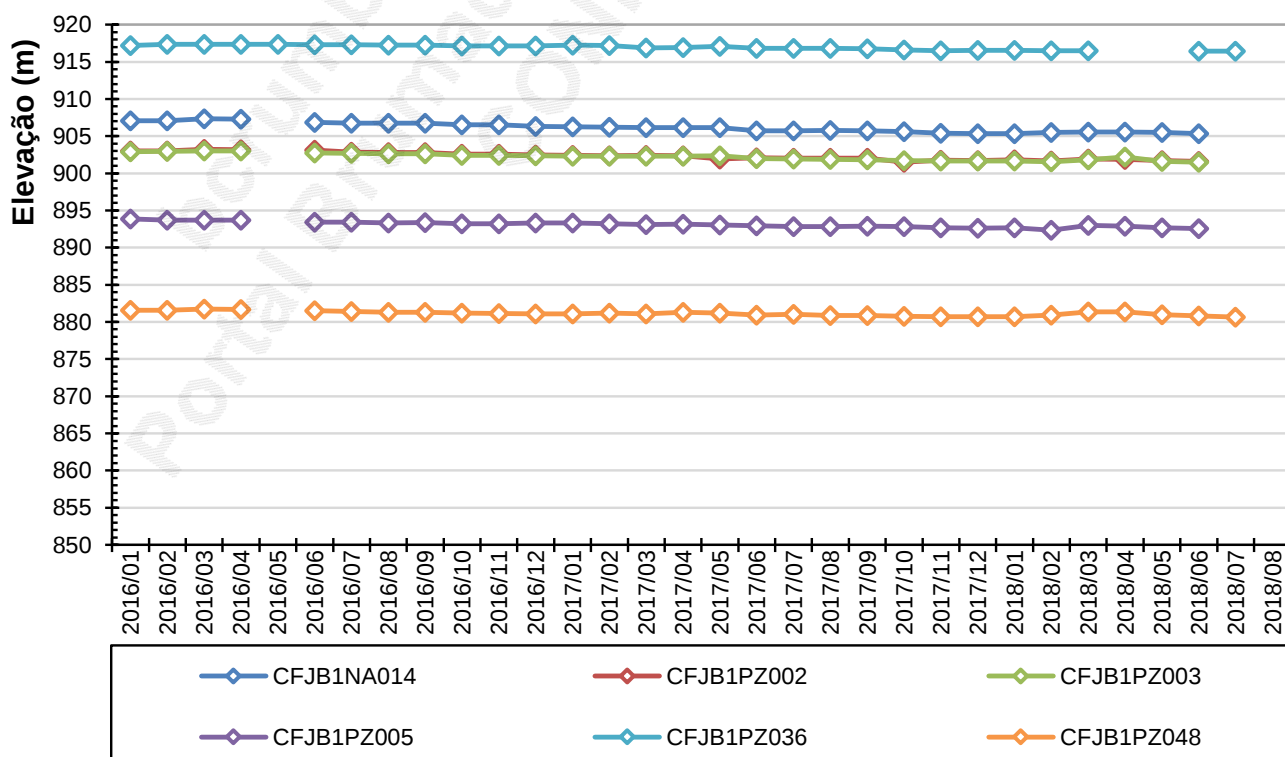


Figura 8.8 – Variação no tempo das leituras de PZs e INAs: Seção B-B.

	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 35/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

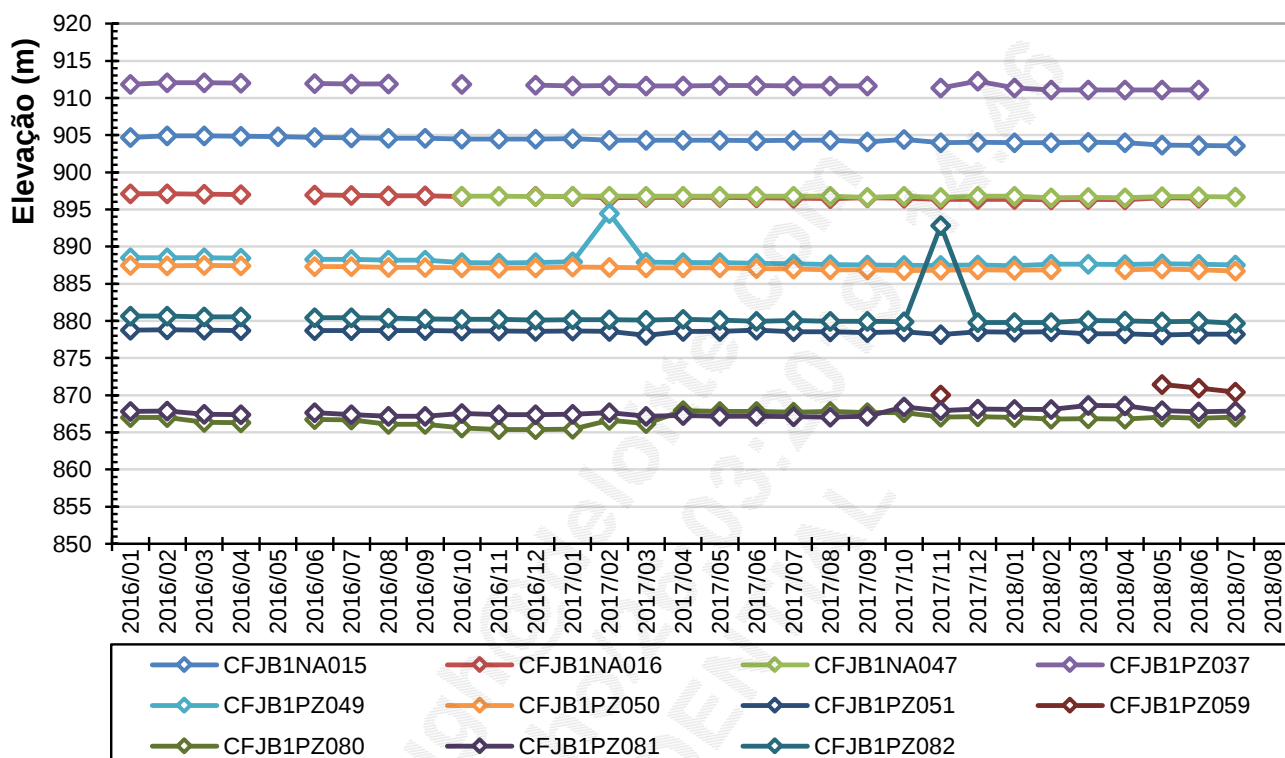


Figura 8.9 – Variação no tempo das leituras de PZs e INAs: Seção C-C.

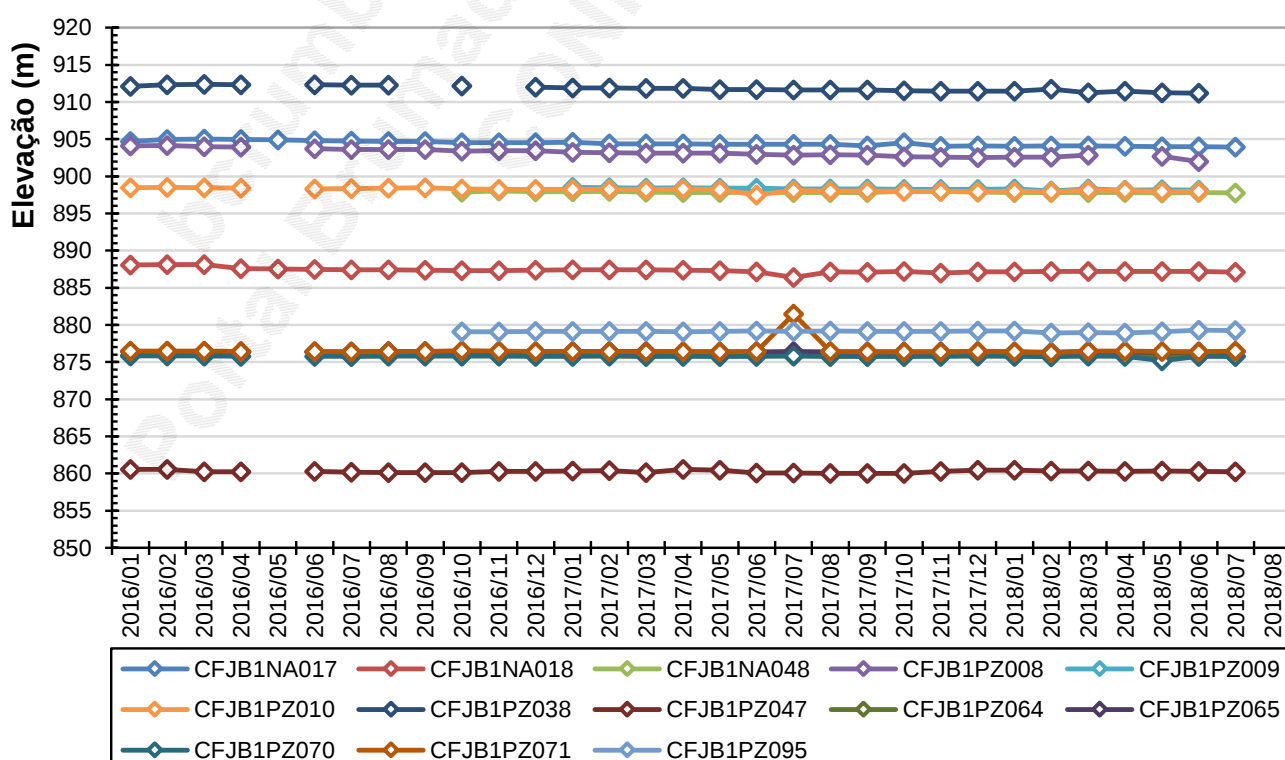


Figura 8.10 – Variação no tempo das leituras de PZs e INAs: Seção D-D.

	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 36/128
			Nº TUV SUD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

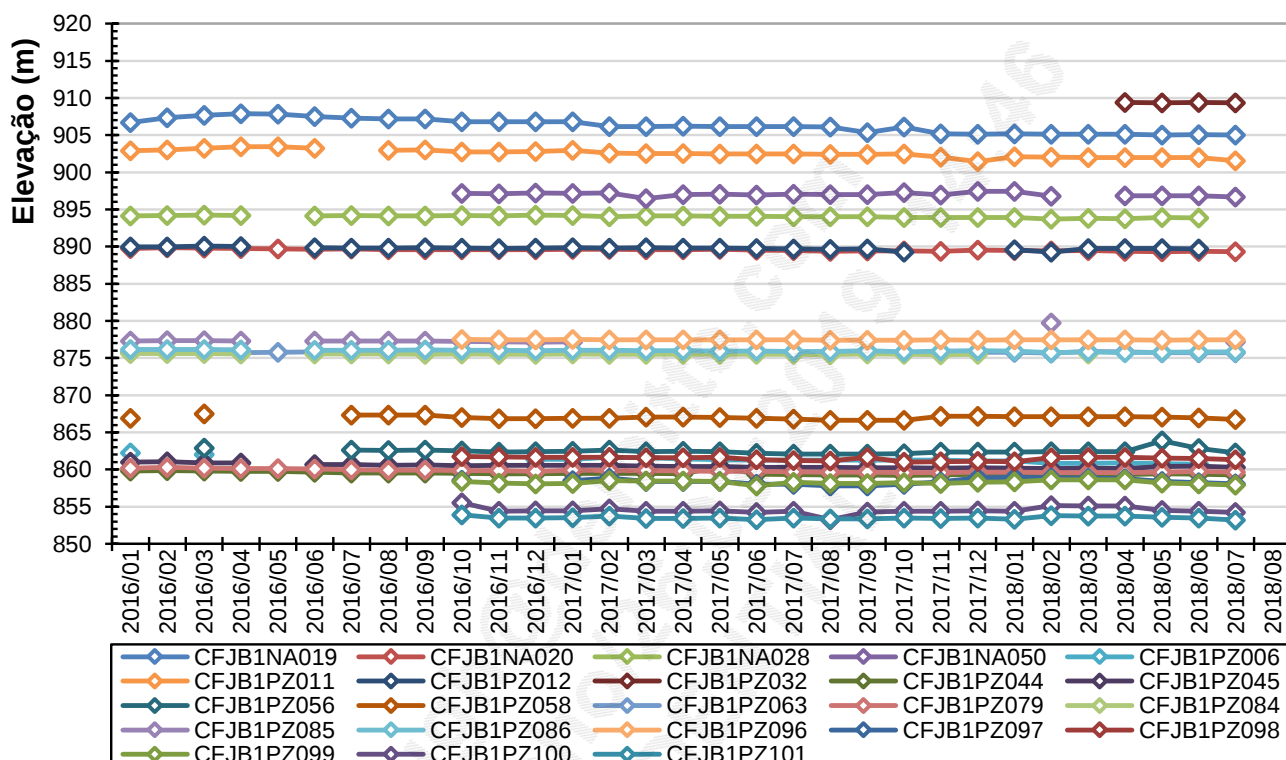


Figura 8.11 – Variação no tempo das leituras de PZs e INAs: Seção E-E.

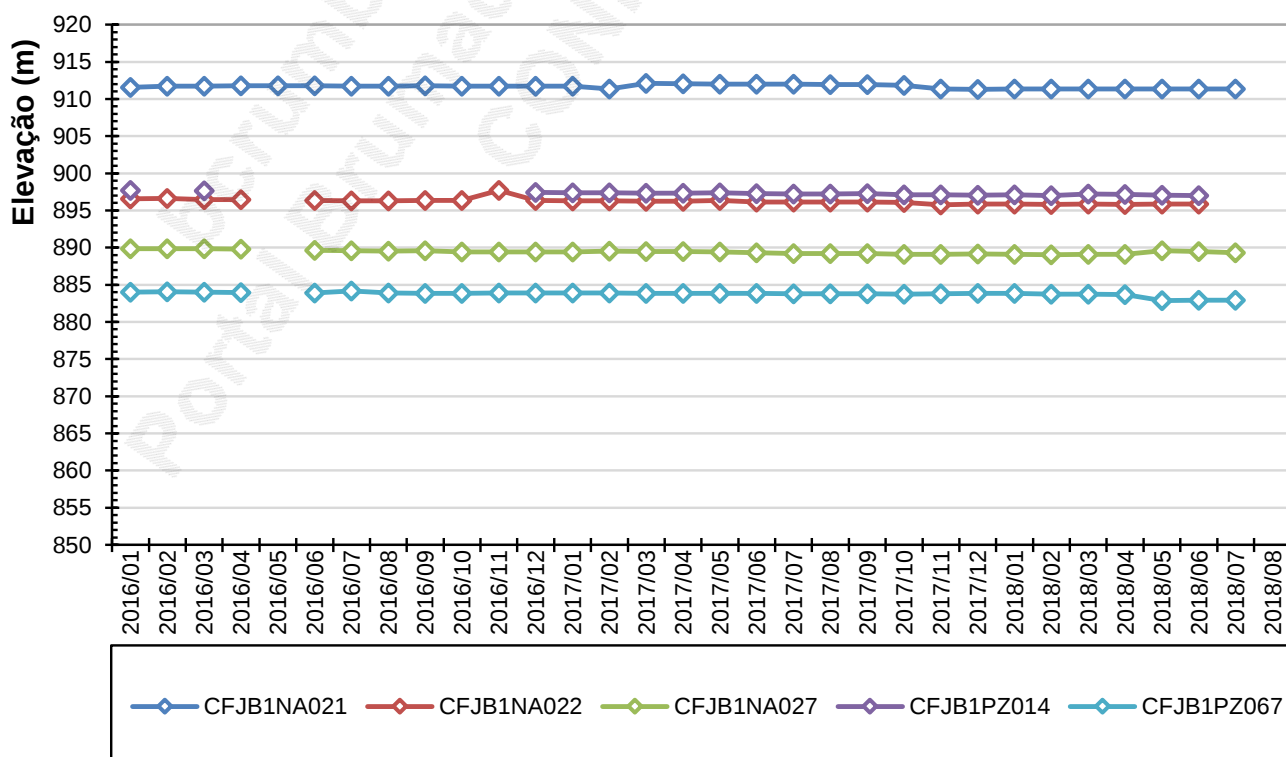


Figura 8.12 – Variação no tempo das leituras de PZs e INAs: Seção F-F.

	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 37/128
			Nº TUV SUD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

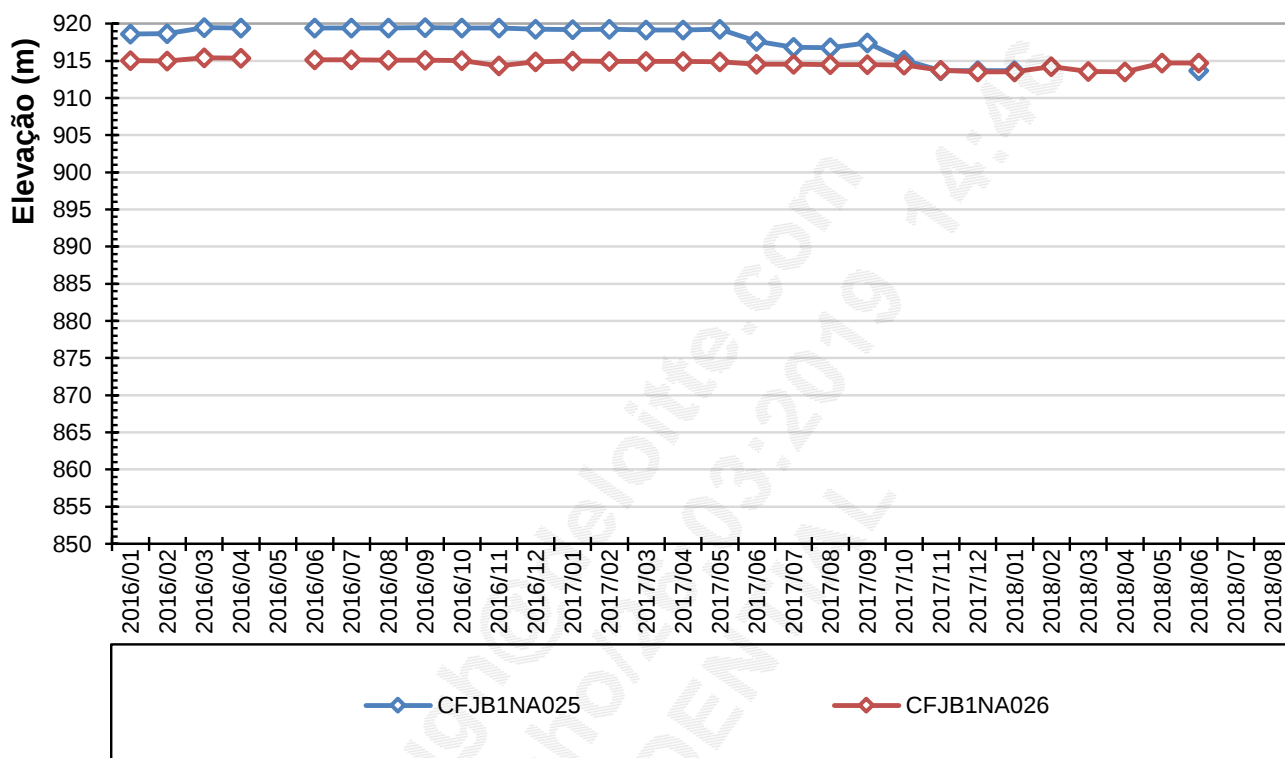


Figura 8.13 – Variação no tempo das leituras de PZs e INAs: Seção G-G.

Não é possível estabelecer o motivo da aparente interrupção das leituras do CFJB1PZ084 e do CFJB1PZ085 entre 2017 e 2018, ou o motivo de só haverem leituras do CFJB1PZ059 no final do período. Entretanto, da consulta com a equipe de operação, estabeleceu-se que o hiato se deve a mudanças do status destes instrumentos. De fato, estes haviam sido considerados inoperantes, mas foram reativados uma vez que testes de vida confirmaram suas boas condições operacionais.

É possível notar a existência de uma tendência geral de deplecionamento da freática, explicada pelas diversas medidas tomadas para controle d'água na barragem, incluindo a paralisação da disposição de rejeito em julho/2016, o bombeamento da água acumulada no reservatório e a instalação dos novos DHPs a partir de março/2018. Nesse sentido, é razoável interpretar a piezometria da barragem à luz não de uma média de leituras, ou do valor máximo, mas sim dos valores mais recentes. Estes, são apresentados nas seções instrumentais A-A à G-G (Figura 8.14 à Figura 8.20).



Bureau de Projetos

CLASSIFICAÇÃO
Restrita

AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B

AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018
COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÔRREGO FEIJÃO

BARRAGEM I

RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA
DE BARRAGEM / 2018

Nº VALE

-

PÁGINA

38/128

Nº TÜV SÜD BUREAU

RC-SP-102/18

REV.

0

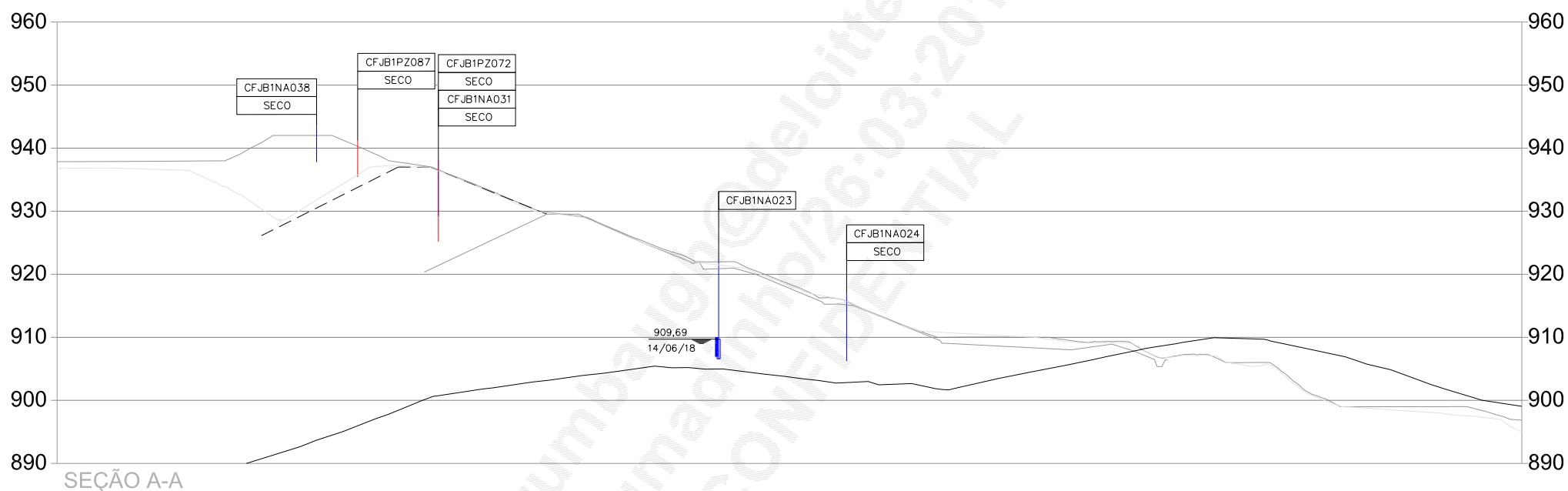


Figura 8.14 – Seção instrumentada A-A com indicação das últimas leituras de PZs e INAs.



Bureau de Projetos

CLASSIFICAÇÃO
Restrita

AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B

AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018

COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÔRREGO FEIJÃO

BARRAGEM I

RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA
DE BARRAGEM / 2018

Nº VALE

-

PÁGINA

39/128

Nº TÜV SÜD BUREAU

RC-SP-102/18

REV.

0

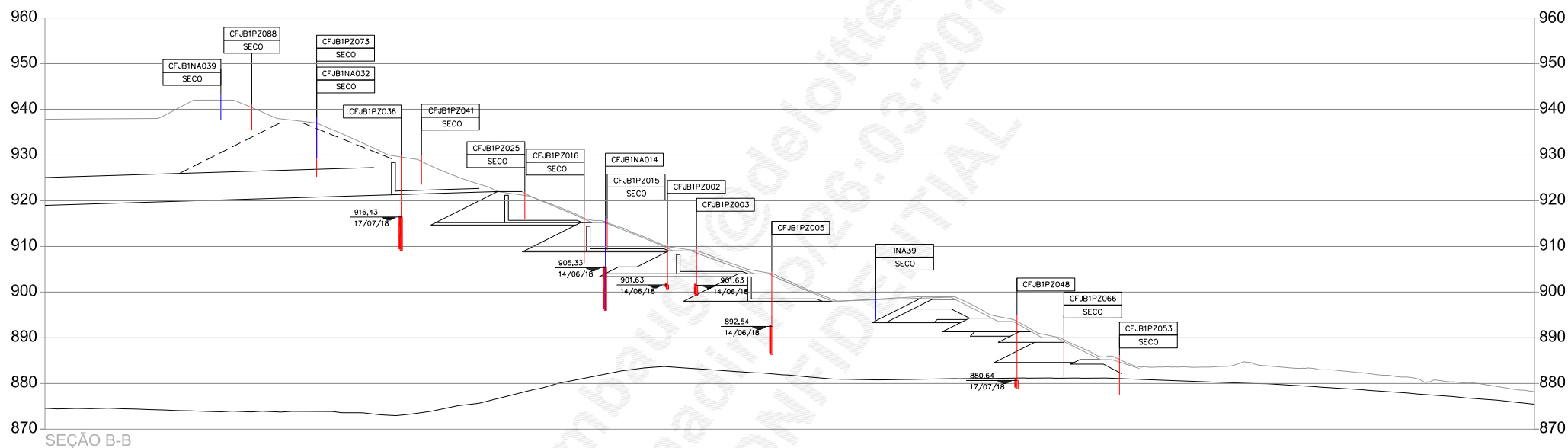


Figura 8.15 – Seção instrumentada B-B com indicação das últimas leituras de PZs e INAs.



Bureau de Projetos

CLASSIFICAÇÃO
Restrita

AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B

AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018

COMPLEXO PARAPEBA - MINA CÔRREGO FEIJÃO

BARRAGEM I

RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA
DE BARRAGEM / 2018

Nº VALE

-

PÁGINA

40/128

Nº TÜV SÜD BUREAU

RC-SP-102/18

REV.

0

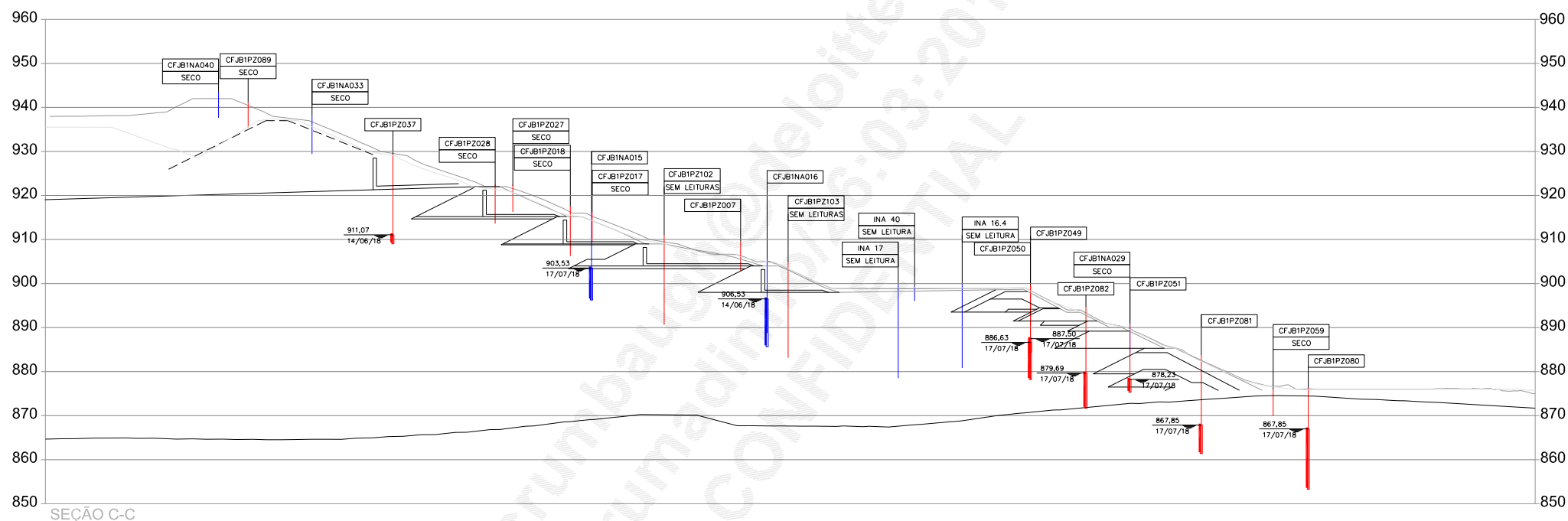


Figura 8.16 – Seção instrumentada C-C com indicação das últimas leituras de PZs e INAs.



Bureau de Projets

CLASSIFICAÇÃO
Restrita

AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B

AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018

COMPLEXO PARAPEBA - MINA CÔRREGO FEIJÃO

BARRAGEM I

RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA
DE BARRAGEM / 2018

Nº VALE

-

PÁGINA

41/128

Nº TÜV SÜD BUREAU

RC-SP-102/18

REV.

0

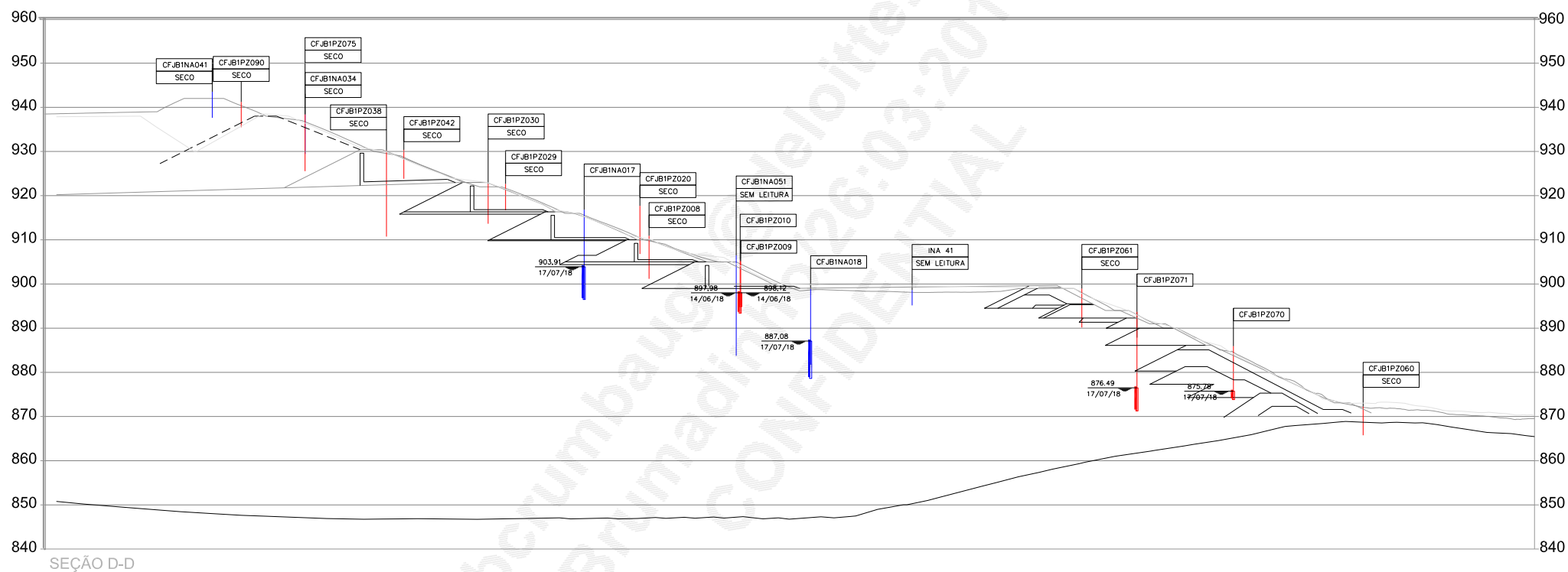


Figura 8.17 – Seção instrumentada D-D com indicação das últimas leituras de PZs e INAs.



Bureau de Projetos

CLASSIFICAÇÃO
Restrita

AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B

AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018

COMPLEXO PARAPEBA - MINA CÔRREGO FEIJÃO

BARRAGEM I

RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA
DE BARRAGEM / 2018

Nº VALE

-

PÁGINA

42/128

Nº TÜV SÜD BUREAU

RC-SP-102/18

REV.

0

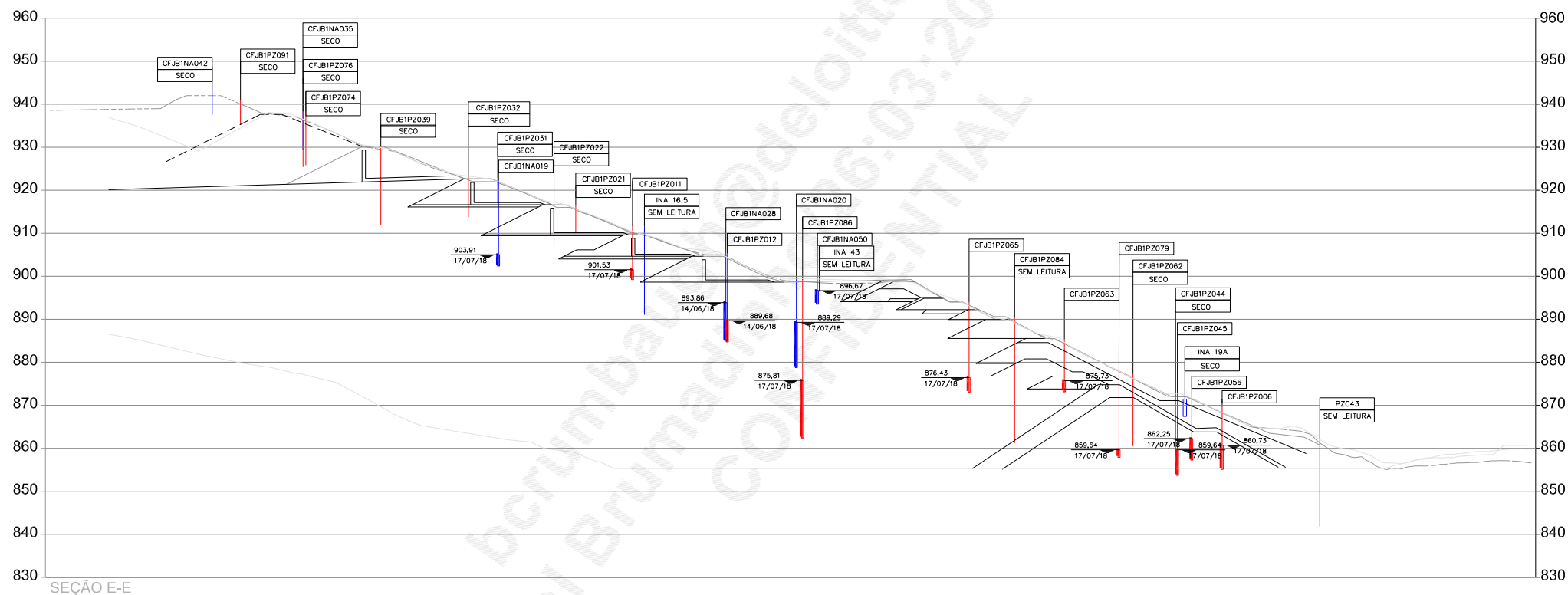


Figura 8.18 – Seção instrumentada E-E com indicação das últimas leituras de PZs e INAs.



Bureau de Projetos

CLASSIFICAÇÃO
Restrita

AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B

AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018
COMPLEXO PARAPEBA - MINA CÔRREGO FEIJÃO

BARRAGEM I

RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA
DE BARRAGEM / 2018

Nº VALE

-

PÁGINA

43/128

Nº TÜV SÜD BUREAU

RC-SP-102/18

REV.

0

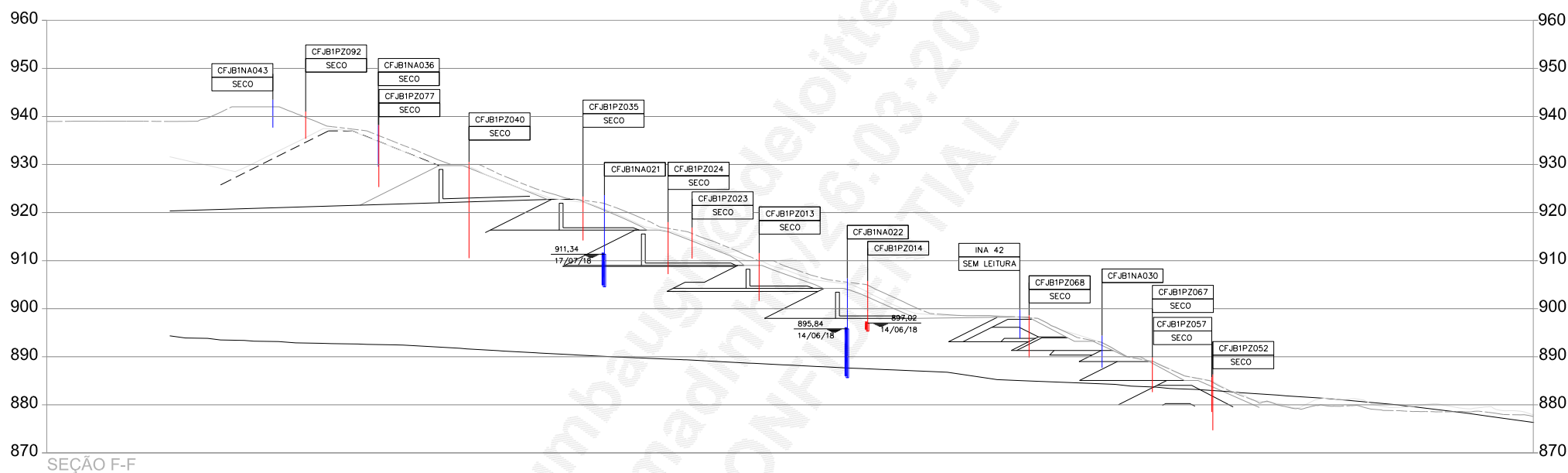


Figura 8.19 – Seção instrumentada F-F com indicação das últimas leituras de PZs e INAs.

	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 44/128
			Nº TUV SUD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

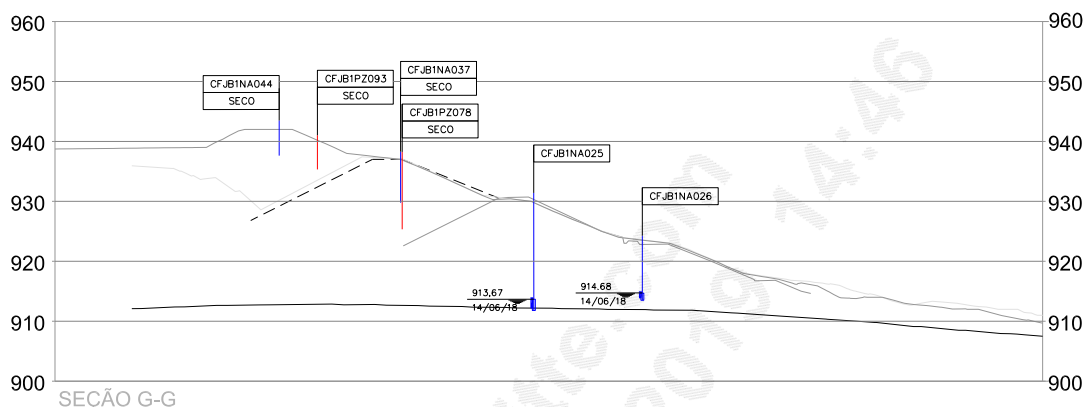


Figura 8.20 – Seção instrumentada G-G com indicação das últimas leituras de PZs e INAs.

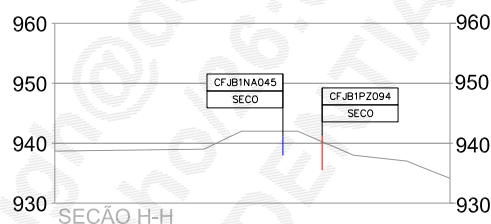


Figura 8.21 – Seção instrumentada H-H com indicação das últimas leituras de PZs e INAs.

Quanto ao monitoramento topográfico, os dados disponibilizados são apresentados da Figura 8.22 à Figura 8.24. Destas, é possível notar que os deslocamentos se mostraram essencialmente estáveis, sem uma tendência clara de movimentação. Certamente, em primeira análise, este não parece ser o caso para os deslocamentos verticais (Figura 8.22). Entretanto, entende-se que os grandes deslocamentos observados em dezembro de 2017 possam ser explicados por alguma mudança de *Datum*, não havendo indícios de que uma movimentação da magnitude indicada tenha ocorrido.

Por fim, são também apresentados os dados dos inclinômetros instalados (Figura 8.25 e Figura 8.26). Entretanto, os cadastros fornecidos não permitem determinar os eixos principais do instrumento, não sendo estes especificados nas planilhas de monitoramento. Ademais, sabe-se que os instrumentos instalados não apresentam comprimentos adequados, não sendo engastados em camada indeslocável da fundação. Sendo assim, optou-se por não interpretar as informações fornecidas, apenas reproduzindo os dados brutos de monitoramento.

	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 45/128
			Nº TUV SUD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

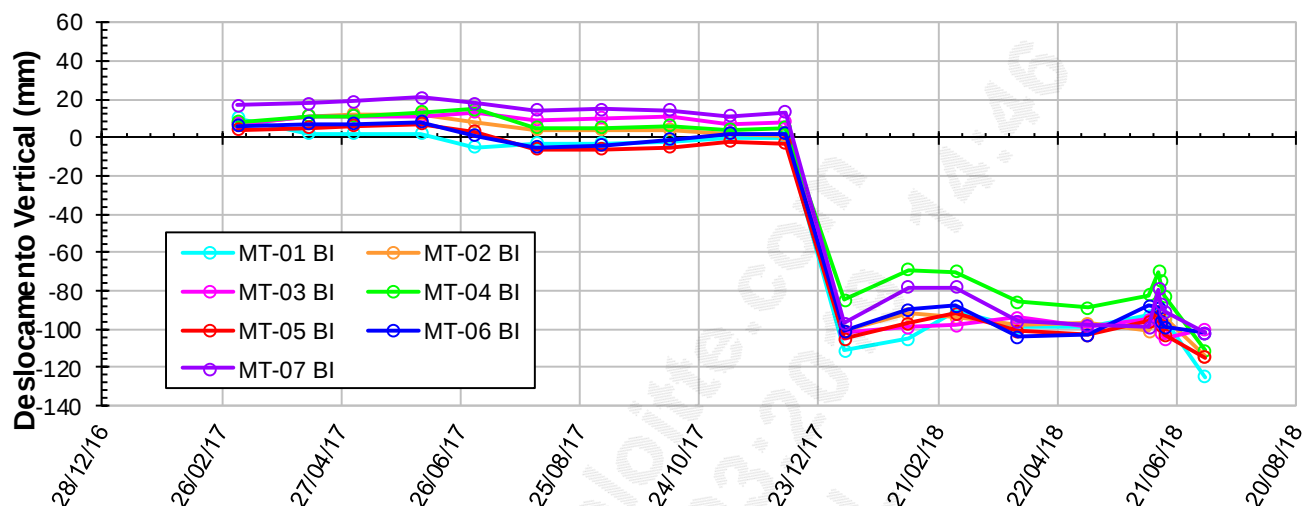


Figura 8.22 – Marcos superficiais: deslocamento acumulado na direção Vertical.

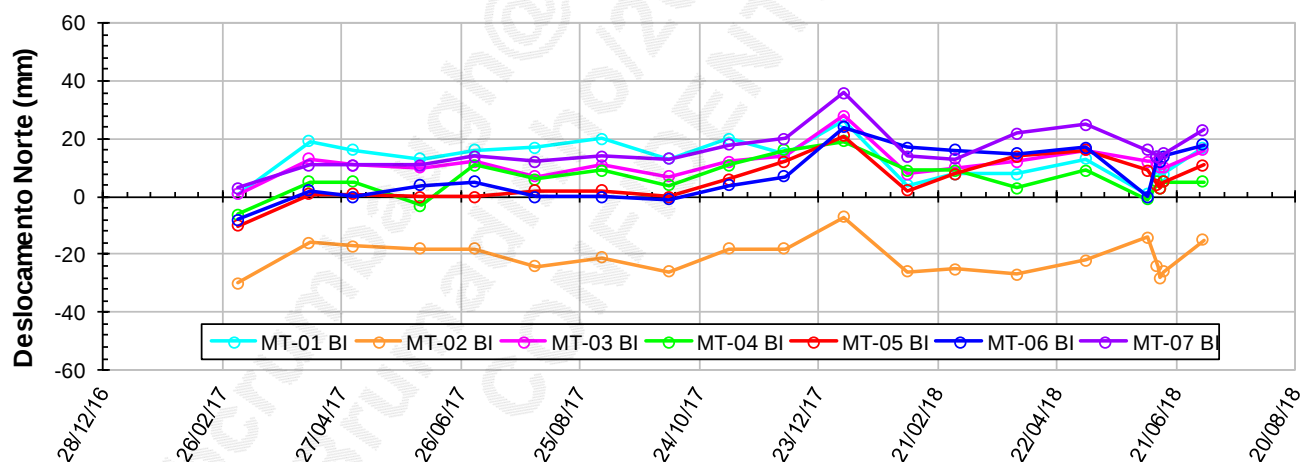


Figura 8.23 – Marcos superficiais: deslocamento acumulado na direção Norte.

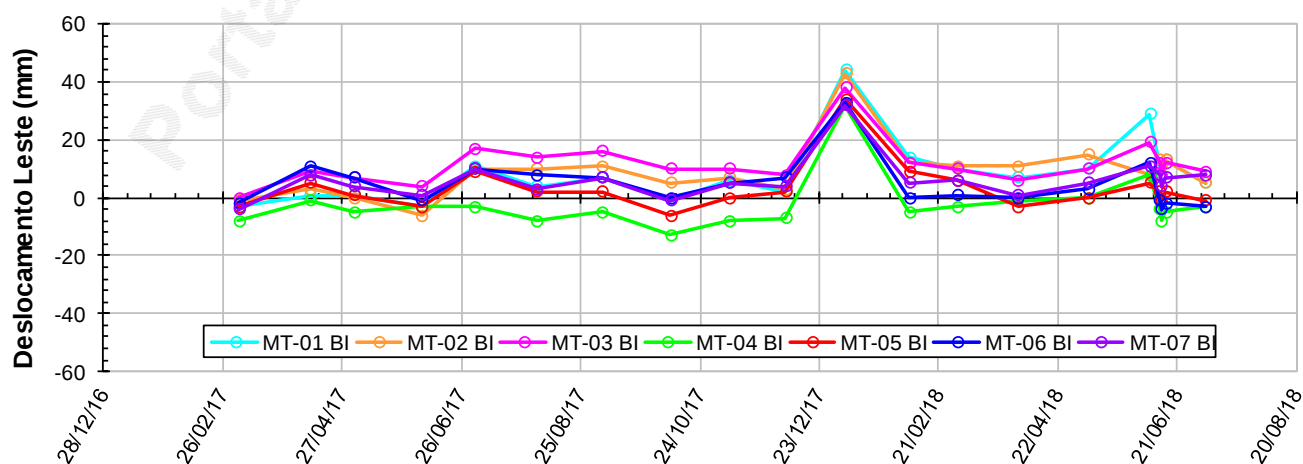


Figura 8.24 – Marcos superficiais: deslocamento acumulado na direção Leste.

	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 46/128
			Nº TUV SUD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

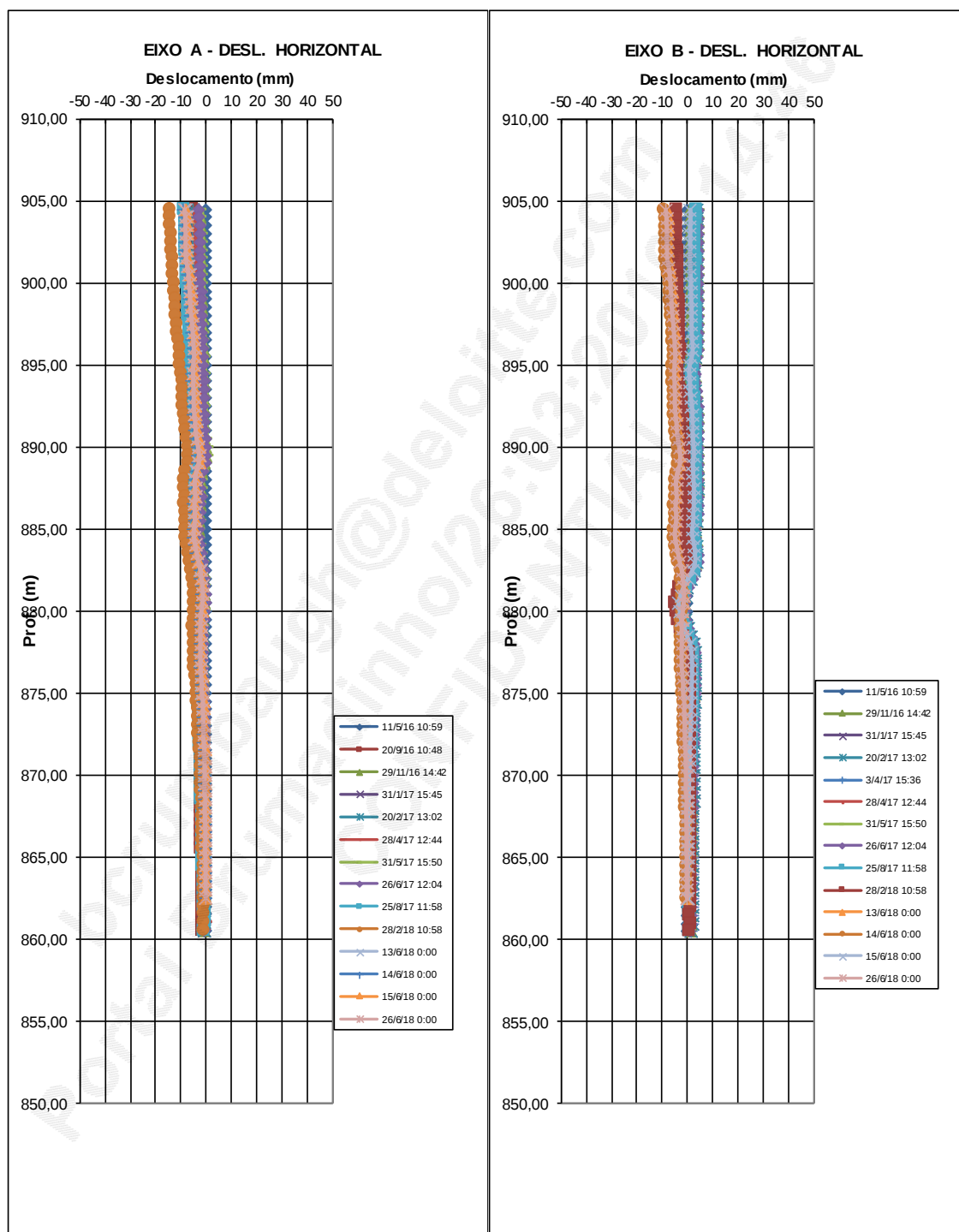


Figura 8.25 – Dados de monitoramento do inclinômetro INC 01
(note que a posição dos eixos não foi especificada).

	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 47/128
			Nº TUV SUD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

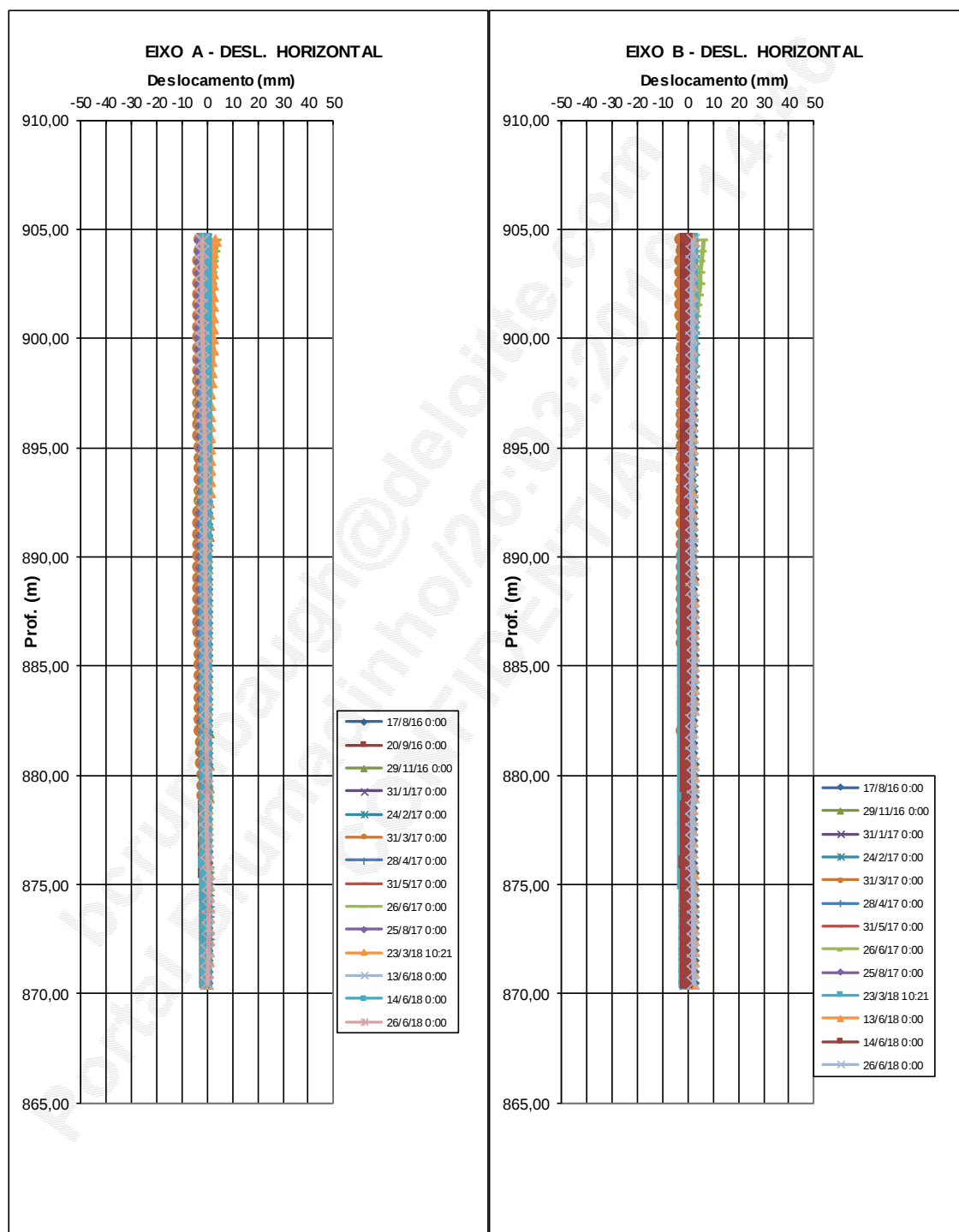


Figura 8.26 – Dados de monitoramento do inclinômetro INC 02
(note que a posição dos eixos não foi especificada).

	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAPEBA - MINA Córrego Feijão BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 48/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

8.2.1 NÍVEIS DE CONTROLE DA INSTRUMENTAÇÃO

O documento VL47-RT-05-Barragem I, elaborado pela Geoconsultoria, foi revisado em janeiro de 2018 e apresenta os níveis de controle dos instrumentos. Na ocasião, foram estudadas prováveis condições de piezometria que levariam a fatores de segurança na condição drenada de 1,5, 1,3 e 1,1. Estas condições recebem o nome de “nível de atenção”, “nível de alerta” e “nível de emergência”, respectivamente, e são utilizadas como referência para a interpretação das leituras dos piezômetros e indicadores de nível d’água.

Somente são apresentados níveis de controle para 110 PZs e INAs, contra os 147 instalados. Certamente, parte dessa diferença se deve ao fato de alguns instrumentos estarem muito a jusante do pé da barragem ou fora das seções instrumentadas, não sendo considerados para definição dos níveis de controle.

Observa-se que os instrumentos CFJB1PZ006, CFJB1PZ063, e CFJB1PZ099 apresentam leituras ligeiramente acima do nível de atenção, enquanto que o CFJB1PZ065 e o CFJB1PZ084 apresentam leituras ligeiramente abaixo. Entretanto, dadas as limitações intrínsecas à definição dos níveis de controle, isto pouco permite concluir sobre a estabilidade da estrutura.

Sem embargo, é importante atentar que o controle da instrumentação pelos níveis de referência para a condição drenada é um dos elementos envolvidos na garantia da estabilidade de barragens alteadas por montante. Entretanto, ele não é o único, sendo necessário avaliar, também, a condição não drenada.

No mesmo sentido, deve-se ressaltar que o estudo de níveis de segurança é conduzido variando-se a posição da freática até a obtenção dos fatores de segurança estipulados. Deste modo, as freáticas adotadas nos cálculos nem sempre são realistas. Ressalta-se o caráter de valores indicativos para os níveis de segurança, devendo a estabilidade ser avaliada conforme a evolução da piezometria real atuante.

8.3 AVALIAÇÃO DE SEGURANÇA HIDRÁULICA

De acordo com as definições descritas pela NBR 13.028/2017, o tempo de retorno mínimo para o dimensionamento do sistema extravasor deverá considerar as consequências esperadas, dada uma falha estrutural da barragem. Na ausência de informações ou critérios específicos mais rigorosos para o enquadramento das consequências, pode ser utilizado o dano potencial associado da barragem, advindo da classificação em legislação vigente. Quanto ao sistema vertente para o período de fechamento, deverá considerar vazões efluentes calculadas para TR=10.000 anos ou PMP (Precipitação Máxima Provável).

A verificação da segurança hidráulica da Barragem I foi apresentada no relatório de Revisão Periódica de Segurança (RC-SP-117/17) elaborado pela TÜV SÜD Bureau em julho de 2018. Neste, verificou-se o dimensionamento hidráulico das estruturas vertentes para a condição atual da barragem. Para tanto, foram consideradas, no estudo hidrológico, precipitações com tempo de retorno de 1.000 e 10.000 anos, assim como a PMP.

	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 49/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

Para a verificação do funcionamento hidráulico dos trechos mais complexos do sistema extravasor da Barragem I foi realizada a avaliação dos perfis de linha d'água e de velocidades ao longo da estrutura por meio de simulações hidráulicas tridimensionais, realizadas com auxílio do modelo computacional FLOW-3D®, sendo eles: a torre de queda e a caixa de passagem imediatamente a montante do trecho rápido. Para os demais trechos foram empregados equacionamentos analíticos por se tratarem de estruturas mais simples de serem verificadas hidraulicamente.

Para a condição mais crítica, de cheia máxima provável, obteve-se uma vazão afluente de pico de 8,2 m³/s e uma vazão defluente máxima de 2,2 metros cúbicos por segundo. Esta situação levou a um nível d'água máximo maximorum na El. 937,35 m, correspondente a uma borda livre de 4,65 m e não provocando transbordamento do sistema extravasor.

Dessa forma, considera-se adequado o comportamento hidráulico da Barragem I, concluindo-se pela aderência à NBR-13028 (2017) para a situação de operação.

8.4 AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM INTERNA

Não foram localizadas memórias de cálculo específicas da drenagem interna, não sendo possível avaliar a adequação do dimensionamento realizado. De toda forma, com base nos dados de monitoramento, constata-se que 17 dos 56 drenos monitorados apresentam leituras de vazão não nulas. Destes 17, 8 correspondem aos novos DHPs instalados em 2018. Considerando a posição dos drenos e avaliando, também, a freática no interior do maciço, entende-se que a drenagem interna da Barragem I opera adequadamente.

8.5 ANÁLISE DE ESTABILIDADE

As análises de estabilidade da Barragem I têm o intuito de quantificar o Fator de Segurança (FS) do talude de jusante. Essas análises são apresentadas no relatório de Revisão Periódica de Segurança de Barragem (RPSB) de 2018 (RC-SP-117/18) elaborado pela TÜV SÜD Bureau.

Na ocasião, o fator de segurança foi calculado utilizando-se o método de Equilíbrio Limite, por meio do método de cálculo de Spencer, considerado e considerado rigoroso para superfícies de ruptura circulares.

Foram consideradas três seções transversais (seções C, D e E) para a realização das análises de estabilidade da Barragem I, conforme locação das seções instrumentadas apresentada na Figura 8.1. Estas são conformadas por cinco materiais: Rejeito, Aterro com minério ultrafino (dique de partida), Aterro em solo compactado, Aterro de rejeito compactado e Fundação em solo residual.

Foram realizadas análises de estabilidade para duas condições de comportamento frente à presença d'água: análise drenada, cujos parâmetros necessários são o peso específico do material (γ), sua coesão efetiva (c') e seu ângulo de atrito efetivo (ϕ'); e análise não-drenada, na qual os materiais saturados suscetíveis à liquefação apresentam resistência não-drenada (S_u) e os demais materiais mantêm sua resistência drenada (c' e ϕ').

	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 50/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

Estas análises sob condição não-drenada, portanto, mesclam conceitos distintos onde se avaliam concomitantemente resistências drenadas e não-drenadas. Conforme descrito na Revisão Periódica, apesar de ser uma abordagem heterodoxa e não usual, trata-se de metodologia que vem sendo aplicada sistematicamente, baseada em Olson (2001).

Para as análises sob condição drenada, a adoção dos parâmetros geotécnicos foi baseada na análise da documentação existente de projetos, “As Built” e Avaliações de Segurança. Grande parte da informação refere-se aos últimos alteamentos da barragem. Conforme descrito na Revisão Periódica, destaca-se que o maciço inicial e os primeiros alteamentos carecem de informações a respeito da caracterização geomecânica de seus materiais constituintes e, assim sendo, os valores adotados para eles envolvem mais incertezas.

Para as análises sob condição não-drenada, primeiramente avaliou-se a suscetibilidade dos materiais à liquefação. Considerou-se condições necessárias e suficientes para que o material seja suscetível à liquefação a ausência de coesão, a apresentação de um índice de vazios superior ao crítico (tendência de redução de volume durante uma ruptura não-drenada) e a condição saturada. Concluiu-se que a porção suscetível do rejeito é bastante reduzida, de toda forma, foi verificado potencial de liquefação.

Para tanto, os rejeitos foram simplificadamente classificados como coesivos (com excesso de pressão neutra gerado pela cravação do cone, baixa resistência de ponta e razão de atrito elevada) ou não-coesivos (sem excesso de pressão neutra, com elevada resistência de ponta e reduzida razão de atrito). Feita esta distinção, a resistência do rejeito foi calculada para cada ponto ensaiado pelo CPTu. Para o rejeito não coesivo, foi adotada a correlação de Olson (2001) enquanto que, para o rejeito coesivo, utilizou-se a correlação de Robertson (2012). Os parâmetros geotécnicos adotados para os materiais presentes são apresentados na Tabela 8.9.

Tabela 8.9 – Parâmetros geotécnicos considerados.

Material	γ (kN/m³)	c' (kPa)	ϕ' (graus)	s_u/σ'_{v0}	
				pico	residual
Rejeito	26	0	35	0,26	0,09
Aterro com minério ultrafino	25	0	30	---	---
Aterro em solo compactado	19	10	30	---	---
Aterro de rejeito compactado	28	0	37	---	---
Fundação em solo residual	20	16	30	---	---

A condição de piezometria adotada foi interpretada considerando não só as medidas de piezômetros e INAs, mas também os resultados de CPTu. Isto porque estes últimos permitiram identificar a presença de lençóis empoleirados no reservatório, conforme apresentado na Figura 8.27 e na Figura 8.28. Assim, os níveis piezométricos considerados são aqueles da Figura 8.29 à Figura 8.31.

	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAPEBA - MINA CÔRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 51/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

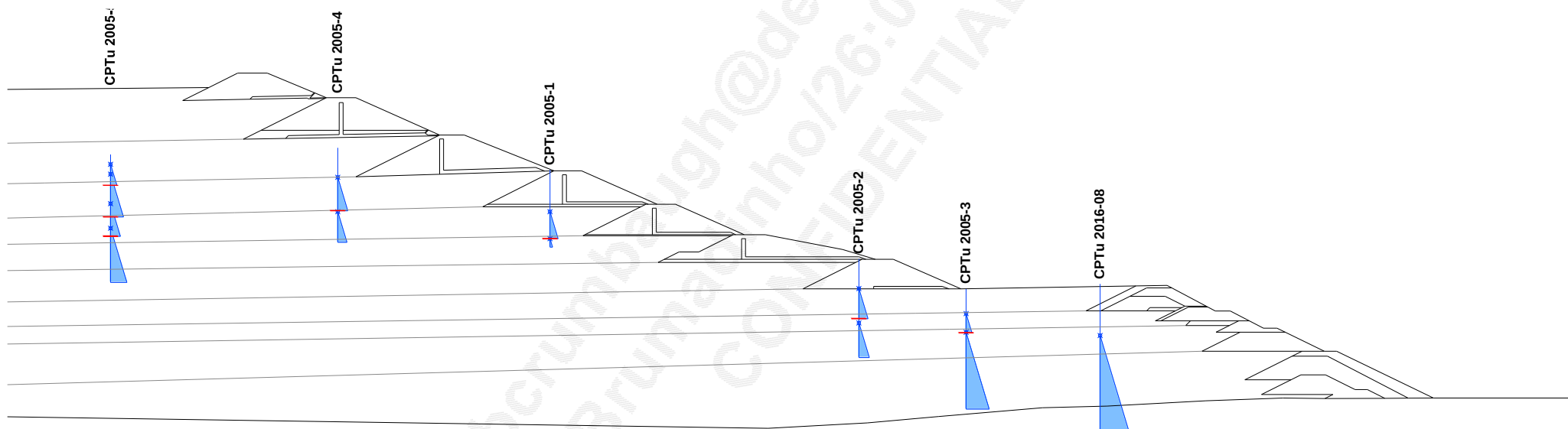


Figura 8.27 – Definição de camadas de rejeitos para empoleiramento dos lençóis freáticos, a partir da análise dos ensaios CPTu (Seção C-C).

	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAPEBA - MINA CÔRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 52/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

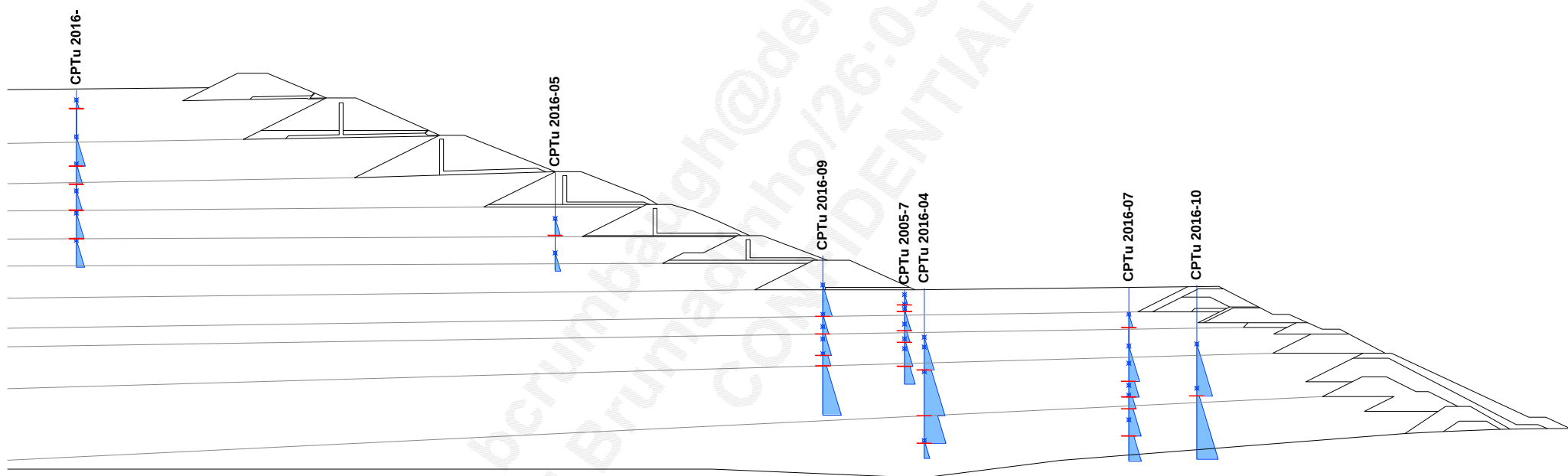


Figura 8.28 – Definição de camadas de rejeitos para empoleiramento dos lençóis freáticos, a partir da análise dos ensaios CPTu (Seção D-D).

	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAPEBA - MINA CÔRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 53/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

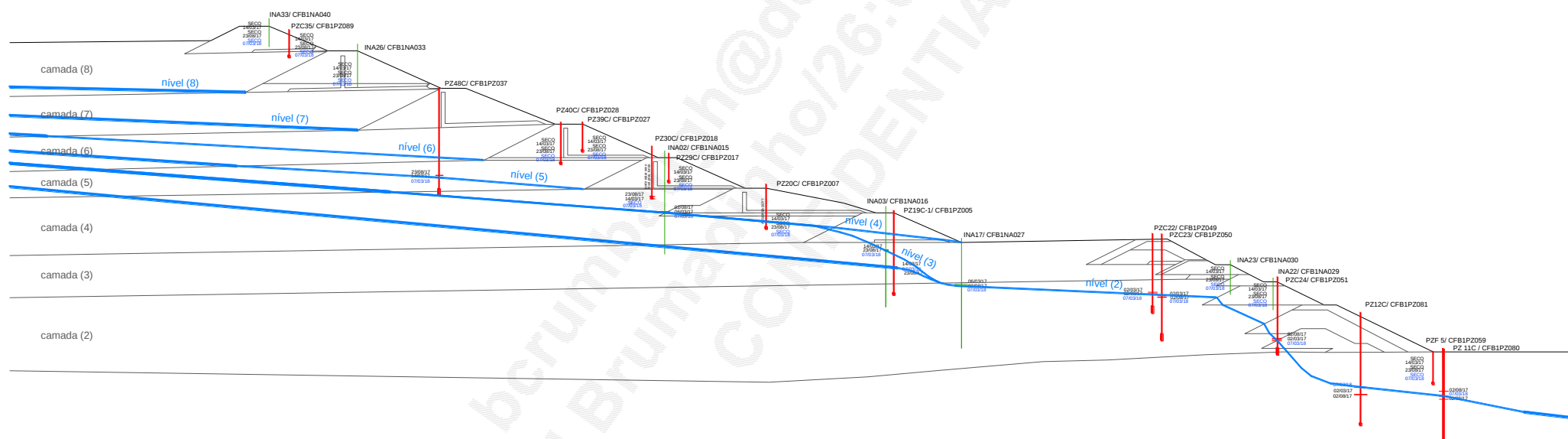


Figura 8.29 – Níveis piezométricos atuantes em cada camada de rejeito, interpretados a partir da análise da instrumentação (Seção C-C).

	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAPEBA - MINA CÔRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 54/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

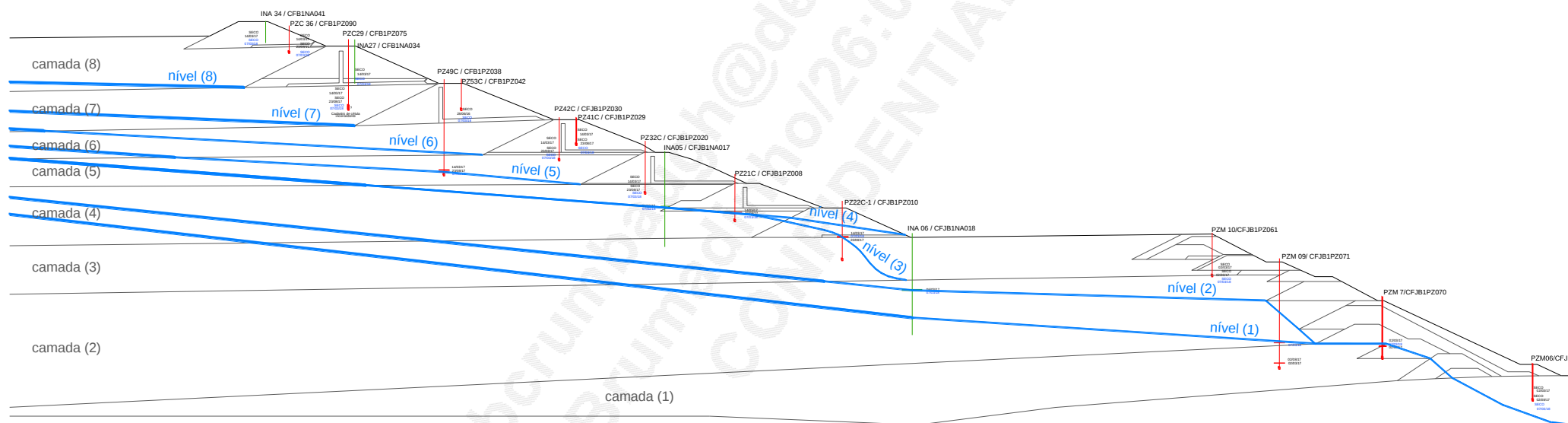


Figura 8.30 – Níveis piezométricos atuantes em cada camada de rejeito, interpretados a partir da análise da instrumentação (Seção D-D).

	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAPEBA - MINA CÔRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 55/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

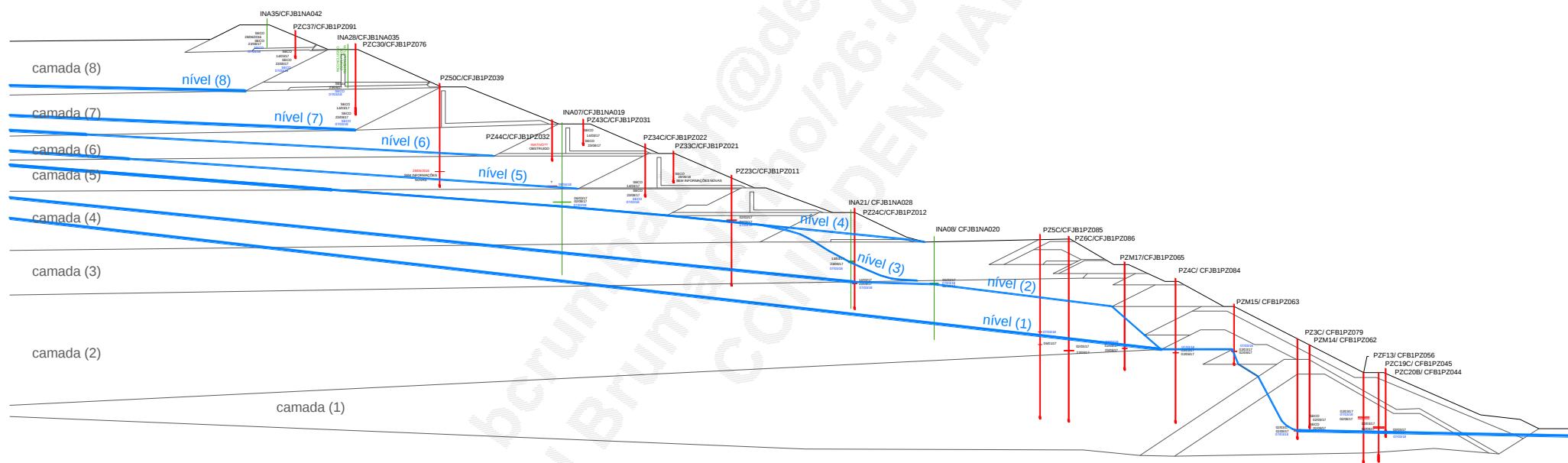


Figura 8.31 – Níveis piezométricos atuantes em cada camada de rejeito, interpretados a partir da análise da instrumentação (Seção E-E).

	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 56/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

8.5.1 RESULTADOS DA ANÁLISE DE ESTABILIDADE– CONDIÇÃO DRENADA

As análises de estabilidade sob condições drenadas foram realizadas utilizando-se os parâmetros geotécnicos apresentados na Tabela 8.9 e impondo-se superfícies de ruptura circulares.

Os Fatores de Segurança obtidos foram **FS = 1,93** (Seção C-C), **FS = 1,76** (Seção D-D) e **FS = 1,60** (Seção E-E), conforme resultados apresentados respectivamente na Figura 8.32, na Figura 8.33 e na Figura 8.34.

Observa-se que as superfícies críticas de ruptura têm comportamento global, se desenvolvendo essencialmente abaixo da berma de recuo da El. 899 m, interceptando a fundação ou, no caso da Seção 4-4 de maior altura, interceptando o dique de partida, indicação de que o terço inferior do talude de jusante é o que condiciona a estabilidade da Barragem I sob condições drenadas.

Conclui-se que a Barragem I se encontra estável para o cenário de instabilização do talude de jusante sob a condição drenada. Os fatores de segurança obtidos atendem à norma NBR-13028 (2017), que preconiza fator de segurança mínimo superior a 1,50 para a condição de operação.

	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 57/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

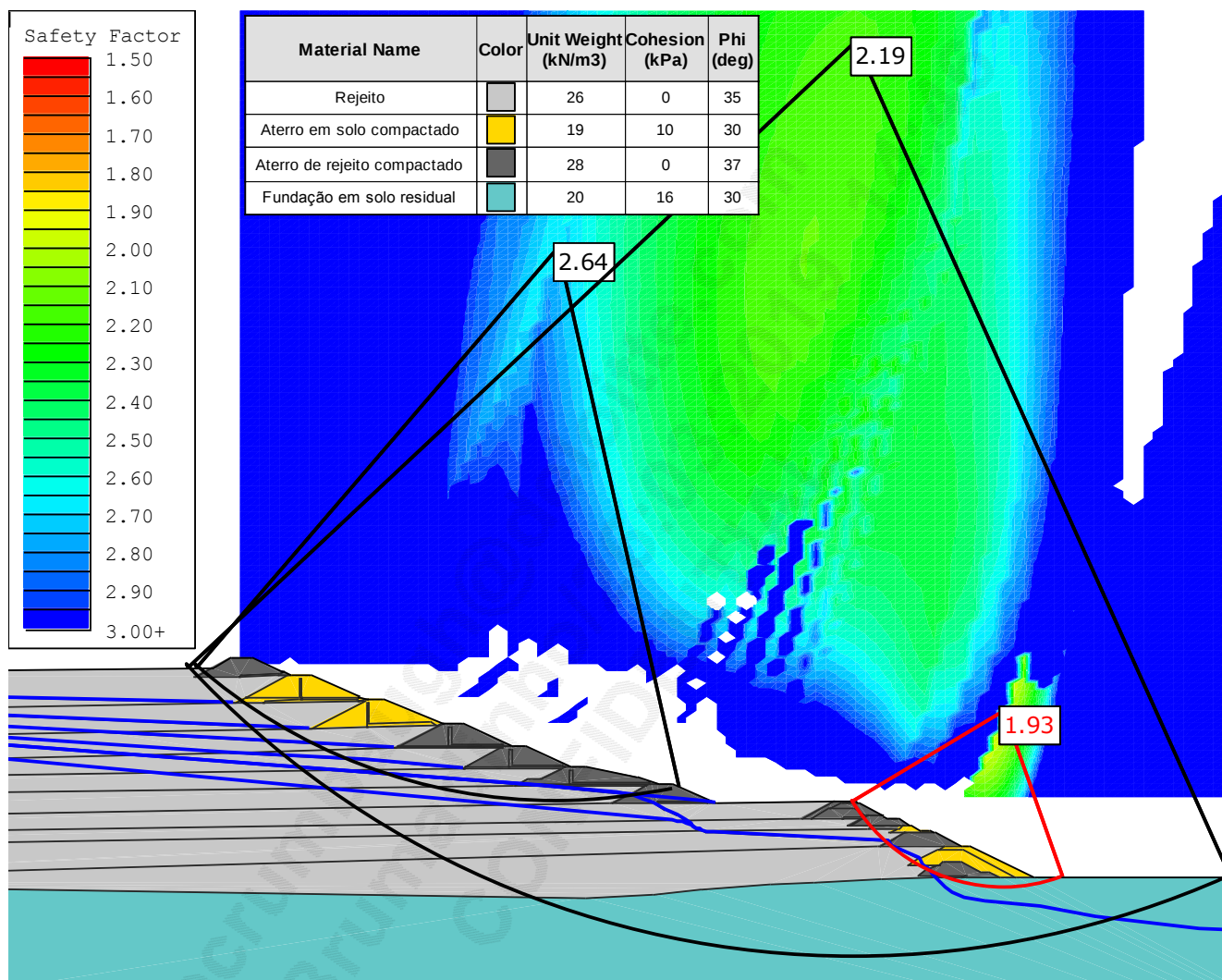


Figura 8.32 – Análise de estabilidade para a condição drenada, superfície circular (Seção C-C): FS = 1,93 (Spencer).

	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 58/128
			Nº TUV SUD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

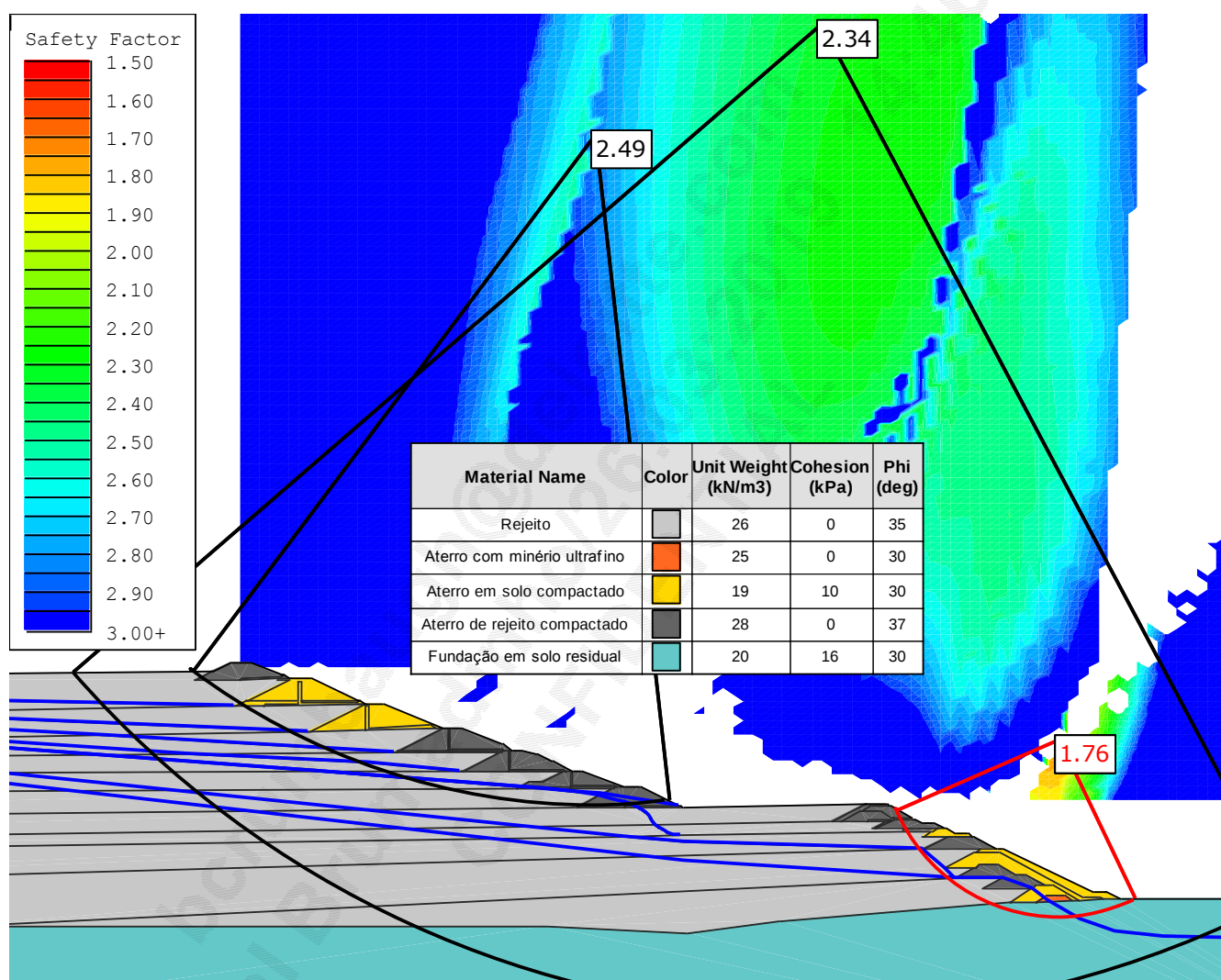


Figura 8.33 – Análise de estabilidade para a condição drenada, superfície circular (Seção D-D): **FS = 1,76** (Spencer).

	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 59/128
			Nº TUV SUD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

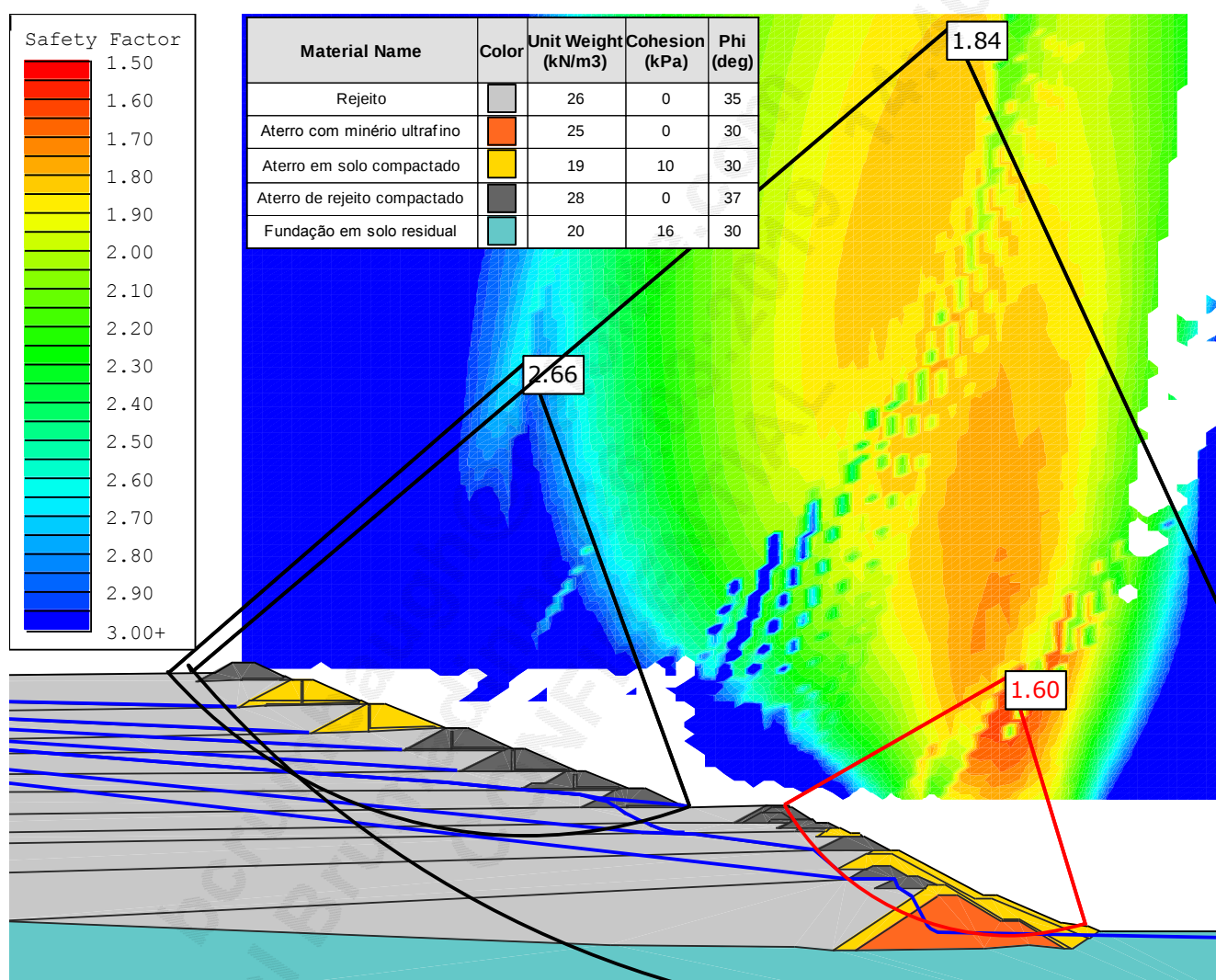


Figura 8.34 – Análise de estabilidade para a condição drenada, superfície circular (Seção E-E): **FS = 1,60** (Spencer).

	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 60/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

8.5.2 RESULTADOS DA ANÁLISE DE ESTABILIDADE– CONDIÇÃO NÃO-DRENADA

As análises de estabilidade sob condições não-drenadas têm o intuito de avaliar o potencial de ruptura da barragem por liquefação.

Para que o fenômeno da liquefação ocorra, além da presença de materiais suscetíveis, há também a necessidade de ocorrência de um gatilho. Os gatilhos podem estar associados a eventos estáticos ou dinâmicos, como: excesso de poropressões por carregamentos rápidos (alçamento rápido da barragem, elevação do nível do reservatório, etc.), excesso de poropressões por abalos sísmicos ou vibrações induzidas (sismos naturais, tráfego de equipamentos, detonações, rupturas de estruturas adjacentes, etc.), aumento das tensões cisalhantes ou deformações cisalhantes impostas (remoção de material do pé da barragem, movimentação da fundação, etc.), entre outros.

Para a avaliação do potencial de liquefação, considerou-se que algo imprevisível possa ocorrer e levar os materiais suscetíveis a atingirem sua resistência não-drenada de pico. A este evento, deu-se o nome de gatilho desconhecido. Outros gatilhos não foram avaliados, por se considerar que sua probabilidade de ocorrência seja mais reduzida que a do gatilho desconhecido.

No caso específico do gatilho de sismo natural, além de sua probabilidade de ocorrência ser reduzida, considera-se que sua análise somente faria sentido se:

- um estudo sismológico fosse disponibilizado, contendo o registro histórico de magnitudes e respectivos tempos de retorno, as zonas sismogênicas, as acelerações equivalentes no local da barragem em função da distância aos epicentros, etc.; e
- fossem realizadas análises sísmicas, ao invés de pseudo-estáticas.

Deste modo, as análises de estabilidade realizadas considerando-se um gatilho desconhecido resultaram nos Fatores de Segurança **FS = 1,22** (Seção C-C), **FS = 1,18** (Seção D-D) e **FS = 1,09** (Seção E-E), conforme resultados apresentados respectivamente na Figura 8.35, na Figura 8.36 e na Figura 8.37.

Observa-se que as superfícies críticas têm comportamento global, se desenvolvendo ao longo do rejeito sem interceptar a fundação, englobando o máximo volume possível de rejeito saturado, revelando que nestas condições é crítica a porção superior do talude de jusante da Barragem I.

	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 61/128
			Nº TUV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

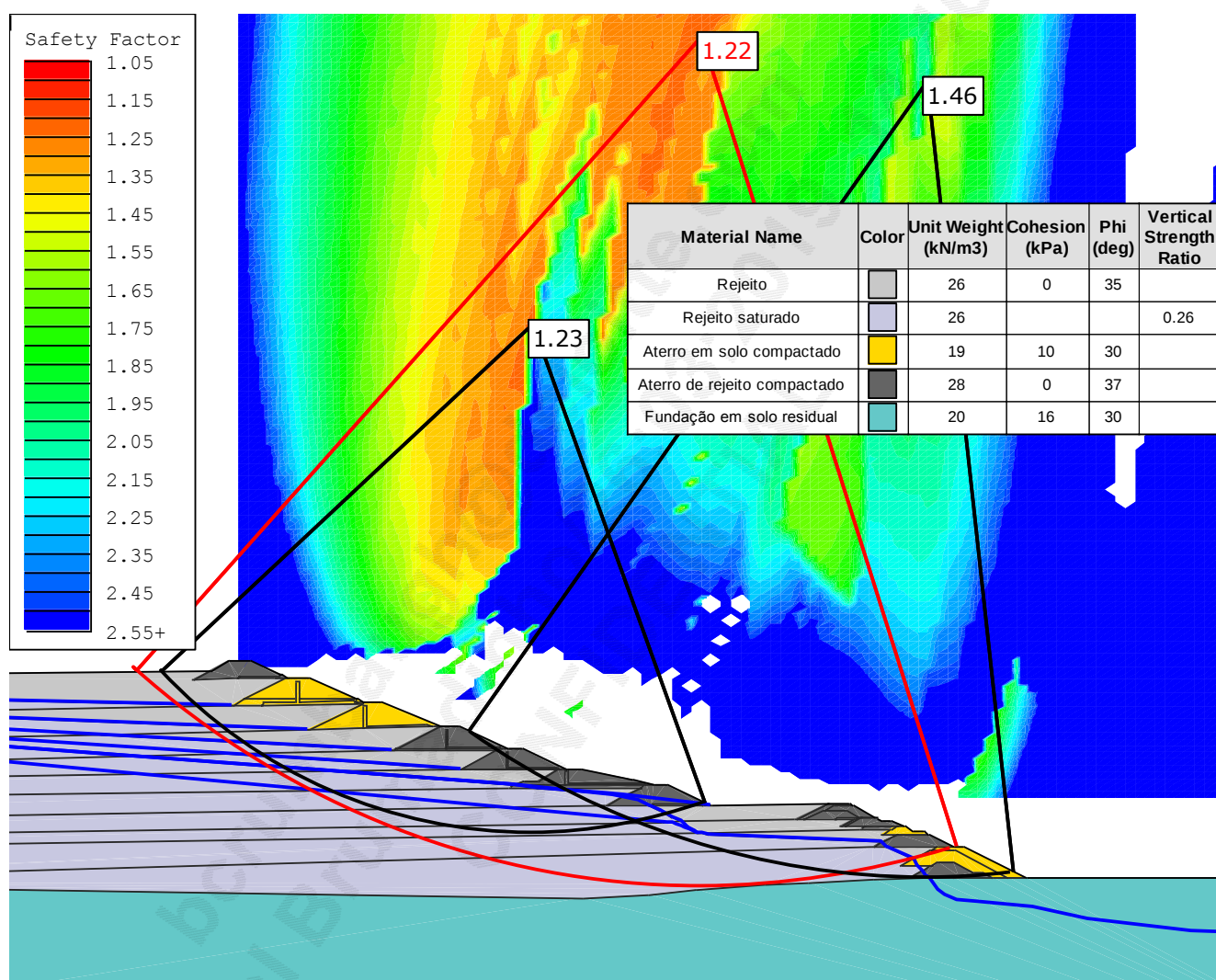


Figura 8.35 – Análise de estabilidade para a condição não-drenada, superfície circular e gatilho desconhecido (Seção C-C): **FS = 1,22** (Spencer).

	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 62/128
			Nº TUV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

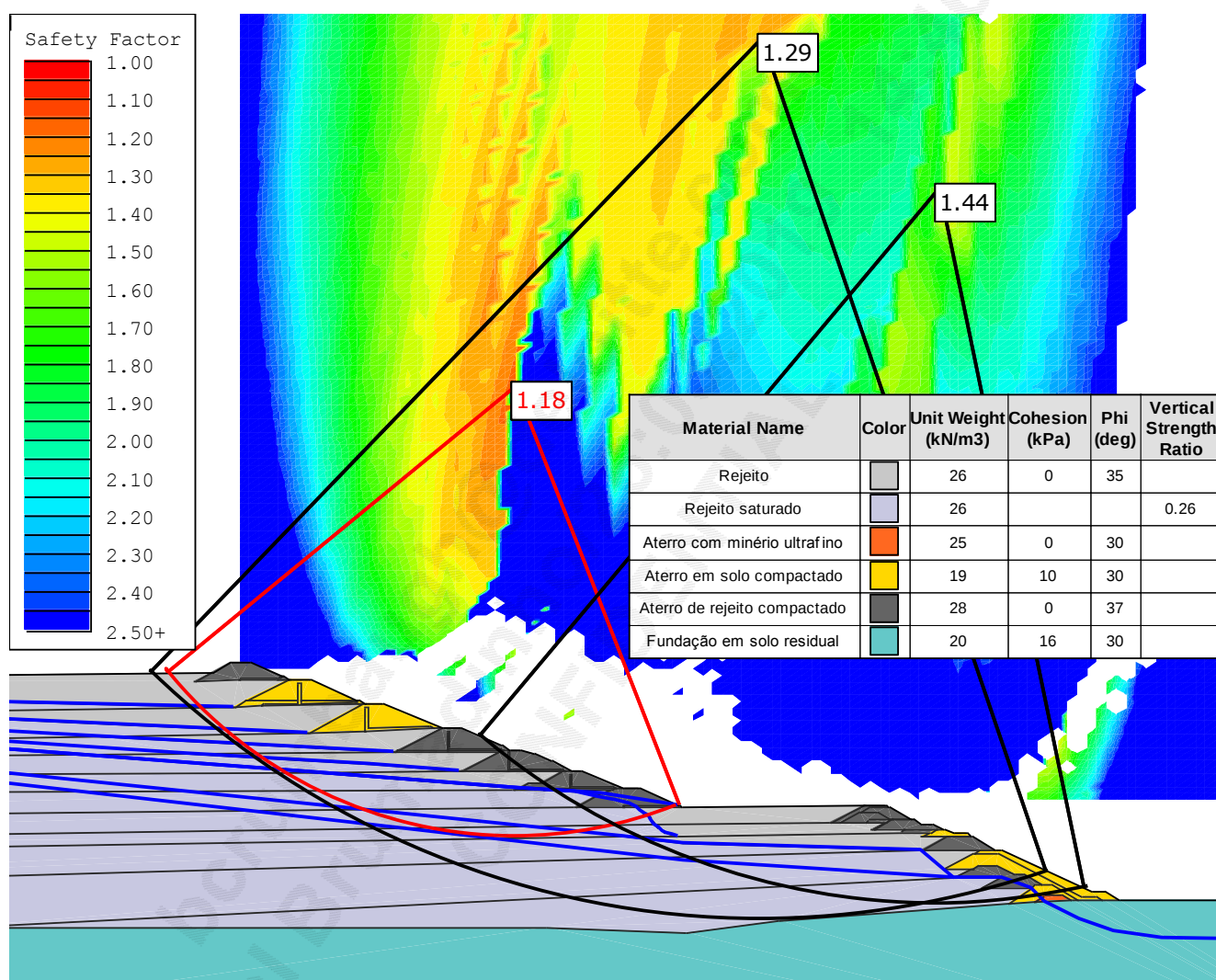


Figura 8.36 – Análise de estabilidade para a condição não-drenada, superfície circular e gatilho desconhecido (Seção D-D): **FS = 1,18** (Spencer).

	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 63/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

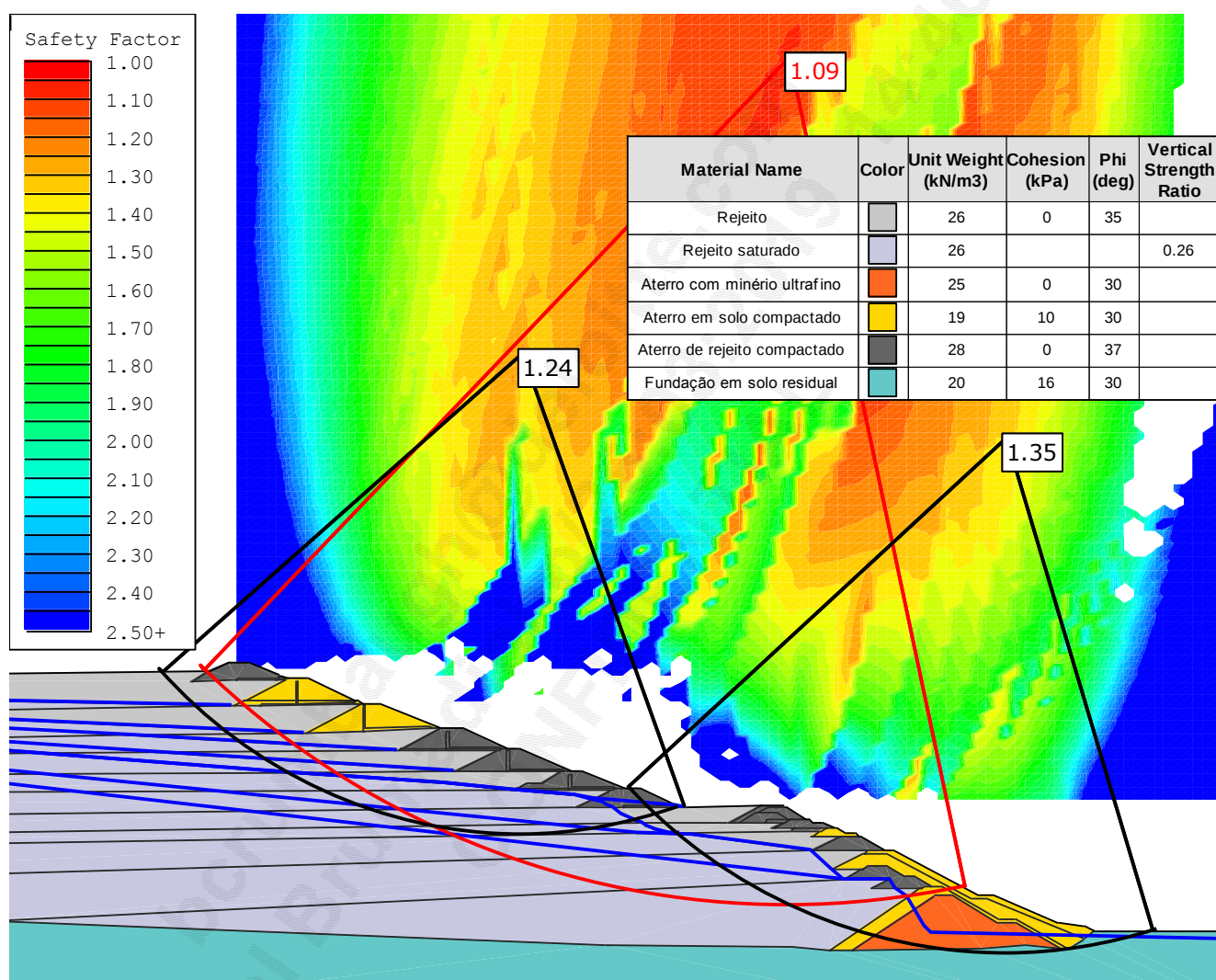


Figura 8.37 – Análise de estabilidade para a condição não-drenada, superfície circular e gatilho desconhecido (seção E-E): **FS = 1,09** (Spencer).

	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 64/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

A norma NBR-13028 (2017) não preconiza um fator de segurança mínimo para o modo de falha liquefação. Entende-se, entretanto, que para este fenômeno se desenvolver, se faz necessária a ocorrência de um gatilho, o qual pode ser compreendido como uma solicitação excepcional, de baixa probabilidade, sendo suficiente um fator de segurança superior ao unitário.

Leshchinsky e Ambauen (2015), entretanto, demonstram a existência de um erro epistêmico ao método do Equilíbrio Limite, o qual impõe superfícies de ruptura e subdivide a massa instável em lamelas que não respeitam o trabalho cinemático do fenômeno. Os autores compararam resultados obtidos pelo método do Equilíbrio Limite com resultados de Análises Limite Numéricas, as quais são mais rigorosas por analisarem uma cinemática realista e fornecerem como resultado, além do fator de segurança, também o mecanismo de ruptura. Notaram que por vezes o método de Spencer forneceu FS maiores e menores que o exato. Os resultados mostrados por aqueles autores indicam que um fator de segurança superior a 1,05 cobre um possível erro envolvido no método de cálculo utilizado.

Conclui-se que a Barragem I se encontra estável quanto à liquefação do rejeito, no cenário de instabilização sob a condição não-drenada, com $FS > 1,05$ ao serem considerados valores médios para a razão de resistência não-drenada do rejeito saturado.

Cabe salientar que a variabilidade dos parâmetros geotécnicos resulta em uma variabilidade dos resultados (FS) e que esta, por sua vez, implica em uma probabilidade não nula de falha por liquefação. Esta probabilidade, contudo, ainda deve ser ajustada, reduzindo seu valor em função da probabilidade de ocorrência do gatilho da liquefação.

8.5.3 CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DOS REJEITOS

O relatório “Barragem I (CFJ)_CPT_Rev_01”, elaborado pela Vale, apresenta a classificação tecnológica do rejeito da Barragem I.

Neste relatório, apresenta-se, de maneira esquemática, os processos industriais da usina de Córrego Feijão, evidenciando a origem do rejeito depositado. O correspondente fluxograma é apresentado na Figura 8.38.

Na sequência, são expostos os resultados dos ensaios de caracterização, conduzidos no ao Centro de Pesquisas Tecnológicas da Vale. Foi realizada a análise química e mineralógica do rejeito, bem como sua granulometria. Os resultados são apresentados na Tabela 8.10.

 VALE	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 65/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

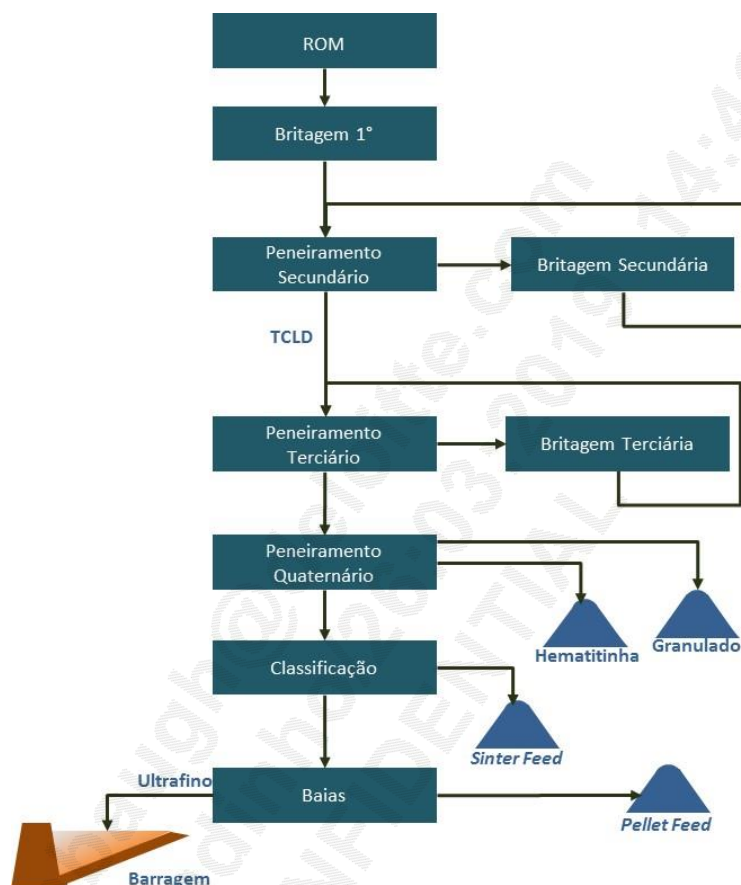


Figura 8.38 – Fluxograma simplificado da usina de Córrego Feijão.

	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAPEBA - MINA Córrego Feijão BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 66/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

Tabela 8.10 – Resultado dos ensaios da caracterização tecnológica.

Unidade		Córrego do Feijão
Fluxo		Barragem
ID CPT		AM 37-BCF
Análise Química (%)	Fe	47,9
	SiO ₂	23,2
	P	0,100
	Al ₂ O ₃	2,46
	Mn	0,891
	TiO ₂	0,118
	CaO	0,200
	MgO	0,352
	PPC	3,00
% Passante Acumulado (µm)	2400,0	100,0
	1000,0	100,0
	500,0	100,0
	210,0	100,0
	150,0	99,7
	75,0	93,6
	45,0	74,3
	25,0	51,3
	10,0	28,1
	5,0	19,0
	3,2	13,9
Quantificação Mineralógica (%)	Hematita Compactas	50,77
	Hematita Martítica	7,57
	Magnetita	0,85
	Goethita	2,96
	Goethita Terrosa	8,80
	Quartzo Livre	23,27
	Quartzo Misto	0,19
	Óxido de Manganês	1,30
	Caulinita	0,71
	Gibbsita	2,33
	Micas	0,00
	Outros minerais	1,26

	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARA OPEBA - MINA Córrego Feijão BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 67/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

9 RECOMENDAÇÕES DA AUDITORIA ANTERIOR

A última auditoria realizada pela Tractebel no primeiro semestre de 2018, na Barragem I, listou algumas recomendações de maneira a contribuir e/ou manter as boas condições da estrutura do ponto de vista geotécnico. Estas recomendações, bem como o seu status estão apresentadas na Tabela 9.1.

Tabela 9.1 – Recomendações da Auditoria de Segurança do primeiro semestre de 2018.

Recomendação	Prazo	Status	Observação/Justificativa
Ajustar a declividade da canaleta de drenagem superficial	30/08/2018	Concluído (o trecho solicitado foi ajustado, porém novos pontos foram observados)	Identificação de novos pontos demandando ajustes
Realizar a roçada/limpeza do reservatório	04/05/2018	Concluído	Em execução durante a inspeção
Realizar limpeza e reparo da drenagem superficial	30/08/2018	Concluído (os locais solicitados foram reparados, porém novos foram observados)	Necessita complementação
Providenciar tampa para o instrumento de monitoramento que está instalado ao lado do INA 05.	20/04/2018	Concluído	A instrumentação estava adequada
Realizar a limpeza da saída do sistema extravasor	04/05/2018	Concluído	Recomenda-se complementar limpeza abrangendo bacia de dissipação
Remover tubulação abandonada no emboque do segundo trecho em galeria do extravasor	04/05/2018	Concluído	-
Recuperar ponto de saída de um DHP (DHP 01) que foi danificado por pisoteamento de animais	30/04/2018	Concluído	Recomenda-se aprimorar proteção dos DHPs para evitar novos danos
Apresentar informações da proposta de monitoramento do programa de microssísmica instalado na barragem	20/03/2018	Concluído	Monitoramento instalado, mas os dados ainda não foram analisados

	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 68/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

10 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Baseando-se na inspeção realizada, nos dados de monitoramento e nas análises de documentos de projeto disponibilizados, constata-se que a estrutura se encontra em condições adequadas de segurança tanto do ponto de vista de dimensionamento das estruturas hidráulicas, quanto da estabilidade física do maciço.

São a seguir apresentadas as considerações mais relevantes e as recomendações:

a) Documentação disponibilizada pela Vale

A Vale forneceu extensa documentação, relativa aos últimos alteamentos. Para a barragem inicial e os 6 primeiros alteamentos, foram disponibilizados apenas os projetos executivos, sendo apresentados desenhos “As Built” apenas para os alteamentos de número 7 a 10. Dessa maneira, está sendo executado o projeto “As Is” da Barragem I, o qual deverá ser entregue até o dia 16/06/2019, conforme artigo 9º da Portaria ANM nº. 70.389/2017.

b) Reservatório

Quando da inspeção de campo, os serviços de limpeza do reservatório estavam em andamento. Uma vez concluídos, recomenda-se conformar a superfície do rejeito de forma a obter-se um caimento que direcione a água para o sistema extravasor, evitando acúmulo superficial no reservatório.

Ademais, observou-se o direcionamento da nascente diretamente para o extravasor. Entretanto, o sistema implantado apresenta capacidade limitada, não sendo capaz de controlar todo o aporte esperado durante o período chuvoso. Para este fim, recomenda-se a construção de um *sump* no trecho de montante do reservatório, o qual deverá direcionar por gravidade a água para o extravasor sem permitir empoçamento.

Aguardando a execução desta estrutura, o sistema de bombeamento implantado deve ser avaliado para determinar sua capacidade. Em especial, deve-se verificar se é possível adequar a tubulação instalada, reduzindo a altura de recalque e aumentando a vazão.

Ainda sobre o sistema de bombeamento, é importante ressaltar a importância de realização de testes regulares e de garantir que a bomba reserva esteja instalada em paralelo e pronta para acionamento imediato em caso de evento extremo de precipitação.

c) Sistema extravasor

Em geral, as condições do sistema extravasor são adequadas. Contudo, é importante ressaltar a necessidade de realização de manutenção na bacia de dissipação, corrigindo a erosão em andamento na base da laje junto ao reservatório da Barragem VI.

Recomenda-se, também, realizar a limpeza de todas as estruturas vertentes, inclusive aquelas inutilizadas, possibilitando o adequado levantamento destas durante o projeto de descomissionamento.

	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 69/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

d) Drenagem interna

Dada sua importância para garantir a segurança da barragem, merece especial atenção a conservação dos drenos instalados. Nesse sentido, deve-se, primeiramente, reparar aqueles danificados, garantindo que não haja comprometimento à capacidade do sistema de drenagem.

Na sequência, é importante atentar à manutenção destes drenos. Para tanto, recomenda-se a proteção de suas saídas, evitando que estas venham a ser novamente danificadas por animais de grande porte. Preventivamente, cercas e mata-burro devem ser instaladas em pontos estratégicos para minimizar a entrada destes animais.

Já nos drenos onde foi observado fluxo com coloide, deve-se atuar corretivamente realizando a limpeza.

Finalmente, é importante atentar para a presença de sifão na saída dos drenos. Não só esta peça de detalhe, fundamental para evitar a entrada de ar na tubulação, deve ser instalada, como a equipe responsável por realizar as leituras de vazão deve ser instruída a sempre posicioná-los voltados para cima.

e) Drenagem superficial

Inicialmente, é importante realizar o desassoreamento da drenagem superficial. Neste processo, deve-se atentar à remoção restos de obra que possam vir a ser carregados para canaletas e à recuperação de pontos de erosão superficial.

Uma vez realizada a limpeza, deve-se avaliar a existência de danos estruturais e fluxo com coloide através de trincas. Os danos estruturais devem ser reparados, atendendo principalmente para as escadas hidráulicas deterioradas. Para as trincas que apresentam percolação, especialmente as com presença de colóide, sugere-se a instalação de pequenos tubos barbacãs envoltos por geotêxtil e areia.

O projeto de drenagem superficial deve ser revisado, considerando o novo aporte de vazão pelos DHPs. Ademais, devem-se corrigir incoerências verificadas em inspeção, tais quais declividades incompatíveis (levando a empoçamentos) e escadas inutilizadas. Quando desta revisão, deve-se prever, também, a construção de canaletas perimetrais nas ombreiras, evitando a continuação do processo erosivo identificado.

Deve-se monitorar, também, a abertura de fissuras nas canaletas próximo à ombreira esquerda, nas bermas de El. 937,00 m, El. 929,00 m, El. 922,00 m e El. 916,00 m.

f) Talude de jusante e pé da barragem.

De maneira geral, a conservação do talude de jusante apresenta-se adequada. De toda forma, é necessário intervir recuperando a cobertura vegetal, principalmente entre a crista e a bermas de El. 929,00 m.

	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 70/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

Já no pé da barragem, deve-se atentar ao grande bloco abaixo da estrada. Para determinar com precisão sua extensão, recomenda-se a limpeza da área e realização de mapeamento geológico de superfície. Esta última deve ser complementada por investigação geofísica para determinação das dimensões não expostas.

Uma vez realizada tais investigações, a estabilidade do bloco e seu potencial de comprometimento da estrutura devem ser avaliados. Especialmente, deve-se atentar à possibilidade de que movimentações deste bloco constituam gatilhos para a liquefação. Em sendo necessário, medidas corretivas devem ser executadas.

Por fim, é importante garantir a drenagem da região a jusante do pé da barragem. Para tanto, recomenda-se direcionar a água proveniente da drenagem superficial (por meio de canaletas) e, no caso de permanecer a condição alagadiça a jusante do bloco rochoso mencionado, instalar drenos tipo espinha de peixe.

g) Procedimentos de Monitoramento, Operação e Manutenção

Mantendo-se a recomendação da Revisão Periódica, sugere-se fornecer os dados do monitoramento sistematicamente ao autor da declaração de condição de estabilidade da barragem, durante a vigência legal desta. Uma vez automatizada a instrumentação, convém autorizar o acesso remoto aos dados de monitoramento.

Ademais, acredita-se que pode ser proveitosa a melhoria contínua do processo de monitoramento por radar da barragem. Nesse sentido, recomenda-se tornar mais refinada a definição de zonas de monitoramento, permitindo acompanhar, em maiores detalhes, as tendências de movimentação da barragem.

h) Aderência entre projeto e construção

Do 7º ao 10º alteamento, para os quais foram disponibilizados desenhos “As Built”, observou-se aderência entre o projeto executivo e a obra executada.

i) Análise de Monitoramento

Notou-se uma tendência de deplecionamento do lençol freático, mais nítida quanto mais a montante se encontra o instrumento. Esta variação do nível d’água teve ordem de grandeza métrica, nestes dois últimos anos referentes ao período de análise do monitoramento.

Recomenda-se a instalação de novos piezômetros multi-níveis, com o intuito de confirmar a hipótese de existência de lençóis empoleirados no rejeito da barragem. Especialmente, estes novos piezômetros também têm o intuito de validar a extrapolação das camadas de empoleiramento e piezometria associada, realizada para a Seção E-E a partir das avaliações realizadas nas Seções C-C e D-D.

Estes instrumentos devem ser programados em locais estratégicos (em lacunas, locais sem informação), instalados em cada camada de empoleiramento (multi-níveis).

	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 71/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

j) Análise de estabilidade

Nos mesmos locais de instalação dos novos piezômetros, é recomendada a realização de novos ensaios CPTu, com a intenção de registrar a variação da piezometria continuamente com a profundidade, além de fornecer novos subsídios para obtenção de parâmetros geotécnicos. Recomenda-se realizar nestes locais, amostragem deformada contínua, para confirmar a classificação indireta interpretada a partir do CPTu.

Neste sentido, também se recomenda a complementação da caracterização física e geomecânica do rejeito, com novos ensaios de campo e laboratório cujos procedimentos de execução estejam de acordo com a metodologia proposta por Castro (1969) e Poulos *et al.* (1988). Dada a ocorrência de lentes de rejeito fino nas regiões de praia, é recomendável realização de ensaio de cisalhamento simples em amostras indeformadas e moldadas, à luz da experiência na Barragem do Fundão (Morgenstern *et al.*, 2016).

k) Avaliação da segurança hidráulica

Conforme os estudos acima apresentados, ao transitar uma Cheia Máxima Provável pelo reservatório da Barragem I, a borda livre resultante é de 4,65 m e a vazão defluente decorrente desta cheia não provoca o transbordamento do sistema extravasor, além de seu comportamento hidráulico se apresentar adequado ao longo de todos os trechos simulados. Desta forma, o sistema extravasor se encontra aderente à NBR-13028 (2017) para a situação de operação.

Com base no exposto acima, as recomendações desta auditoria são sintetizadas na sequência. Em **negrito**, são destacadas as recomendações originalmente propostas na revisão periódica e aqui reforçadas.

- i) Instalar monitoramento da movimentação dos blocos. ii) Controlar fluxo na região alagadiça a jusante da barragem, direcionando a água proveniente da drenagem superficial. iii) Verificar em seguida se a condição alagadiça se mantém, necessitando de drenagem subsuperficial (com drenos tipo espinha de peixe).
- Realizar investigações geofísicas para subsidiar avaliação da estabilidade dos blocos localizados a jusante do pé da barragem. Avaliar o potencial de movimentação dos blocos (deslizamento e tombamento). Em sendo necessário, intervir para garantir sua contenção.
- Implantar sump no trecho de montante do reservatório visando direcionamento dos aportes de água para o extravasor operacional por meio de um canal, mantendo o sistema de bombeamento como medida emergencial.
- Verificar vazão do sistema atual de bombeamento avaliando o ganho por redução da altura de recalque. Deslocar a tubulação para a soleira da torre de queda do 9º alteamento somente se o ganho de vazão for significativo.
- Instalar bomba reserva em paralelo e instituir programa de testes periódicos do bombeamento na existência de lâmina d'água no reservatório.

	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 72/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

- Após levantamento topográfico do As Is, avaliar o direcionamento do escoamento superficial para o extravasor operacional ou para o sump.
- Reparar os tubos PVC das saídas da drenagem interna expostos nas faces dos taludes e pisoteados.
- Instalar proteção nas saídas dos DHPs, evitando que estes venham a ser danificados por animais de grande porte. Instalar sifão na saída de todos os DHPs e instruir equipe responsável pela medição das vazões a sempre posicioná-los voltados para cima.
- Promover limpeza das saídas das drenagens internas e dos DHPs que apresentarem precipitação de colóide. Verificar possibilidade de instalação de sifão nas referidas saídas das drenagens internas. Acompanhar a progressão do fenômeno e, se o DHP persistir com carreamento de finos, tamponá-lo.
- Desassorear canaletas de drenagem superficial, removendo restos de obra tanto de dentro das canaletas quanto das redondezas e corrigindo erosões localizadas. Reparar trincas e danos estruturais na drenagem superficial. Nas trincas com surgência, instalar localmente filtros e drenos para evitar carreamento de material. Monitorar abertura das brechas nas canaletas próximas à ombreira esquerda.
- Avaliar drenagem superficial, adequando declividades, verificando o direcionamento do fluxo para as escadas hidráulicas e considerando acréscimos de vazão ocasionados pelos novos DHPs. Dimensionar canaleta perimetral na O.E. (no local de erosão superficial), para implantação após período chuvoso.
- Recompôr a erosão superficial da ombreira direita entre o 6º e 7º alteamentos. Adequar cobertura vegetal nos locais deficientes, com ênfase nos pontos de erosão superficial e no trecho entre a crista e a El.929,00m. Manter a rotina de roçada, eliminando a vegetação arbustiva identificada.
- **Recomendação da RPSB: Instalar piezômetros multi-níveis em pontos estratégicos. Nestes locais realizar ensaios CPTu e amostragem contínua. Complementar caracterização física e geomecânica do rejeito, com novos ensaios de campo e laboratório.**
- **Recomendação da RPSB: Instalar monitoramento microssísmico no corpo da barragem, visando avaliar acelerações induzidas por detonações e pela execução dos DHPs e, especialmente, para controle durante as obras do descomissionamento.**

11 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Castro, G. (1969). Liquefaction of sands. PhD Thesis – Harvard Soil Mechanics Series n.81, Cambridge, MA.
- Leshchinsky, B. and Ambauen, S. (2015). Limit Equilibrium and Limit Analysis: comparison of benchmark slope stability problems. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering. ASCE.

	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 73/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

Morgenstern, N. R. *et al.* (2016). Relatório sobre as Causas Imediatas da Ruptura da Barragem de Fundão, disponível em www.fundaoinvestigation.com, acessado 01/11/17

Olson, S.M. (2001). Liquefaction analysis of level and sloping ground using field case histories and penetration resistance. PhD Thesis – University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana.

Poulos, S.J.; Castro, G. and France, J.W. (1988). Liquefaction evaluation procedure. Journal of Geotechnical Engineering. ASCE: v.114, n.2, pp.251-259.

Robertson, P.K. (2012). The James K. Mitchell Lecture: Interpretation of in-situ tests: some insights. Proceedings of the 4th Geotechnical and Geophysical Site Characterization, Pernambuco. London: Taylor & Francis Group, v.1, pp.3-24.

12 ASSINATURA DO RESPONSÁVEL PELO RISR

A identificação dos componentes-chave da equipe técnica responsável pela elaboração do presente Relatório de Inspeção de Segurança Regular está apresentada na Tabela 12.1 com a assinatura do engenheiro geotécnico responsável em seguida.

	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAPEBA - MINA CÔRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 74/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

Tabela 12.1 – Equipe TÜV SÜD responsável pelo RISR.

Nome	Empresa	Cargo	Responsabilidades	CREA	E-mail	Telefone	Celular
Makoto Namba	TÜV SÜD Bureau	Coordenador de Projetos	Coordenação/ Declaração de Condição de Estabilidade	0601080777/SP	makoto.namba@tuv-sud.com.br	11-3817-0226	11-99264-9261
Marlísio O. Cecílio Jr	TÜV SÜD Bureau	Engenheiro Geotécnico Sênior	Relatório de Inspeção de Segurança Regular / Visita Técnica	2506115595/SP	marlisio.cecilio@tuv-sud.com.br	11-3817-0218	11-98105-2831
Sidnei Ono	TÜV SÜD Bureau	Engenheiro Hidráulico Sênior	Relatório de Inspeção de Segurança Regular / Visita Técnica	5062132798/SP	sidnei.ono@gmail.com	11-3817-0244	11-98919-4137
Gabriel Bilesky	TÜV SÜD Bureau	Engenheiro Geotécnico Junior	Relatório de Inspeção de Segurança Regular / Visita Técnica	5070200660/SP	gabriel.bilesky@tuv-sud.com.br	11-3817-0244	11-98385-7444

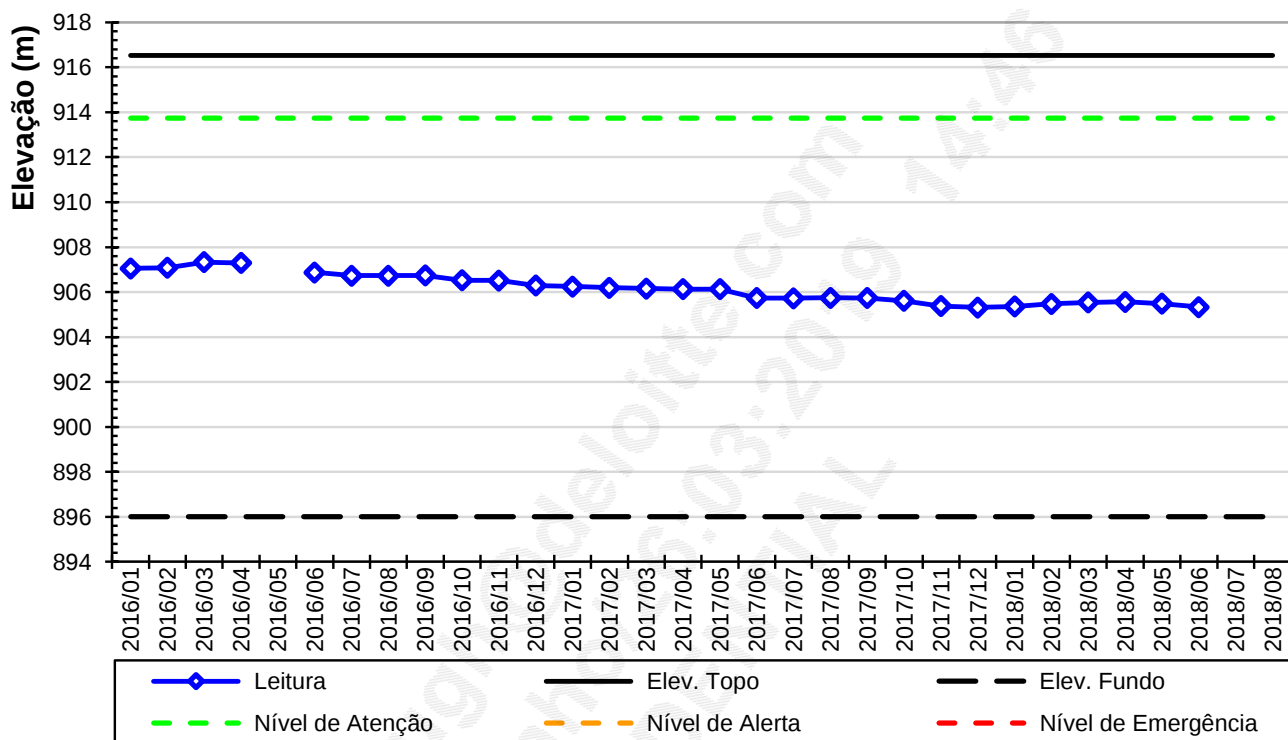
Nome do Responsável Técnico	CREA	Assinatura do Responsável Técnico
Makoto Namba	0601080777/SP	

 VALE	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAPEBA - MINA Córrego Feijão BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 75/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

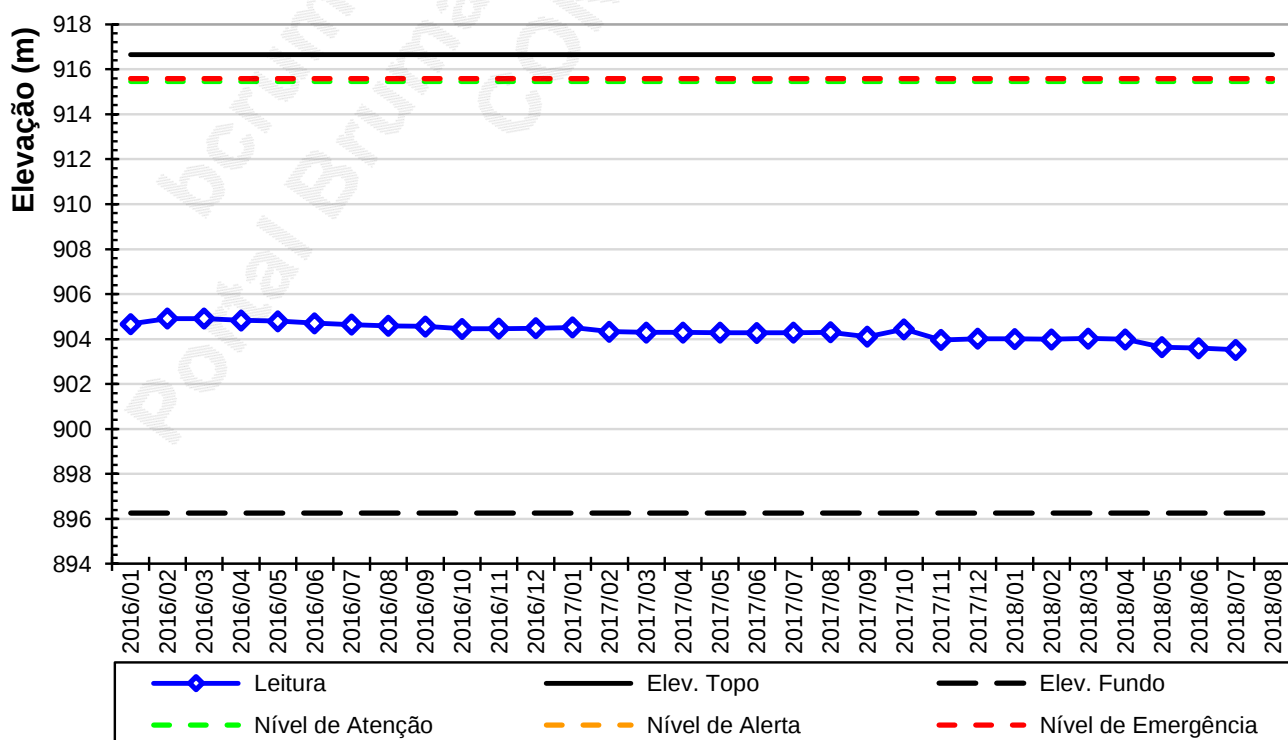
APÊNDICE A

GRÁFICOS DE ANÁLISE DAS LEITURAS DOS INSTRUMENTOS

	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 76/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

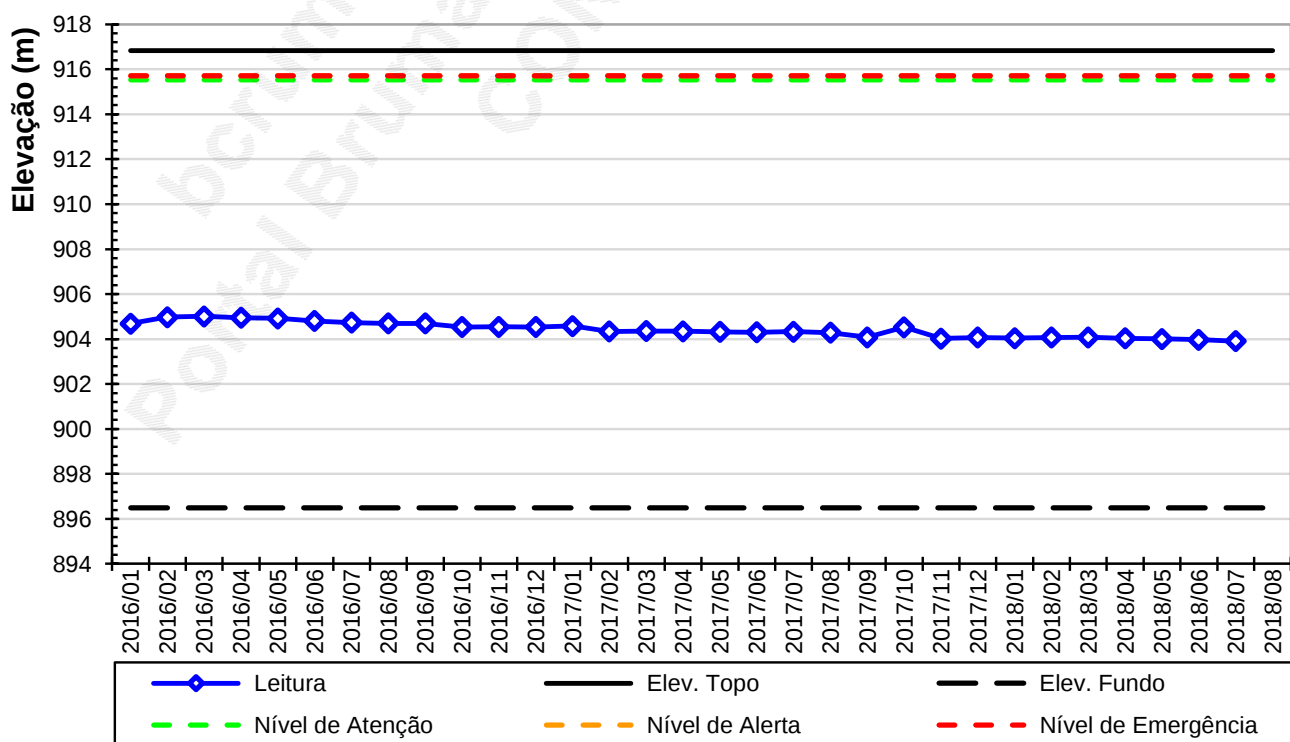
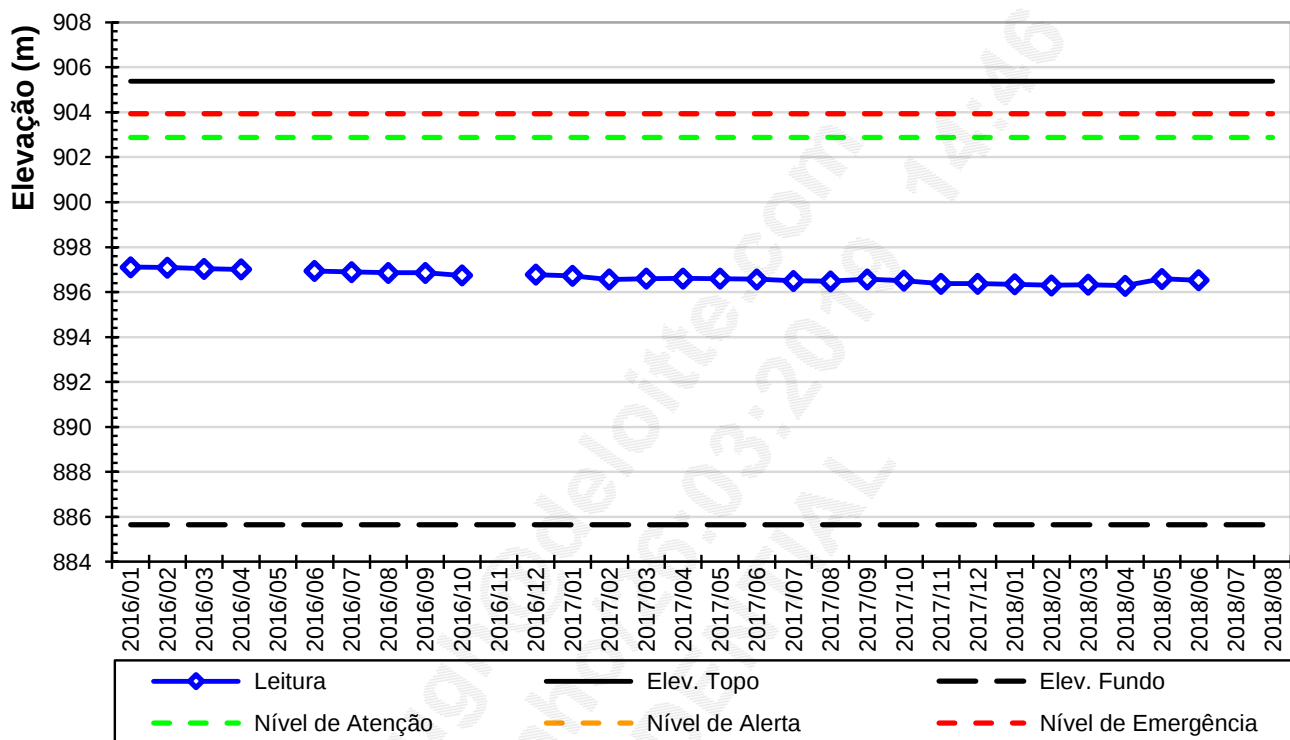


Medições do instrumento CFJB1NA014

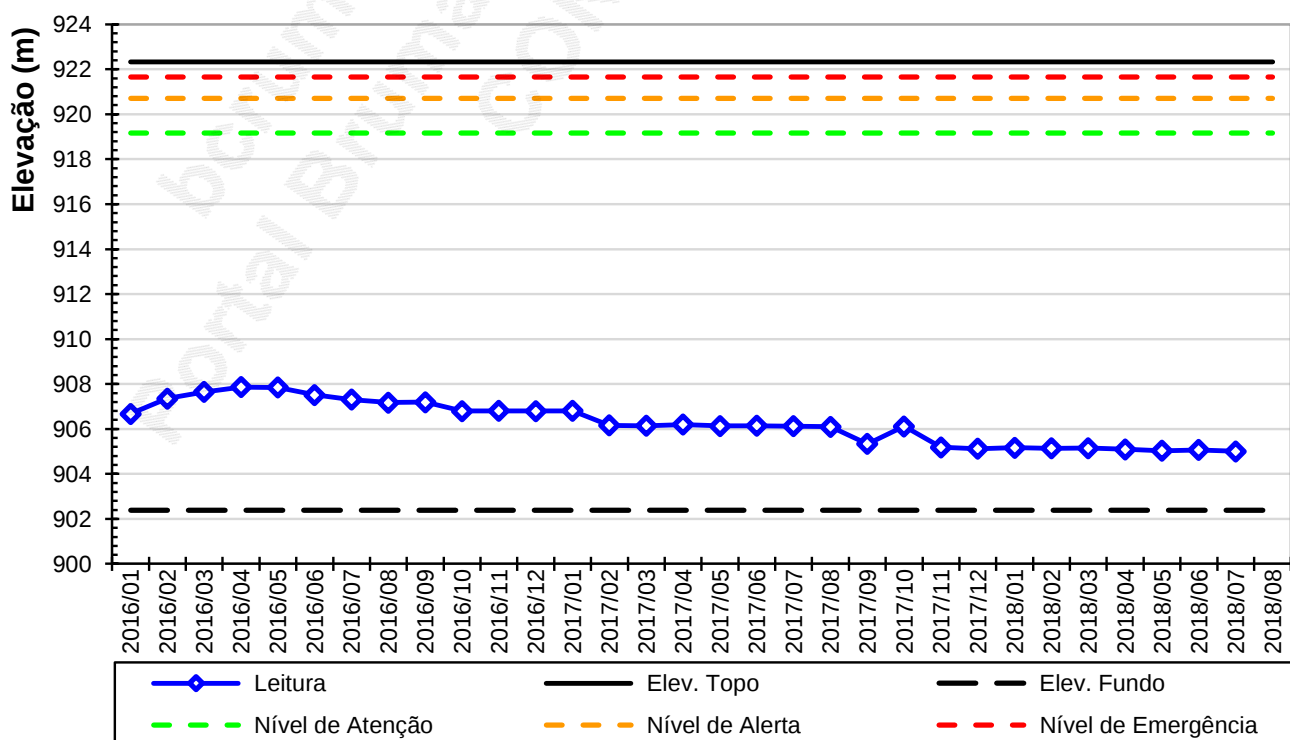
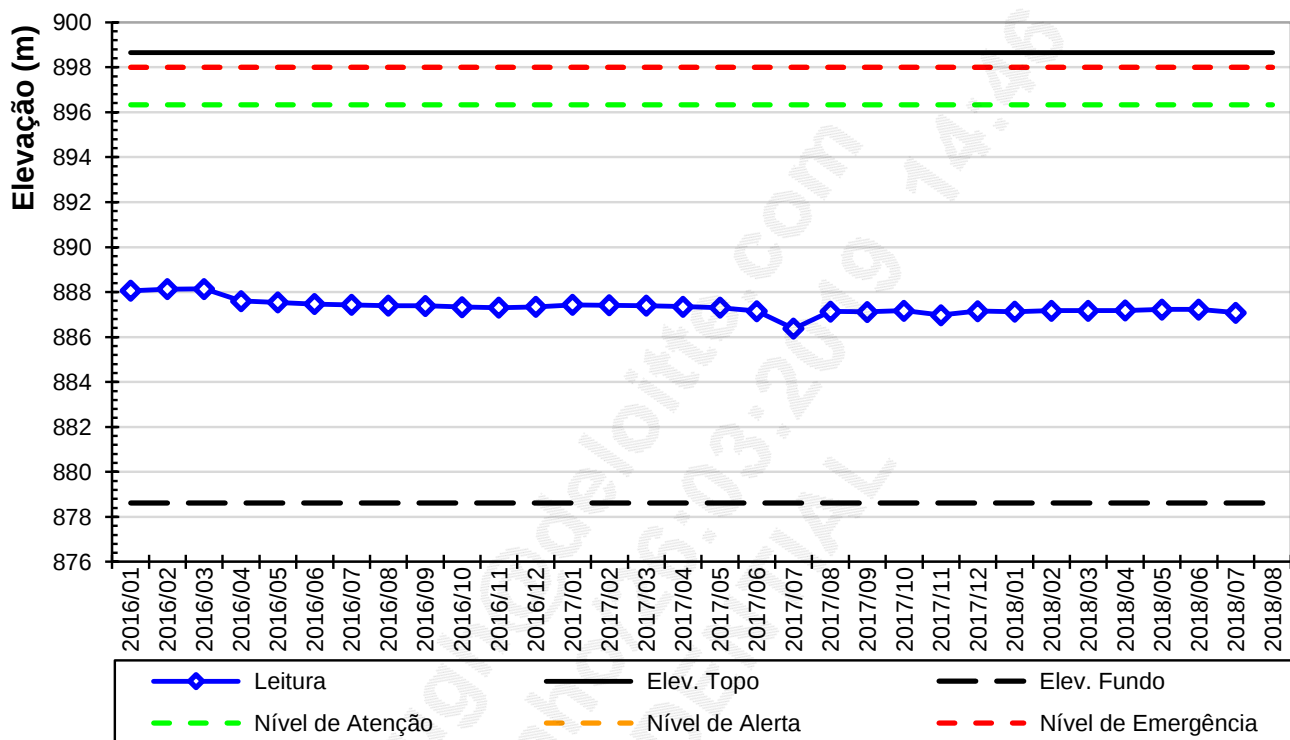


Medições do instrumento CFJB1NA015

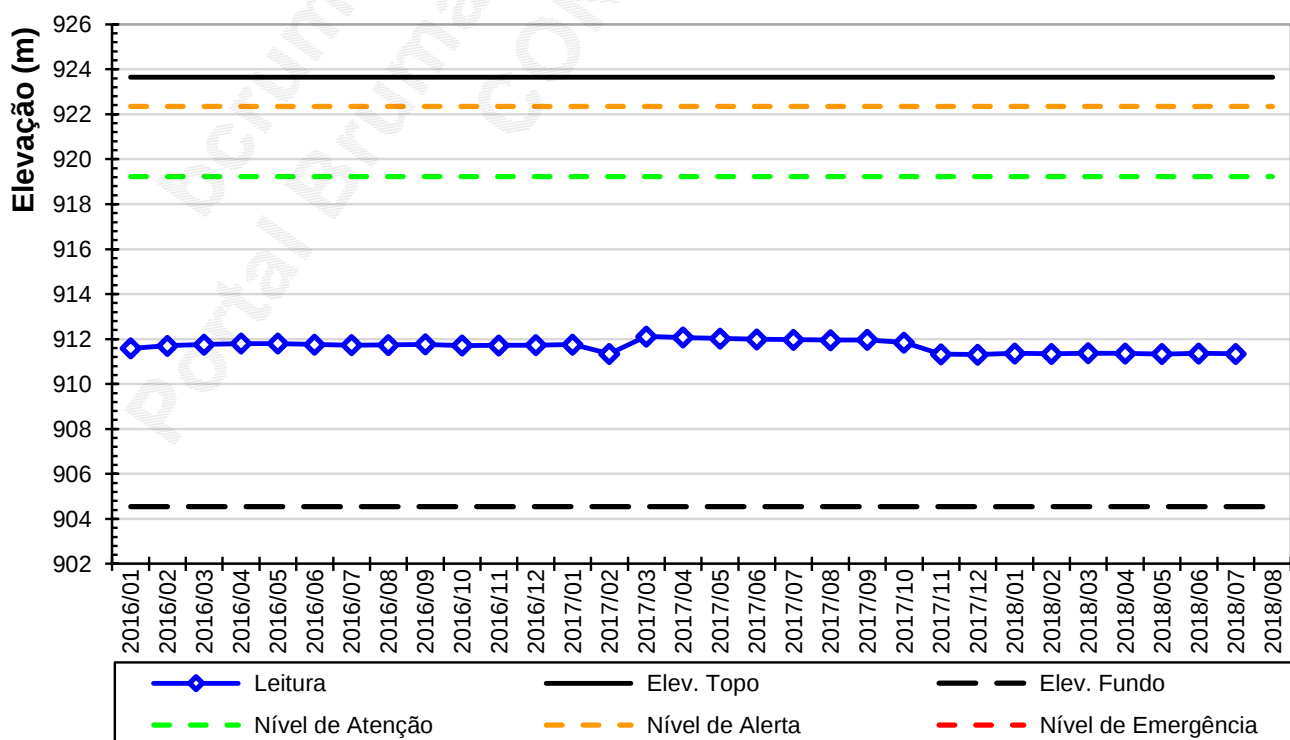
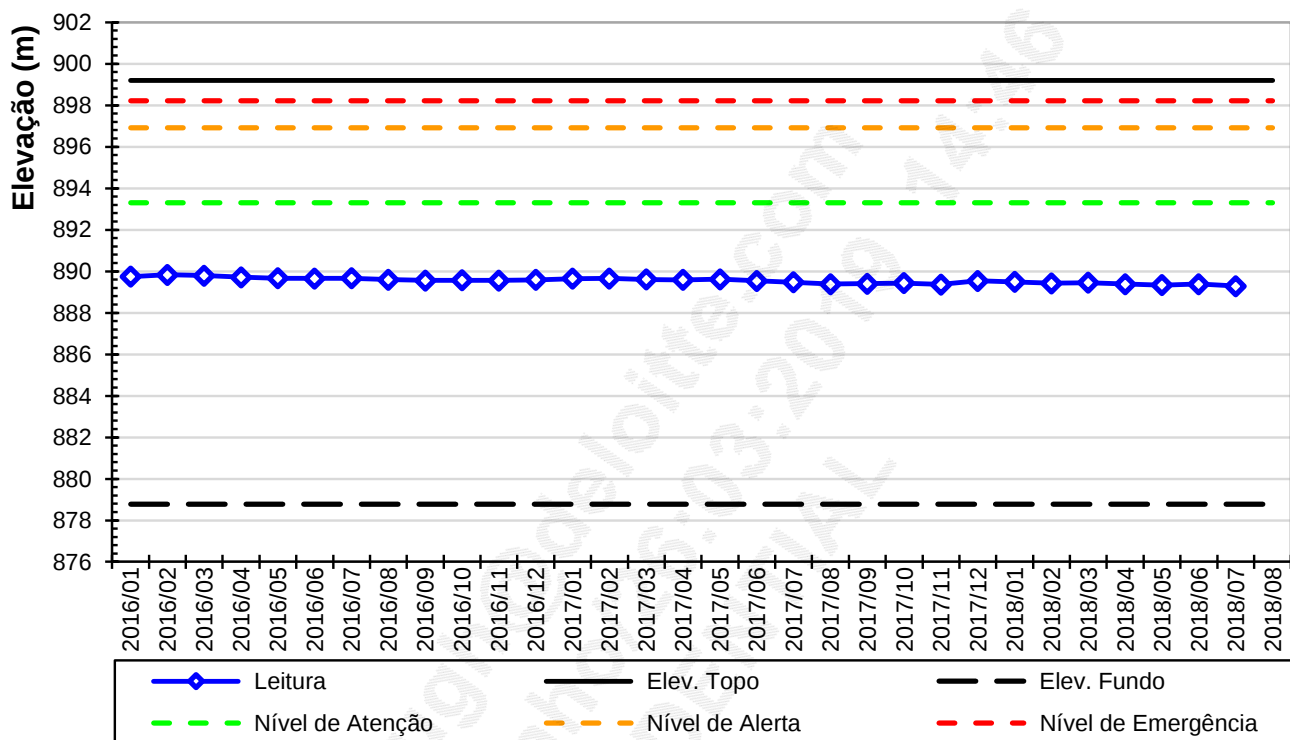
	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAPEBA - MINA CÔRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 77/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0



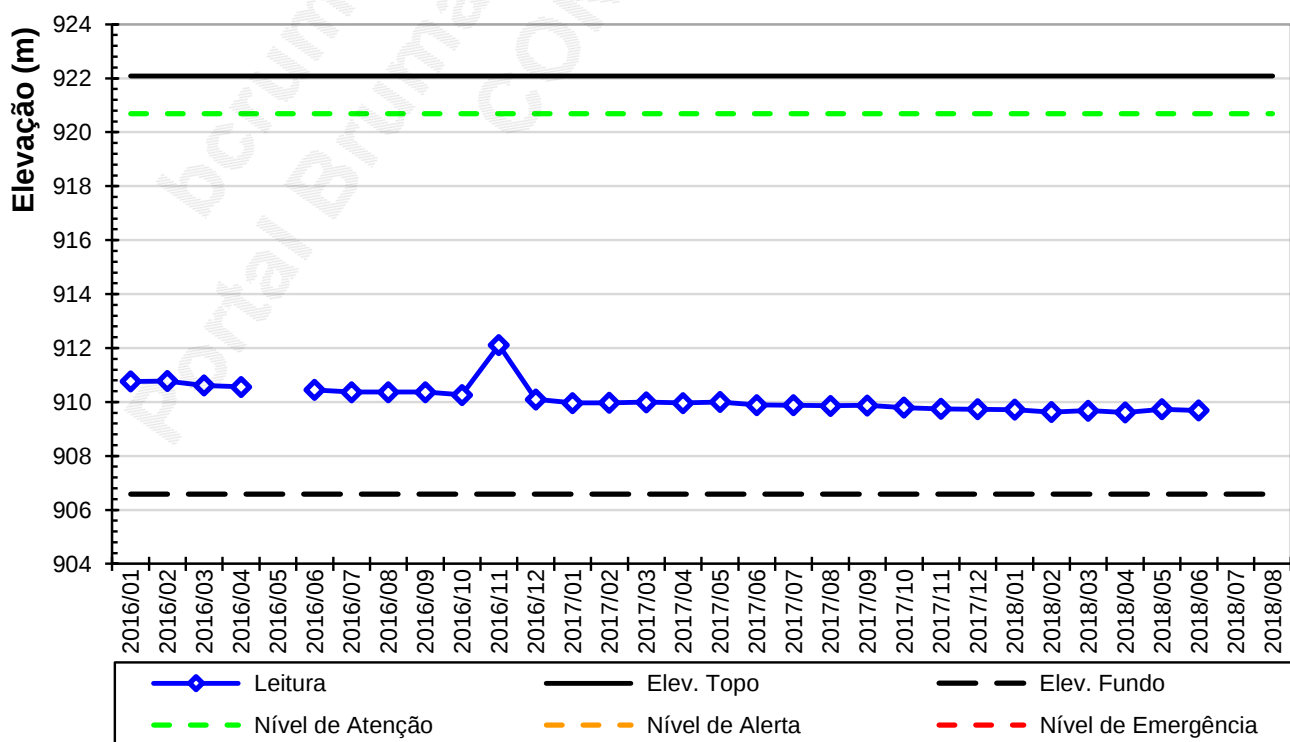
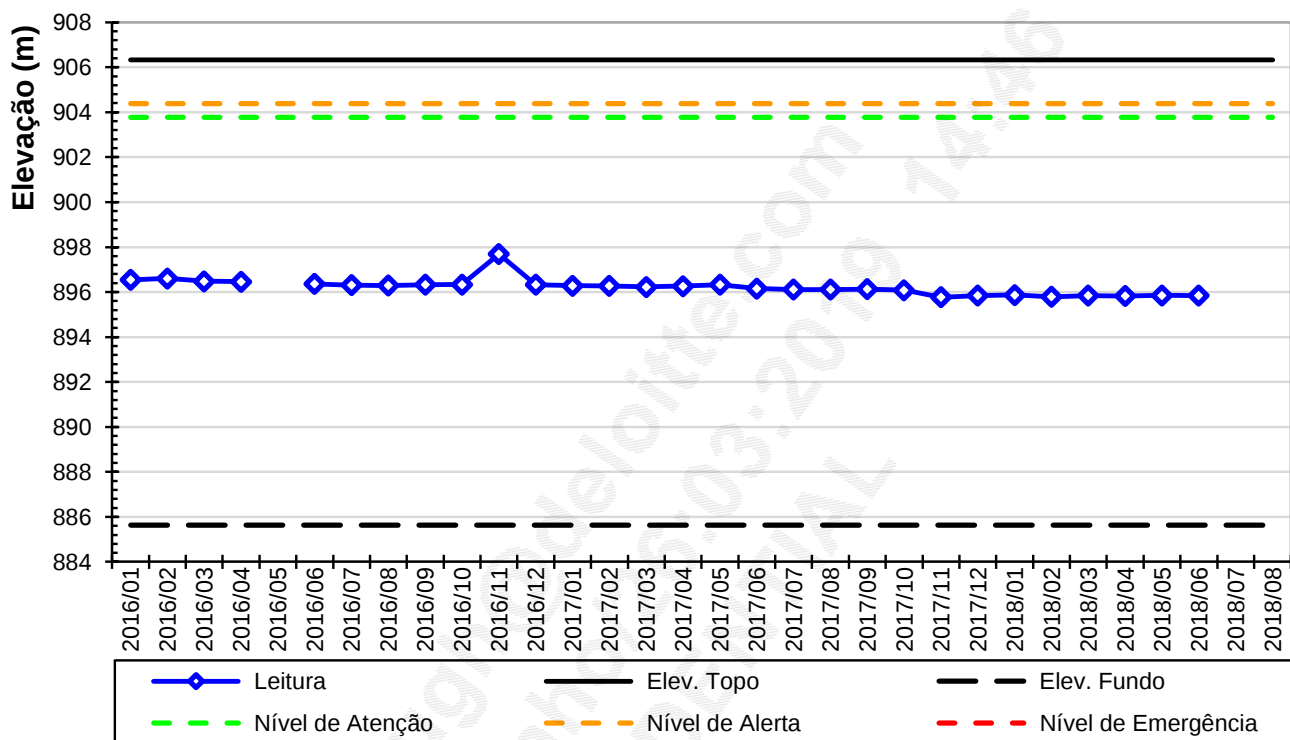
	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 78/128
			Nº TUV SUD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0



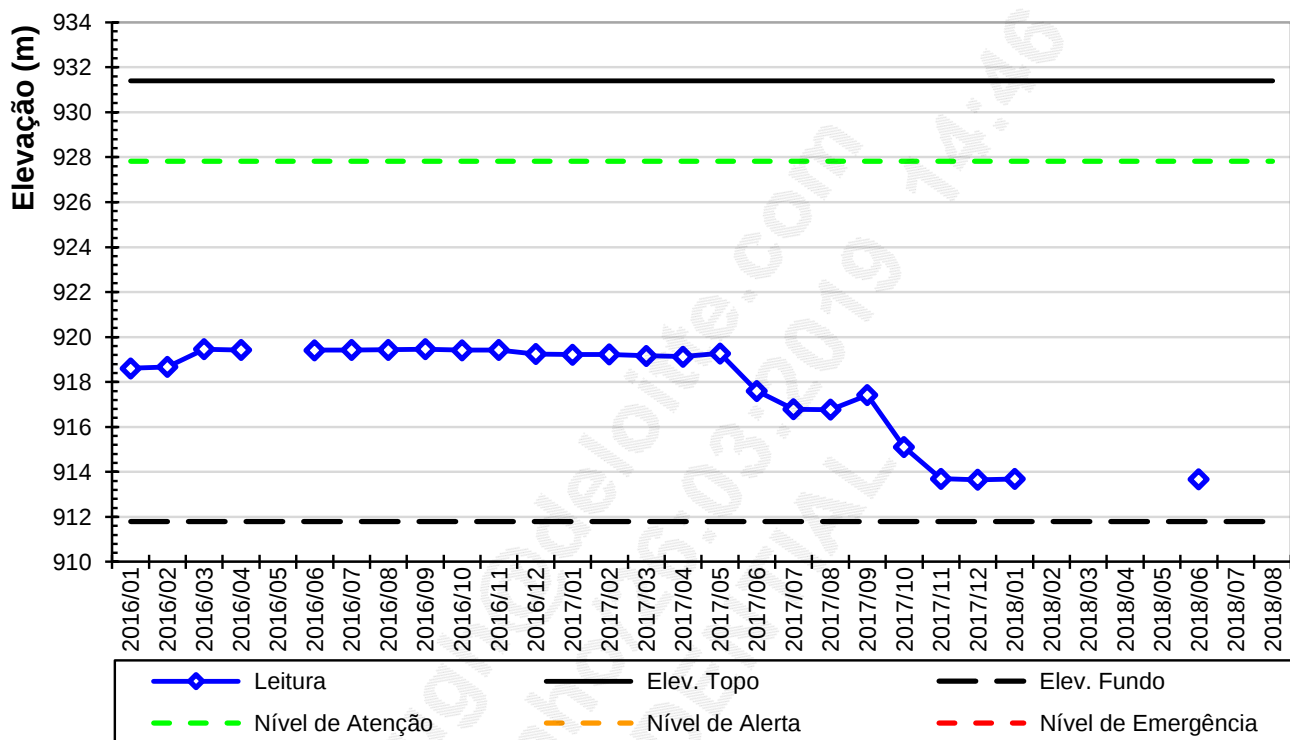
	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 79/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0



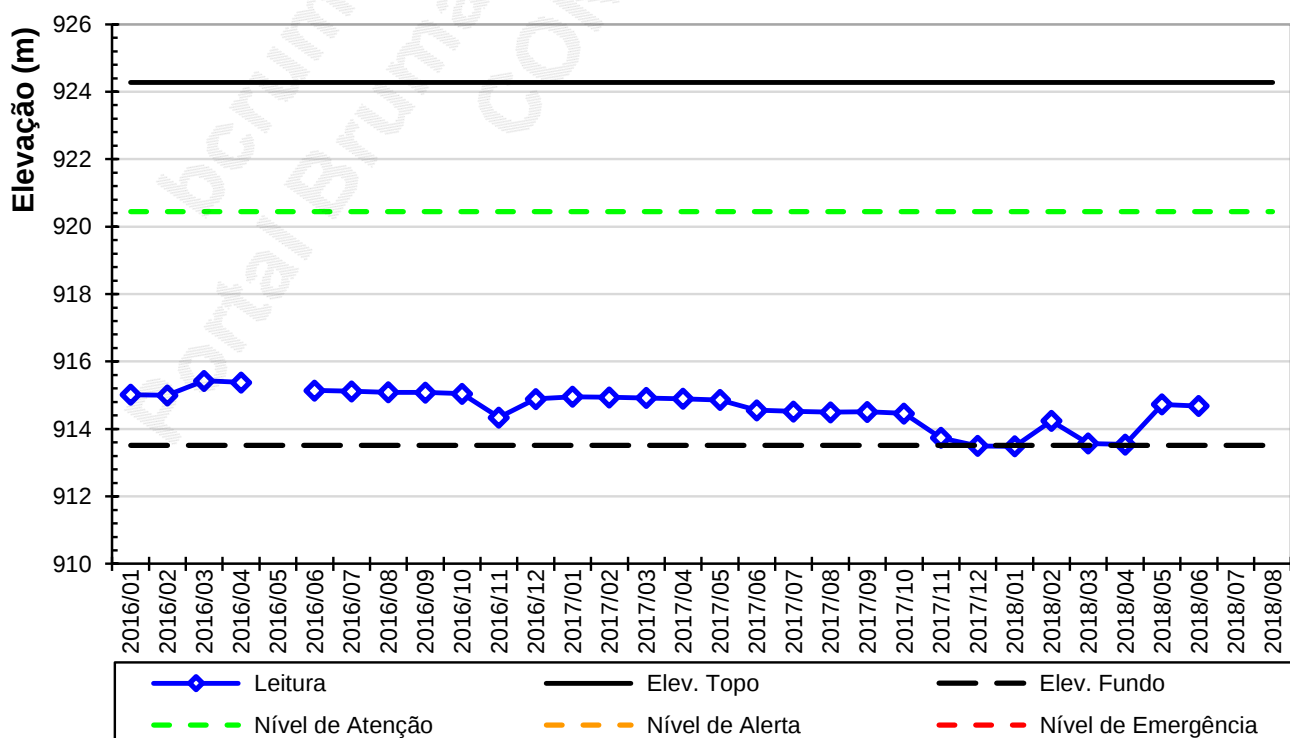
	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 80/128
			Nº TUV SUD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0



	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 81/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

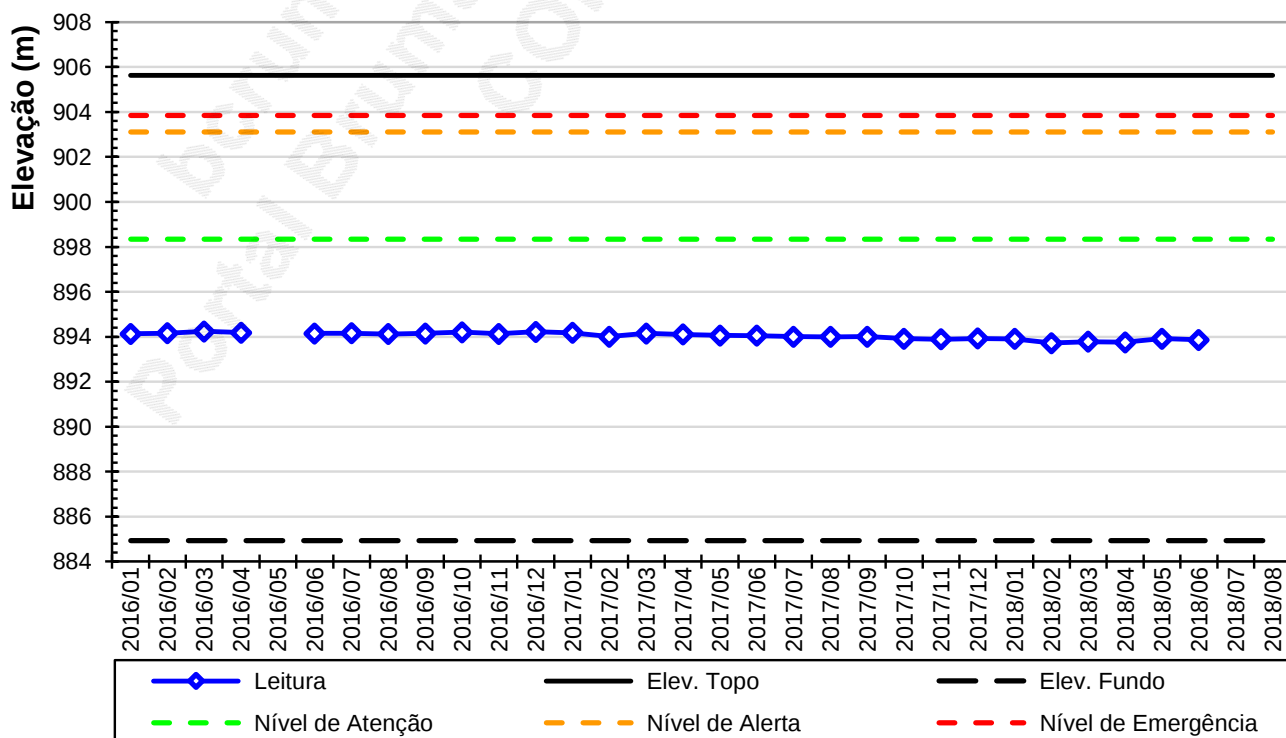
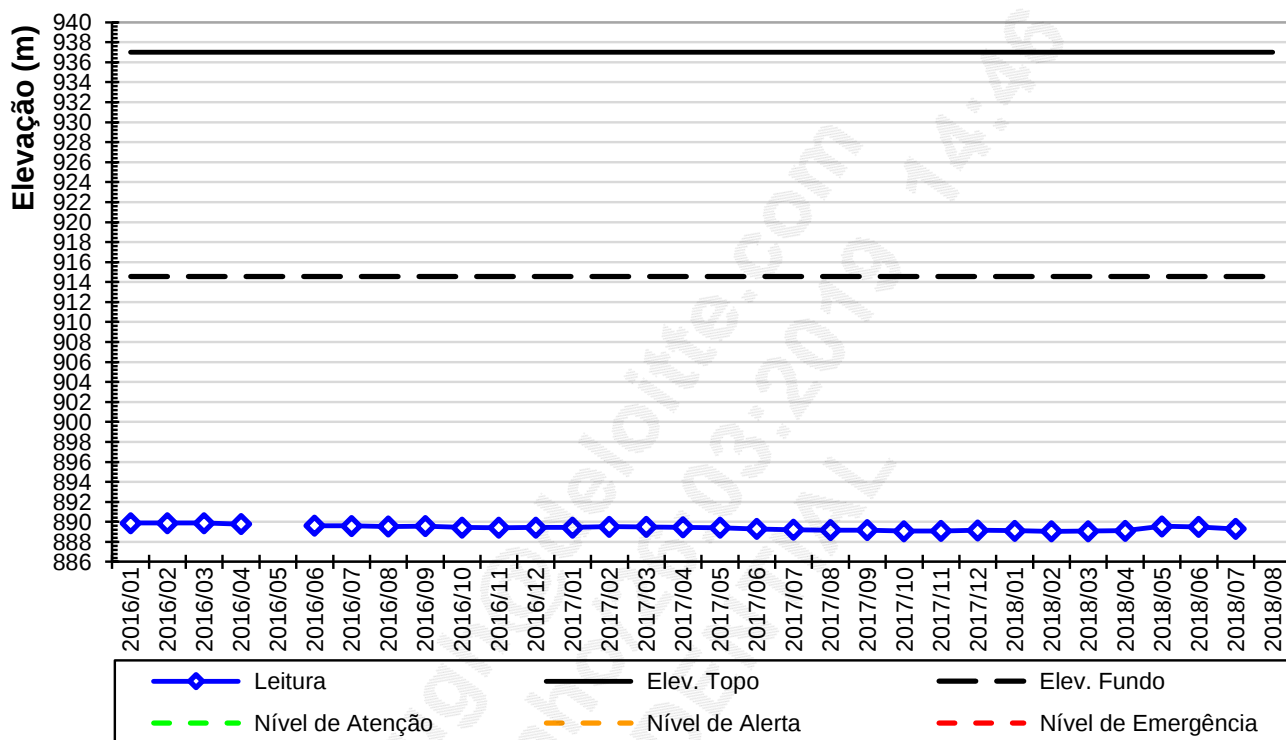


Medições do instrumento **CFJB1NA025**

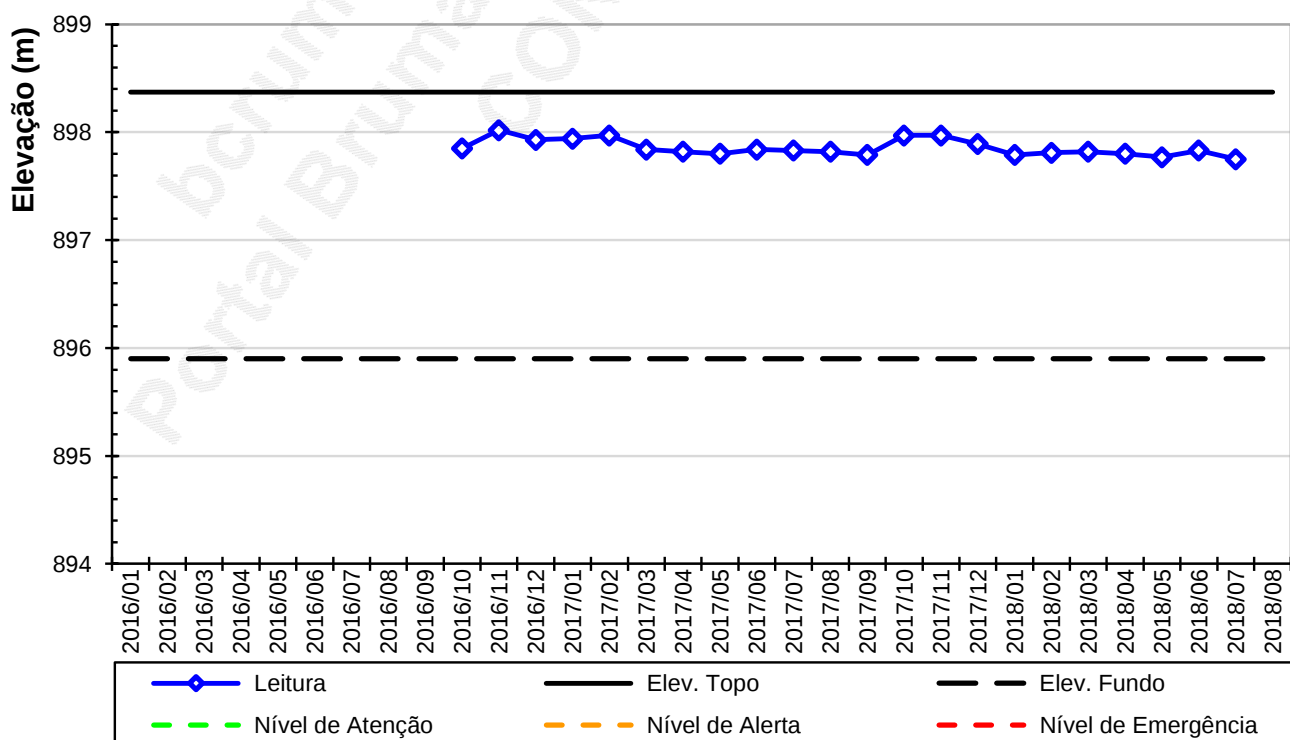
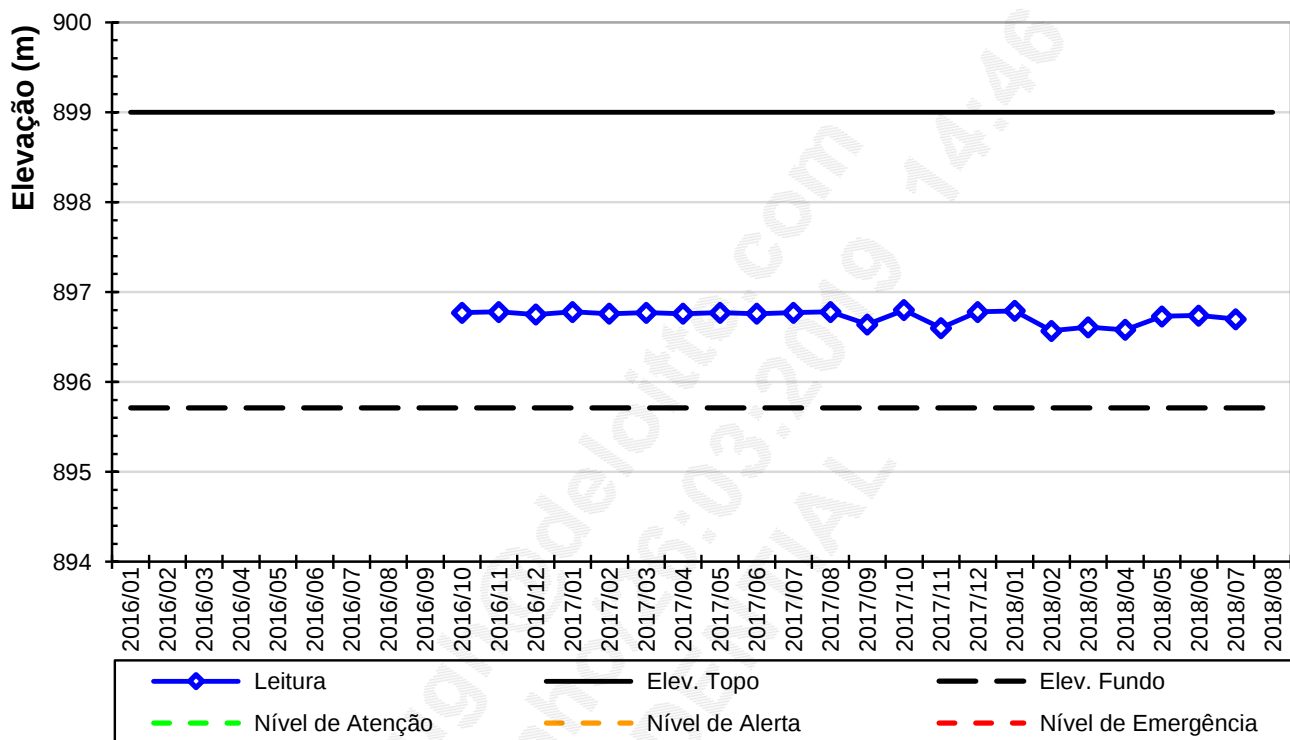


Medições do instrumento **CFJB1NA026**

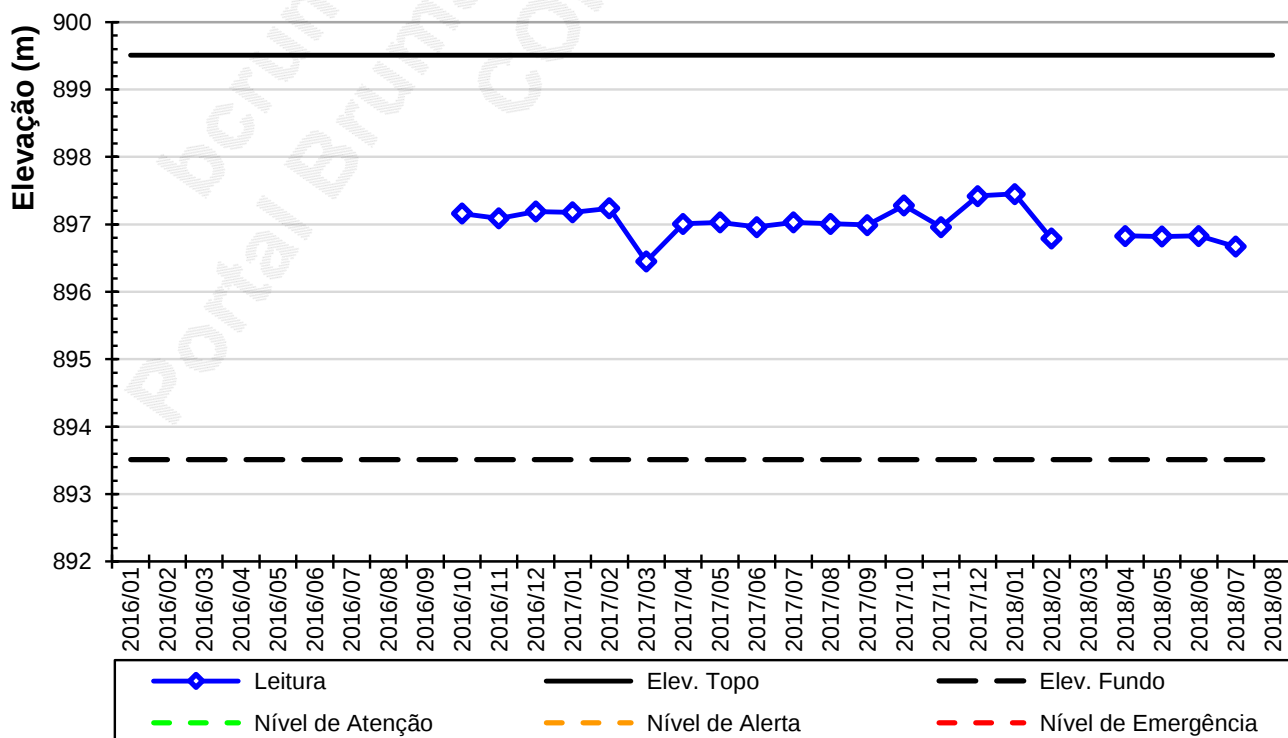
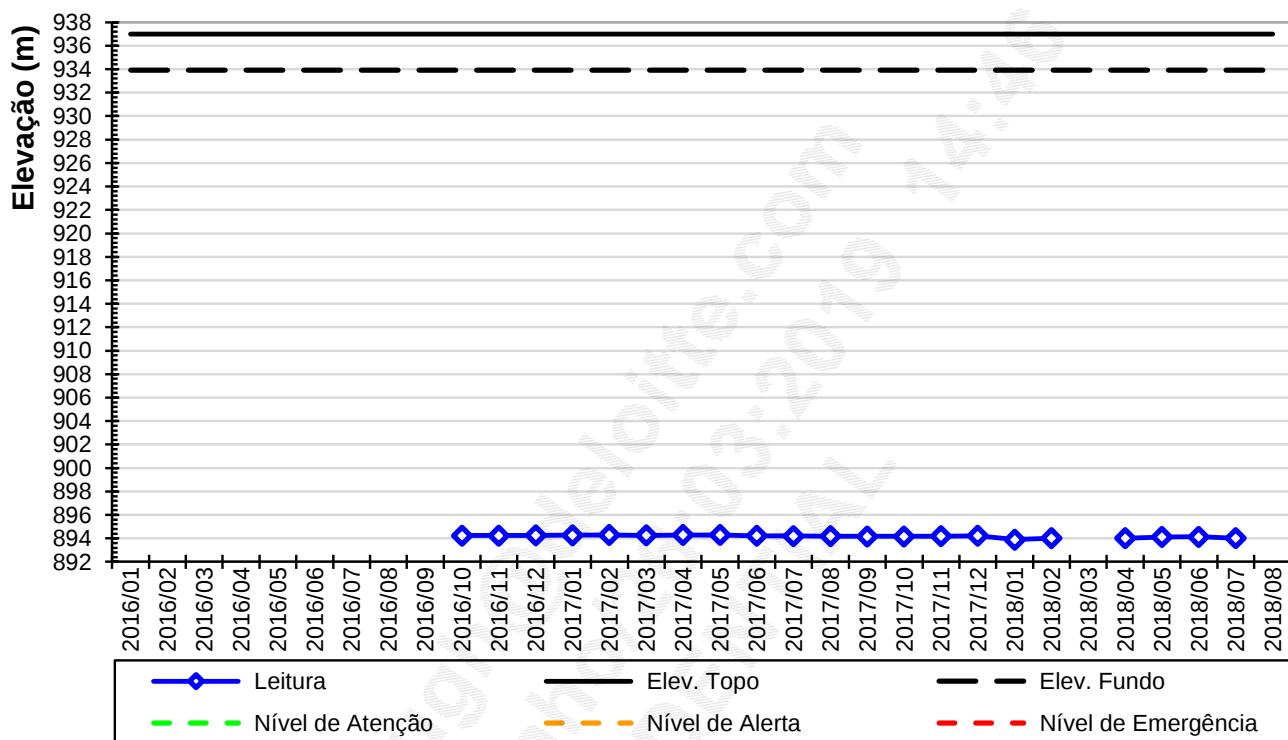
	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 82/128
			Nº TUV SUD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0



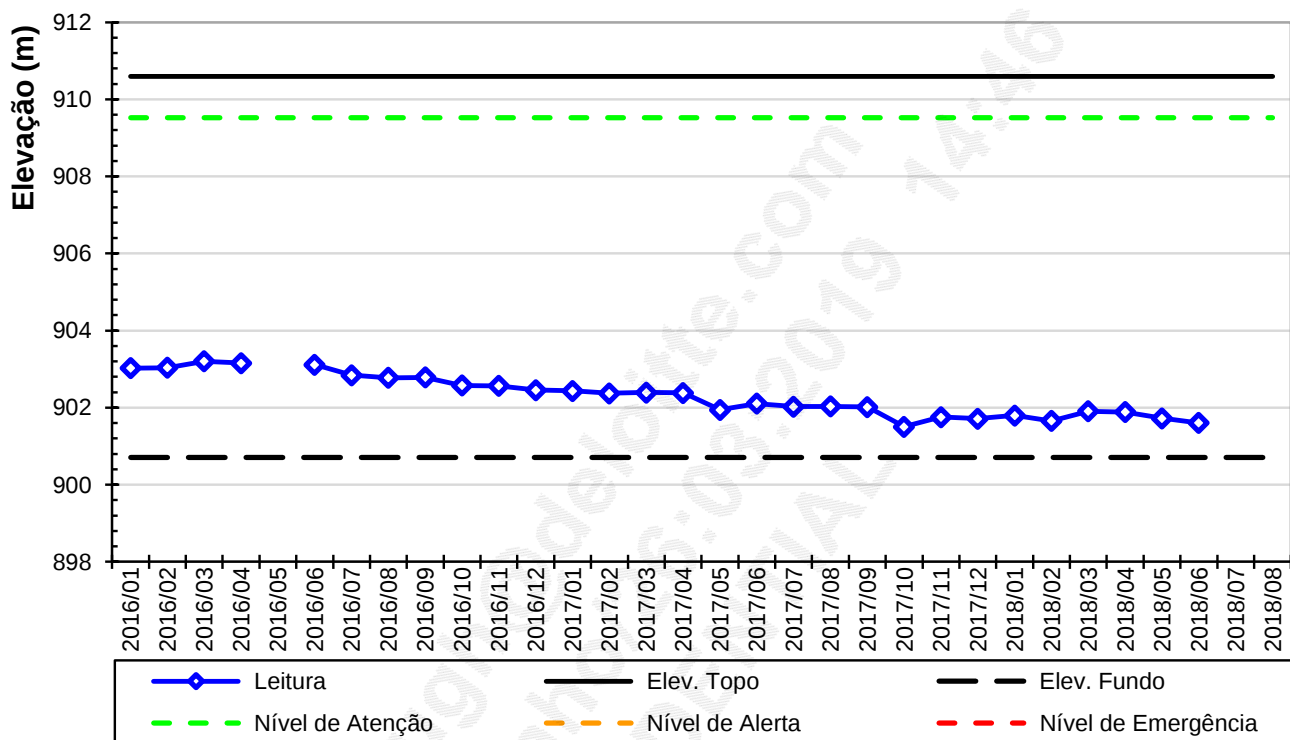
	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 83/128
			Nº TUV SUD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0



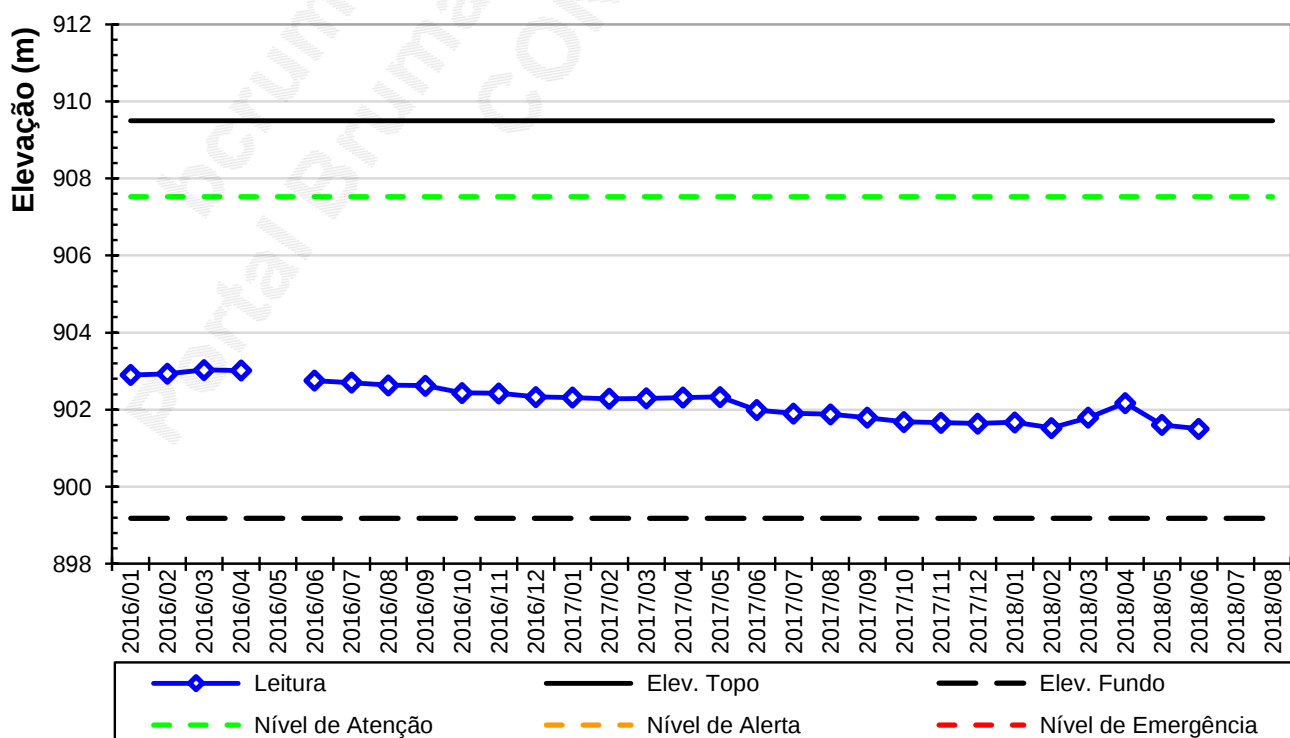
	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAPEBA - MINA Córrego Feijão BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 84/128
			Nº TUV SUD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0



	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 85/128
			Nº TUV SUD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

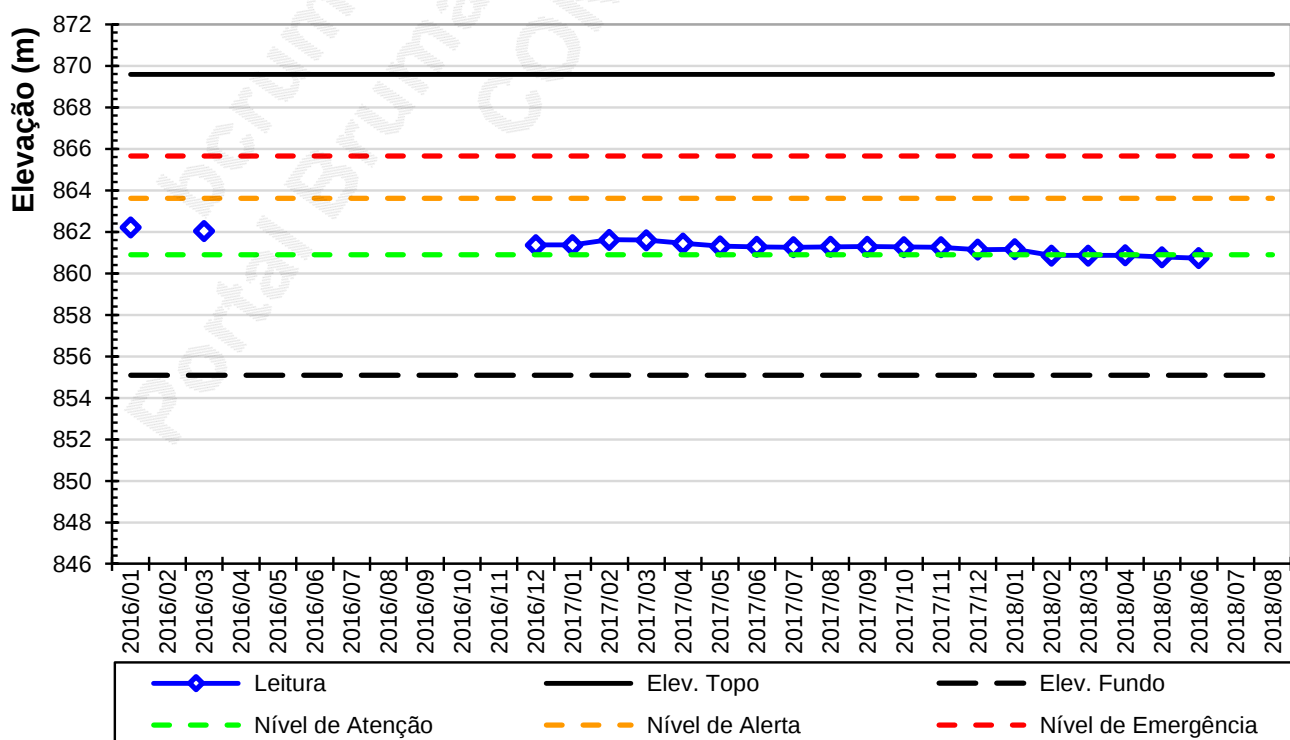
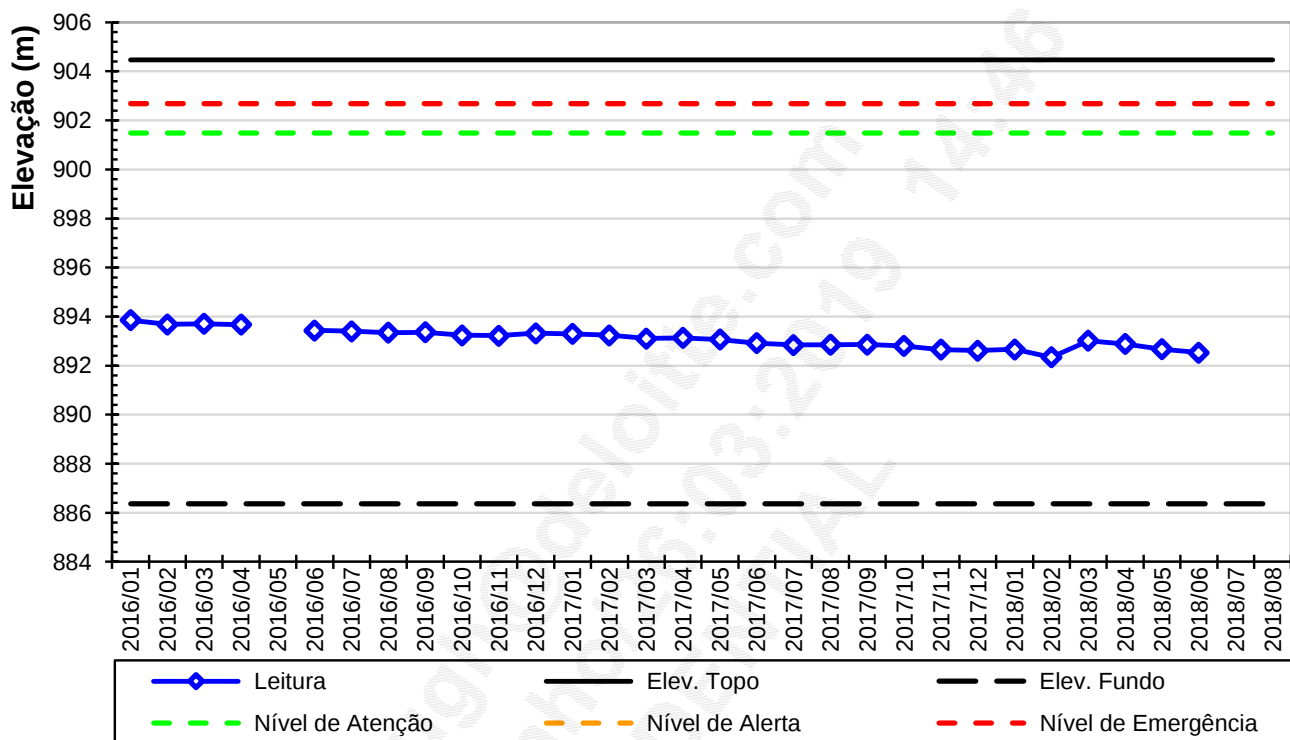


Medições do instrumento **CFJB1PZ002**

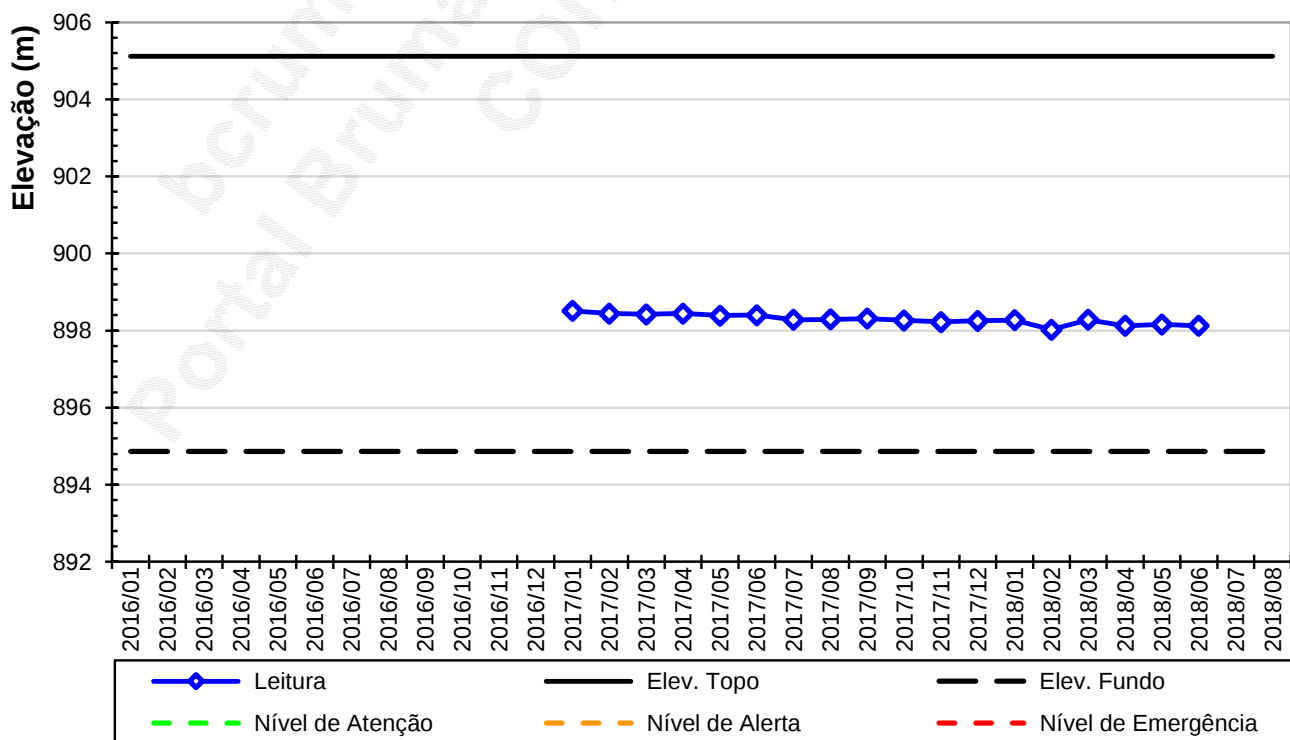
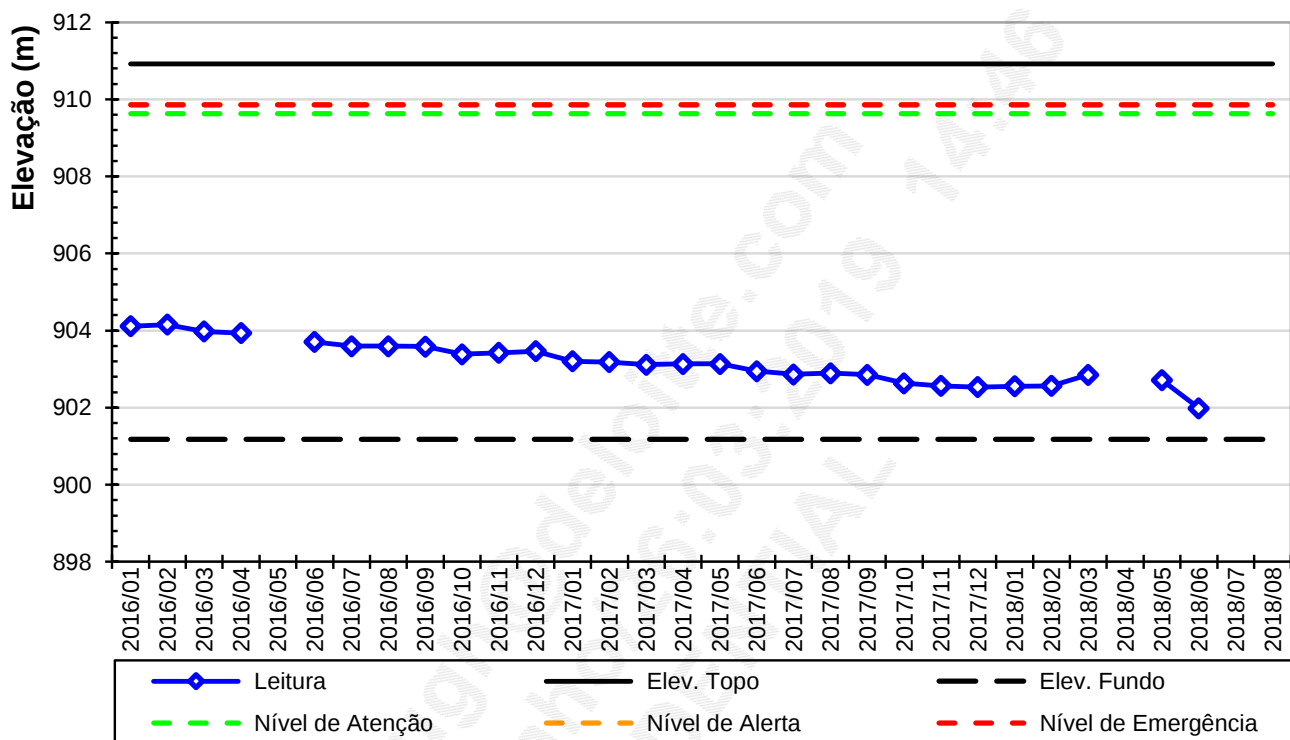


Medições do instrumento **CFJB1PZ003**

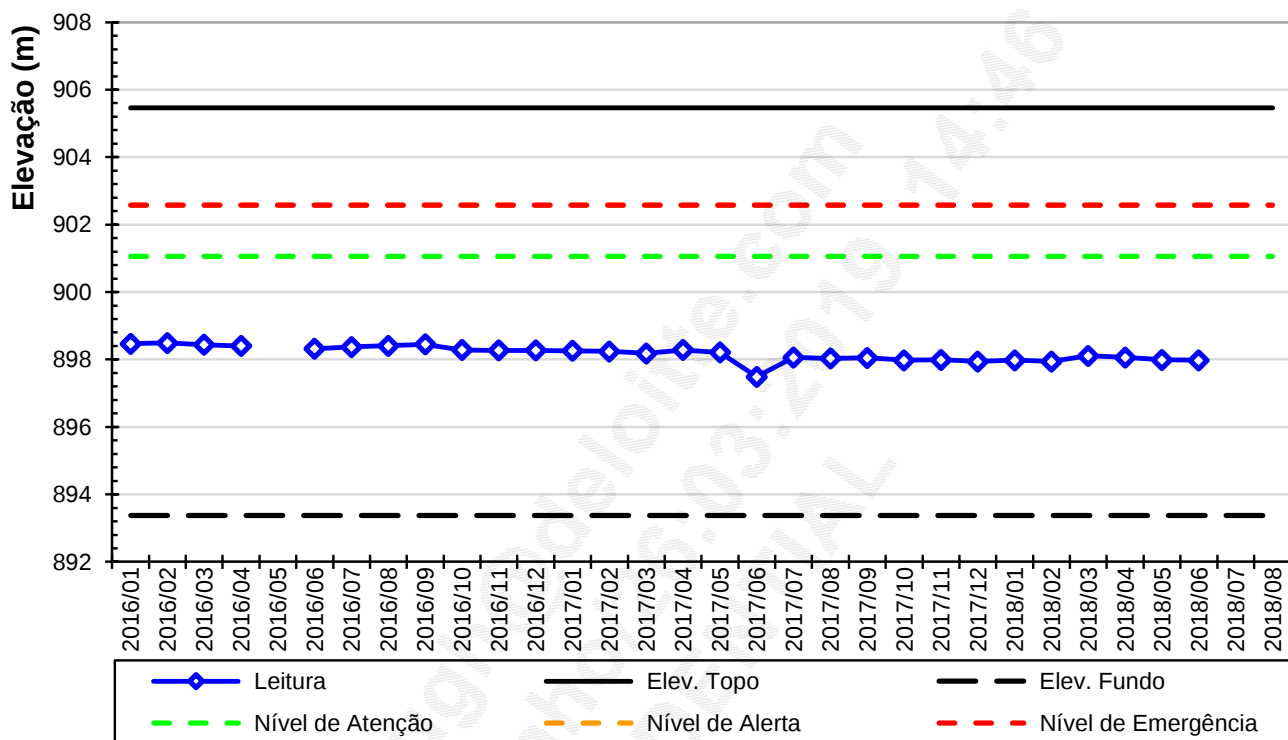
	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 86/128
			Nº TUV SUD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0



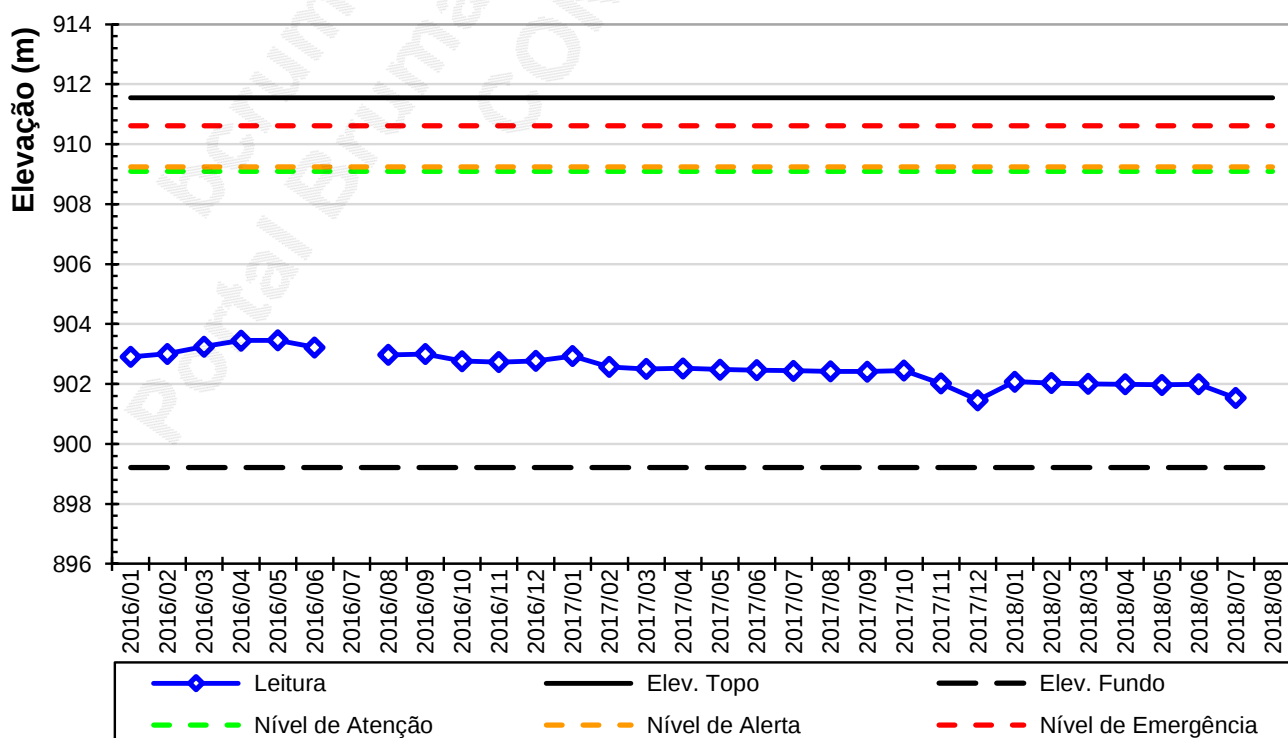
	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 87/128
			Nº TUV SUD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0



	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 88/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

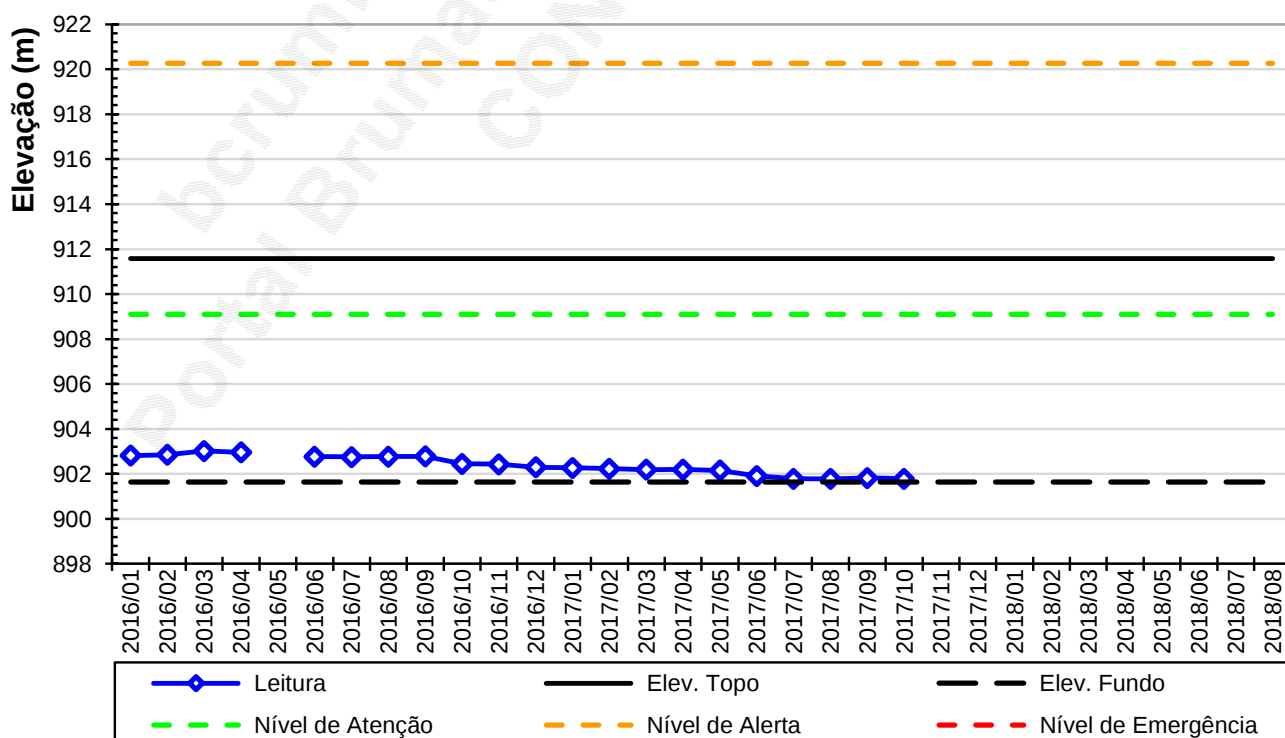
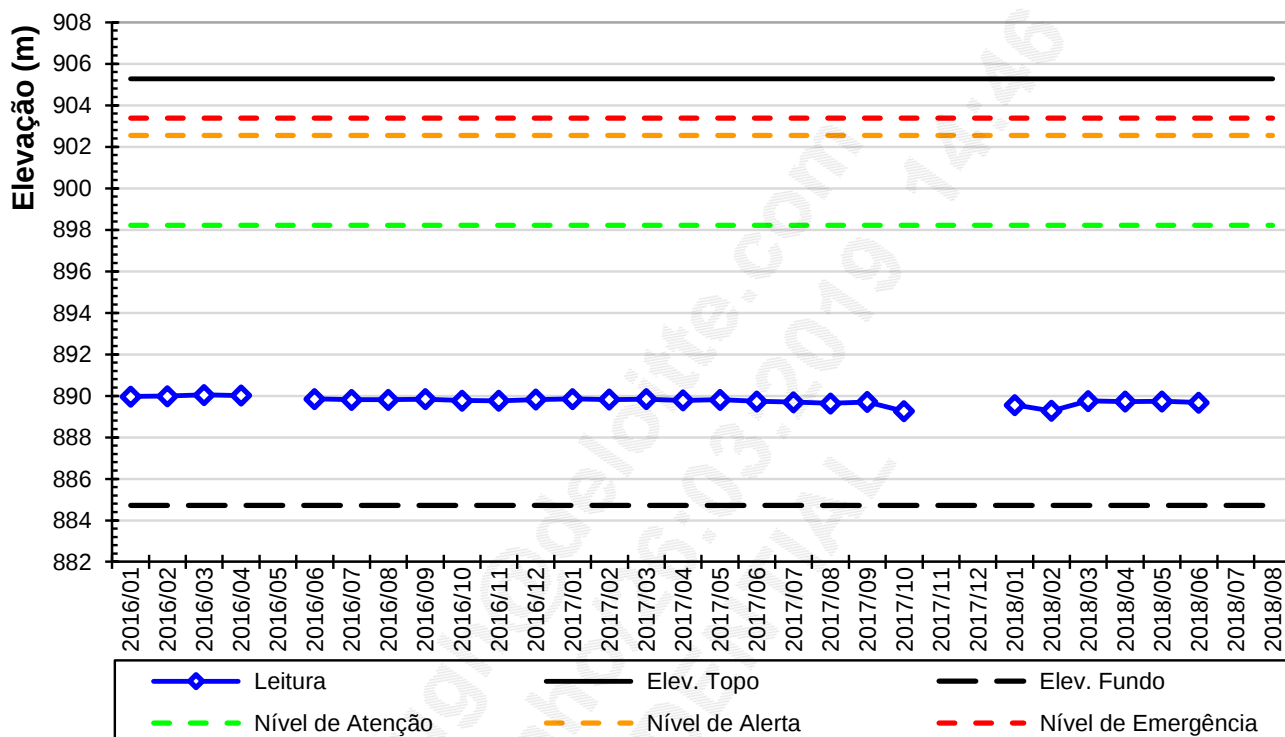


Medições do instrumento **CFJB1PZ010**

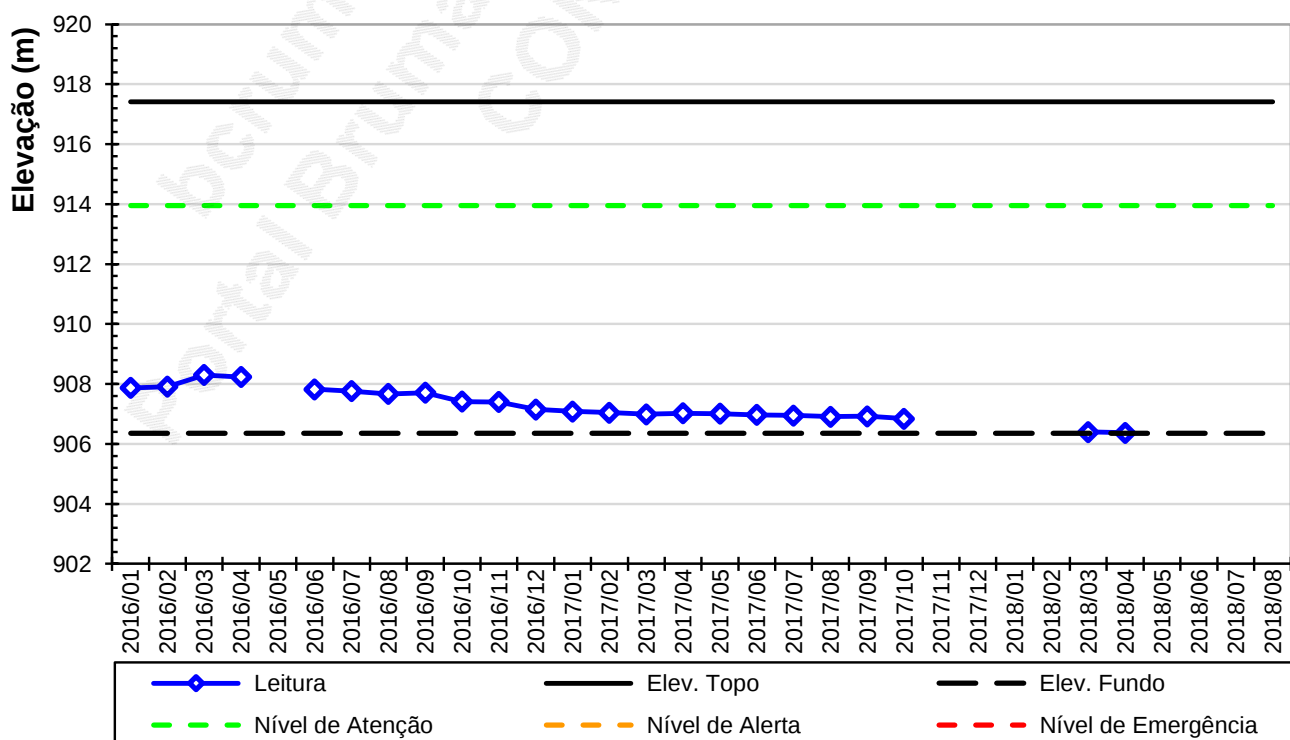
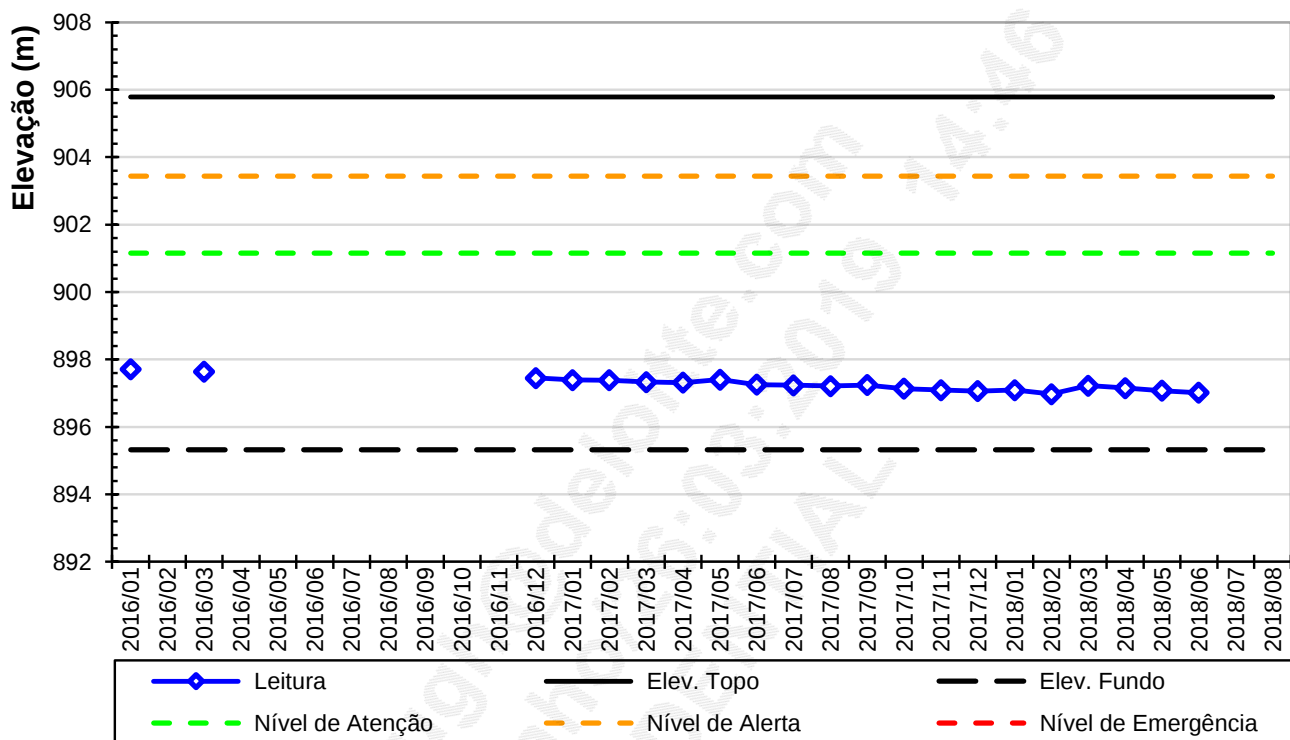


Medições do instrumento **CFJB1PZ011**

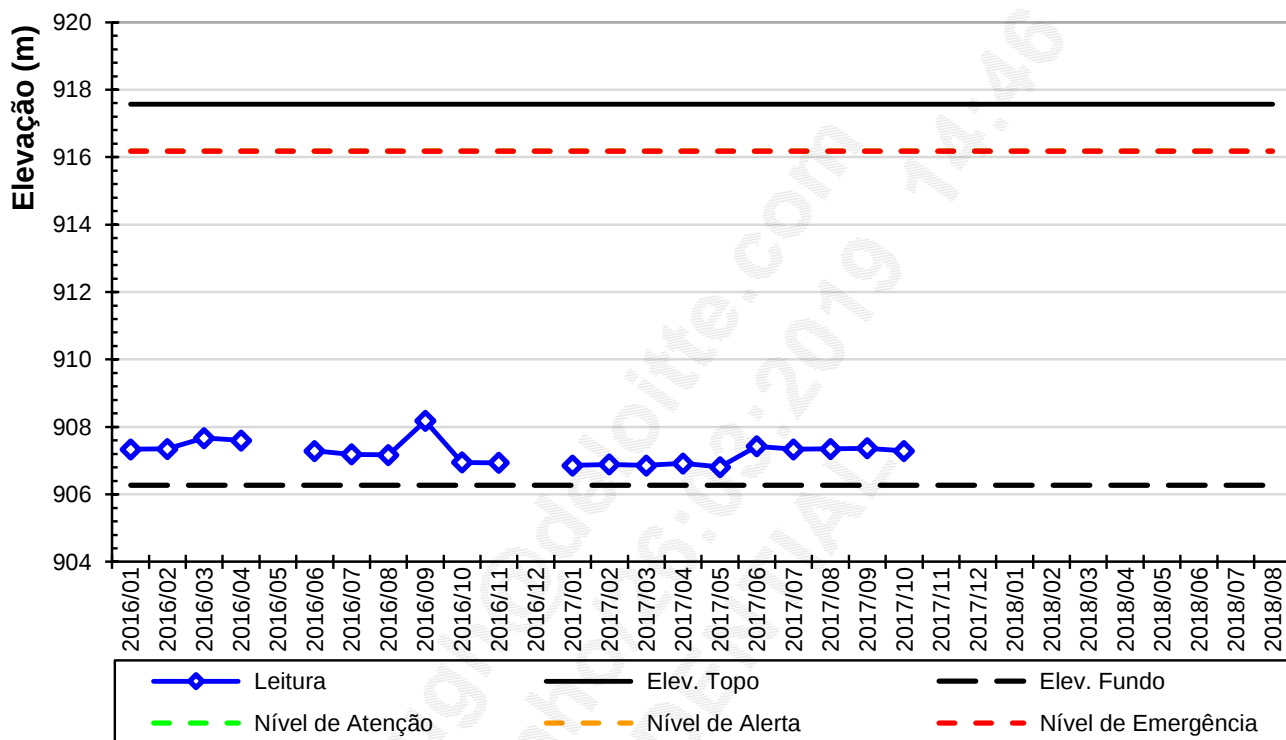
	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 89/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0



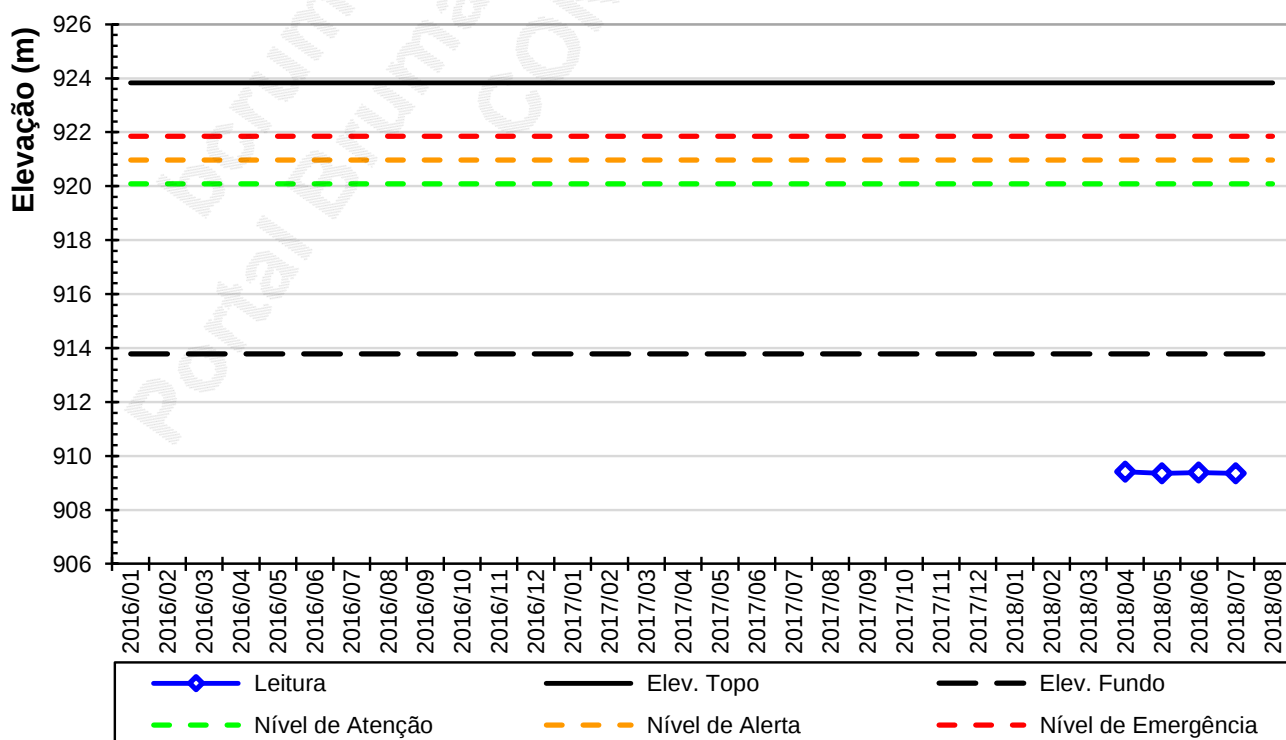
	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 90/128
			Nº TUV SUD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0



	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAPEBA - MINA Córrego Feijão BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 91/128
			Nº TUV SUD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

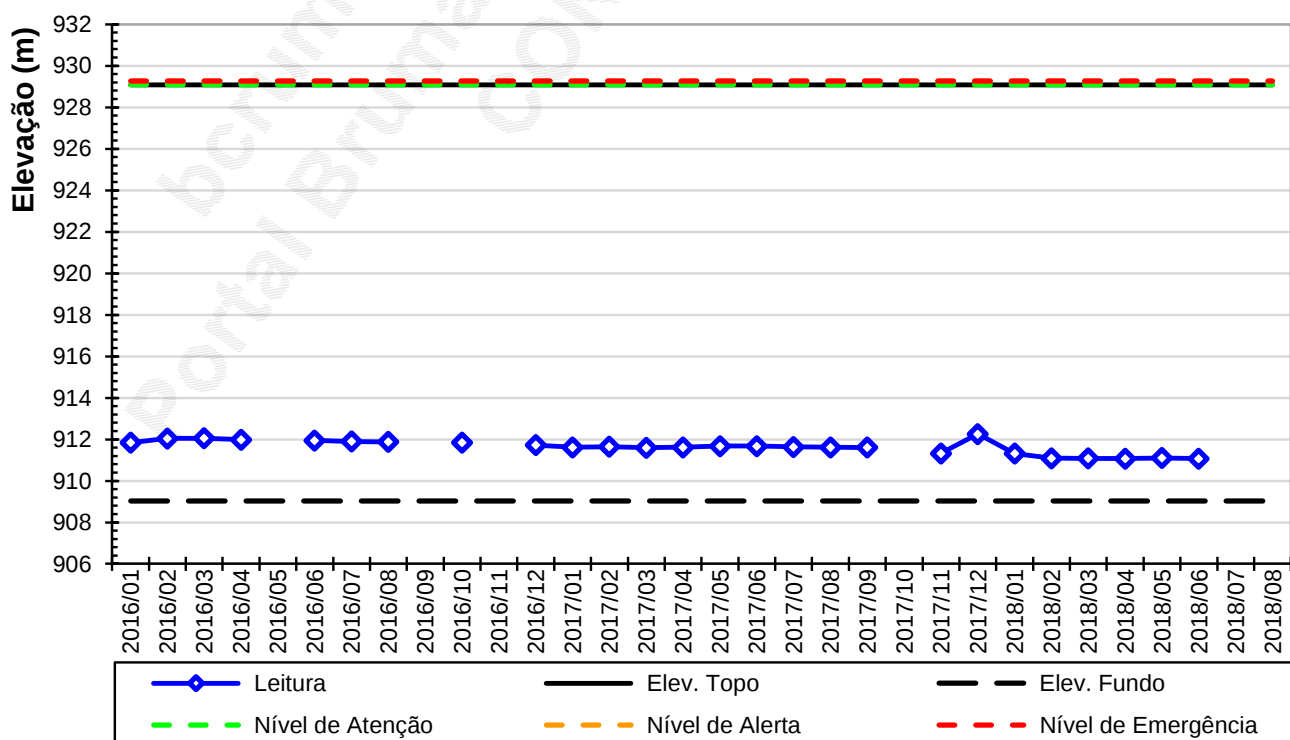
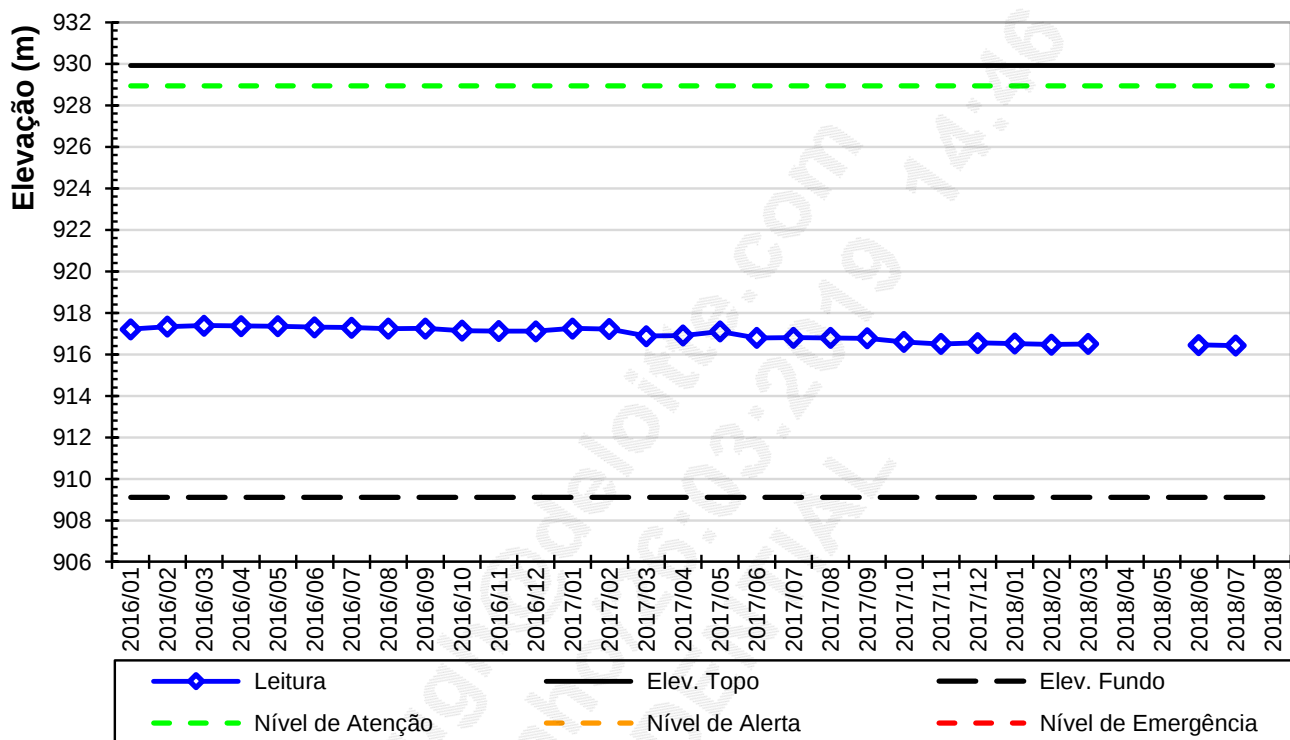


Medições do instrumento **CFJB1PZ018**

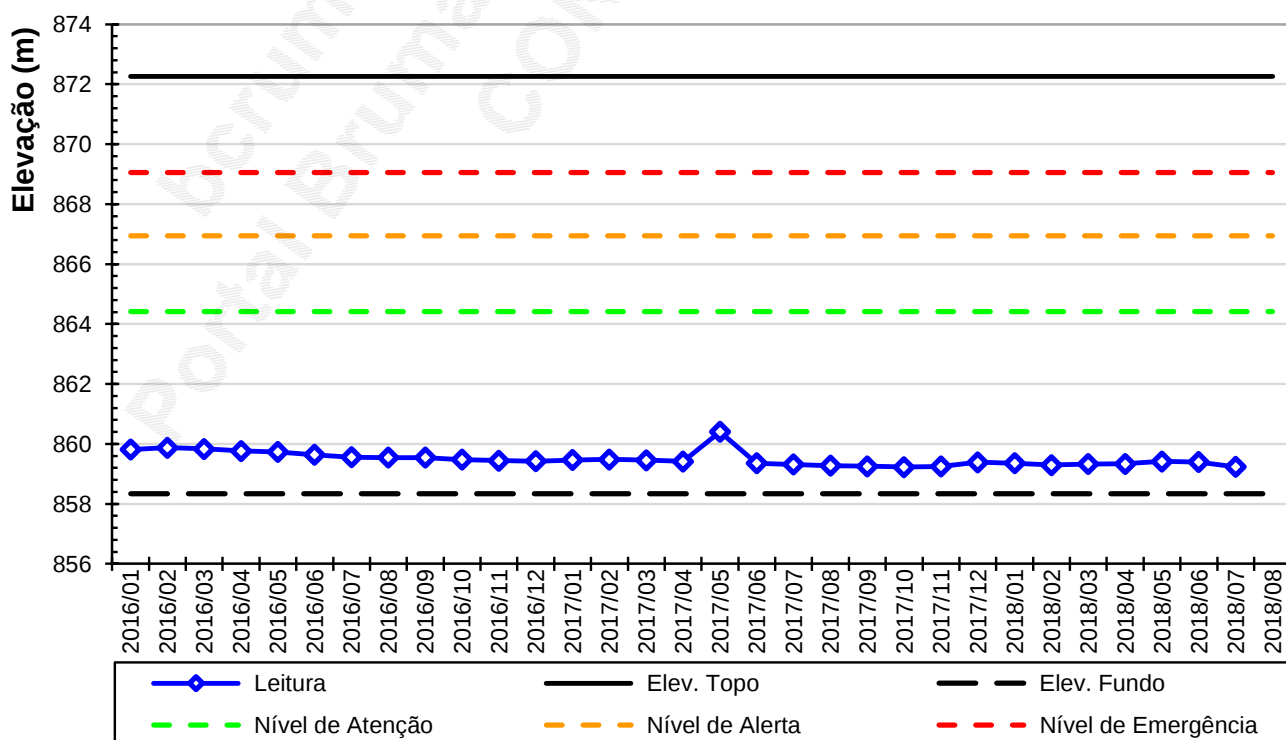
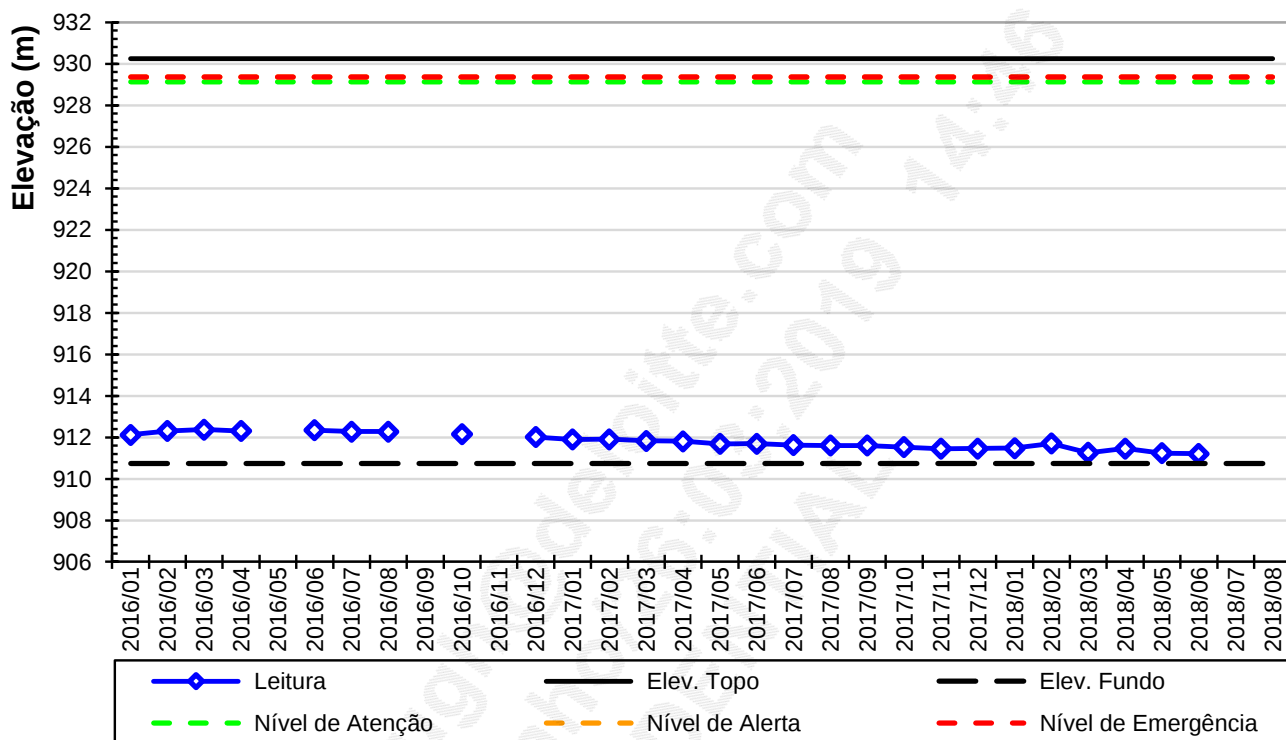


Medições do instrumento **CFJB1PZ032**

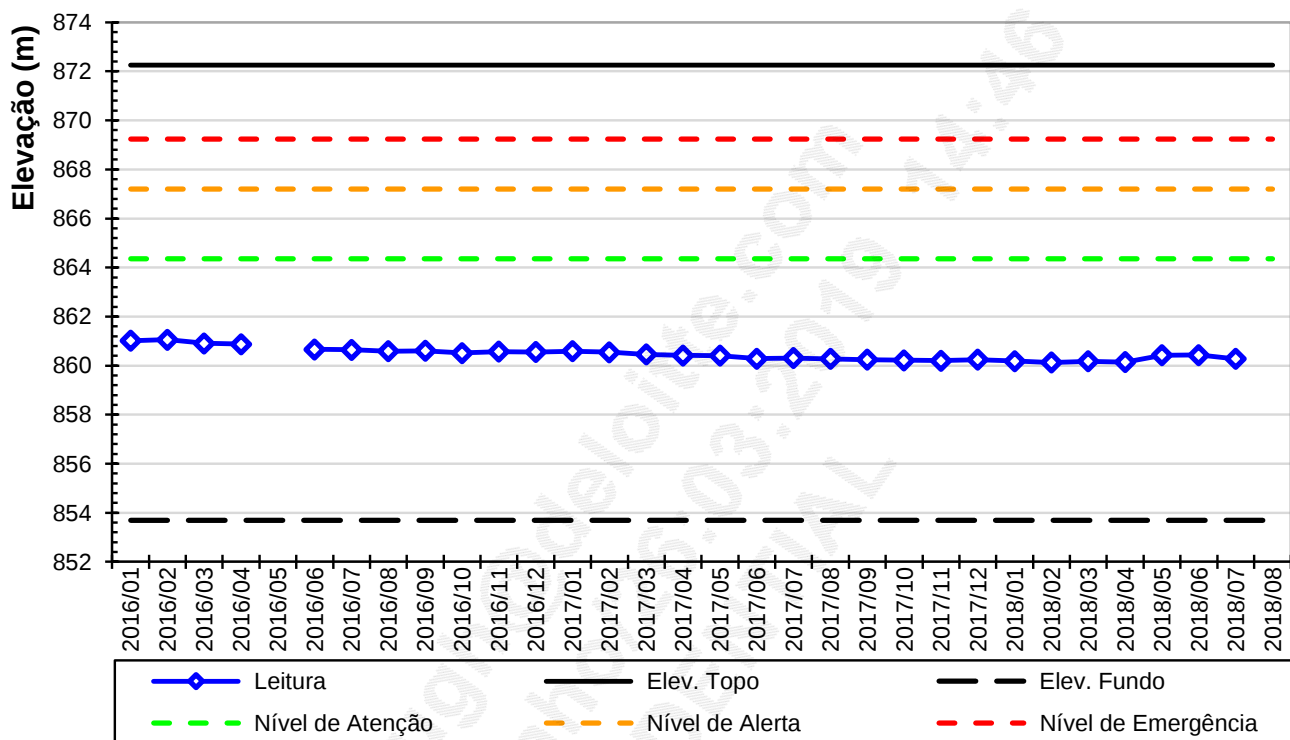
	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 92/128
			Nº TUV SUD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0



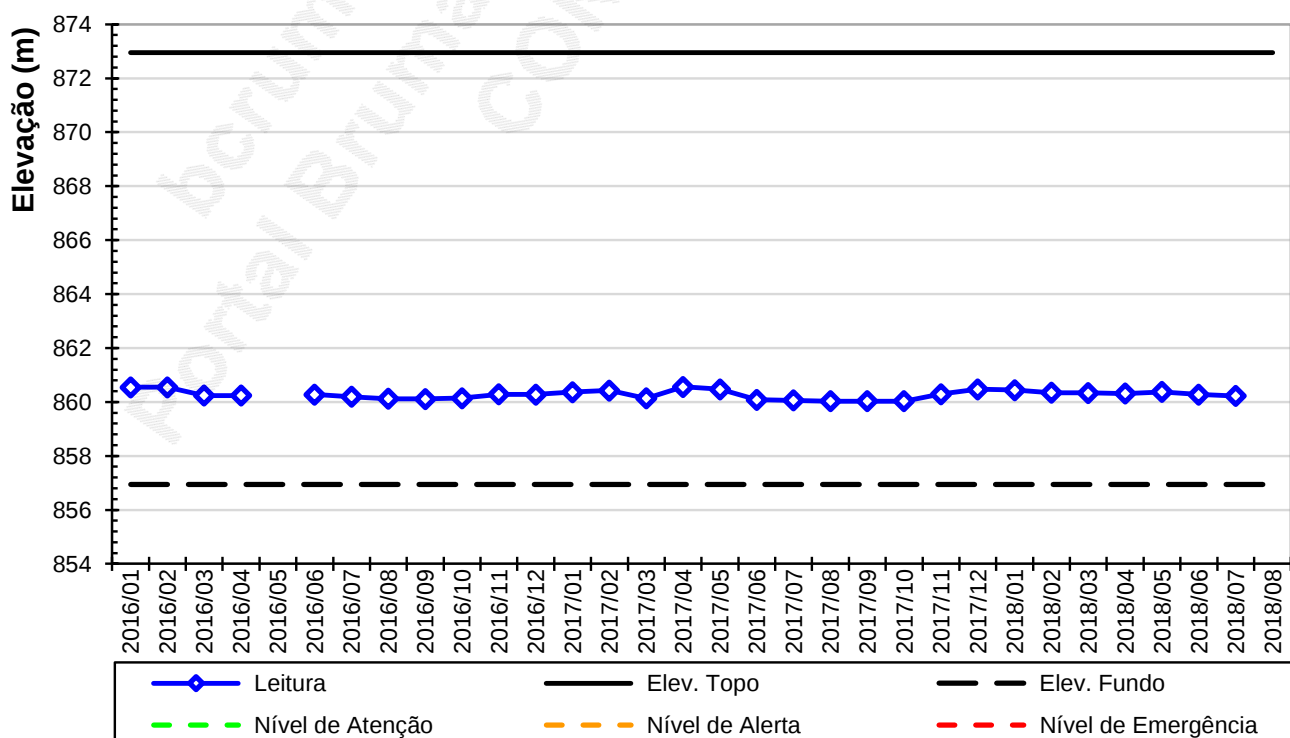
	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 93/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0



	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 94/128
			Nº TUV SUD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

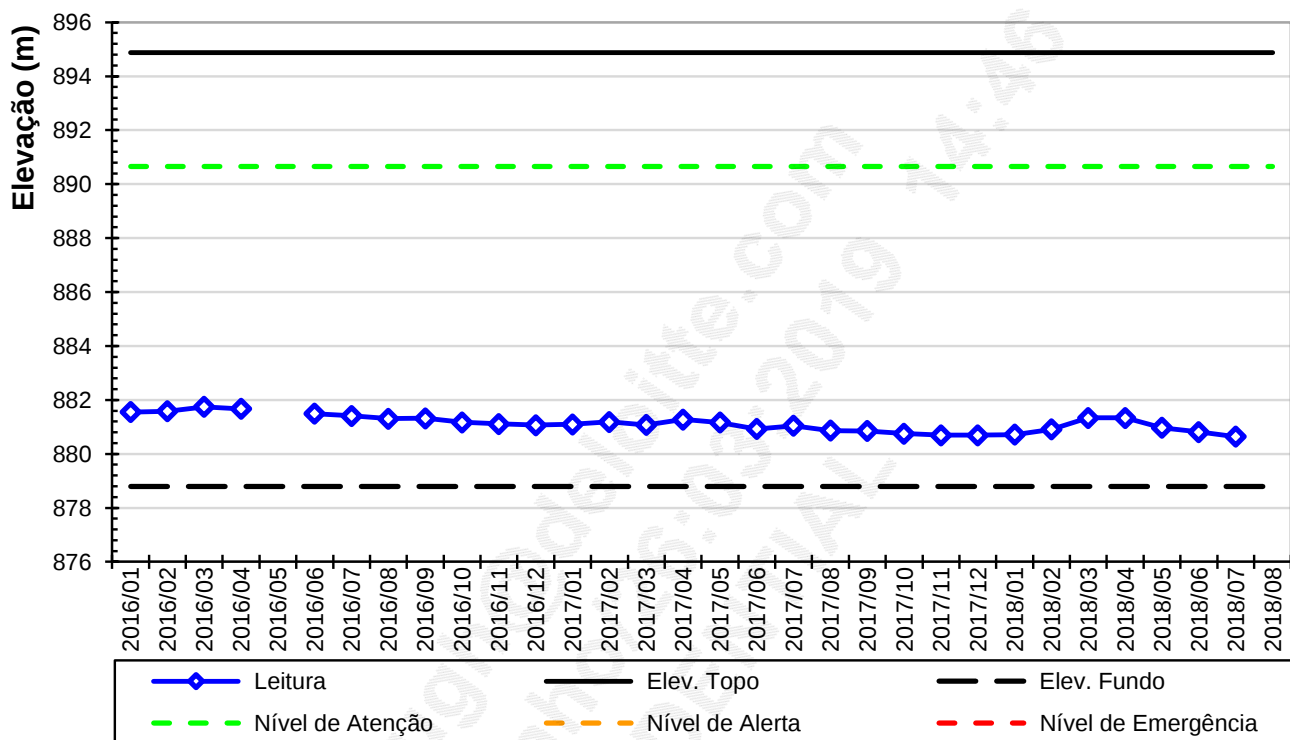


Medições do instrumento **CFJB1PZ045**

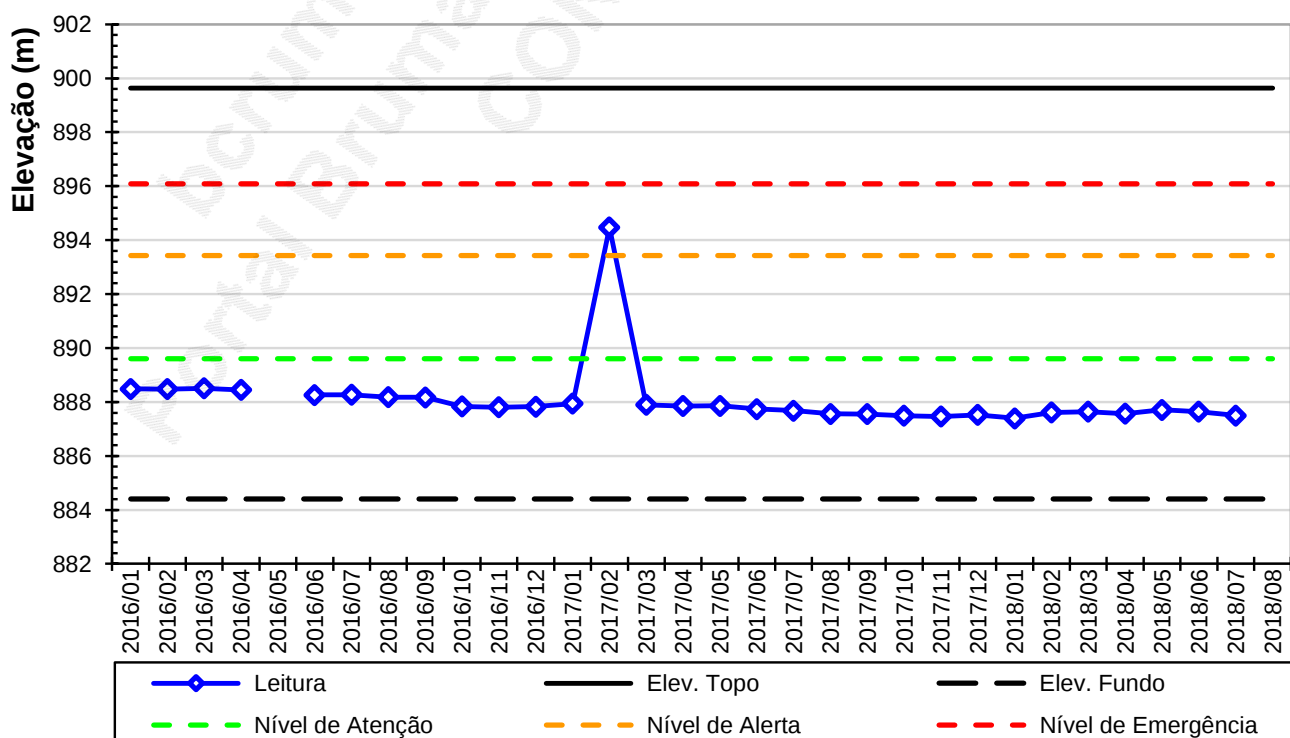


Medições do instrumento **CFJB1PZ047**

	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 95/128
			Nº TUV SUD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

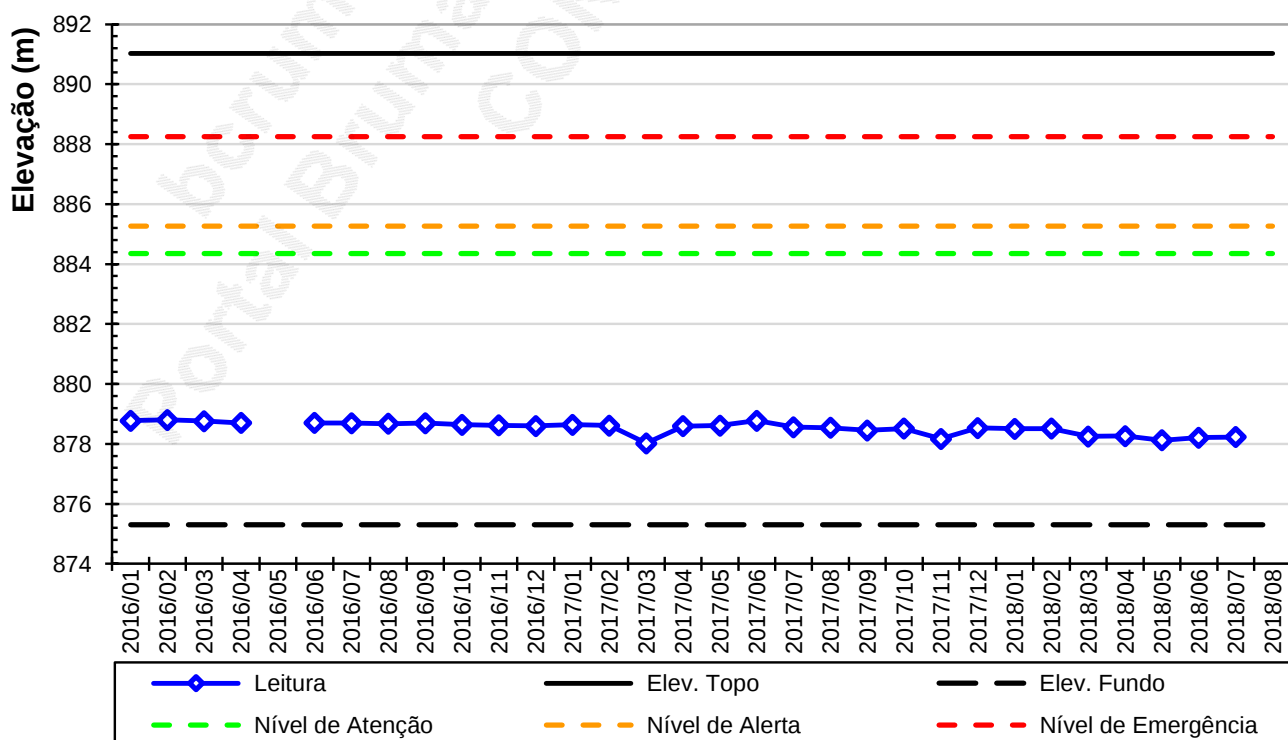
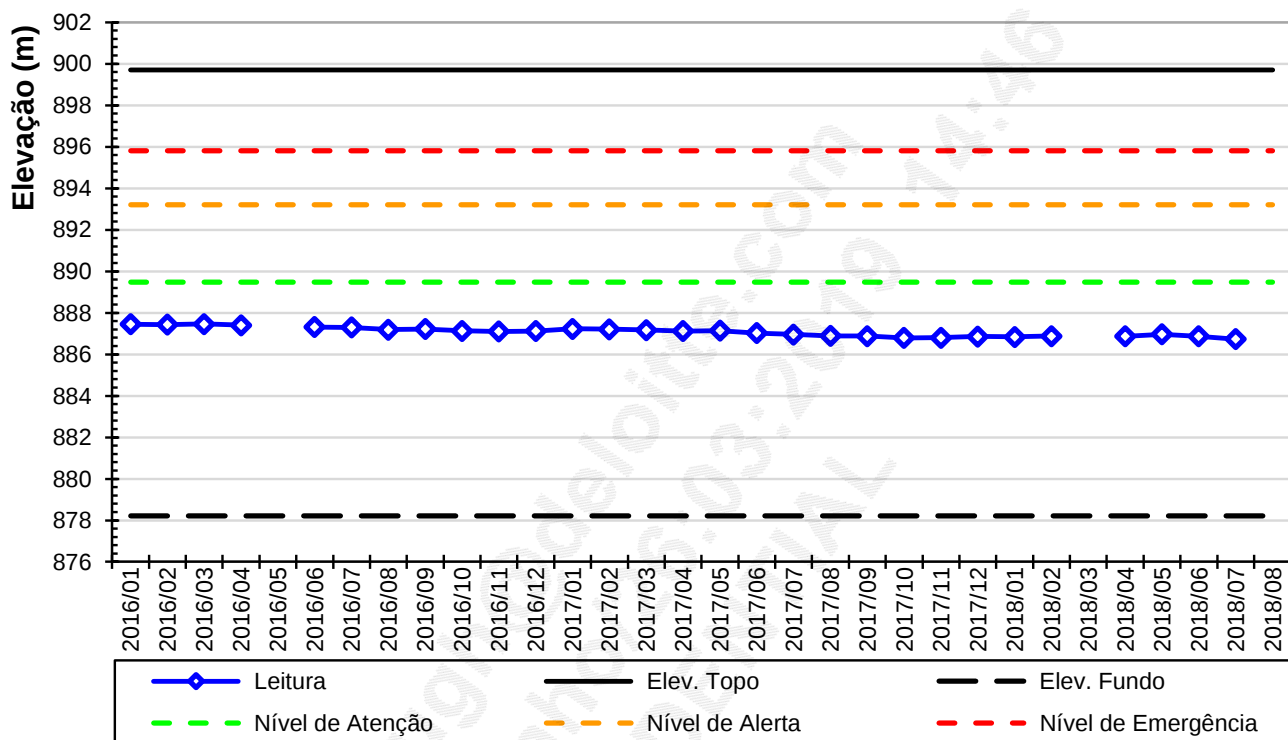


Medições do instrumento CFJB1PZ048

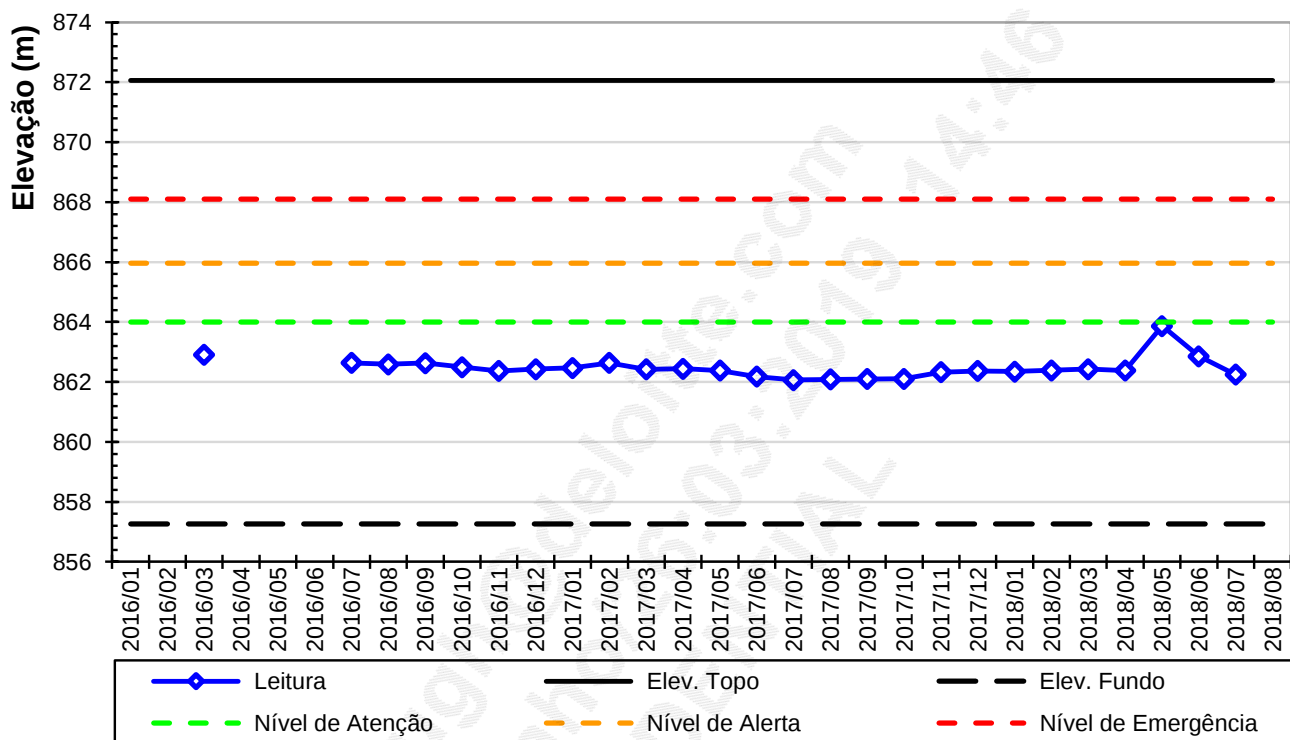


Medições do instrumento CFJB1PZ049

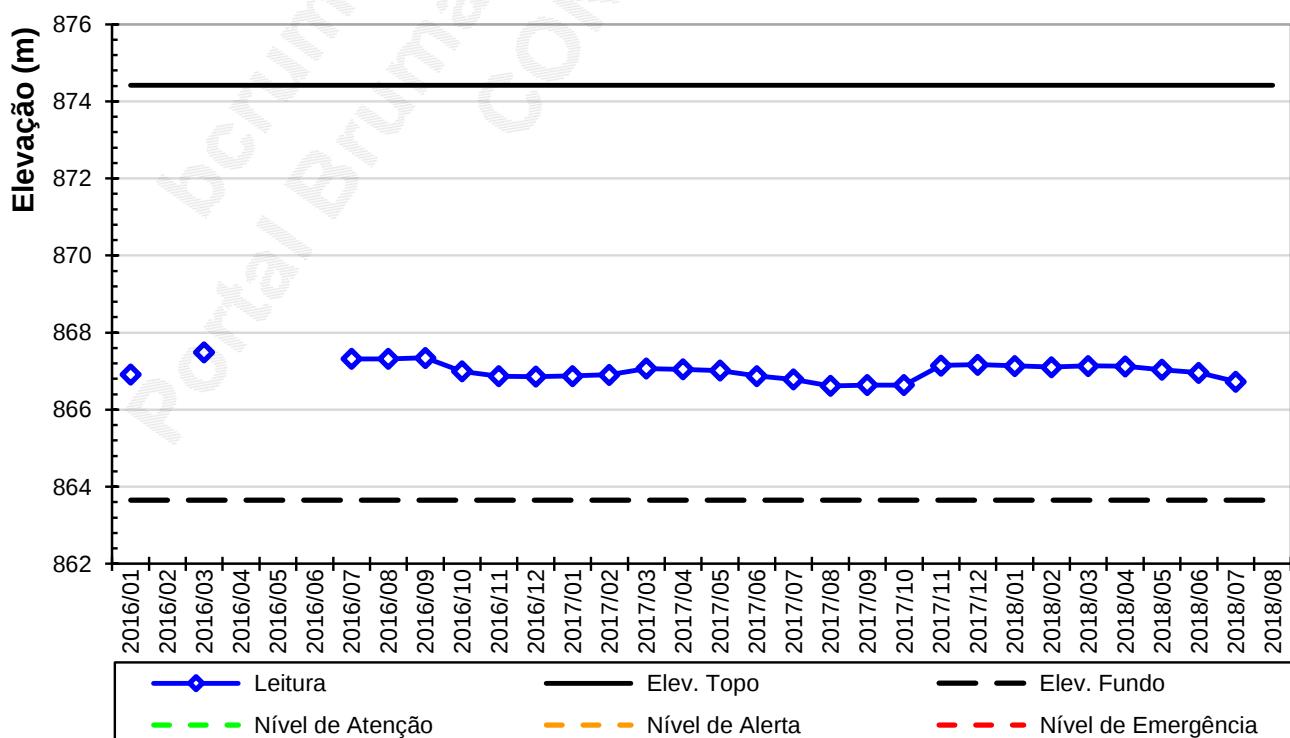
	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 96/128
			Nº TUV SUD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0



	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 97/128
			Nº TUV SUD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

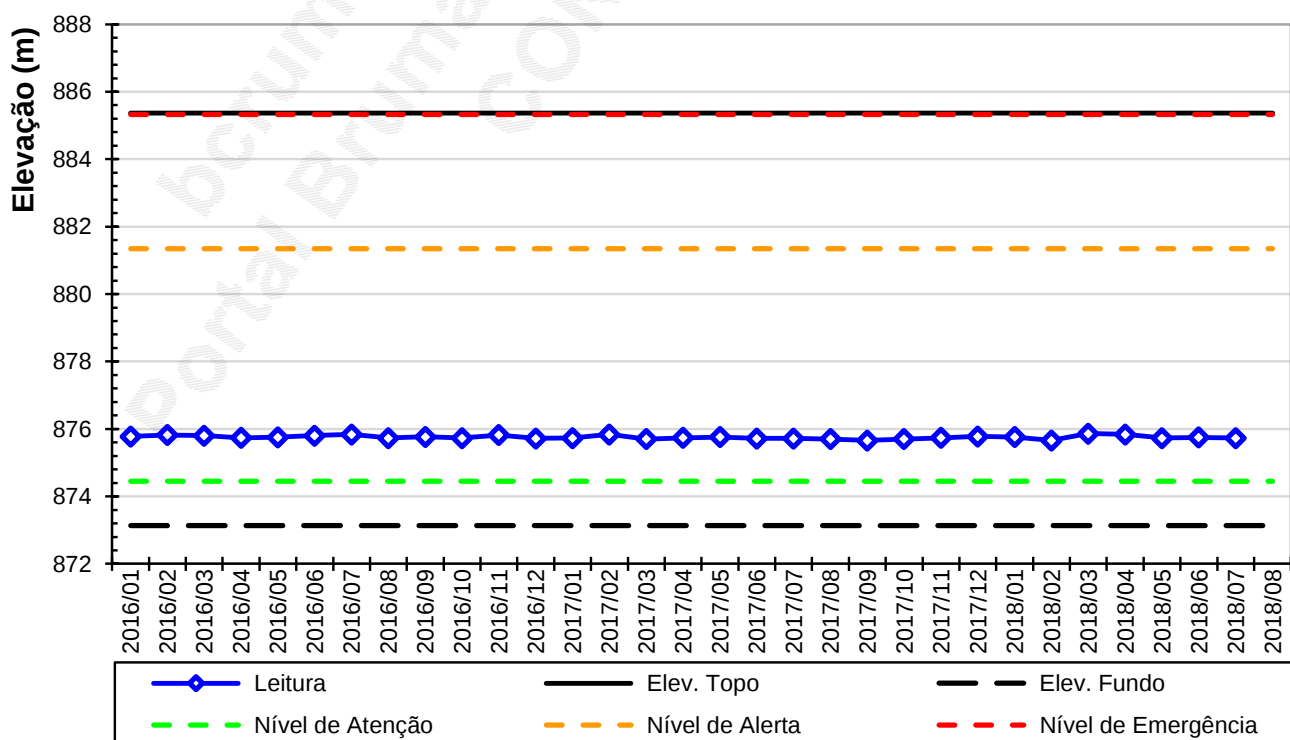
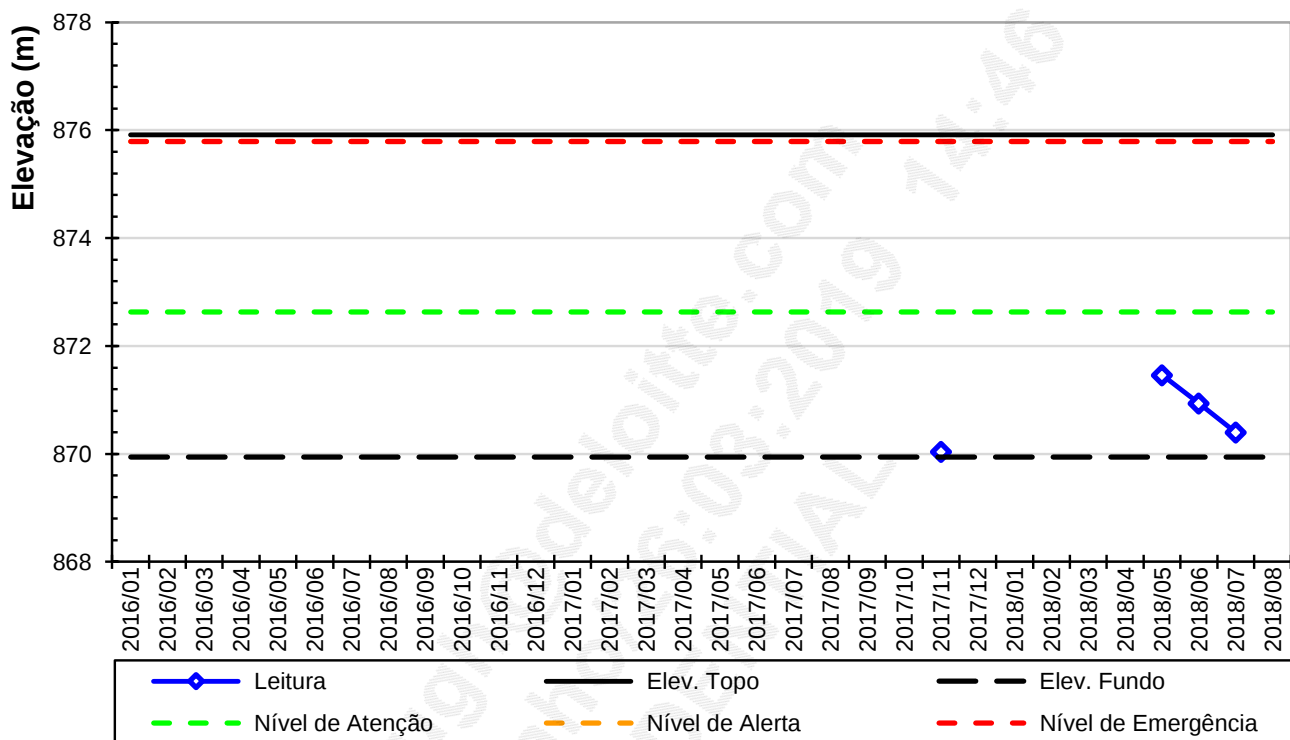


Medições do instrumento **CFJB1PZ056**

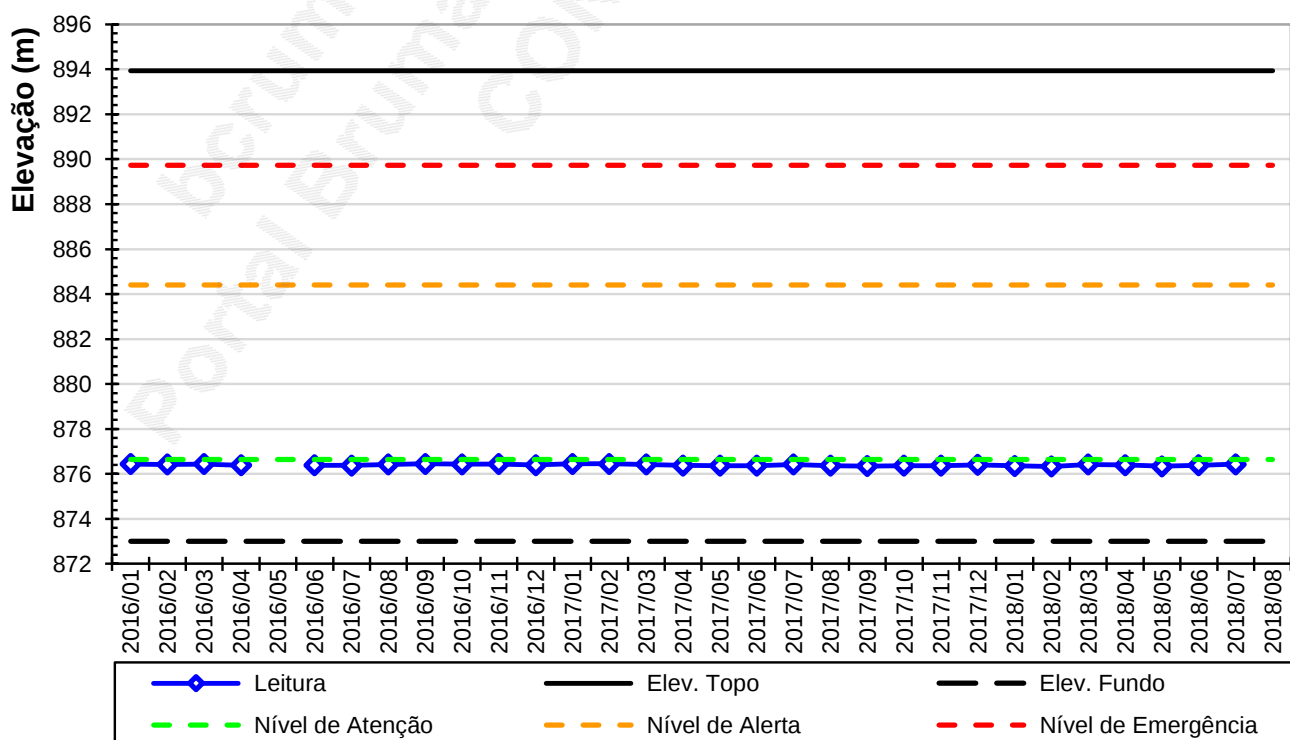
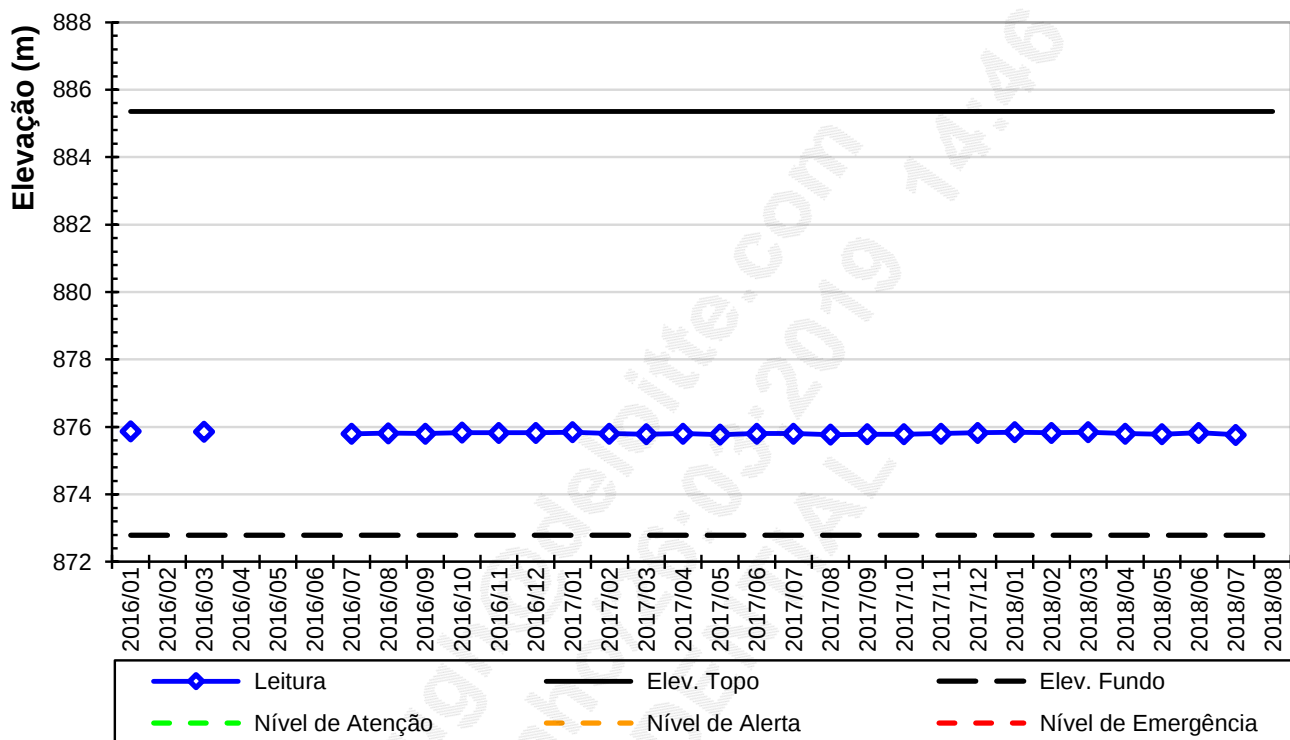


Medições do instrumento **CFJB1PZ058**

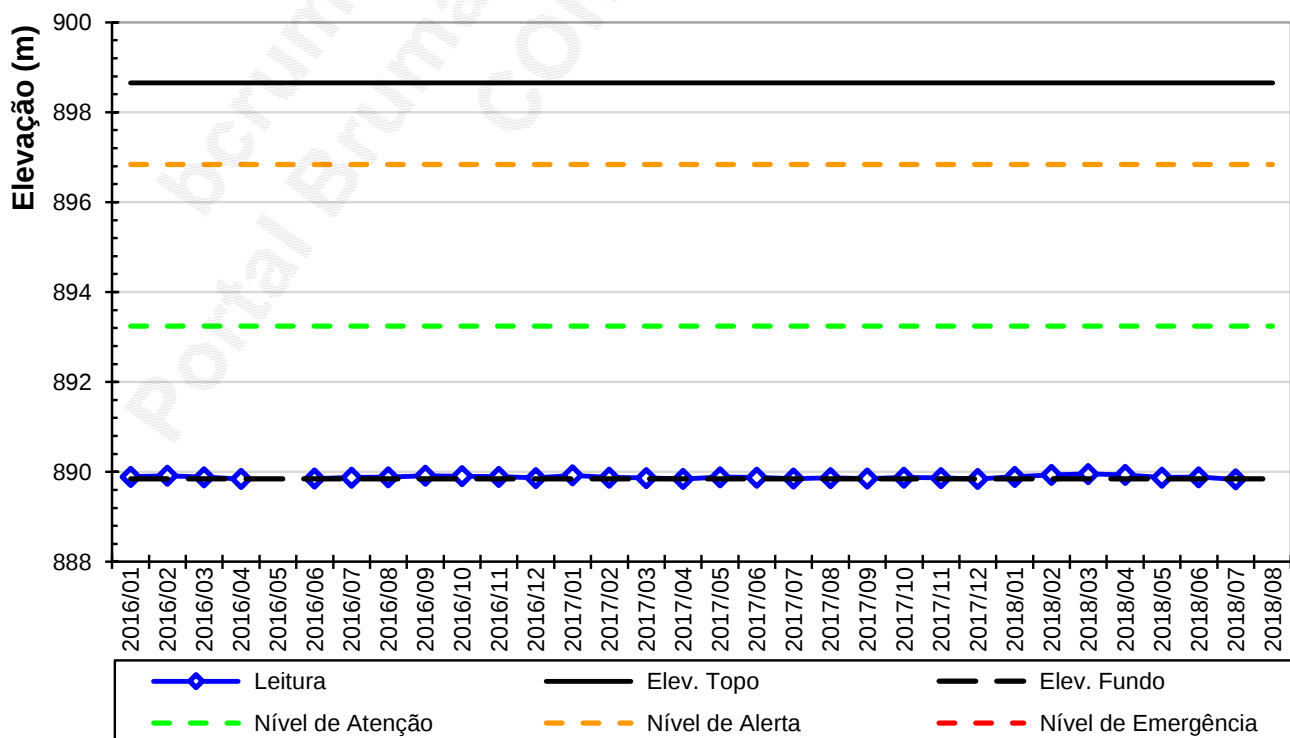
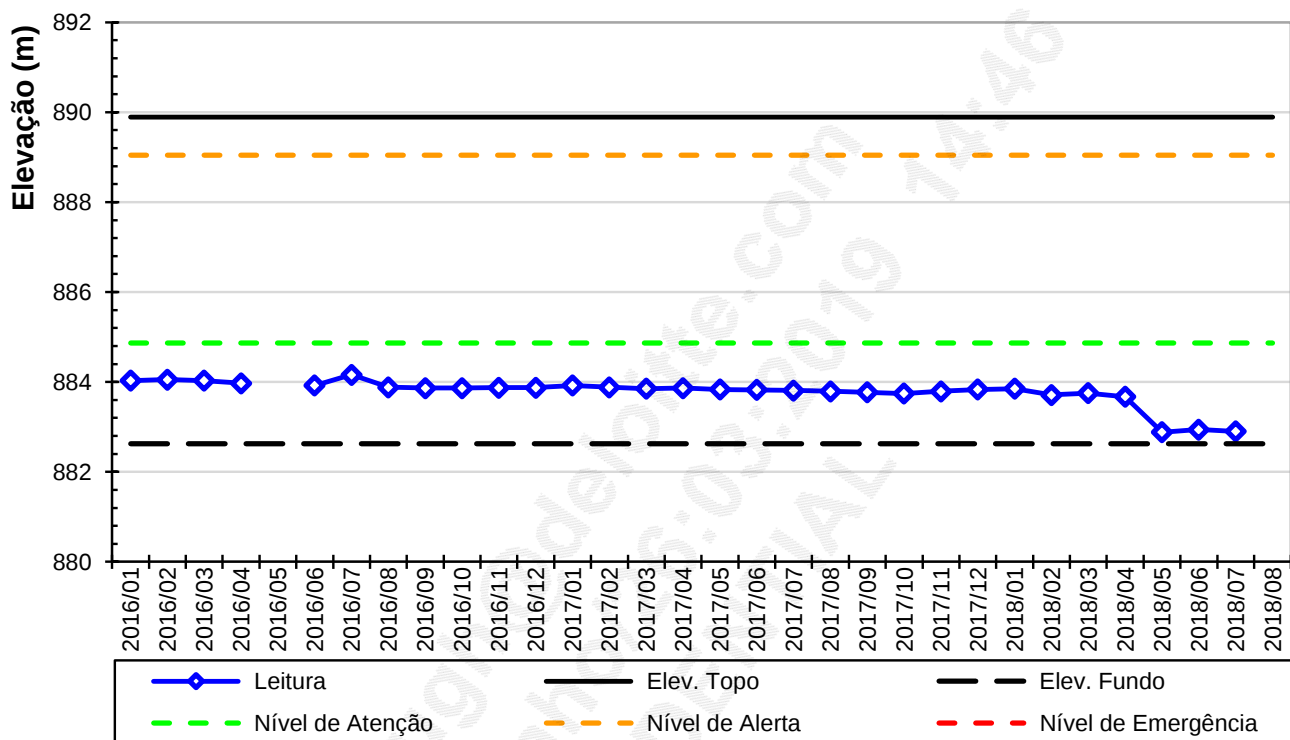
	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 98/128
			Nº TUV SUD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0



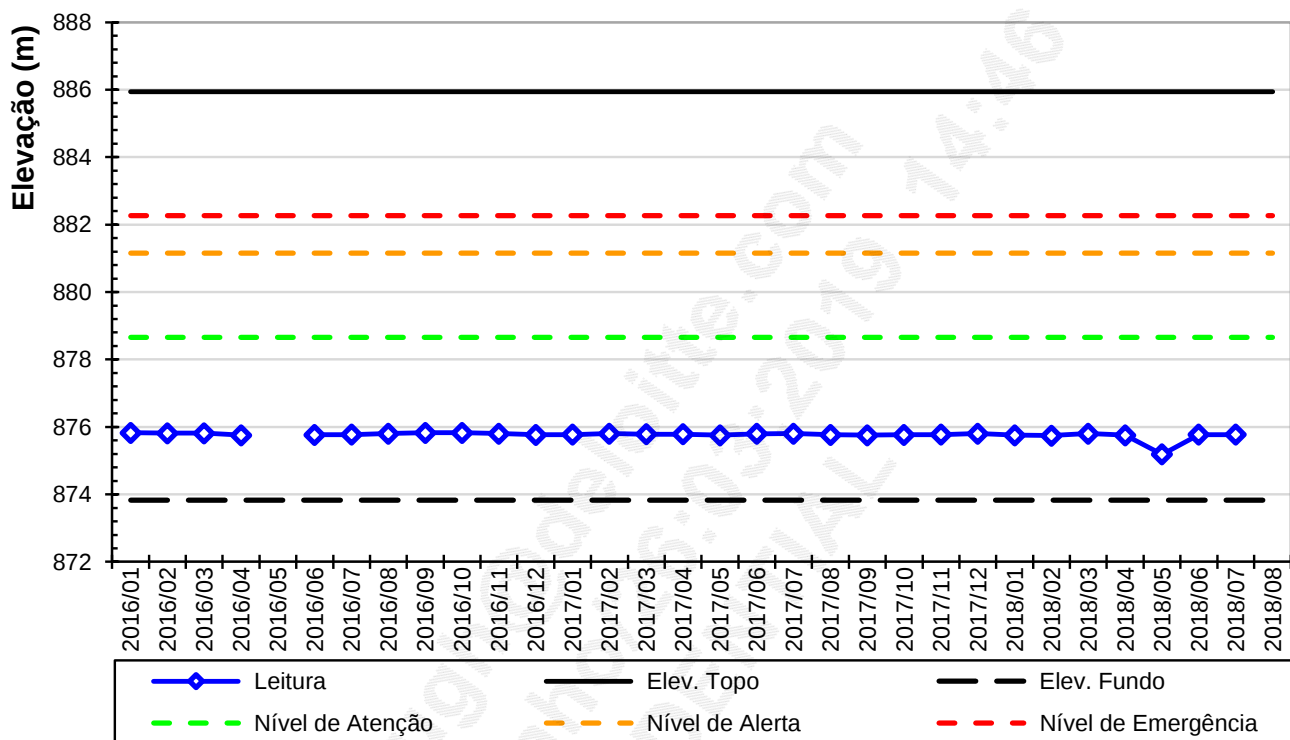
	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 99/128
			Nº TUV SUD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0



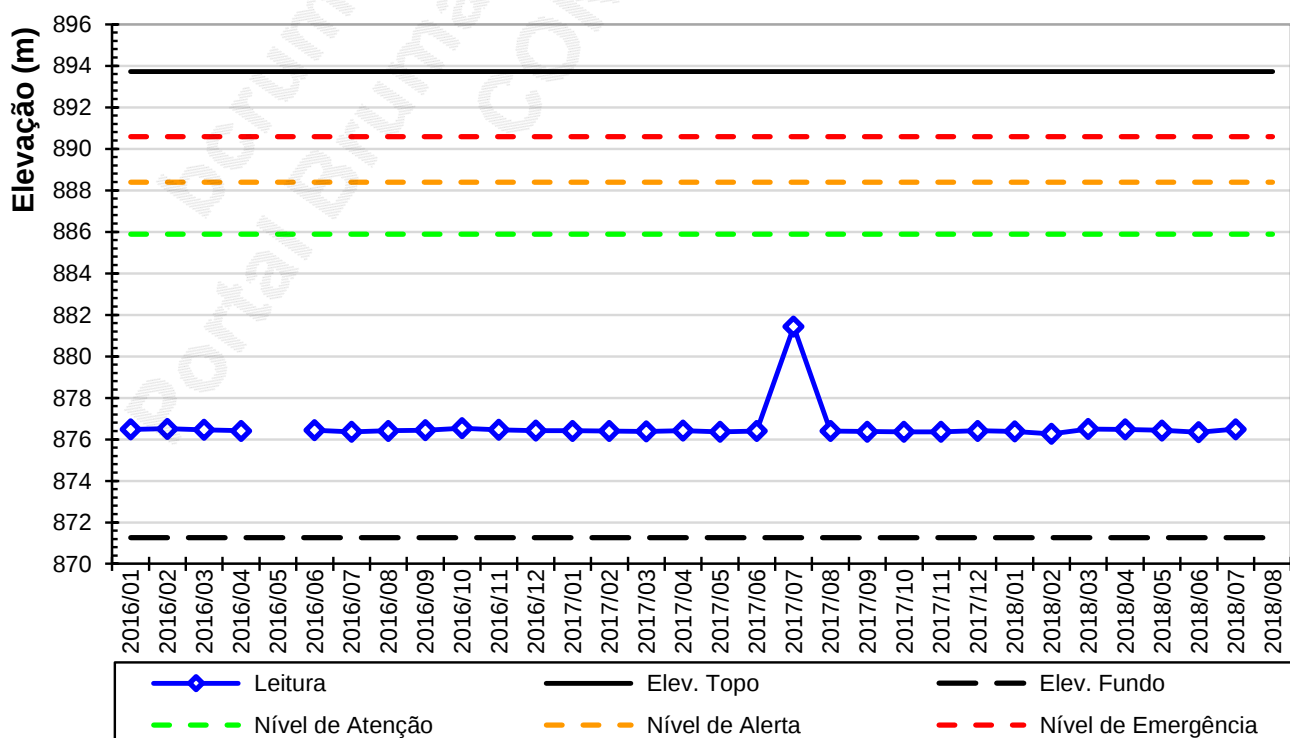
	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAPEBA - MINA Córrego Feijão BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 100/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0



	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 101/128
			Nº TUV SUD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

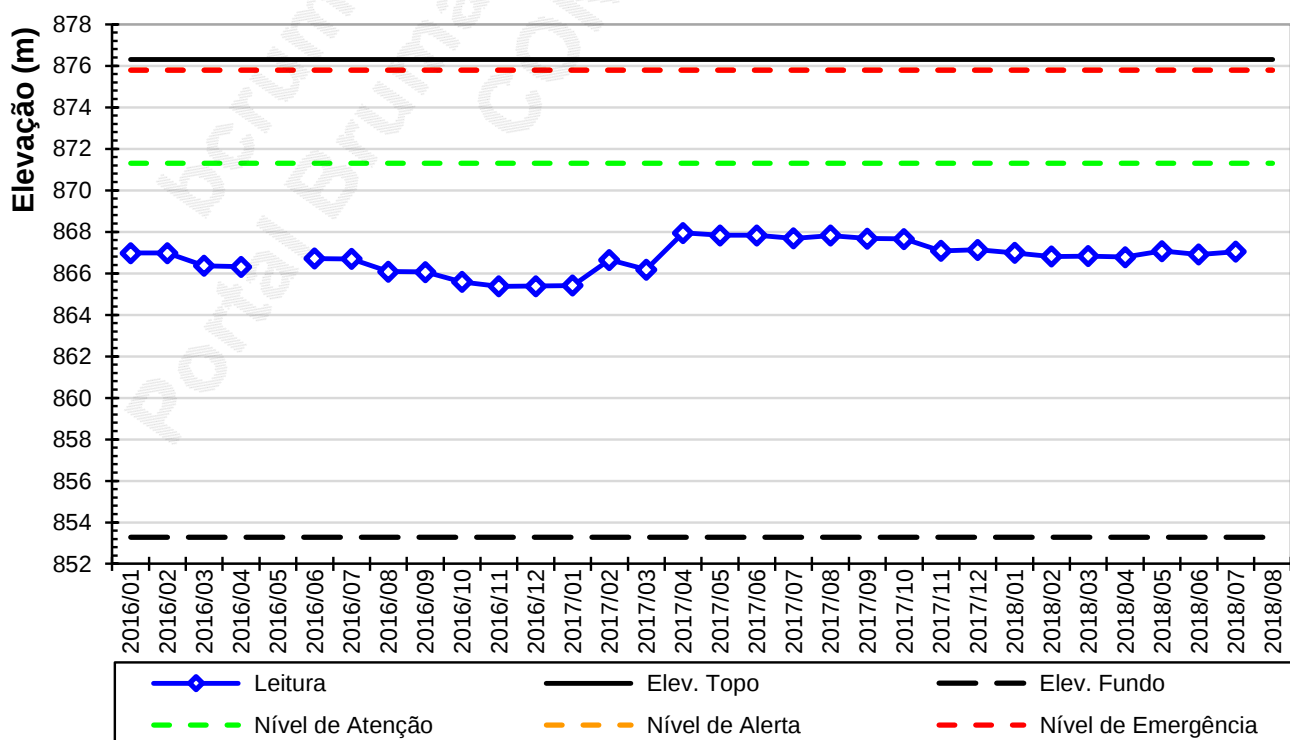
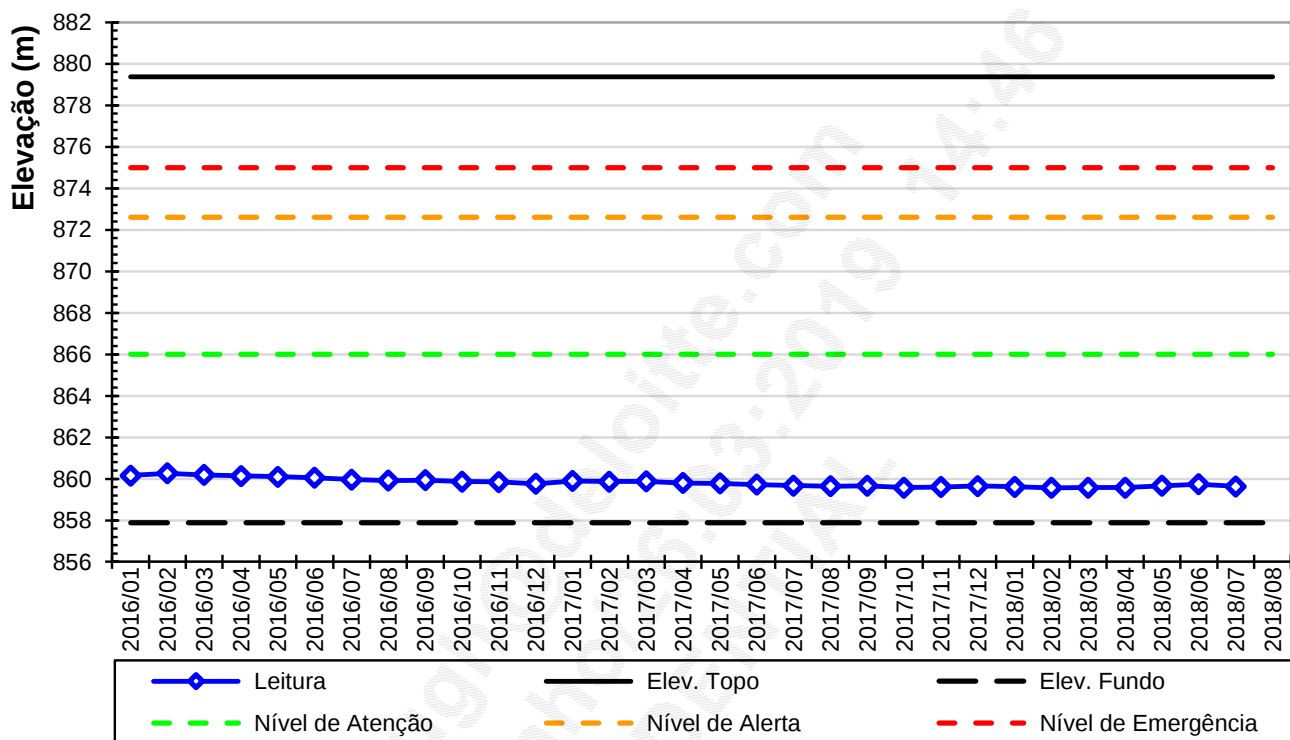


Medições do instrumento **CFJB1PZ070**

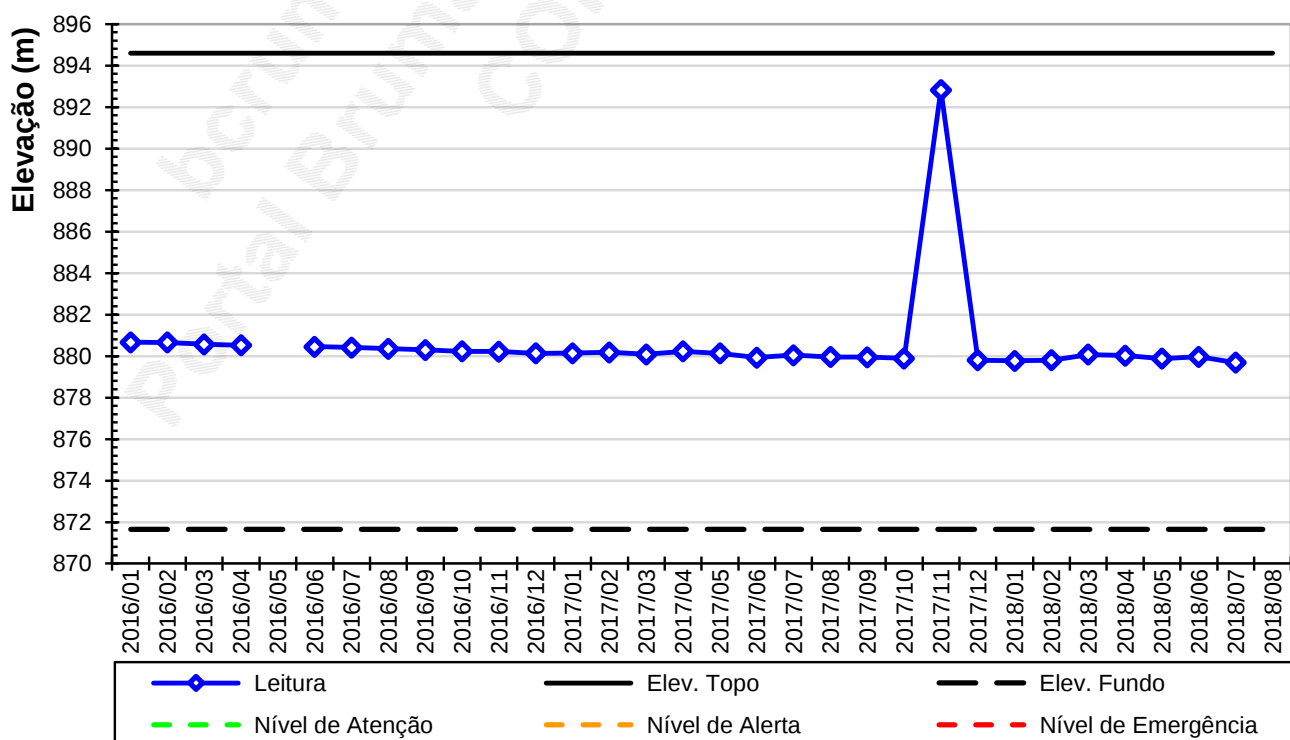
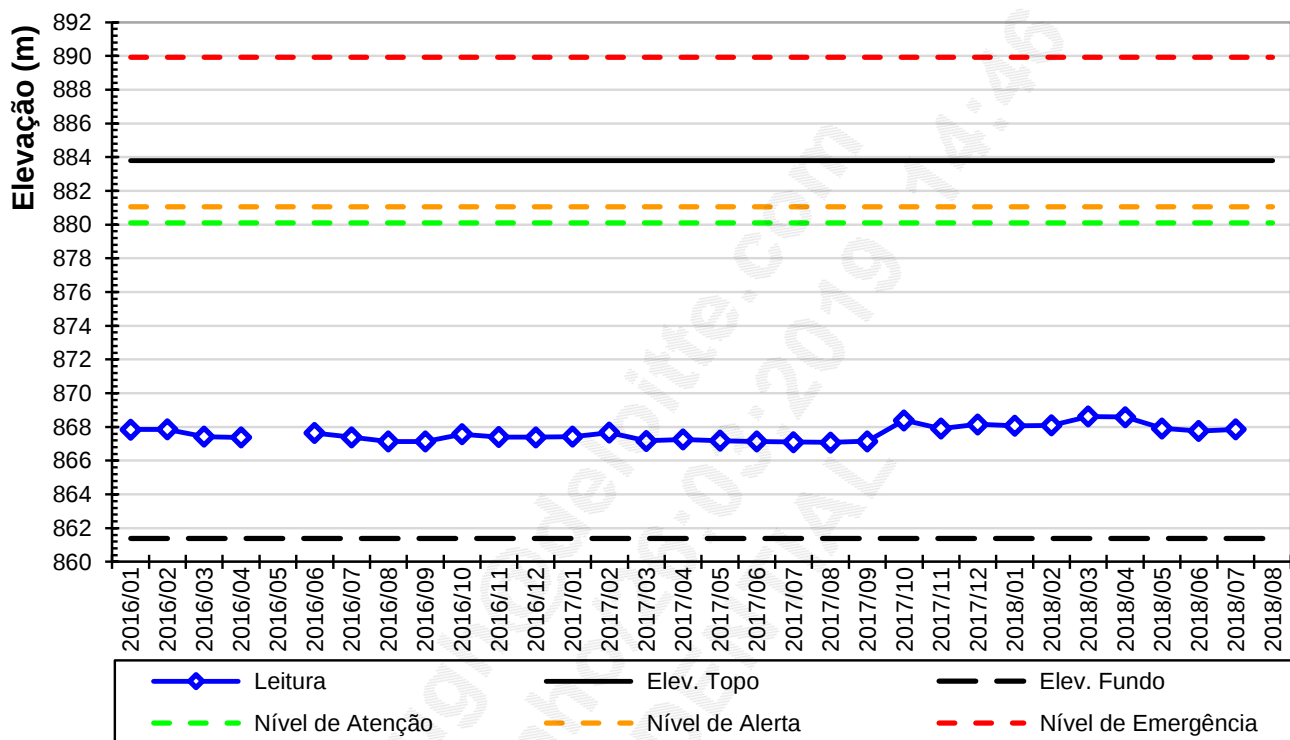


Medições do instrumento **CFJB1PZ071**

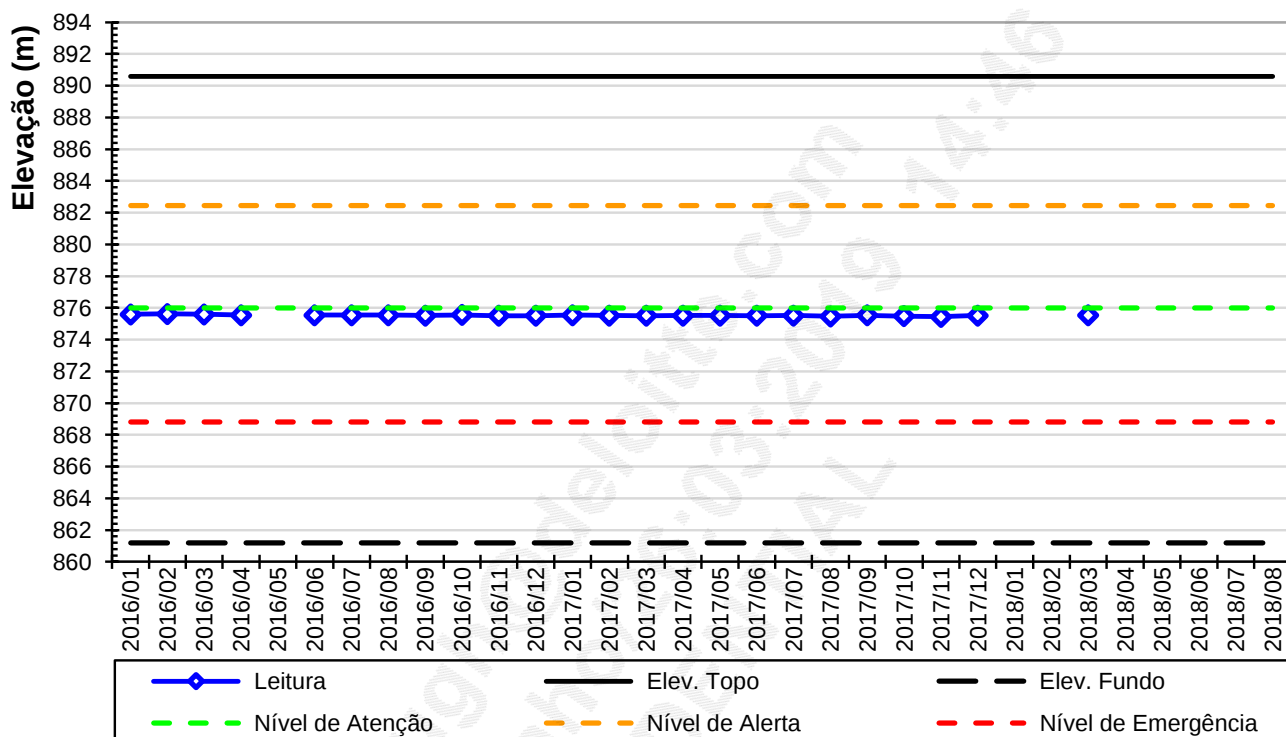
	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 102/128
			Nº TUV SUD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0



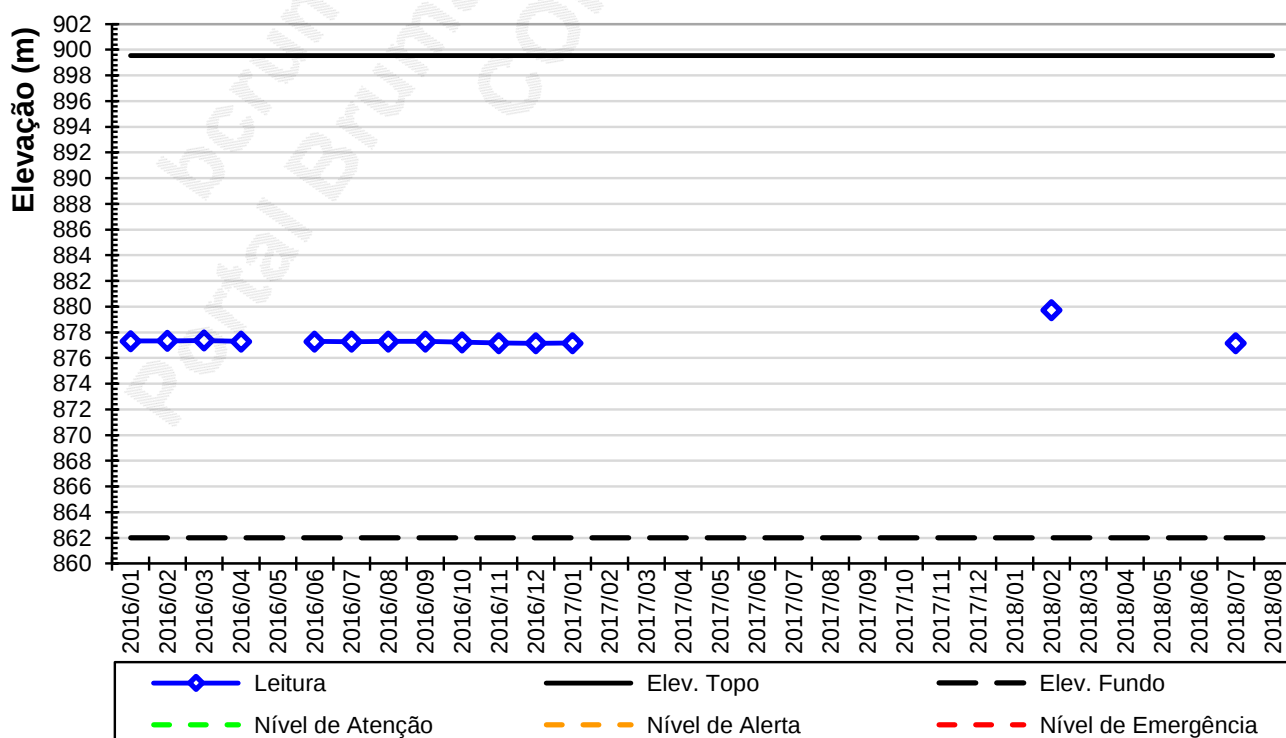
	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA Córrego Feijão BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 103/128
			Nº TUV SUD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0



	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 104/128
			Nº TUV SUD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

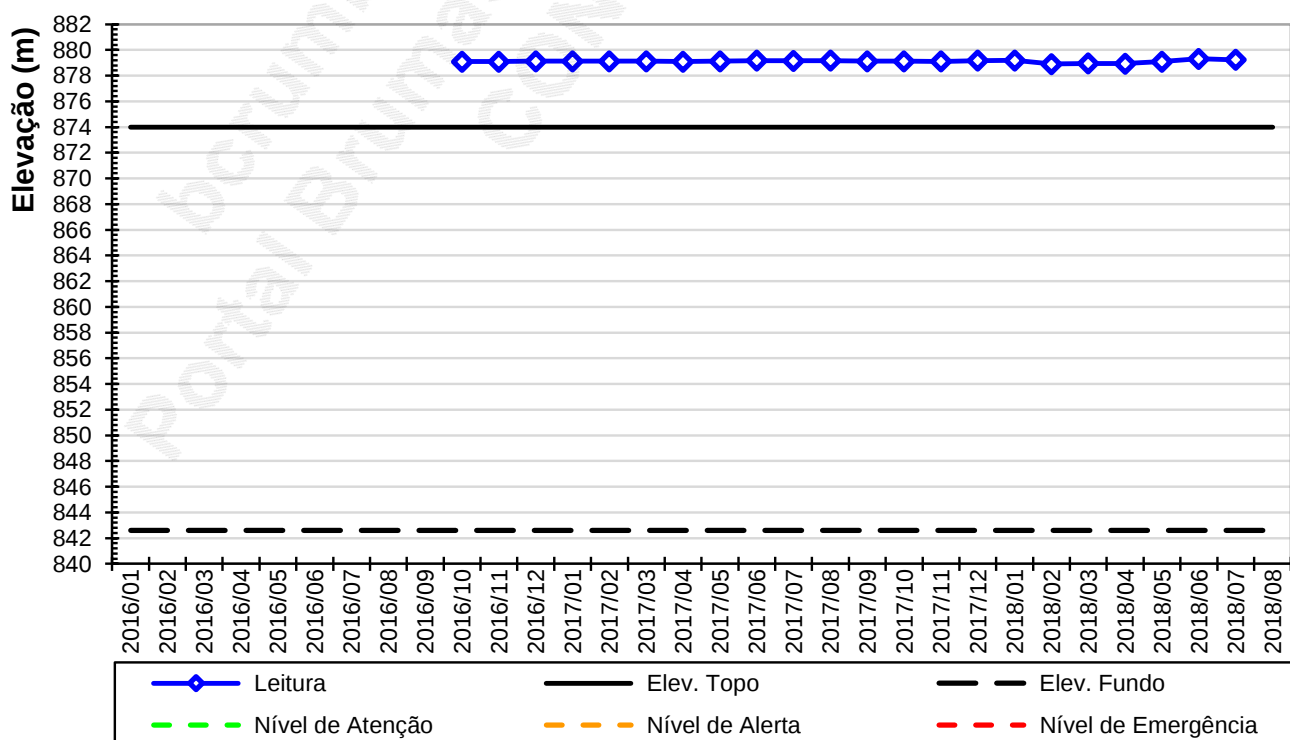
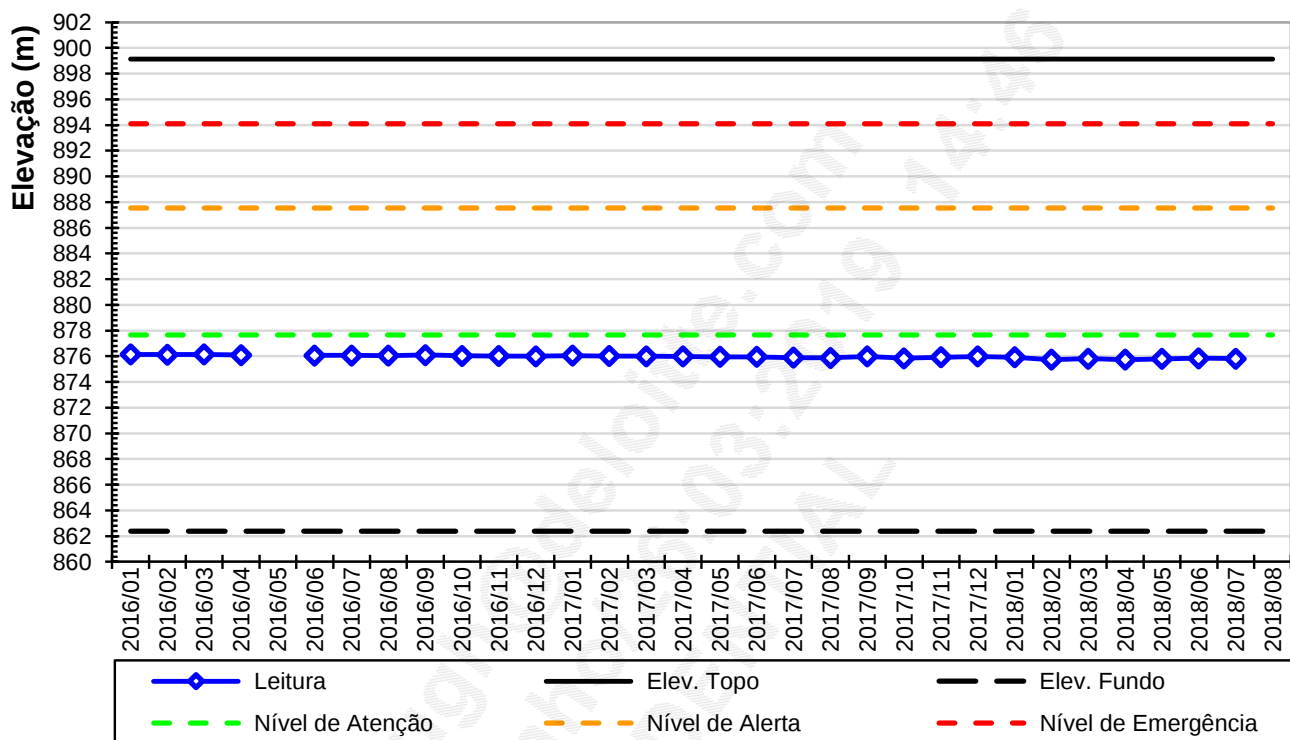


Medições do instrumento **CFJB1PZ084**
(possível erro de cadastro)

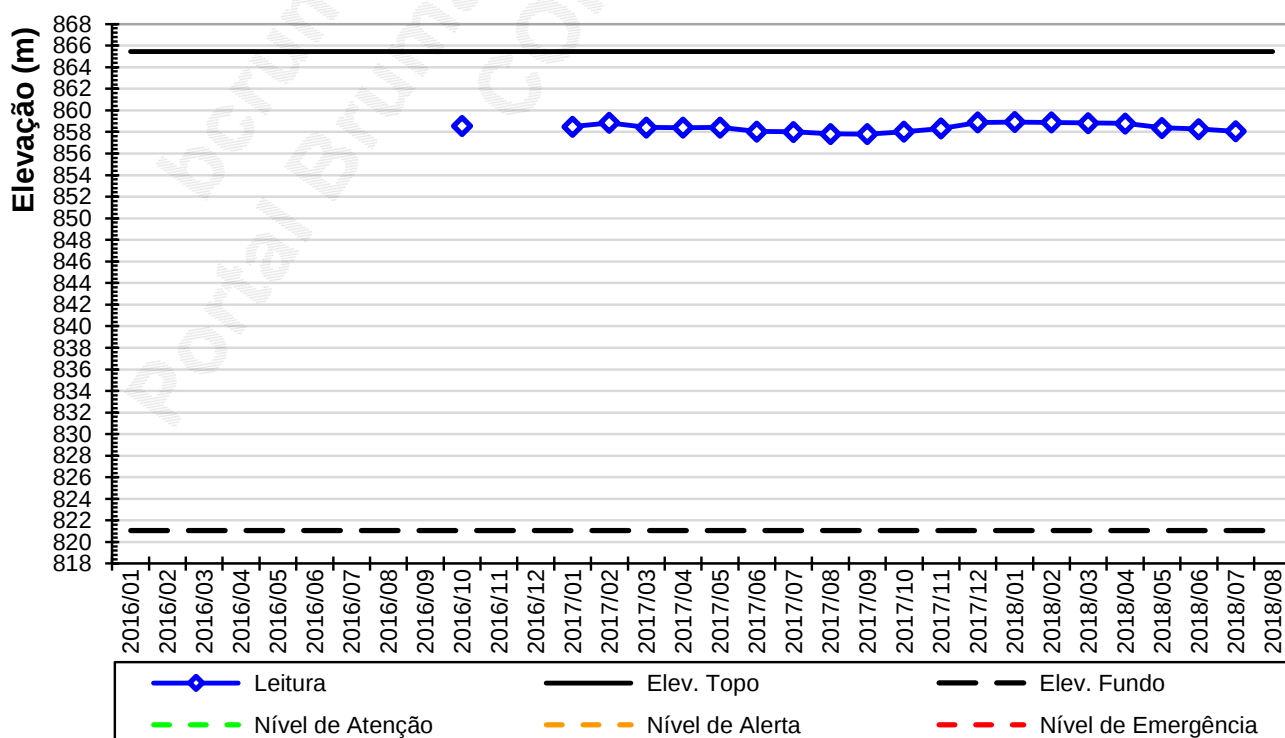
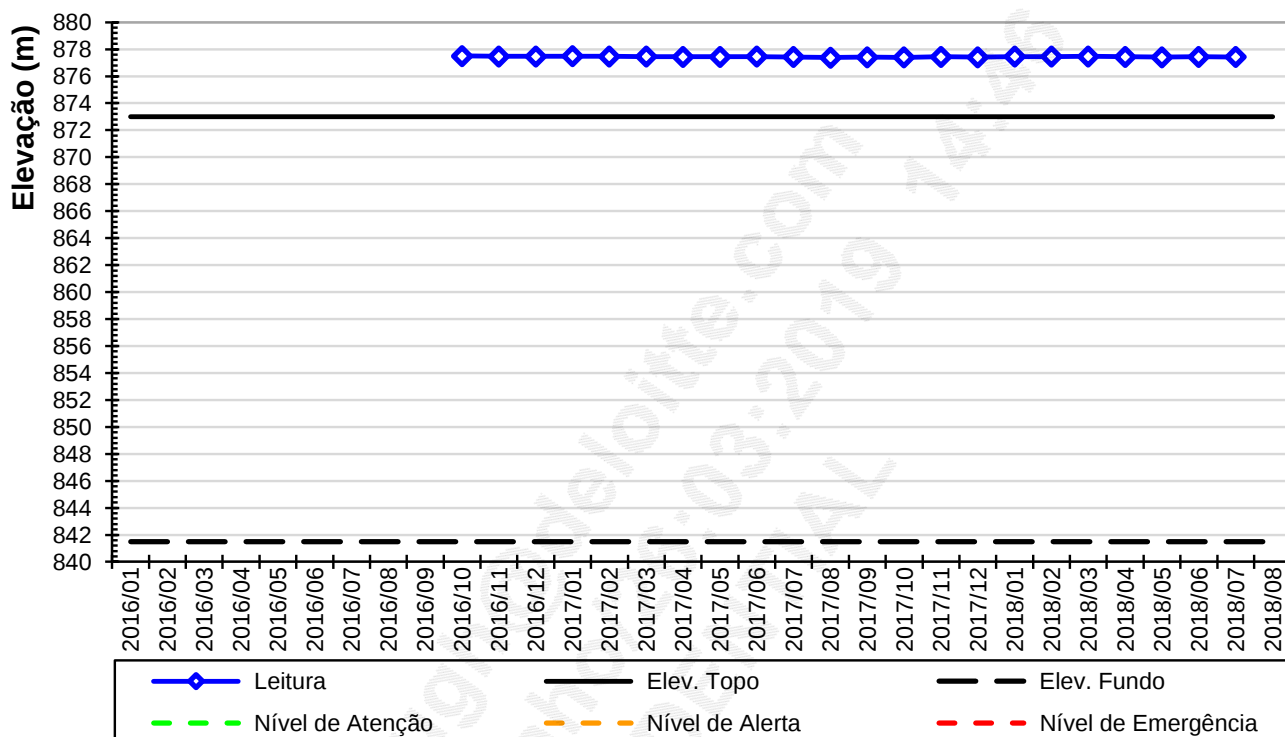


Medições do instrumento **CFJB1PZ085**

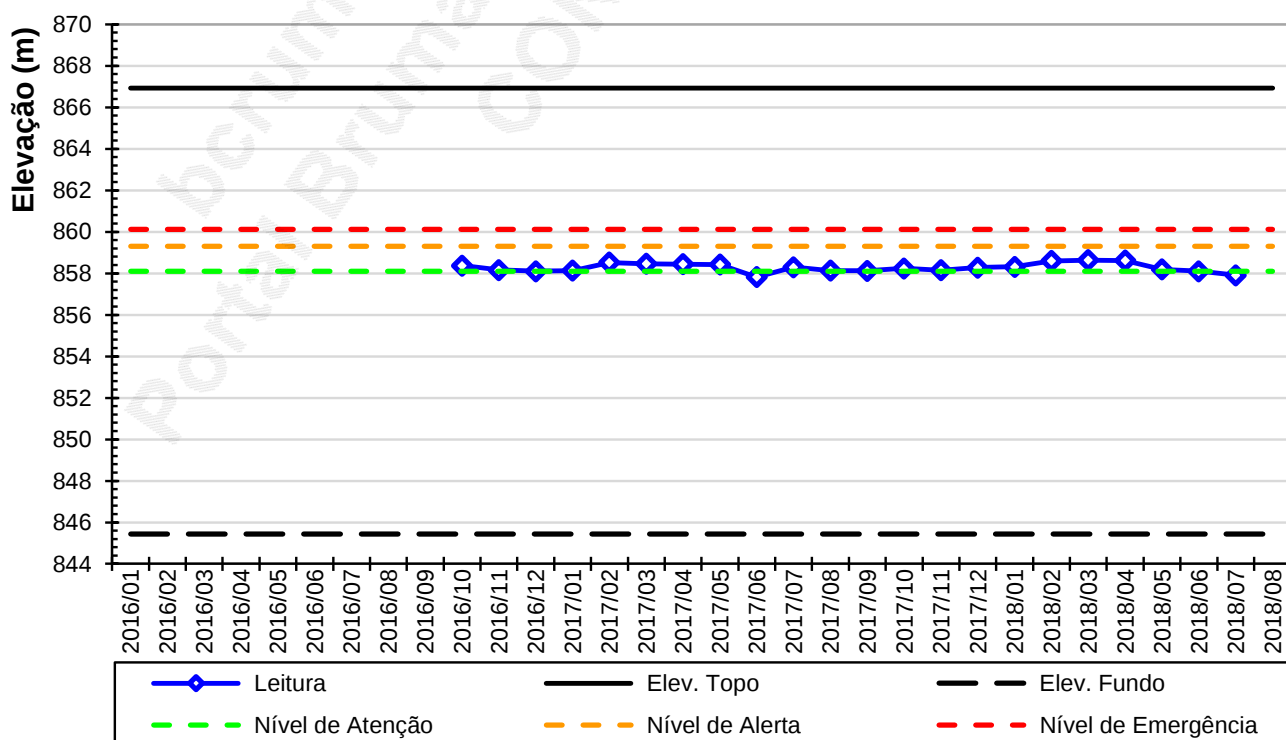
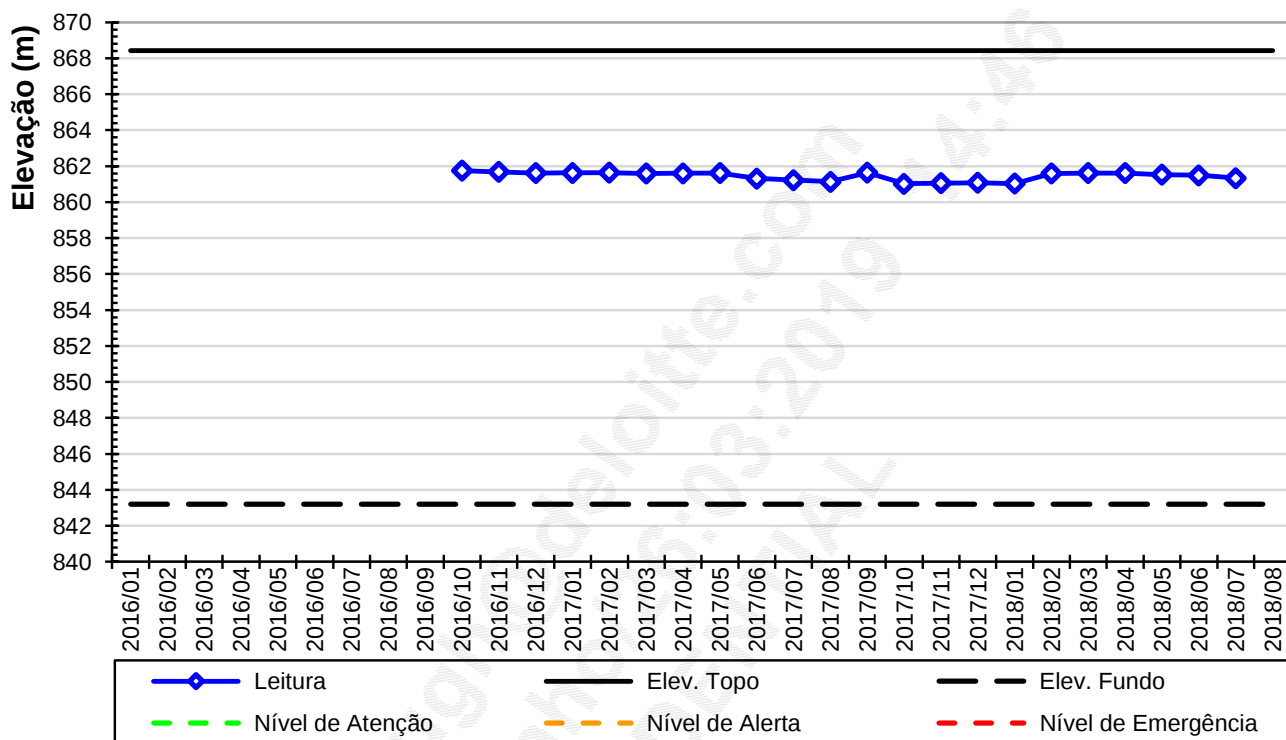
	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 105/128
			Nº TUV SUD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0



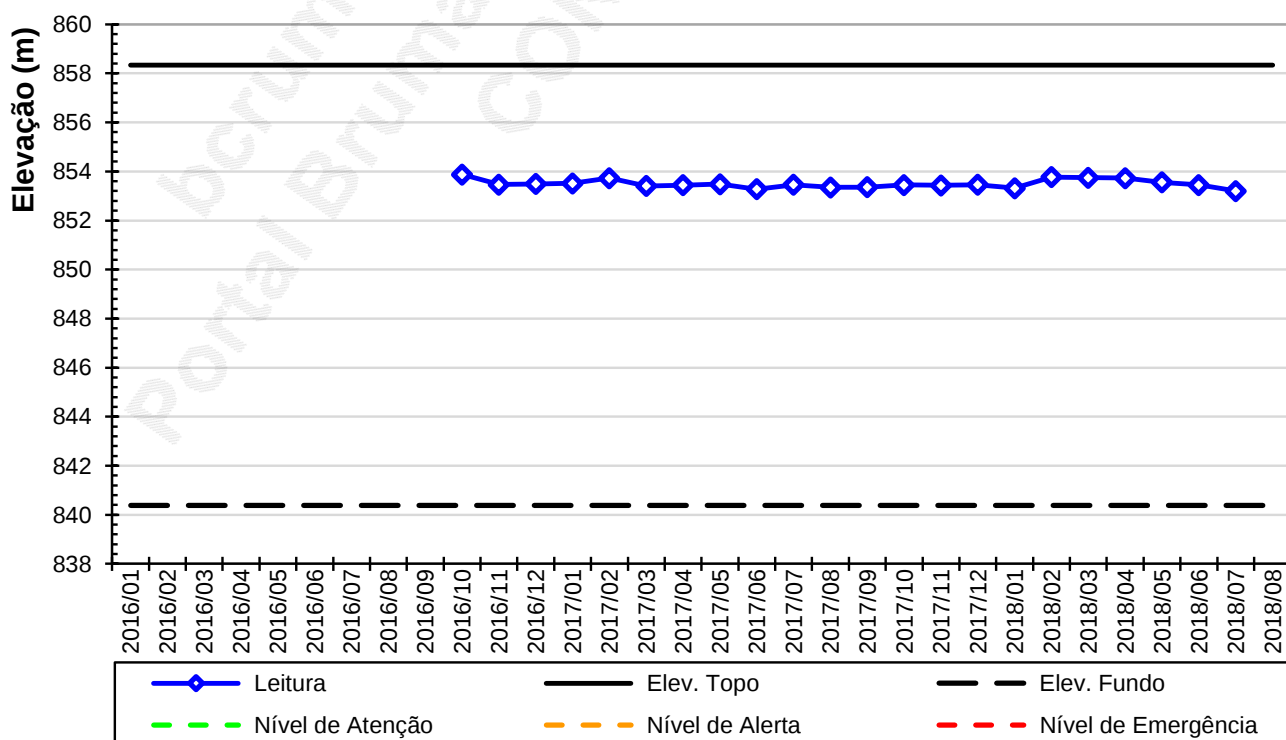
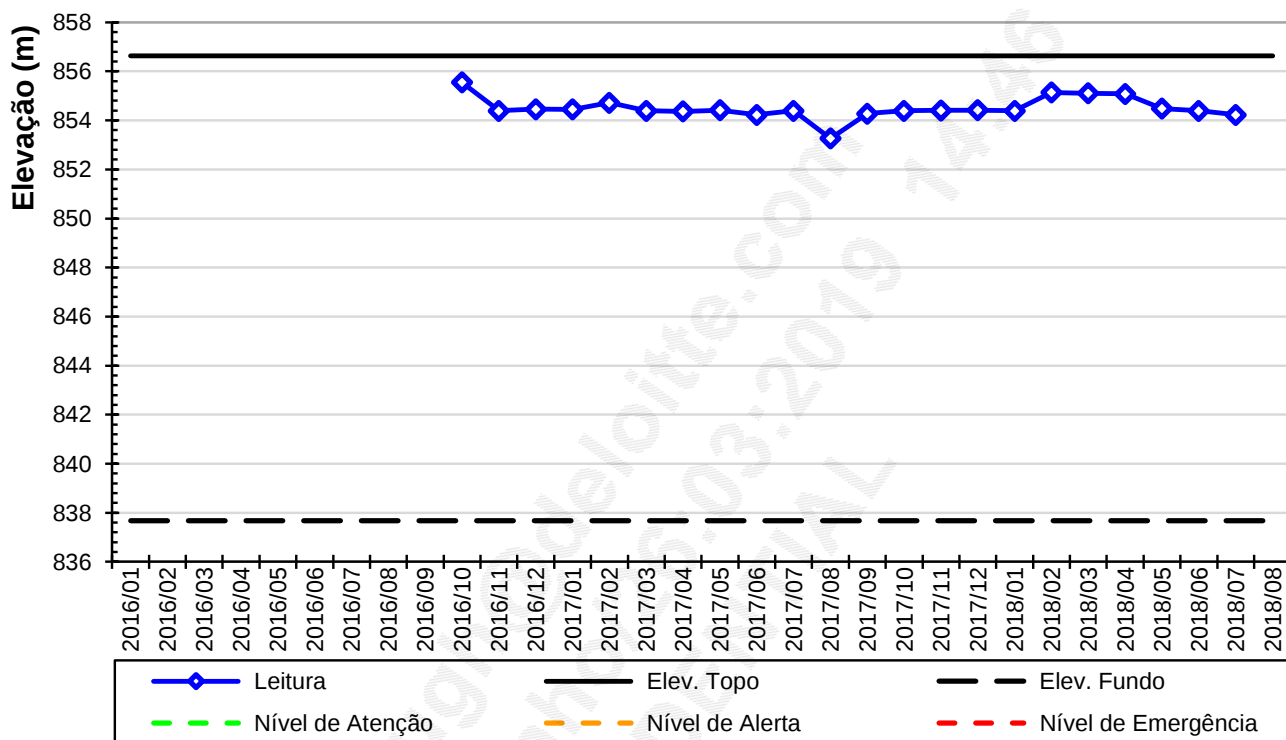
	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAPEBA - MINA Córrego Feijão BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 106/128
			Nº TUV SUD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0



	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAPEBA - MINA Córrego Feijão BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 107/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0



	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 108/128
			Nº TUV SUD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0



	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAPEBA - MINA Córrego Feijão BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 109/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

APÊNDICE B

REGISTRO FOTOGRÁFICO DA INSPEÇÃO DE CAMPO

	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 110/128
			Nº TUV SUD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0



Foto 1 – Estrada de acesso, ombreira direita.



Foto 2 – Estrada de acesso, ombreira esquerda.



Foto 3 – Acesso ao fundo do reservatório, pela ombreira direita.



Foto 4 – Reservatório da Barragem I.



Foto 5 – Limpeza do reservatório em progresso.



Foto 6 – Sistema de bombeamento do reservatório.

	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 111/128
			Nº TUV SUD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0



Foto 7 – Tubulação direcionando a água bombeada para o extravasor operacional.



Foto 8 – Represamento da água na nascente a montante do reservatório.



Foto 9 – Coleta da água represada.



Foto 10 – Tubulação direcionando a água para o reservatório metálico.



Foto 11 – Reservatório metálico parcialmente enterrado.



Foto 12 – Tubulação direcionando por gravidade a água para o sistema extravasor.

	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 112/128
			Nº TUV SUD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0



Foto 13 – Crista da Barragem I.



Foto 14 – Rejeitoduto na crista, inoperante.



Foto 15 – Talude de montante.



Foto 16 – Falha no revestimento vegetal no talude de jusante.



Foto 17 – Detalhe da Foto 16: sulcos no talude de jusante.



Foto 18 – Erosão superficial próxima à ombreira direita.

	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 113/128
			Nº TUV SUD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0



Foto 19 – Erosão superficial próxima à ombreira direita.



Foto 20 – Estrutura de contenção da ruptura localizada.



Foto 21 – Formigueiro no talude de jusante.



Foto 22 – Cupinzeiro no talude de montante após tratamento com pesticida.



Foto 23 – Cupinzeiro removido no talude de jusante.



Foto 24 – Depressão resultante da remoção de cupinzeiro.

	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 114/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0



Foto 25 – Região a jusante da barragem, com vista para jusante.



Foto 26 – Região a jusante da barragem, com vista para montante.



Foto 27 – Detalhe da Foto 26, bloco sob a estrada de acesso.



Foto 28 – Tubos para saída da drenagem interna, expostos na face do talude.



Foto 29 – Tubo para saída da drenagem interna, exposto e danificado.



Foto 30 – Tubo para saída da drenagem interna, exposto e danificado.

	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 115/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0



Foto 31 – Saída de drenagem interna com colóide.



Foto 32 – Saída de drenagem interna entupida com vegetação.



Foto 33 – Um dos novos DHPs instalados na El. 899,00 m.



Foto 34 – Novo DHP na El. 885 m (próx. à ombreira esquerda).



Foto 35 – Novo DHP na El. 916 m (próx. à ombreira direita), com canaleta assoreada.



Foto 36 – Novo DHP no pé da barragem (próx. à ombreira direita).

	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 116/128
			Nº TUV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0



Foto 37 – Saída de DHP com presença de colóide.



Foto 38 – Água empoçada em canaleta.



Foto 39 – Água empoçada em canaleta.



Foto 40 – Assoreamento e empoçamento em canaleta, tubo paralelo à descida hidráulica.



Foto 41 – Assoreamento e empoçamento em canaleta.



Foto 42 – Assoreamento de canaleta de drenagem por erosão superficial.

	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 117/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0



Foto 43 – Canaleta assoreada com material escavado para instalar DHP.



Foto 44 – Assoreamento de canal de drenagem.

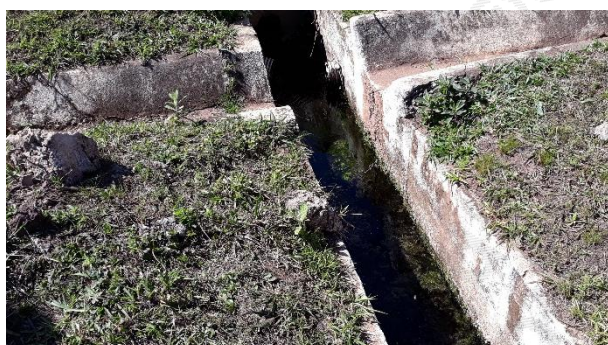


Foto 45 – Assoreamento de canal de drenagem.



Foto 46 – Dano estrutural à canaleta durante instalação de DHP.



Foto 47 – Dano estrutural no encontro de canaleta com descida hidráulica.



Foto 48 – Trinca em canaleta na ombreira esquerda.

	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 118/128
			Nº TUV SUD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0



Foto 49 – Surgência com colóide em canal de drenagem.



Foto 50 – Canaleta quebrada por pisoteamento de animais.



Foto 51 – Início dos trabalhos de reparo em descida hidráulica.



Foto 52 – Região onde ocorreu faturamento hidráulico.



Foto 53 – Poço e tubulação em concreto na ombreira esquerda.



Foto 54 – Contato maciço/ombreira esquerda: região sem canaleta perimetral.

	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 119/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0



Foto 55 – Extravador operacional: torre de queda do 9º alteamento.



Foto 56 – Extravador operacional: torre de queda do 10º alteamento.



Foto 57 – Antigo canal extravasor na ombreira direita, necessitando limpeza.



Foto 58 – Saída do sistema extravasor.

	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAPEBA - MINA Córrego Feijão BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 120/128
			Nº TUV SUD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0



Foto 59 – Detalhe da saída do extravasor, com erosão abaixo da laje.



Foto 60 – Bacia de dissipação, no reservatório da Barragem VI.

	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 121/128
			Nº TUV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0



Foto 61 – Instrumento em bom estado de conservação.



Foto 62 – Instrumento em processo de automatização.



Foto 63 – Resíduos de obra assoreando a drenagem superficial.

	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 122/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

APÊNDICE C
FICHA DE INSPEÇÃO

	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
			Nº VALE -	PÁGINA 123/128
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARA OPEBA - MINA Córrego Feijão BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº TUV SUD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

	 Bureau de Projetos	FICHA DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR DE BARRAGEM				Página: 1 de 3
Barragem: B-I		Mina: Córrego Feijão		Data da inspeção: 20/07/2018		
1) SITUAÇÃO DOS ACESSOS						
1.1) Conservação geral		☒ BOM	☐ REGULAR	☐ DEFICIENTE	Obs.:	
1.2) Superfície da pista		☒ BOM	☐ REGULAR	☐ DEFICIENTE	Obs.:	
1.3) Taludes		☒ BOM	☐ REGULAR	☐ DEFICIENTE	Obs.:	
1.4) Dispositivos de drenagem		☒ BOM	☐ REGULAR	☐ DEFICIENTE	Obs.:	
2) MACIÇO DA BARRAGEM / OMBREIRAS						
2.1) TRINCAS IDENTIFICADAS		☐ SIM	☒ NÃO	Obs.:		
Trinca	Local	Compr. (m)	Abert. (mm)	Direção	Observações	
T1						
T2						
T3						
2.2) RECALQUES IDENTIFICADOS		☐ SIM	☒ NÃO	Obs.:		
Recalque	Local	Tipo		Observações		
R1				LEVES ABAIXAMENTOS NOS TALUDES		
R2						
R3						
2.3) SURGÊNCIAS D'ÁGUA IDENTIFICADAS		☐ SIM	☒ NÃO	Obs.:		
Surgência	Local	Carreamento visível de sólidos		Observações		
S1						
S2						
S3						
2.4) EROSÕES SUPERFICIAIS		☒ SIM	☐ NÃO	Obs.:		
Erosões	Local	Compr. (m)	Prof. (cm)	Direção	Observações	
E1	O.D. ENTRE 6º E 7º ALTEAM.	~15	~20	TRANSV.	RECOMPOR	
E2	O.E. ENTRE 4º E 5º ALTEAM.	~10	~3	PERIMETRAL	INSTALAR CANALETA DE DRENAGEM	
E3						
2.5) DRENAGEM SUPERFICIAL		☐ INEXISTENTE / NÃO SE APLICA		Obs.:		
Estado de limpeza		☐ BOM	☒ REGULAR	☐ DEFICIENTE	Obs.: ALGUMAS CANALETAS ASSOREADAS	
Condições estruturais		☐ BOM	☒ REGULAR	☐ DEFICIENTE	Obs.: SOLAPAMENTO, TRINCAS, PISOTEAMENTO	
2.6) REVESTIMENTO		☒ BOM		☐ REGULAR	☐ DEFICIENTE	Obs.:
Estado de limpeza		☒ BOM	☐ REGULAR	☐ DEFICIENTE	Obs.:	
Condições vegetais/estruturais		☐ BOM	☒ REGULAR	☐ DEFICIENTE	Obs.: COBERTURA VEGETAL FALHA EM PONTOS	
2.7) PRESENÇA DE ÁRVORES E ANIMAIS						
Árvores ou arbustos		☒ SIM	☐ NÃO	Especificar: POUCOS ARBUSTOS		
Animais ou vestígios (pegadas/fezes)		☒ SIM	☐ NÃO	Especificar: PEGADAS E FEZES DE GADO		
Tocas, buracos, formigueiros, cupinzeiros		☒ SIM	☐ NÃO	Especificar: FORMIGUEIROS JÁ TRATADOS		
2.7) DRENAGEM INTERNA						
Assoreamento na saída do dreno		☐ SIM	☒ NÃO	Obs.:		
Carreamento visível de sólidos		☐ SIM	☒ NÃO	Obs.:		
Presença de colóide na água percolada		☒ SIM	☐ NÃO	Obs.: EM DHPs		
Alteração significativa da vazão de saída		☐ SIM	☒ NÃO	Obs.:		
Saturação ao redor do dreno		☐ SIM	☒ NÃO	Obs.:		
Medidor de vazão operante		☒ SIM	☐ NÃO	Obs.:		
3) RESERVATÓRIO						
3.1) Erosões significativas nas margens		☐ SIM	☒ NÃO	Obs.:		
3.2) Processos de instabilização nas margens		☐ SIM	☒ NÃO	Obs.:		
3.3) Borda livre operacional		☒ SIM	☐ NÃO	Obs.:		

	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
			Nº VALE -	PÁGINA 124/128
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARA OPEBA - MINA Córrego Feijão BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018		Nº TUV SUD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0	

	 Bureau de Projets	FICHA DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR DE BARRAGEM	Página: 2 de 3
4) SISTEMA EXTRASOR			
☐ INEXISTENTE / NÃO SE APLICA			
4.1) Obstrução da seção de emboque	☐ SIM	☒ NÃO	Obs.:
4.2) Danos estruturais	☐ SIM	☒ NÃO	Obs.:
4.3) Assoreamento na bacia de dissipação	☐ SIM	☒ NÃO	Obs.:
4.4) Erosões ou instabilizações a jusante	☒ SIM	☐ NÃO	Obs.: NA BASE DA SAÍDA DA BACIA DE DISSIPACÃO
5) INSTRUMENTAÇÃO (listar anomalias relativas à integridade física, identificação, danos, acesso para leitura)			
A INSTRUMENTAÇÃO ENCONTRA-SE EM PROCESSO DE AUTOMATIZAÇÃO. TODOS OS INSTRUMENTOS ESTAVAM IDENTIFICADOS E COM TAMPA, COM ACESSO ADEQUADO PARA REALIZAÇÃO DAS LEITURAS.			
6) CONDIÇÃO DE PRAIA ☐ INEXISTENTE / NÃO SE APLICA (para barragens alçadas para montante ou linha de centro)			
RESERVATÓRIO SEM LÂMINA D'ÁGUA.			
7) ADUTORAS DE REJEITO/ÁGUA ☒ INEXISTENTE / NÃO SE APLICA (listar anomalias e observações sobre disposição e/ou adução)			
DISPOSIÇÃO DE REJEITO INTERROMPIDA, ESPIGOTES DESATIVADOS.			
8) ESTADO DE CONSERVAÇÃO (no caso de peso 10 em qualquer coluna, proceder inspeção especial)			
Confiabilidade das estruturas extravasoras	Percolação	Deformações e recalques	Deterioração dos taludes / paramentos
Estruturas civis bem mantidas e em operação normal / barragem sem necessidade de estruturas extravasoras ☒ 0 (*)	Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem ☒ 0	Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura ☒ 0	Não existe deterioração de taludes e paramentos ☐ 0
Estruturas com problemas identificados e medidas corretivas em implantação ☐ 3	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados ☐ 3	Existência de trincas e abatimentos com medidas corretivas em implantação ☐ 3	Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de vegetação arbustiva ☒ 3 (**)
Estruturas com problemas identificados e sem implantação das medidas corretivas necessárias ☐ 6	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes ou ombreiras sem implantação das medidas corretivas necessárias ☐ 6	Existência de trincas e abatimentos sem implantação das medidas corretivas necessárias ☐ 6	Erosões superficiais, ferrugem exposta, presença de vegetação arbórea, sem implantação das medidas corretivas necessárias ☐ 6
Estruturas com problemas identificados, com redução de capacidade vertente e sem medidas corretivas ☐ 10	Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente ou infiltração do material contido, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura ☐ 10	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura ☐ 10	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura ☐ 10
9) COMENTÁRIOS GERAIS			
(*) A EROSIÃO IDENTIFICADA NECESSITA MEDIDA CORRETIVA, MAS NÃO COMPROMETE A FUNÇÃO EXTRASORRA. (**) A EROSIÃO SUPERFICIAL É RESTRITA E NÃO COMPROMETE A ESTABILIDADE. → COMPLEMENTAR A LIMPEZA DO TALVEQUE NO PÉ DA BARRAGEM E REALIZAR Mapeamento geológico dos blocos de rocha, para posterior análise de sua estabilidade. Para definição de suas geometrias, ensaios geofísicos poderão ser realizados. Caso constatada a possibilidade de movimentação dos blocos, alguma medida corretiva deverá ser estudada e implantada para sua contenção, com o intuito de não ser deflagrado um gatilho para o modo de falha liquefação. → REVISAR O PROJETO DA DRENAGEM SUPERFICIAL, DEVIDO AO ACRESCIMO DE VAZÃO OCASIONADO PELOS DHPs.			

 Bureau de Projets	FICHA DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR DE BARRAGEM	Página: 3 de 3
--	---	--------------------------

10) OBSERVAÇÕES DE INSPEÇÕES ANTERIORES

Observações RPSB 2018	Situação
Trincas nas canaletas na região da ombreira esquerda	PERSISTE, RECOMENDA-SE ACOMPANHAMENTO
Erosão superficial próxima ao contato com canaleta na bermá da El.922,5m	NÃO OBSERVADO
Canaleta e descida d'água trincadas na El.904m (prox. ombreira esquerda)	PERSISTE, RECOMENDA-SE REPARO
Recalque de trincheiras prox. às descidas d'água na bermá de recuo (El.899m)	IMPOSSÍVEL OBSERVAR DEVIDO AO ASSOREAMENTO
Surgências com colóides através de trinca na canaleta na bermá de recuo	PERSISTE, RECOMENDA-SE CONTROLE
Solapamento da descida d'água na El.872m prox. à ombreira esquerda	NÃO OBSERVADO
Coloide na saída da drenagem interna (ombreira direita prox. ao pé)	PERSISTE, RECOMENDA-SE CONTROLE
Escoramento em ruptura local (El. 895 m)	ESTÁVEL

11) RECOMENDAÇÕES DA AUDITORIA ANTERIOR

Recomendações Auditoria 2018	Prazo	Concluída?	Observações
Ajustar declividade de canaletas nas bermas inferiores	30/08/18	☐ S ☒ N	NECESSITA AJUSTE
Limpeza do reservatório com vegetação excessiva	04/05/18	☒ S ☐ N	EM EXECUÇÃO
Limpeza e reparos da drenagem superficial (geral)	30/08/18	☒ S ☐ N	NECESSITA COMPLEMENTAÇÃO
Tampas de instrumentos: verificar existência e rosqueamento	20/04/18	☒ S ☐ N	INSTRUMENTOS ADEQUADOS
Limpeza da saída do extravasor (trecho não revestido)	04/05/18	☐ S ☒ N	
Saída de DHP danificada por animais	30/04/18	☒ S ☐ N	RECOMENDA-SE APRIMORAR PROTEÇÃO
Plano de instalação de monitoramento sísmico	20/03/18	☒ S ☐ N	DESENVOLVER ANÁLISE DOS DADOS
Realizar As Is		☐ S ☒ N	EM ANDAMENTO

Recomendações RPSB 2018	Prazo	Concluída?	Observações
Instalar DHPs (e poços caso DHPs não satisfaçam)	não especif.	☒ S ☐ N	AINDA NÃO CONCLUÍDO
Acesso em tempo real ao monitoramento para o responsável pela DCE	não especif.	☐ S ☒ N	
Instalação de piezômetros multi-níveis	não especif.	☐ S ☒ N	
Execução de novos ensaios in-situ e em laboratório	não especif.	☐ S ☒ N	
Limpeza da saída do extravasor (trecho não revestido)	não especif.	☐ S ☒ N	
Proibir detonações e restringir tráfego de equipamentos	não especif.	☒ S ☐ N	INFORMAÇÃO VERBAL
Instalar registros sismológicos	não especif.	☒ S ☐ N	ANALISAR OS DADOS
Desvio do aporte d'água no reservatório	não especif.	☒ S ☐ N	ANALISAR RESPOSTA DA INSTRUM.
		☐ S ☐ N	

12) PROFISSIONAIS ENVOJIDOS NA INSPEÇÃO
TÜVSÜD - BUREAU DE PROJETS
 MARLISIO O. CECILIO JR.
 gabriel F Bilenkog
 SIDNEI ONO

(Empresa - Nome - Assinatura)
VALE
 César Grandjean
 Cristina matheios
 camila m. oliveira l.

	 Bureau de Projetos	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAPEBA - MINA CÔRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 126/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

APÊNDICE D

ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA

	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAPEBA - MINA CÔRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 127/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0



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

CREA-MG

ART de Obra ou Serviço
14201800000004734692

Via da Obra/Serviço
Página 1/1

1. Responsável Técnico
MAKOTO NAMBA
Título profissional:
ENGENHEIRO CIVIL;
RNP: 2604020670
Registro: 06.0.0601080777
Empresa contratada:
T?V S?D BUREAU DE PROJOTOS E CONSULTORIA LTDA
Registro: 32886

2. Dados do Contrato
Contratante: **VALE S.A**
Logradouro: **PRAIA BOTAFOGO**
Complemento: **SAL 701 A 1901**
Cidade: **RIO DE JANEIRO**
Contrato: **5500054726**
Valor: **95.109,78**
Bairro: **BOTAFOGO**
UF: **RJ**
CNPJ: **33.592.510/0001-54**
Nº: **000186**
CEP: **22250145**
Tipo de contratante: **PESSOA JURÍDICA DE DIREITO PRIVADO**

3. Dados da Obra/Serviço
Logradouro: **FAZENDA CORREGO DO FEIJÃO**
Cidade: **BRUMADINHO**
Data de início: **28/08/2018** Previsão de término: **28/09/2019**
Finalidade: **OUTRO-DETALHAR CAMPO 5 OBSERV.**
Proprietário: **VALE S.A**
Nº: **000000**
Bairro: **ETC ALBERTO FLORES**
UF: **MG**
CEP: **35460000**
CNPJ: **33.592.510/0008-20**

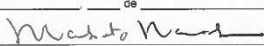
4. Atividade Técnica
1 - CONSULTORIA
Quantidade: **87.00** Unidade: **m**
AUDITORIA, MINERAÇÃO, BARRAGEM/BARRAMENTO DE REJEITOS E/OU FINOS

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

5. Observações
PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DAS BARRAGENS - BARRAGEM I - MINA CÔRREGO DO FEIJÃO

6. Declarações

7. Entidade de Classe
SINDICATO DE ENGENHEIROS NO ESTADO DE MINAS GEF

8. Assinaturas
Declaro serem verdadeiras as informações acima
de de

MAKOTO NAMBA RNP: 2604020670

VALE S.A CNPJ: 33.592.510/0001-54

Valor da ART: 218,54

Registrada em: 29/08/2018

Valor Pago: 218,54

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.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\$ 995.109,78. ÁREA DE ATUAÇÃO: CIVIL,


www.crea-mg.org.br | 0800.0312732
Nosso Número: 000000004612316

	 Bureau de Projets	CLASSIFICAÇÃO Restrita	AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2018 - FASE VI B	
AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA 2º CICLO 2018 COMPLEXO PARAÓPEBA - MINA CÓRREGO FEIJÃO BARRAGEM I RELATÓRIO DE AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA DE BARRAGEM LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM / 2018			Nº VALE -	PÁGINA 128/128
			Nº TÜV SÜD BUREAU RC-SP-102/18	REV. 0

Banco Itaú Unibanco S.A.

Page 1 of 1

ItaúUniclass



Comprovante de pagamento

**Banco Itaú - Comprovante de Pagamento
Títulos Outros Bancos**

Identificação no extrato: ART_VAL113

Dados da conta debitada:

Nome: PATRICIA CRISTIANE CHICOTE

Agência: 0067 Conta: 65360-2

Dados do pagamento:

Nome do favorecido: BBRASIL

Código de barras: 00190.00009 02832.133009 04612.316176 8 76410000021854

Valor do documento: R\$ 218,54

Valor de juros/multa: R\$ 0,00

Valor de
desconto/abatimento: R\$ 0,00

Valor do pagamento: R\$ 218,54

Data do vencimento: 08/09/2018

Pagamento efetuado em 29/08/2018 às 17:29:38h via Internet, CTRL 94251.

Autenticação:

9B29C3E9EBF6BD5AC40658B43F3A665ABB6C8ED9

Consultas, informações e serviços transacionais, acesse itau.com.br/uniclass ou ligue 4004 4828 (capitais e regiões metropolitanas) ou 0800 970 4828 (demais localidades), todos os dias, 24 horas por dia ou procure sua agência. Reclamações, cancelamentos e informações gerais, ligue para o SAC: 0800 728 0728, todos os dias, 24 horas por dia. Se não ficar satisfeito com a solução apresentada, de posse do protocolo, contate a Ouvidoria: 0800 570 0011, em dias úteis, das 9h às 18h. Deficiente auditivo/fala: 0800 722 1722, todos os dias, 24 horas por dia. Ou entre em contato agora mesmo através do Fale conosco, no site do Itaú.