

	CLASSIFICAÇÃO <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO PARAOPEBA MINA CÓRREGO DO FEIJÃO</b>	
AUDITORIA / 2016 COMUM / GERAL BARRAGEM B1 RELATÓRIO TÉCNICO DA AUDITORIA EXTRAORDINÁRIA RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR			Nº VALE	PÁGINA <b>2/38</b>
			Nº GEOCONSULTORIA <b>VL55-RT05</b>	REV. <b>0</b>

## ÍNDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
1.0	INTRODUÇÃO	3
2.0	ESTRUTURA AUDITADA	3
3.0	SISTEMA DE DRENAGEM INTERNA E EXTERNA E EXTRAVASOR	6
4.0	CARACTERIZAÇÃO DOS REJEITOS	7
5.0	CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM B1	8
6.0	MONITORAMENTO	9
7.0	SEGURANÇA OPERACIONAL	11
8.0	INSPEÇÃO DE CAMPO	12
9.0	REGISTRO DE ANOMALIAS	13
10.0	RECOMENDAÇÕES DE AUDITORIAS ANTERIORES	13
11.0	RECOMENDAÇÕES	28
12.0	CONCLUSÕES	29
	ANEXO I – MATRIZES E TABELAS DE CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM	30
	ANEXO II – PLANO DE AÇÃO	36
	ANEXO III – MAPA DE LOCALIZAÇÃO	37

		CLASSIFICAÇÃO <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO PARAPEBA MINA CÓRREGO DO FEIJÃO</b>	
AUDITORIA / 2016 COMUM / GERAL BARRAGEM B1 RELATÓRIO TÉCNICO DA AUDITORIA EXTRAORDINÁRIA RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR			Nº VALE	PÁGINA <b>3/38</b>
			Nº GEOCONSULTORIA <b>VL55-RT05</b>	REV. <b>0</b>

## 1.0 INTRODUÇÃO

Este relatório apresenta o resultado da Auditoria Extraordinária de Segurança de Barragem, da Barragem B1, mina Córrego do Feijão, de propriedade da VALE S.A., localizada no município de Brumadinho, MG. A locação da mina está mostrada no mapa do Anexo II.

Esta Auditoria Extraordinária decorre de exigência legal, conforme o Decreto N° 46.933, de 2 de maio de 2016, do Governo do Estado de Minas Gerais, e a Resolução Conjunta SEMAD/FEAM nº 2372, de 6 de maio de 2016, e atende também ao requerido na Portaria 416, de 3 de setembro de 2012, do Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM.



O presente relatório segue as Diretrizes constantes do Anexo I, da Resolução Conjunta.

## 2.0 ESTRUTURA AUDITADA

A barragem B1, da mina do Córrego do Feijão, foi construída em 1976 até a elevação 874,0 m, atingindo uma altura máxima de 18 m. Em seguida, foram executadas diversas etapas de alteamento, pelo método de montante, conforme discriminado na tabela 1.

Tabela 1 - Sequenciamento da construção da barragem B1

Etapa	Ano	Alteamento	EI. (m)	Altura máx. (m)	Tipo de alteamento	Projetista	Construtora
1	1976	Bar. Inicial	874	18	-	Christoph Erb	Emtel
2	1982	2.º	877	21	montante	Tecnosan	Tercam
3	1983		879	23	montante		?
4	1984		884	28	Linha centro		Construtora Sul Minas
5	1986		889	33	montante		?
6	1990		891,5	35,5	montante		Unienge Com. e Constr. Ltda.
7	1991	3.º	895	39	montante	Riad Chammas	Construtora Sul Minas
8	1993		899	43	montante		.
9	1995	4.º	905	49	montante	Tecnosolo	CMS Constr.S.A
10	1998	5.º	910	54	montante		U&M
11	2000	6.º	916,5	60,5	montante		Constr. Dragagem Paraopeba
12	2003	7.º	922,5	66,5	montante		Construtora Impar Ltda.
13	2004	8.º	929,5	73,5	montante		Integral
14	2008	9.º	937,0	81,0	montante	Geoconsultoria	Integral
15	2013	10.º	942,0	86,0	montante	Geoconsultoria	Salum Enga.

		CLASSIFICAÇÃO <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO PARAPEBA MINA CÓRREGO DO FEIJÃO</b>	
<b>AUDITORIA / 2016 COMUM / GERAL BARRAGEM B1 RELATÓRIO TÉCNICO DA AUDITORIA EXTRAORDINÁRIA RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>4/38</b>
			Nº GEOCONSULTORIA <b>VL55-RT05</b>	REV. <b>0</b>

A barragem inicial foi construída com cota de crista 874 m, por minério fino (idealizado como material drenante), revestida por camada de laterita de 4 m de espessura no talude de montante, com inclinação 1V:1,5H, e de 1 m no talude de jusante, com inclinação de 1V:1,75H. Em seguida, foram projetados 5 alteamentos sucessivos, para montante, com 3 m de altura e lançamento de rejeitos pela crista, para formação da praia próxima à barragem.

A projetista (Tecnosan) partiu da premissa que, por separação granulométrica, a fração mais grosseira do rejeito se depositaria mais próxima da crista. Os diques foram protegidos por uma camada de laterita de 1,5 m de espessura, para evitar processos erosivos de águas pluviais. Para o 2º e 4º diques foram projetados tapetes drenantes, constituídos por hematitinha. Sabe-se que um destes tapetes estendeu-se até o talude de montante, porém posteriormente ele foi selado. Após conclusão do 2º dique, ocorreram surgências d'água na base da 1º dique, que poderiam ser explicadas pela ausência de sistema de drenagem interna do 1º dique.

A partir de 1983, houve necessidade de aumentar a altura dos alteamentos de 3 para 5 m para aumentar o período requerido para implantação dos diques. Na 4ª etapa, optou-se por um alteamento por linha de centro, com envelopamento da barragem inicial e dos dois primeiros alteamentos. Segundo registros dos relatórios de obra, não foi instalado tapete drenante na 6ª etapa correspondente à cota 891,5 m.

Em seguida, foi executado o 3º alteamento (numeração adotada pela Ferteco), em duas etapas, tendo como projetista o Eng.º Riad Chammas. Do 4º ao 8º alteamento, os projetos foram desenvolvidos pela empresa Tecnosolo. Todos estes alteamentos foram executados para montante, porém, no 4º alteamento, o eixo foi deslocado 38,5 m para montante em relação ao eixo anterior. Esta decisão foi tomada ao se constatar que os fatores de segurança eram inferiores a 1,3. Em 2000, foram instalados drenos e trincheiras na base do 4º alteamento.



Após o 8º. alteamento foram executados outros dois, para as cotas 937,0 m e 942,0 m (etapa atual e última), projetados pela Geoconsultoria. Com a barragem na cota 942,0 m, a altura total máxima é de 86 m.

A inclinação média do talude global é de 1V:3H, sendo na realidade composta de um trecho inferior, com inclinação de 1V:2,5H, e outro superior com inclinação 1V:3,1H, e com uma berma mais larga na cota 898 m.

A água acumulada nesta barragem é extravasada para o reservatório da barragem B6, que fica em cota inferior.

Há registros de surgências d'água no talude de jusante da barragem e de artesianismo nos piezômetros de algumas bermas.

Da mesma forma que ocorreu na barragem Forquilha III, o sistema extravasor desta barragem era constituído por canais a céu aberto, operando com soleira fixa, e na margem direita da barragem. Os dois últimos alteamentos foram projetados pela Geoconsultoria e,

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO PARA OPEBA MINA CÓRREGO DO FEIJÃO</b>	
			Nº VALE	PÁGINA <b>5/38</b>
<b>AUDITORIA / 2016 COMUM / GERAL BARRAGEM B1 RELATÓRIO TÉCNICO DA AUDITORIA EXTRAORDINÁRIA RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR</b>			Nº GEOCONSULTORIA <b>VL55-RT05</b>	REV. <b>0</b>

como parte do projeto, foi mudado o sistema extravasor, para torre operada com stop-logs, conectada com galeria de fundo, a qual descarrega em um canal rápido, de concreto, na margem direita. O uso de extravasor controlado com stop-logs permite o manejo correto do nível e volume de água armazenado.

A função da barragem é conter os rejeitos da planta de beneficiamento de minério de ferro, e servir como tanque para clarificação da água sobrenadante, que verte para a barragem B6, esta sim uma estrutura para reservação de água.

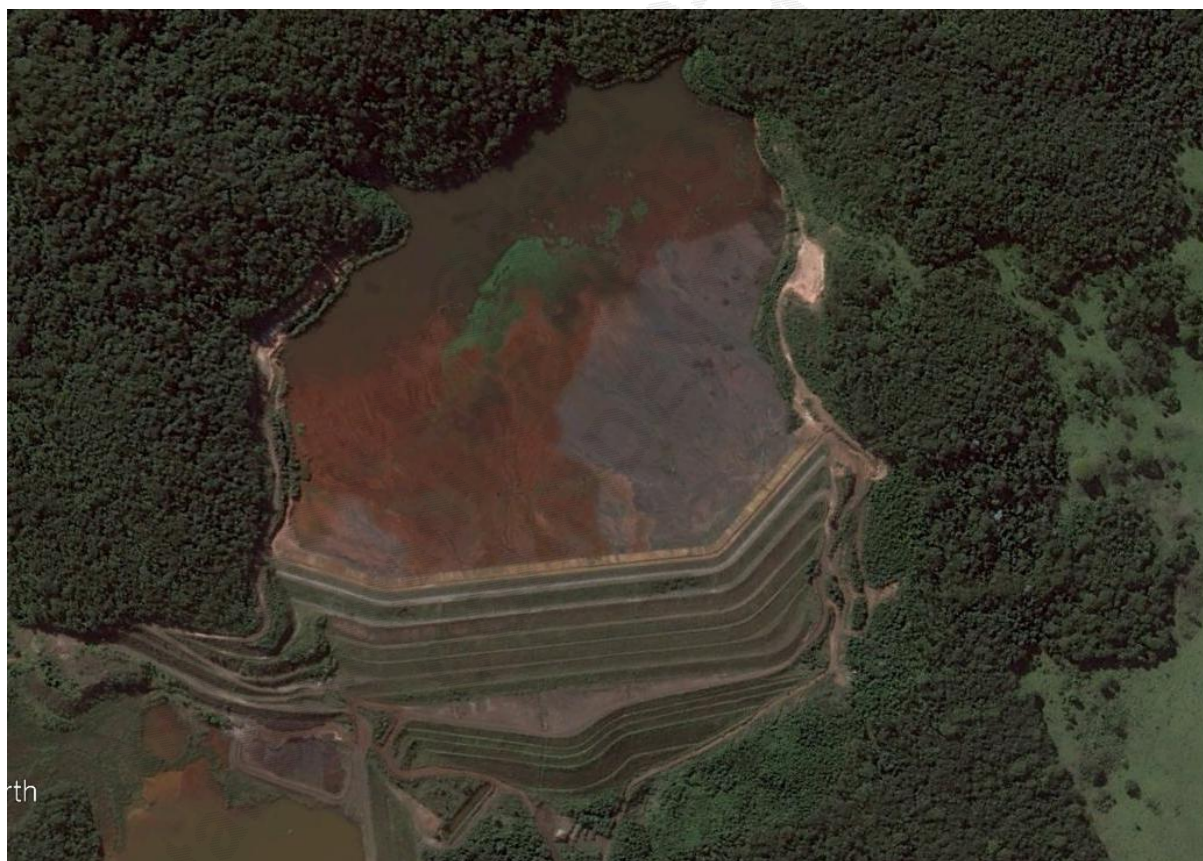




Figura 1 - Imagem Google Earth, de 9/6/2015 - Barragem B1

A barragem B1 tem altura máxima de 87 m, cota da crista 942 m e cerca de 700 m de comprimento (considera-se a cota de base como 855 m).

		CLASSIFICAÇÃO	<b>COMPLEXO PARAPEBA MINA CÓRREGO DO FEIJÃO</b>	
		RESTRITA		
<b>AUDITORIA / 2016 COMUM / GERAL BARRAGEM B1 RELATÓRIO TÉCNICO DA AUDITORIA EXTRAORDINÁRIA RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR</b>			Nº VALE	PÁGINA
			Nº GEOCONSULTORIA	REV.
			<b>VL55-RT05</b>	<b>6/38</b> <b>0</b>

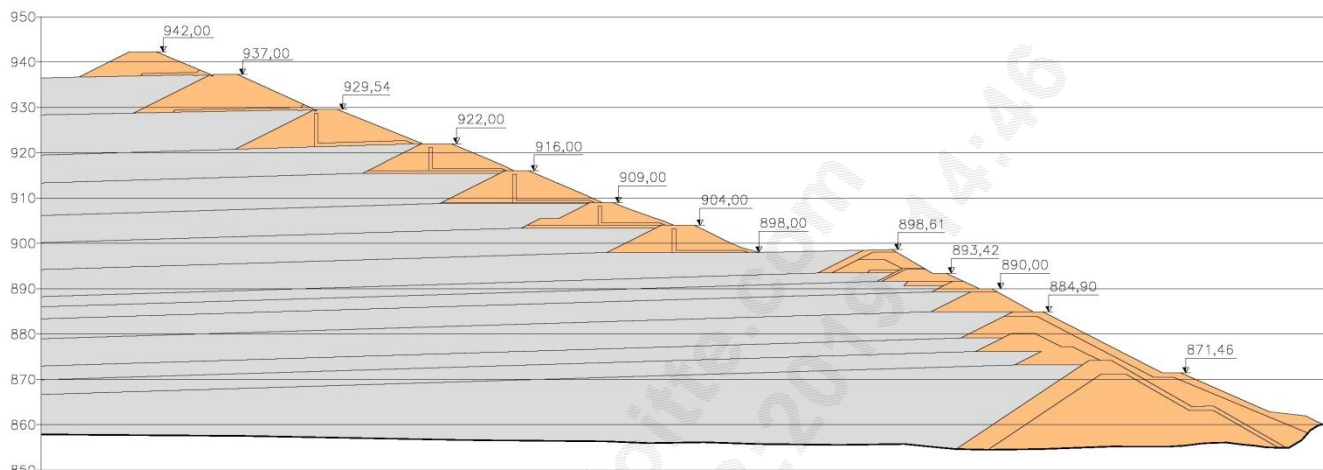


Figura 2 - Seção típica da barragem B1

As características da barragem B1 podem ser resumidas como segue:

- ▶ função: armazenamento de rejeitos e recirculação de água (não está operando)
- ▶ situação: dique inicial construído com terra compactada, alteamentos por montante também com terra compactada ou rejeitos, sobre praia de rejeitos.
- ▶ altura máxima: 87 m
- ▶ comprimento da crista: 700 m
- ▶ volume armazenado: 12,7 Mm<sup>3</sup>
- ▶ status: paralisada temporariamente


### 3.0 SISTEMA DE DRENAGEM INTERNA E EXTERNA E EXTRAVASOR

Pelos desenhos e informações disponíveis, aparentemente o dique inicial e os alteamentos iniciais não foram providos de filtros verticais ou tapetes drenantes. Pelos desenhos disponíveis, os alteamentos a partir da cota 893 m passaram a ter tapetes drenantes, no contacto com a praia de rejeitos, na fundação.

Os alteamentos acima da berma de cota 899 m (berma mais larga) foram projetados com filtro vertical e tapete drenante na base, com as águas captadas descarregando nas canaletas de drenagem superficial.

Apesar de não se dispor dos registros de projeto e de construção das etapas iniciais, observa-se que a barragem apresenta enrocamento de pé.

O sistema de drenagem superficial é composto por canaletas paralelas ao eixo das bermas, executadas com concreto moldadas in loco. Estas canaletas descarregam em caixas de passagem, as quais serão ligadas a tubos pré-moldados de concreto de 40 cm de diâmetro, e daí a canaletas em escadas, que encaminharão as águas coletadas ao sistema do nível inferior.

		CLASSIFICAÇÃO <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO PARA OPEBA MINA CÓRREGO DO FEIJÃO</b>	
<b>AUDITORIA / 2016 COMUM / GERAL BARRAGEM B1 RELATÓRIO TÉCNICO DA AUDITORIA EXTRAORDINÁRIA RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>7/38</b>
			Nº GEOCONSULTORIA <b>VL55-RT05</b>	REV. <b>0</b>

Para o dimensionamento hidráulico do extravasor, foram desenvolvidos estudos hidrológicos, considerando-se a vazão de cheia para chuva com tempo de retorno decamilenar, tendo em vista o porte da barragem e seu potencial de dano a jusante, em caso de ruptura.

Com base nestes estudos, resultaram as seguintes dimensões para o sistema extravasor:



- 3 torres, de seção retangular de 1,20 m de largura, nos “stop-logs”, e 1,00 m de profundidade, com 5 m de altura máxima, aberta em um dos lados, onde são instalados os “stop-logs”.
- Galeria de fundo, com seção retangular, com 1,0 m de lado e 1,20 m de altura, com extensão de cerca de 310 m.
- Canal a céu aberto, de seção retangular, com 1,0 m de largura e 1,50 m de altura, com um trecho inicial contínuo e outro, final, em degraus, descarregando a vazão extravasada no reservatório da barragem 6.

#### **4.0 CARACTERIZAÇÃO DOS REJEITOS**

Nos estudos desenvolvidos pela Geoconsultoria, para o projeto dos alteamentos da barragem B1, foi desenvolvida ampla campanha de investigações, de campo e de laboratório, visando caracterizar tanto os rejeitos como as condições da praia, para suportar os alteamentos para montante.

De maneira resumida, as características determinadas nestas investigações podem ser apresentadas como segue:

- Granulometria: areia fina siltosa
- densidade seca: 2,1 t/m<sup>3</sup>
- densidade dos sólidos: 4,1 t/m<sup>3</sup>
- índice de vazios: 1,0
- coeficiente de permeabilidade: 10<sup>-4</sup> a 10<sup>-5</sup> cm/s
- ensaios de resistência: a ser discutido no item de estabilidade

		CLASSIFICAÇÃO	<b>COMPLEXO PARAPEBA MINA CÓRREGO DO FEIJÃO</b>	
		RESTRITA		
<b>AUDITORIA / 2016 COMUM / GERAL BARRAGEM B1 RELATÓRIO TÉCNICO DA AUDITORIA EXTRAORDINÁRIA RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR</b>		Nº VALE	PÁGINA	
		Nº GEOCONSULTORIA <b>VL55-RT05</b>	<b>8/38</b> REV. <b>0</b>	

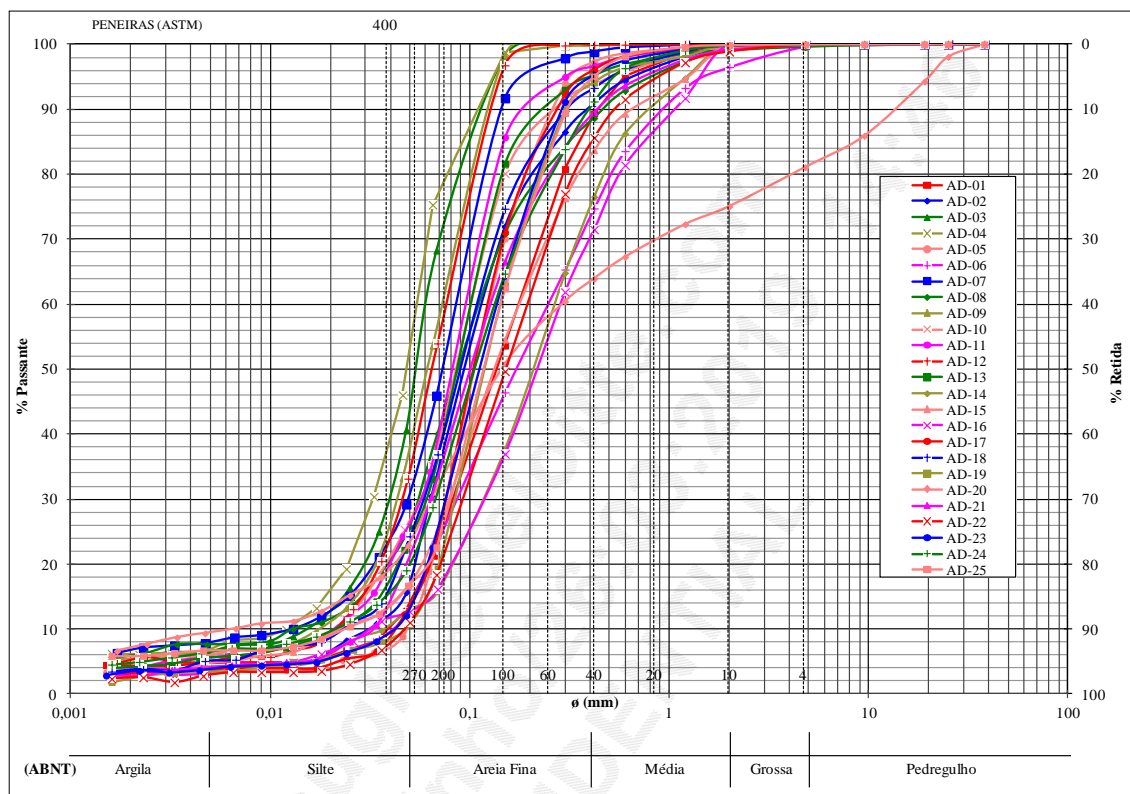




Figura 3 – Gráfico de granulometria, de amostras coletadas na praia de rejeitos

## 5.0 CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM B1

A classificação da barragem B1 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 nas matrizes e tabelas do Anexo I.

- a) COPAM 87/2005: **Classe III (Alto potencial de dano ambiental)**
- b) CNRH 143/2012: **Classe C (Dano Potencial Associado = Alto)  
(Categoria de Risco = Baixo)**

		CLASSIFICAÇÃO	<b>COMPLEXO PARAPEBA MINA CÓRREGO DO FEIJÃO</b>	
		RESTRITA		
<b>AUDITORIA / 2016 COMUM / GERAL BARRAGEM B1 RELATÓRIO TÉCNICO DA AUDITORIA EXTRAORDINÁRIA RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR</b>			Nº VALE	PÁGINA
			Nº GEOCONSULTORIA <b>VL55-RT05</b>	REV. <b>0</b>

## 6.0 MONITORAMENTO

O monitoramento da barragem B1 é composto de: piezômetros tipo Casagrande, piezômetros elétricos, indicadores de nível d'água, inclinômetros, marcos superficiais, vazões de drenos no maciço e do dreno de fundo.

Os dados disponibilizados para a auditoria foram as medições de 39 piezômetros e 17 Indicadores de Nível d'Água (INA's), com total de 56 instrumentos no maciço. Além das medições dos instrumentos, são efetuadas regularmente as inspeções de campo.

De modo geral os piezômetros mostram comportamento quase constante, que poderia ser explicado pela manutenção continuada da largura da praia e, com isto, o espelho d'água fica praticamente estático, com pequena oscilação em tempos de chuva e de seca. Os gráficos seguintes ilustram o comportamento comentado.

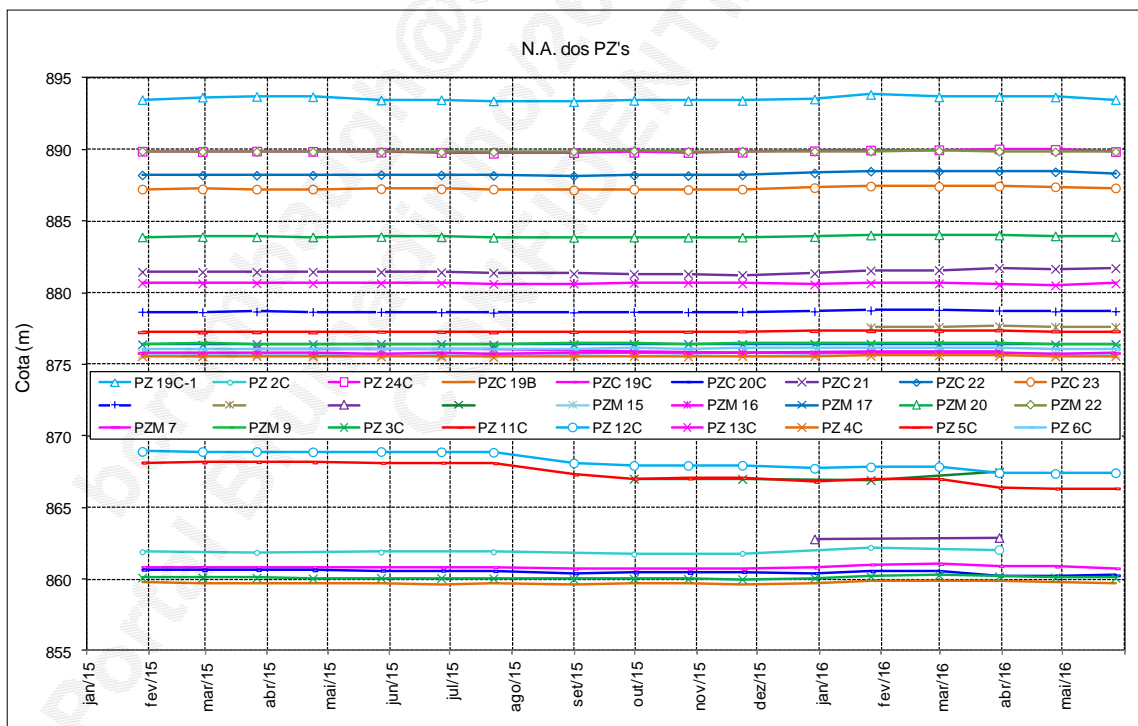


Figura 4 - Medições dos piezômetros - Barragem B1



CLASSIFICAÇÃO  
**RESTRITA**

**COMPLEXO PARAPEBA  
MINA CÓRREGO DO FEIJÃO**

**AUDITORIA / 2016  
COMUM / GERAL  
BARRAGEM B1  
RELATÓRIO TÉCNICO DA AUDITORIA EXTRAORDINÁRIA  
RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR**

Nº VALE

PÁGINA

Nº GEOCONSULTORIA

**10/38**

**VL55-RT05**

REV.

**0**

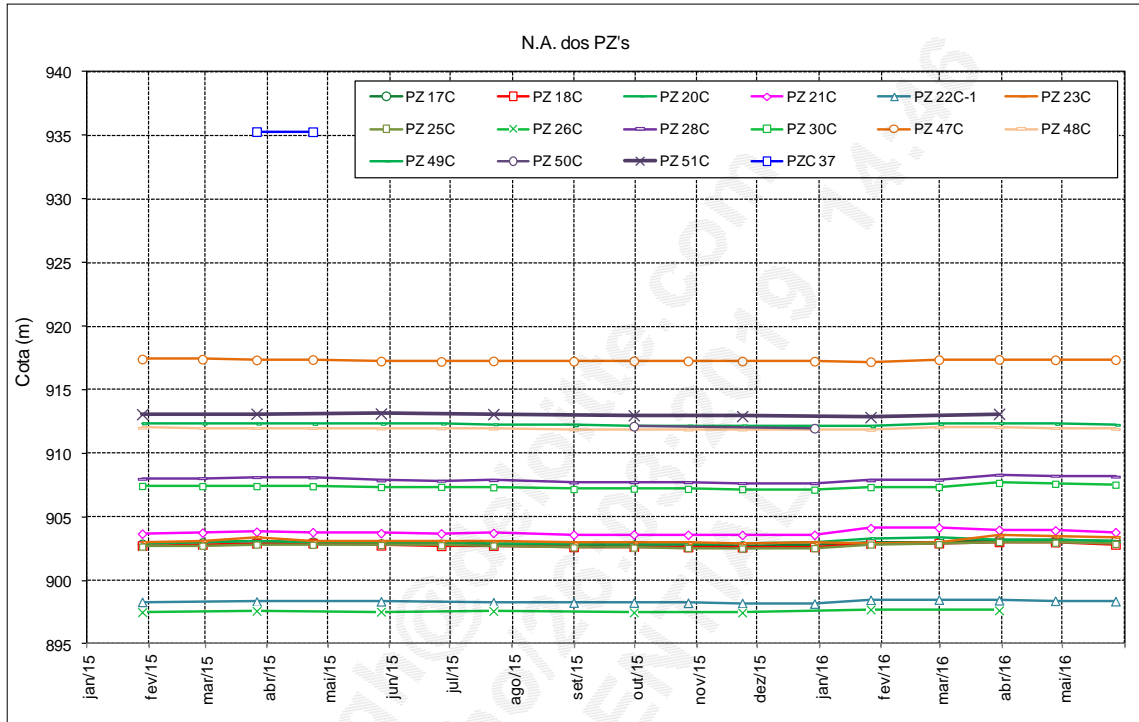


Figura 5 - Medições dos piezômetros - Barragem B1

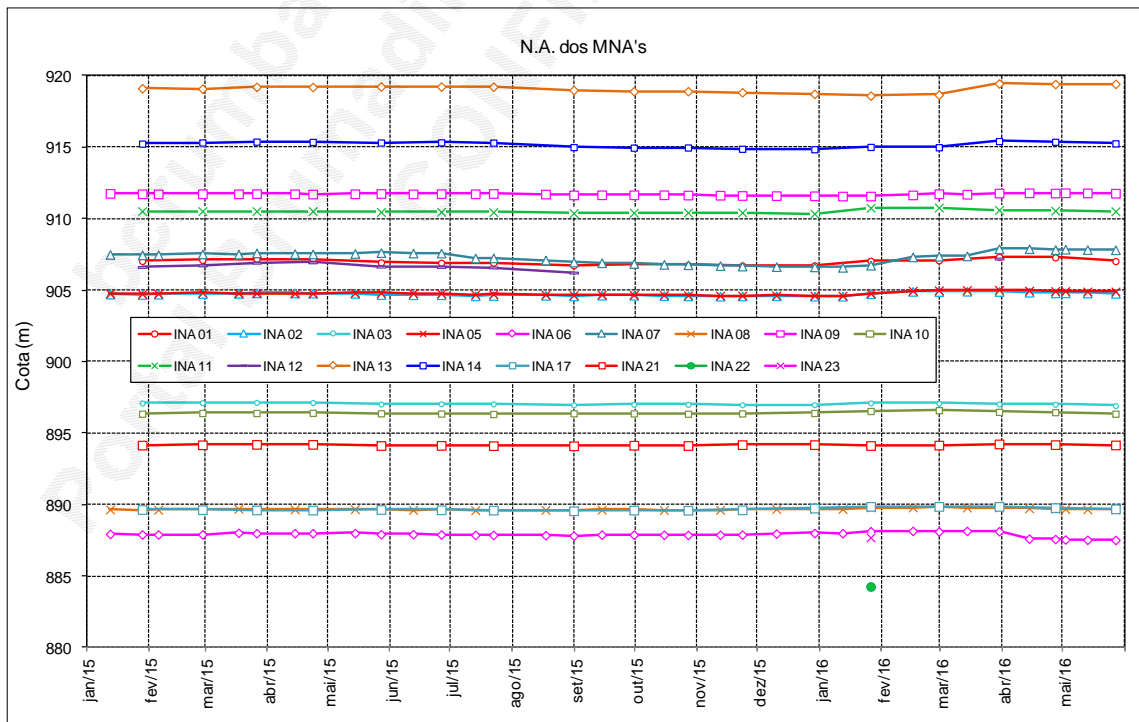




Figura 6 - Medições dos Indicadores de Nível d'Água (INA's) - Barragem B1

		CLASSIFICAÇÃO <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO PARA OPEBA MINA CÓRREGO DO FEIJÃO</b>	
<b>AUDITORIA / 2016 COMUM / GERAL BARRAGEM B1 RELATÓRIO TÉCNICO DA AUDITORIA EXTRAORDINÁRIA RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>11/38</b>
			Nº GEOCONSULTORIA <b>VL55-RT05</b>	REV. <b>0</b>

Como o período de observação abrange parte daquele considerado na auditoria passada, subentende-se que o comportamento da linha freática, no maciço ou na fundação, não sofreram variações que pudessem modificar as conclusões acerca da condição de segurança da barragem.

Deve-se ressaltar a necessidade de se dispor de todos os dados da instrumentação instalada na barragem, incluindo-se os demais instrumentos, para se ter uma real avaliação do comportamento da mesma.

## 7.0 SEGURANÇA OPERACIONAL

A barragem B1 vem operando desde 1976, com alteamentos pelo método de montante, tendo alcançado a sua cota máxima de projeto em torno do final de 2012. Em termos médios, a razão de alteamento variou entre 2 e 4 m/ano, havendo um período em que a razão de alteamento foi de 6 m/ano.



O comportamento da instrumentação mostra condição estabilizada da barragem. Recentemente a operação de disposição dos rejeitos no reservatório foi descontinuada, passando a planta de concentração a operar no sistema a seco, ou seja, não há mais descarte de rejeitos na forma de polpa e, assim, a barragem não mais operará com esta finalidade.

O nível d'água foi rebaixado, com a remoção de stop-logs da torre extravasora. Com isto a praia resulta com largura maior e o volume de água acumulado é reduzido, reduzindo consequentemente o potencial de dano em caso de ruptura.

Sempre se comentou acerca de artesianismo observado na plataforma mais larga da barragem, com cota 899 m. Durante a investigação para os projetos de alteamento, no período 2005-2006, foram executadas sondagens CPTU na área onde se observava o referido artesianismo. Estas sondagens permitiram constatar que há realmente condições de zona com artesianismo, mas está a grande profundidade, junto do terreno de fundação, podendo ser representada por materiais mais grosseiros, capeados por materiais mais finos, resultando em pressões elevadas neste bolsão. Assim, a dúvida ou receio com relação à presença de artesianismo em camadas mais superficiais do maciço deixou de ser real.

Posteriormente foram também executados serviços para limpeza do pé do dique inicial, buscando descobrir a saída da drenagem deste dique, tendo sido instalado um medidor de vazão, que permitirá acompanhar o comportamento do mesmo, em termos de vazão e de carregamento de sólidos.

Merece registro, ainda, a presença identificada de nível de água elevado na plataforma mais larga, na cota 899 m. Foram executadas trincheiras e sondagens a trado para a investigação desta ocorrência, tendo-se verificado que se trata de níveis d'água empoleirados, rasos. O nível piezométrico nesta plataforma está mais profundo, cerca de 20 m de profundidade. A

		CLASSIFICAÇÃO <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO PARA OPEBA MINA CÓRREGO DO FEIJÃO</b>	
AUDITORIA / 2016 COMUM / GERAL BARRAGEM B1 RELATÓRIO TÉCNICO DA AUDITORIA EXTRAORDINÁRIA RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR			Nº VALE	PÁGINA <b>12/38</b>
			Nº GEOCONSULTORIA <b>VL55-RT05</b>	REV. <b>0</b>

ocorrência do nível mais elevado é decorrência do período chuvoso, desaparecendo no período seco.

## 8.0 INSPEÇÃO DE CAMPO



A barragem B1 foi inspecionada no dia 11/5/2016, tendo-se observado o que segue:

- o reservatório estava em operação.
- os rejeitos estavam sendo descartados via espigotes/spray-bars.
- há água acumulada no reservatório, respeitando a largura de praia de 100 m.
- não foram identificados sinais de instabilidade, como trincas, surgências, escorregamentos,
- a vegetação estava roçada, à exceção de um trecho logo acima do talude acima da plataforma intermediária (cota 899 m).
- o extravasor estava íntegro e limpo e em operação.
- observou-se que o volume de água armazenado estava além do necessário. Foi recomendado o seu esgotamento.
- havia água parada em algumas canaletas. Recomendados reparos nas mesmas ou reconformação da declividade.
- observada a presença de formigueiros. Devem ser removidos.
- o serviço de limpeza do pé do dique inicial estava em andamento, bem como a instalação de medidor de vazão.
- verificar com detalhe o nível piezométrico entre o 4º e 5º alteamentos, com base no monitoramento dos últimos instrumentos que foram instalados.
- foi recomendado o descarte dos rejeitos no lado direito da barragem, para completar a praia e mantê-la com a largura mínima de 150 m.

As recomendações gerais seriam: efetuar as inspeções regulares, manter os taludes, as canaletas de drenagem e o sistema extravasor limpos, medição dos instrumentos e interpretação à medida do seu registro.

Logo após a inspeção de campo, foram removidos stop-logs da torre extravasora que estava em operação, tendo sido removido grande volume de água livre, restando apenas pequeno espelho d'água na parte montante do reservatório. Foi também efetuada a roçada do talude, acima da berma larga (cota 899 m).

Além desta ação, a Vale tomou a decisão de operar a seco com a planta de beneficiamento da mina de Córrego do Feijão. Com isto, não mais haverá geração de rejeitos na forma de polpa e, então, a barragem não mais recebe rejeitos.

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO PARAPEBA MINA CÓRREGO DO FEIJÃO</b>	
			Nº VALE	PÁGINA <b>13/38</b>
<b>AUDITORIA / 2016 COMUM / GERAL BARRAGEM B1 RELATÓRIO TÉCNICO DA AUDITORIA EXTRAORDINÁRIA RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR</b>			Nº GEOCONSULTORIA <b>VL55-RT05</b>	REV. <b>0</b>

## 9.0 REGISTRO DE ANOMALIAS



A anomalia que merece comentário é a ocorrência de artesianismo em um dos piezômetros, instalado na plataforma larga da barragem (el. 899 m). Este tema já foi abordado no item 7.

## 10.0 RECOMENDAÇÕES DE AUDITORIAS ANTERIORES

De acordo com a última auditoria efetuada do dique, em 2015, pela Pimenta de Ávila, foram apresentadas as seguintes recomendações:

*"A fim de manter a confiabilidade de segurança da barragem, foram propostas as seguintes recomendações:"*

Recomendação	Status	Observação
Continuar com o lançamento de rejeito de modo a restituir a praia de rejeitos para atender as recomendações do Manual de Operação da estrutura.		Ação rotineira
Em função da necessidade de manutenção de praia igual ou superior a 150,0 m, a mesma deve ser mantida, assim como o monitoramento do nível de saturação do maciço (acompanhamento das leituras dos instrumentos) deve ser criteriosamente realizado e os níveis de saturação devem ser compatíveis com a carta de risco da estrutura, que se encontra em fase de revisão, pela projetista.		Ação rotineira
Manter o monitoramento da saída de água entre os blocos de canga, no pé da barragem. Caso seja observada alguma anomalia na área, implantar a medida corretiva necessária.		Ação rotineira
Manter limpo a região da grota para a realização de inspeções visuais de rotina.		Ação rotineira
Atualizar a Carta de Risco para os Níveis de Segurança – Cota 942 para a incorporação dos instrumentos instalados no 9º e 10º alteamentos. Elaborar planta e seção instrumentada para a barragem.	Concluído	
Realizar monitoramento mensal das vazões dos drenos sub-horizontais implantados nos taludes de jusante da barragem. Os drenos deverão ser devidamente cadastrados e locados topograficamente utilizando a mesma nomenclatura dos documentos do Projeto Executivo dos Alteamentos até cotas 937,0 e 942,0 m e da Avaliação de Segurança.	Concluído	Recebidas leituras.

		CLASSIFICAÇÃO <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO PARA OPEBA MINA CÓRREGO DO FEIJÃO</b>	
<b>AUDITORIA / 2016 COMUM / GERAL BARRAGEM B1 RELATÓRIO TÉCNICO DA AUDITORIA EXTRAORDINÁRIA RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>14/38</b>
			Nº GEOCONSULTORIA <b>VL55-RT05</b>	REV. <b>0</b>

<b>Recomendação</b>	<b>Status</b>	<b>Observação</b>
Efetuar análise de liquefação baseada em nova campanha de investigação, coleta de amostras e informações representativas dos rejeitos existentes na fundação dos alteamentos para montante.	Concluído	
Dar continuidade aos serviços de manutenção, como capina, remoção dos cupinzeiros, limpeza das canaletas etc.		Ação rotineira

## 11.1 Considerações sobre fatores de segurança e condição não drenada



Como introdução a este item de estabilidade da barragem, no modo de ruptura por cisalhamento, julgamos adequado esclarecer nosso ponto de vista (auditores) sobre os fatores de segurança e sobre as condições de ruptura em condições não drenadas.

### 11.1.1 Fator de segurança - precisão e algarismos significativos

Com relação aos fatores de segurança, entendemos que as bases que são utilizadas nos cálculos dos mesmos não permitem a precisão determinada de 2 casas decimais. A engenharia geotécnica não tem como informar resultados com precisão centesimal. O uso de 1 casa decimal estaria mais próximo da precisão que se tem nas medições da resistência dos solos e rochas. Ainda, pode-se acrescentar que as incertezas presentes na seleção de amostras representativas, nos tipos e resultados de ensaios de laboratório ou das investigações de campo, nas interpretações e correlações, nos métodos de análises, na posição das linhas piezométricas, na homogeneidade dos maciços analisados, etc., não suporta o uso de centésimos nos valores de fatores de segurança.



Assim, os fatores de segurança das análises efetuadas para a condição drenada, ainda que com nosso desacordo, usam duas casas decimais, para seguir o determinado na norma da ABNT, sobre barragens de rejeitos. No entanto, no caso de análises não drenadas, onde se pode mencionar que a incerteza é ainda maior, adotamos uma casa decimal.

Este, inclusive, é também o entendimento de organismos internacionais que tratam do assunto, como United States Bureau of Reclamation - USBR, United States Corps of Engineers-USACE, dos Estados Unidos, Federal Energy Regulatory Commission - FERC, National Resources Conservation Service-NRCS e outros, como se pode observar nas publicações destas entidades.

		<b>CLASSIFICAÇÃO</b>  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO PARA OPEBA</b> <b>MINA CÓRREGO DO FEIJÃO</b>	
			Nº VALE	PÁGINA <b>15/38</b>
<b>AUDITORIA / 2016</b> <b>COMUM / GERAL</b> <b>BARRAGEM B1</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO DA AUDITORIA EXTRAORDINÁRIA</b> <b>RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR</b>			Nº GEOCONSULTORIA <b>VL55-RT05</b>	REV. <b>0</b>

*Tabela 1 – Fatores de segurança de barragens*

<b>Agency</b>	<b>Loading Condition</b>	<b>Stress Parameter</b>	<b>F.S.</b>
USACE	During Construction and End of Construction	Total and Effective	1.3
	Long-term (Steady seepage, max. storage pool, spillway crest or top of gates)	Effective	1.5
	Max. Surcharge Pool	Effective	1.4
	Sudden Drawdown from Max. Surcharge Pool	Total and Effective	1.1
	Sudden Drawdown from Max. Storage Pool	Total and Effective	1.3
	Sudden Drawdown when Routine Operating Condition (Pumped storage facility)	Total and Effective	1.4-1.5
USBR	End of Construction – Pore pressures in embankment and foundation with laboratory determination of pore pressure and monitoring during construction.	Effective	1.3
	End of Construction – Pore pressures in embankment and foundation with no laboratory determination and no monitoring during construction.	Effective	1.4
	End of Construction – Pore pressures in embankment only with or without field monitoring and no laboratory determination.	Effective	1.3
	End of Construction	Undrained (Total)	1.3
	Steady-State Seepage from Active Pool	Effective	1.5
	Operational – Max. Pool Level	Effective or Undrained	1.5
	Operational – Rapid Drawdown from Normal Pool	Effective or Undrained	1.3
	Operational – Rapid Drawdown from Max. Pool		1.3
Unusual		1.2	

		CLASSIFICAÇÃO <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO PARA OPEBA MINA CÓRREGO DO FEIJÃO</b>	
AUDITORIA / 2016 COMUM / GERAL BARRAGEM B1 RELATÓRIO TÉCNICO DA AUDITORIA EXTRAORDINÁRIA RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR			Nº VALE	PÁGINA <b>16/38</b>
			Nº GEOCONSULTORIA <b>VL55-RT05</b>	REV. <b>0</b>

*Tabela 1 – (continuação)*

Agency	Loading Condition	Stress Parameter	F.S.
NRCS	I. End of Construction	Total for impervious; effective for pervious	1.4
	II. Rapid Drawdown	Composite	1.2
	III. Steady Seepage – Normal Pool	Composite	1.5
	IV. Steady Seepage with Earthquake	Total	1.1
FERC	End of Construction	Total	1.3
	Sudden Drawdown from Max. Pool	Effective and Total	1.1
	Sudden Drawdown from Spillway Crest	Effective and Total	1.2
	Steady Seepage – Max. Storage Pool	Effective and Total	1.5
	Steady Seepage – Surcharge Pool	Effective and Total	1.4
	Earthquake – Steady Seepage	Effective and Total	> 1.0
TVA	End of Construction	Total	1.3
	Sudden Drawdown	Total	1.2
	Steady Seepage – Normal Operating Condition	Total	1.5
	Steady Seepage – Flood Surcharge Pool	Total	1.25



### 11.1.2 Fator de segurança - valores

Nas análises de estabilidade para condição de solicitação drenada, a norma brasileira estabelece valor mínimo para o fator de segurança de 1,50. Como visto anteriormente, de modo geral as organizações técnicas ou governamentais de outros países usam o valor limite com uma casa decimal, de 1,5.

Como também já referido, na presente auditoria, para condição drenada, será adotado o fator de segurança mínimo de 1,50.

No entanto, quando se trata de fatores de segurança para condições não drenadas, não há referência específica. De maneira correlata pode-se mencionar que as condições "final de construção" e "rebaixamento rápido" poderiam representar também as solicitações não drenadas, com fator de 1,3.

A solicitação não drenada, nas análises de estabilidade que se aplicam às barragens de rejeitos ora consideradas, poderia também estar associada à condição "unusual", do USBR, com fator de 1,2.

		CLASSIFICAÇÃO <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO PARA OPEBA MINA CÓRREGO DO FEIJÃO</b>	
<b>AUDITORIA / 2016 COMUM / GERAL BARRAGEM B1 RELATÓRIO TÉCNICO DA AUDITORIA EXTRAORDINÁRIA RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>17/38</b>
			Nº GEOCONSULTORIA <b>VL55-RT05</b>	REV. <b>0</b>

É nossa opinião que para a condição não drenada poderia ser utilizado o fator mínimo de 1,2 quando a ocorrência de ruptura não representar danos materiais elevados ou mortes de pessoas. Para situações em que a ruptura represente danos materiais elevados, danos ambientais elevados e pode resultar em mortes de pessoas, o fator de segurança mínimo seria de 1,3.

Como, entretanto, este assunto não está estabelecido na normatização ou legislação brasileira, e também não está de modo específico nas diretrizes de outros países ou de organizações governamentais ou associações técnicas, estamos adotando o fator de segurança mínimo de 1,3, para qualquer situação de risco.

### 11.1.3 Condição não drenada

As rupturas por cisalhamento, em condições não drenadas, pressupõem que os materiais que estão sendo solicitados estão saturados. Nesta situação, se os materiais forem do tipo granular, não coesivo, e responderem aos esforços com redução de volume, ou seja, se forem contráteis no cisalhamento, eles podem gerar pressões neutras elevadas, reduzindo praticamente a zero sua resistência e, como consequência, poderão se comportar como um fluido viscoso, poderão se liquefazer.



Assim, a liquefação não é uma causa de ruptura, mas sim o comportamento de determinados materiais na ruptura.

Ocorre que, nas análises de estabilidade em condições drenadas, os fatores de segurança representam realmente a condição estável ou instável, pois é a relação entre as forças resistentes e as forças atuantes no maciço que está sendo analisado, e só depende das forças que estão presentes no processo. Não dependem de forças externas, para ditar se o maciço está ou não estável.

Quando se trata de condição não drenada, o significado do fator de segurança é diferente, pois neste caso a condição de estabilidade, ou não, depende de fatores externos, que podem ou não concorrer para a segurança da estrutura. Por exemplo, o resultado de uma análise pode indicar que o fator de segurança é menor que a unidade, o que na análise convencional drenada significaria instabilidade, mas nesta condição não drenada, haverá necessidade de um agente externo intervir, para que a condição se apresente. Se este agente não se apresentar, o fator de segurança pode até ser menor que a unidade, mas não haverá ruptura, e a barragem continuará estável.

Assim, é importante destacar que fatores de segurança inferiores ao valor de 1,3, ou mesmo inferiores à unidade, não significam que a barragem vai romper. Significa apenas que se ocorrerem os eventos responsáveis pelo carregamento não drenado, a barragem poderá romper-se.

Estes eventos são denominados "gatilhos", sendo identificados como: razão de alteamento elevada na construção da barragem, elevação da linha piezométrica, ruptura de algum talude individual ou composto, ruptura da encosta do reservatório, e que o atinja, redução da

		CLASSIFICAÇÃO <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO PARAOPEBA MINA CÓRREGO DO FEIJÃO</b>	
<b>AUDITORIA / 2016 COMUM / GERAL BARRAGEM B1 RELATÓRIO TÉCNICO DA AUDITORIA EXTRAORDINÁRIA RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>18/38</b>
			Nº GEOCONSULTORIA <b>VL55-RT05</b>	REV. <b>0</b>

resistência do material com a deformação ("strain softening"). Assim sendo, se estes gatilhos forem controlados, o processo de ruptura em condição não drenada não se instala na barragem, e a mesma poderá ser estável durante sua vida operacional e no fechamento, mesmo com fator de segurança abaixo do mínimo estabelecido, ou até mesmo abaixo da unidade.

## 11.2 Modos de ruptura

Os possíveis modos de falha da Barragem B1 são: galgamento, erosão interna (piping) ou cisalhamento, em condições drenadas e não drenadas.

### a) Galgamento

Durante a inspeção de campo observou-se que o extravasor estava operando normalmente, e que o nível d'água informado estava cerca de 6 m abaixo da cota da crista da barragem. O estudo hidrológico e hidráulico verificou a adequação do extravasor para cheia com TR=10.000 anos. O extravasor e sua tomada d'água estavam limpos e não obstruídos. Assim, a barragem está operando dentro dos padrões de normalidade hidráulica, e o projeto atende às exigências legais (Norma ABNT 13028/2006).

### b) Erosão interna

Não foram observadas surgências no talude jusante da Barragem B1, que pudessem indicar riscos de erosão interna regressiva (piping). Também a linha freática, determinada com base nas medições dos piezômetros, não se aproxima do talude jusante, ou seja, o risco de ocorrer erosão interna é muito baixo. Nas inspeções regulares efetuadas pela Vale não foram encontrados sinais de carreamento de sólidos na saída do dreno de fundo.

### c) Cisalhamento



A ruptura por cisalhamento pode ocorrer em condições drenadas ou não drenadas, havendo ainda a possibilidade de ocorrência de liquefação dos rejeitos rompidos.

#### c.1) Condição drenada

A condição drenada da barragem B1 foi analisada pela Geoconsultoria em 2006, à época dos projetos de alteamento da barragem. As análises tomaram por base os resultados de investigações de campo e de laboratório.

De acordo com o relatório do projeto, para a nova geometria da barragem alteada, foram analisadas as condições de percolação e de estabilidade em termos de tensões efetivas, adotando-se parâmetros determinados na campanha de investigações daquela etapa e, também, parâmetros de projetos anteriores.

Por ser considerada representativa, todas as análises foram efetuadas sobre a seção 2.

		CLASSIFICAÇÃO <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO PARA OPEBA MINA CÓRREGO DO FEIJÃO</b>	
<b>AUDITORIA / 2016 COMUM / GERAL BARRAGEM B1 RELATÓRIO TÉCNICO DA AUDITORIA EXTRAORDINÁRIA RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>19/38</b>
			Nº GEOCONSULTORIA <b>VL55-RT05</b>	REV. <b>0</b>

Para o início das análises, fez-se inicialmente uma calibração do modelo de percolação, partindo-se da geometria atual da barragem (àquela época), da posição do nível d'água no reservatório, da largura de praia e das leituras de piezômetros, considerando-se ainda os diversos ensaios de permeabilidade in situ e em laboratório. Os parâmetros foram ajustados, até se obter o modelo ajustado. Para as demais análises de percolação, considerando-se outras etapas de alteamento e larguras de praia a montante, estes parâmetros foram mantidos.

Em relação aos parâmetros de resistência adotados para a análise de estabilidade foram utilizados valores de outras análises de etapas anteriores, visto que os ensaios executados naquela etapa, especialmente em rejeitos, comprovaram a sua validade.

Para a análise, considerando a largura aumentada da praia, o fator de segurança global, considerando todo o talude, resultou igual a 2,1. A inclinação geral é muito branda, em média 1V:3,7H para a referida seção 2, o que equivale a um ângulo de apenas 15° com a horizontal. No talude inferior, mais inclinado, em que os diques externos foram parcialmente executados com aterro compactado, o coeficiente de segurança é igual a 1,9.

Em outra análise, considerando a mesma etapa de construção, porém suprimindo a praia de montante, observa-se que o lençol freático se aproxima muito do talude, especialmente na parte superior, onde o rebaixamento do mesmo ocorre em forma de cascata ao longo dos drenos dos diques individuais. Neste caso, o coeficiente de segurança global diminui de 2,1 para 2, enquanto o coeficiente de segurança da parte inferior decresce para 1,64, que ainda são valores que podem ser considerados adequados.


Com a barragem na cota 937 m, também com a praia com largura superior a 100 m, os coeficientes de segurança reduzem-se pouco em relação à etapa atual; o global passa para 1,97, enquanto o do talude inferior reduz-se para 1,86, ou seja, são coeficientes de segurança bem acima dos mínimos normalmente exigidos.

Para o alteamento final, na cota 942 m, mantendo-se largura de praia de 100 m, o coeficiente de segurança global reduz-se para 1,9, e o do talude inferior praticamente se mantém. Numa simulação, reduzindo-se a largura da praia para 50 m, observa-se pouca variação dos coeficientes de segurança (1,8).

Em decorrência de demanda dos auditores da Vale, foi também analisada a estabilidade para a eventualidade de elevação exagerada do lençol freático no talude superior, decorrente da heterogeneidade dos rejeitos e do mal funcionamento do sistema de drenagem dos diques externos.

Num cenário foi avaliada a ruptura abrangendo 3 diques, passando a superfície crítica pelos rejeitos compactados e também pelos rejeitos lançados atrás dos diques. Para um determinado nível d'água resulta um coeficiente de segurança de 1,8.

Foi efetuada análise de sensibilidade dos coeficientes de segurança para a variação do NA verificando-se que, mesmo para a posição mais elevada considerada, ainda se chega a fator

		CLASSIFICAÇÃO	<b>COMPLEXO PARAPEBA MINA CÓRREGO DO FEIJÃO</b>	
		RESTRITA		
<b>AUDITORIA / 2016 COMUM / GERAL BARRAGEM B1 RELATÓRIO TÉCNICO DA AUDITORIA EXTRAORDINÁRIA RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR</b>			Nº VALE	PÁGINA
			Nº GEOCONSULTORIA <b>VL55-RT05</b>	20/38 REV. <b>0</b>

de segurança de 1,65. Outra análise, considerando ainda redução da resistência, por exemplo, por deficiência da compactação, e com a pior hipótese de posição da linha freática, o fator de segurança ficou pouco abaixo de 1,5.

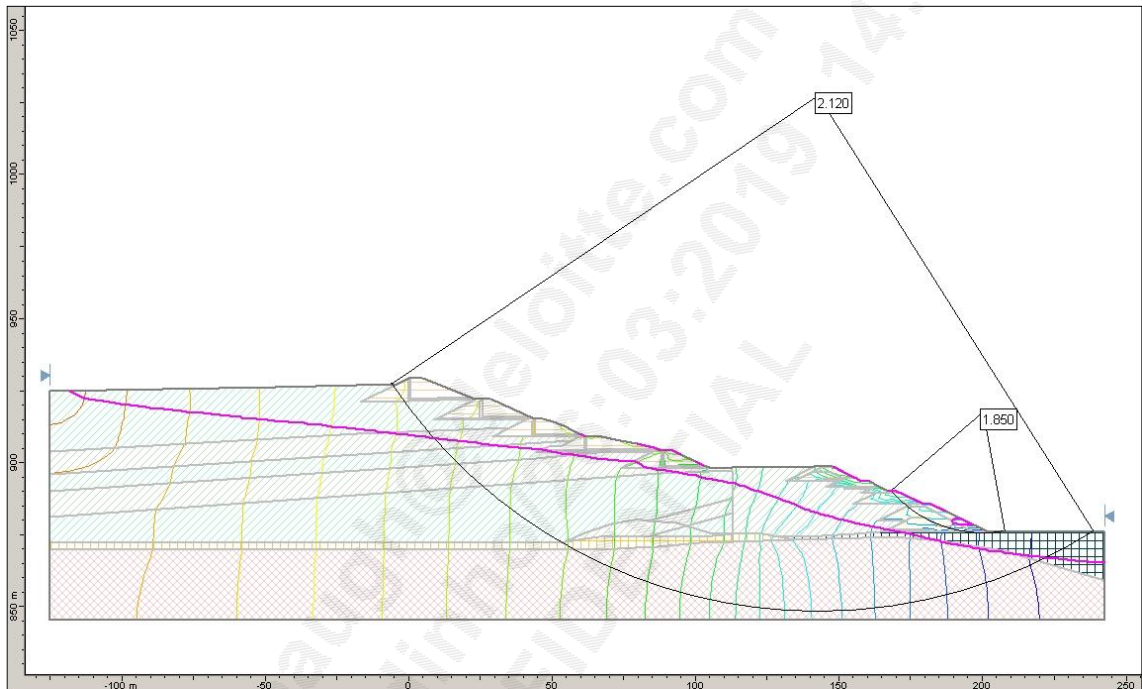


Figura 7 - Análise de estabilidade da seção 2: cota 930 m, ruptura global e local, com praia

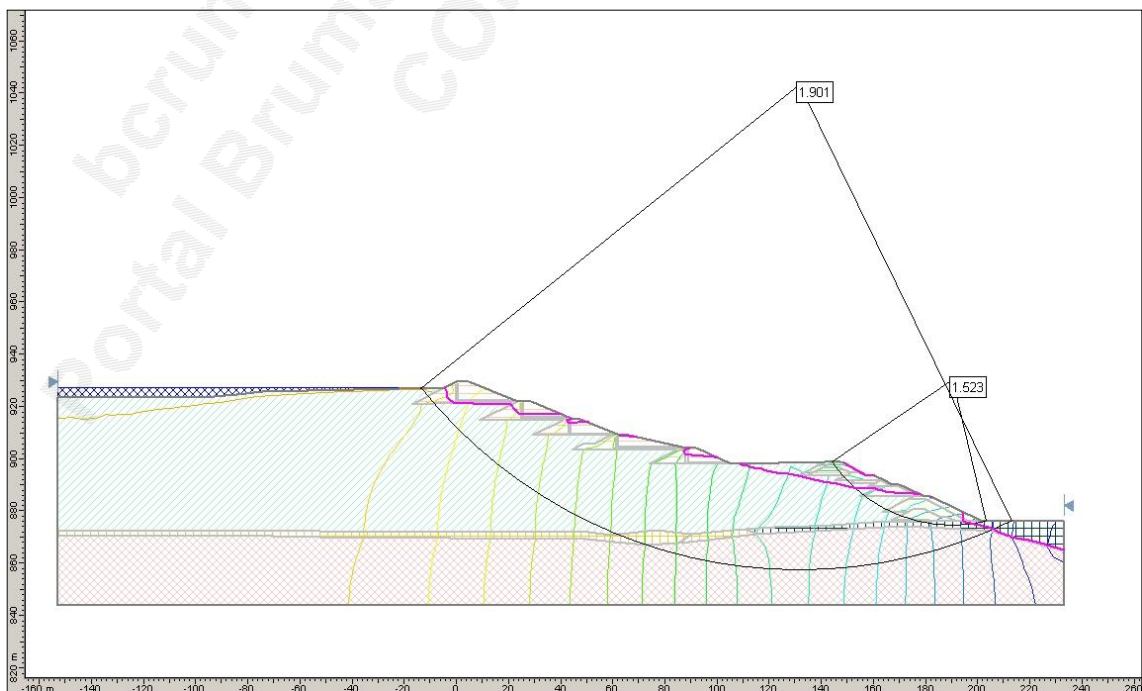




Figura 8 - Análise de estabilidade da seção 2: cota 930 m, ruptura global e local, sem praia

		CLASSIFICAÇÃO	<b>COMPLEXO PARAPEBA MINA CÓRREGO DO FEIJÃO</b>	
		RESTRITA		
<b>AUDITORIA / 2016 COMUM / GERAL BARRAGEM B1 RELATÓRIO TÉCNICO DA AUDITORIA EXTRAORDINÁRIA RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR</b>		Nº VALE	PÁGINA	
		Nº GEOCONSULTORIA <b>VL55-RT05</b>	21/38 REV. <b>0</b>	

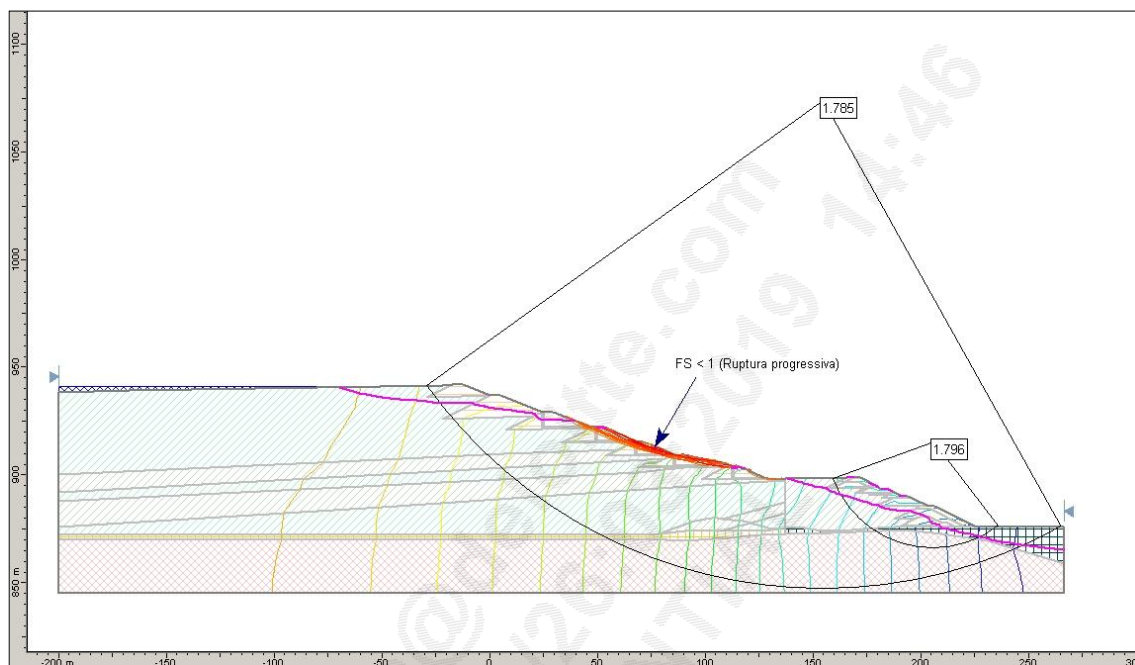


Figura 9 - Análise de estabilidade da seção 2: cota 942 m, ruptura global e local, com redução da praia para largura de 50 m

Assim, em condições drenadas, mantida a largura da praia, a condição de segurança da barragem é satisfatória.

#### c.2) Condição não-drenada

A avaliação da estabilidade da barragem B1, em condição de carregamento não-drenado, é feita com base em ensaios de campo executados na época dos projetos de alteamento e reforço, além de novos ensaio laboratório (caracterização e resistência) e campo (CPTU e SPT) executados para essa análise.



##### c.2.a) Investigações executadas e consideradas nas análises

Para a presente análise foram utilizados os ensaios disponíveis à época do projeto e reforço, além de investigações realizadas para este estudo, são resumidos abaixo.

- 28 Ensaios NSPT
- 13 Ensaios CPTU
- 5 verticais de Vane test's
- 5 Ensaios triaxiais

##### c.2.b) Interpretação dos resultados das investigações

Para a realização das análises de estabilidade da barragem admitindo comportamento não drenado da massa de rejeitos do reservatório, foi utilizada a metodologia proposta por Olson (2001), na qual, faz-se primeira uma verificação da susceptibilidade dos rejeitos a um

		CLASSIFICAÇÃO <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO PARA OPEBA MINA CÓRREGO DO FEIJÃO</b>	
AUDITORIA / 2016 COMUM / GERAL BARRAGEM B1 RELATÓRIO TÉCNICO DA AUDITORIA EXTRAORDINÁRIA RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR			Nº VALE	PÁGINA <b>22/38</b>
			Nº GEOCONSULTORIA <b>VL55-RT05</b>	REV. <b>0</b>

comportamento não drenado, posteriormente, uma estimativa dos parâmetros de resistência para essa condição e, por fim, análise de estabilidade por equilíbrio limite.

Os rejeitos com índice de vazios superior ao denominado índice de vazios crítico (Olson & Stark, 2003), são suscetíveis ao comportamento não drenado, com rupturas não drenadas e com consequente liquefação da massa de rejeitos rompida, caso sofram um gatilho.

Fear & Robertson (1995) estabeleceram relações para determinar, a partir de resultados de ensaios de campo (CPTU e SPT), os limites que pode ocorrer este tipo de comportamento. Caso ocorra esse comportamento, os materiais são ditos contráteis, em vista da tendência a diminuir de volume quando cisalhados. Caso contrário, são ditos dilatantes.

Segundo Fear & Robertson (1995), a susceptibilidade a liquefação é função da densidade e da pressão de consolidação do material. As relações que representam os limites entre o comportamento contrátil e dilatante são dados pelas seguintes expressões:

- Ensaio CPTU  $\sigma'_{v0} = 1,1047 \times 10^{-2} (q_{t1})^{4,7863}$  [kPa]
- Ensaio SPT  $\sigma'_{v0} = 9,5812 \times 10^{-4} (N1_{60})^{4,7863}$  [kPa]


Nas equações acima,  $\sigma'_{v0}$  representa a tensão efetiva vertical confinante,  $N1_{60}$  representa a resistência à penetração no ensaio SPT normalizada para a tensão efetiva de 1 kgf/cm<sup>2</sup> (60 representa a resistência à penetração convertida para uma eficiência do ensaio de 60%), enquanto  $q_{t1}$  representa a resistência de ponta corrigida do ensaio CPTU e normalizada para a tensão efetiva de 1 kgf/cm<sup>2</sup>.

Considera-se ainda que a susceptibilidade à liquefação esteja limitada a zonas saturadas do maciço (abaixo do NA).

Fear & Robertson (1995) estabeleceram as expressões acima para areias limpas. Para os rejeitos, que apresentam índice de compressibilidade maior ( $C_c$ ), a expressão deverá ser dividida por um fator de correção (Olson, 2016). O fator de correção ( $C_\lambda$ ) leva em consideração a inclinação da reta do estado limite crítico do material analisado. A expressão do fator de correção é definida:

$$C_\lambda = 4,15 * (\lambda_{cs})^{0,37}$$

Ainda segundo Olson (2016), é possível considerar  $C_c = \lambda_{cs}$ , conforme apresentado no gráfico da figura 10.

		CLASSIFICAÇÃO	<b>COMPLEXO PARAOPEBA MINA CÓRREGO DO FEIJÃO</b>	
		RESTRITA		
<b>AUDITORIA / 2016 COMUM / GERAL BARRAGEM B1 RELATÓRIO TÉCNICO DA AUDITORIA EXTRAORDINÁRIA RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR</b>		Nº VALE	PÁGINA	
		Nº GEOCONSULTORIA <b>VL55-RT05</b>	<b>23/38</b> REV. <b>0</b>	

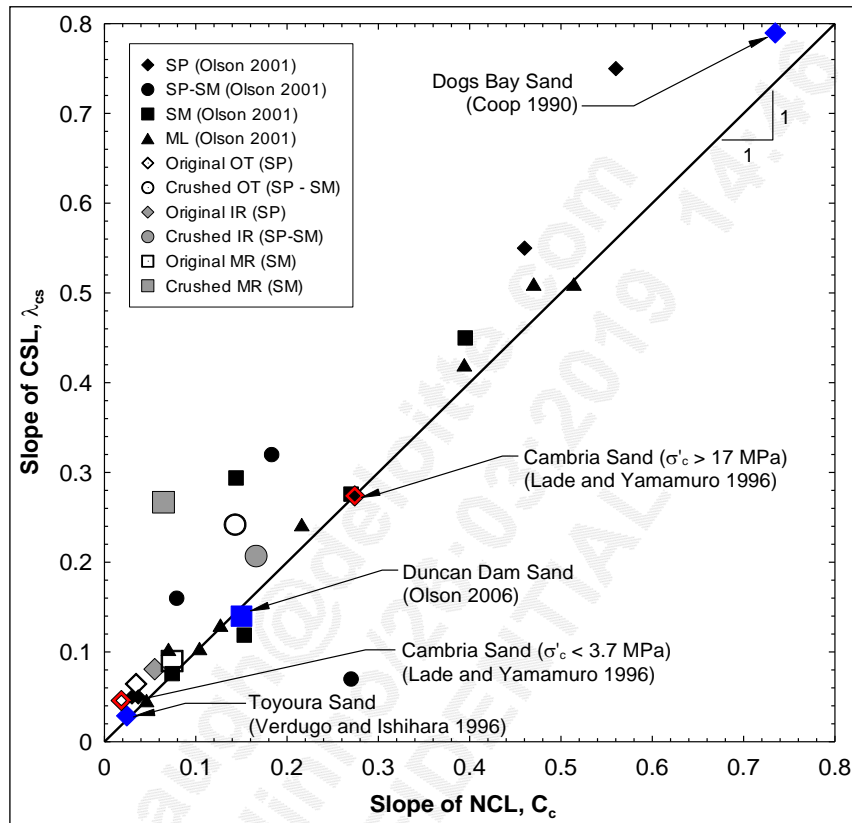




Figura 10. Relação entre  $C_c$  e  $\lambda_{cs}$  (Olson, 2016)

Conforme pode ser observado na figura 11, os pontos do ensaio que se encontram entre o eixo das ordenadas e a reta definida por Fear & Robertson (1995) são considerados com comportamento contrátil e, portanto, susceptíveis à liquefação. Os pontos fora dessa região são considerados com comportamento dilatante e não susceptíveis a liquefação.

		CLASSIFICAÇÃO	<b>COMPLEXO PARAPEBA MINA CÓRREGO DO FEIJÃO</b>	
		RESTRITA		
<b>AUDITORIA / 2016 COMUM / GERAL BARRAGEM B1 RELATÓRIO TÉCNICO DA AUDITORIA EXTRAORDINÁRIA RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR</b>		Nº VALE	PÁGINA	
		Nº GEOCONSULTORIA <b>VL55-RT05</b>	<b>24/38</b> REV. <b>0</b>	

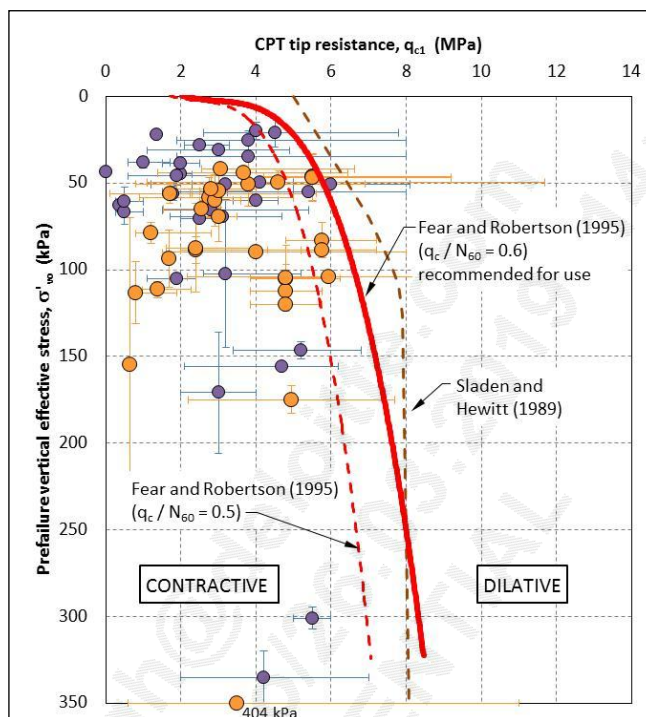



Figura 11 - Análise de suscetibilidade (apud Olson & Stark (2003))

Para os ensaios de campo disponíveis na barragem (CPTU e SPT), obtêm os resultados de suscetibilidade ao comportamento não drenado apresentado na figura 12.

Observa-se que, de maneira geral, os pontos estão abaixo ou muito próximos da curva limite, conferindo-lhes um comportamento não drenado e susceptível a liquefação. Os pontos que estão acima da curva limite são esparsos e não configuram camadas estratigráficas contínuas.

		CLASSIFICAÇÃO	<b>COMPLEXO PARA OPEBA MINA CÓRREGO DO FEIJÃO</b>	
		RESTRITA		
<b>AUDITORIA / 2016 COMUM / GERAL BARRAGEM B1 RELATÓRIO TÉCNICO DA AUDITORIA EXTRAORDINÁRIA RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR</b>		Nº VALE	PÁGINA	
		Nº GEOCONSULTORIA <b>VL55-RT05</b>	<b>25/38</b> REV. <b>0</b>	

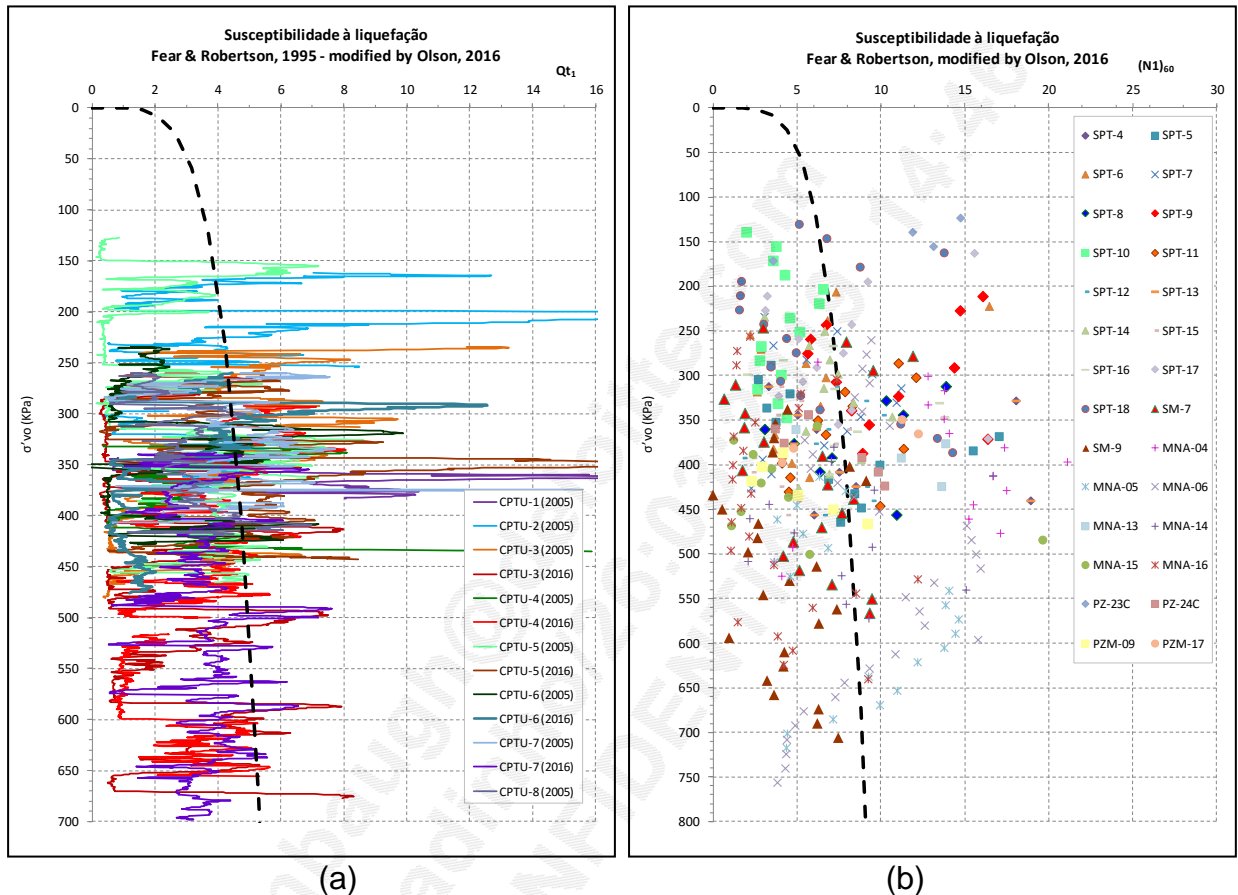


Figura 12 – Suscetibilidade dos rejeitos. Ensaios CPTU (a) e SPT (b).

Segundo Olson (2001), para os rejeitos suscetíveis a um comportamento não drenado, a chamada resistência de pico e de liquefação pode ser determinada a partir dos ensaios de CPTU e SPT, conforme as correlações abaixo:

$$S_u^{Pico}/\sigma'_v = 0,205 + 0,0075 [(N_1)_{60}] \pm 0,04$$

$$S_u^{Liq}/\sigma'_v = 0,030 + 0,0075 [(N_1)_{60}] \pm 0,03$$

$$\text{para } (N_1)_{60} \leq 12$$

$$\text{para } (N_1)_{60} \leq 12$$



$$S_u^{Pico}/\sigma'_v = 0,205 + 0,0143 (q_{t1}) \pm 0,04$$

$$S_u^{Liq}/\sigma'_v = 0,030 + 0,0143 (q_{t1}) \pm 0,03$$

$$\text{para } q_{t1} \leq 6,5 \text{ MPa}$$

$$\text{para } q_{t1} \leq 6,5 \text{ MPa}$$

Para os ensaios de laboratório (compressão triaxial) e de campo (CPTU, SPT e Vane Test) disponíveis na barragem, obtêm as seguintes envoltórias de resistência não drenada apresentadas na figura 13.

		CLASSIFICAÇÃO	<b>COMPLEXO PARAOPEBA MINA CÓRREGO DO FEIJÃO</b>	
		RESTRITA		
<b>AUDITORIA / 2016 COMUM / GERAL BARRAGEM B1 RELATÓRIO TÉCNICO DA AUDITORIA EXTRAORDINÁRIA RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR</b>		Nº VALE	PÁGINA	
		Nº GEOCONSULTORIA <b>VL55-RT05</b>	<b>26/38</b> REV. <b>0</b>	

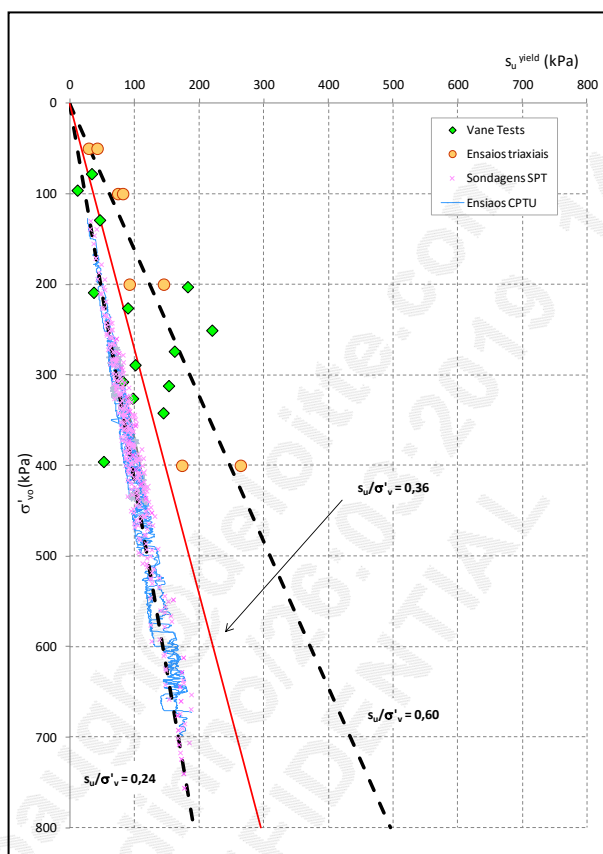


Figura 13 – Envoltórias de resistência não drenada.

Observa-se que, as envoltórias de resistência não drenada inferior e superior são de 0,25 e 0,51, respectivamente.

Adotando-se o critério proposto no relatório “Geoconsultoria-Vale Dam Forquilha III\_Memorandum”, escrito pelo consultor Scott Olson, da Universidade de Illinois/US, a envoltória de resistência média dos rejeitos é de 0,36, e representa a média ponderada entre os ensaios de campo e de laboratório, dando-se maior “peso” (2/3) aos dados obtidos através dos ensaios de campo, principalmente em função da maior quantidade disponível.

### c.2.c) Análise de estabilidade

As verificações de estabilidade da barragem B1, admitindo comportamento não drenado para os rejeitos, conforme analisado no item anterior, atestado por sua susceptibilidade a liquefação, foram realizadas empregando-se o método de Spencer e utilizando-se o software Slide, desenvolvido pela Rocscience Inc.

Os parâmetros de resistência adotados para os materiais foram os mesmos definidos inicialmente nos estudos para o comportamento drenado, com exceção do parâmetro não-drenado dos rejeitos saturados, estimados no item anterior. A tabela 3 apresenta os parâmetros de resistência utilizados.



		CLASSIFICAÇÃO	<b>COMPLEXO PARAPEBA MINA CÓRREGO DO FEIJÃO</b>	
		RESTRITA		
<b>AUDITORIA / 2016 COMUM / GERAL BARRAGEM B1 RELATÓRIO TÉCNICO DA AUDITORIA EXTRAORDINÁRIA RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR</b>		Nº VALE	PÁGINA	
		Nº GEOCONSULTORIA <b>VL55-RT05</b>	<b>27/38</b> REV. <b>0</b>	

Tabela 3 – Parâmetros geotécnicos de resistência.

Materiais	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (°)	c (kPa)	$s_u/\sigma'_{vo}$
Rejeitos compactados	30	37	0	-
Rejeitos fofos insaturados	26	34	0	-
Rejeitos fofos saturados	26	-	-	0,36
Solo compactado	19,5	30	10	-
Solo de fundação	20	30	20	-

O modelo geológico-geotécnico utilizado para a análise de estabilidade é o apresentado na figura 14.

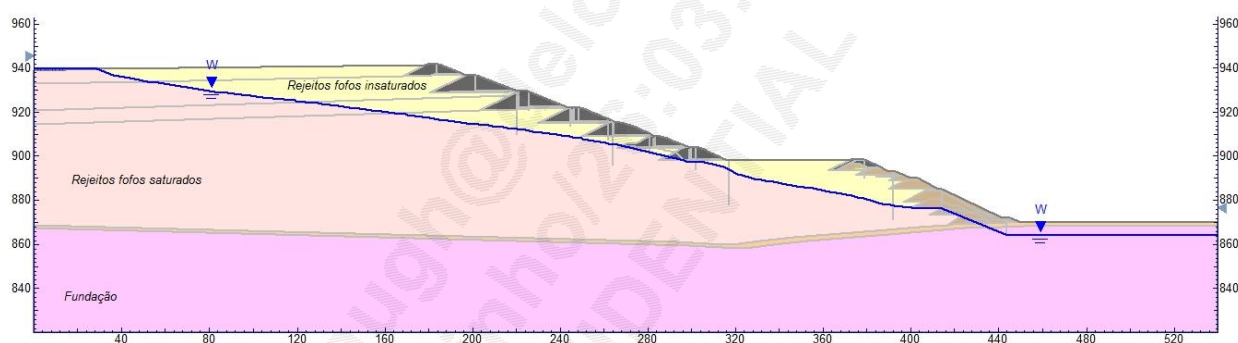


Figura 14 – Modelo geológico-geotécnico adotado na análise de estabilidade.

A figura 15 apresenta o resultado da análise de estabilidade para a barragem B1.

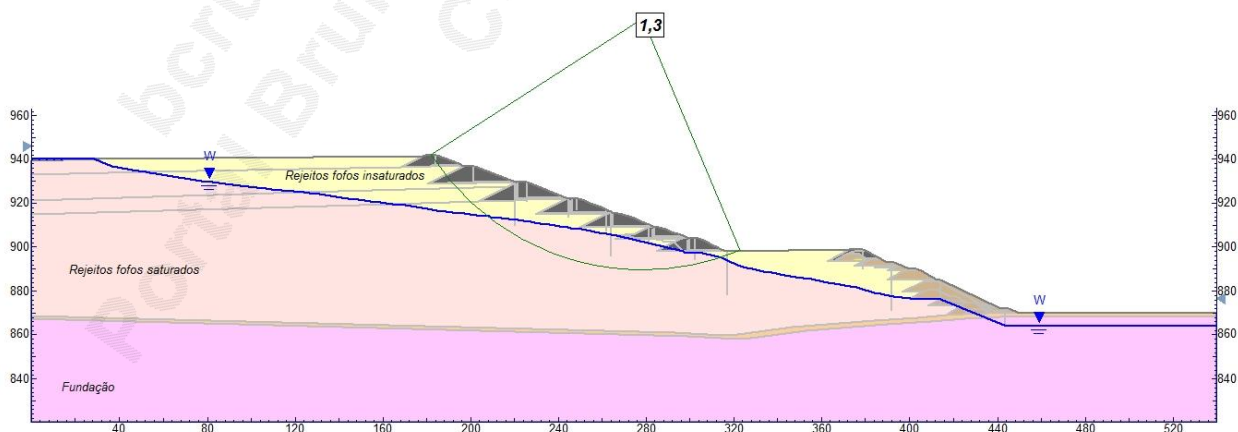




Figura 15 – Resultado da análise de estabilidade

Conforme definido por Olson (2001), se o fator de segurança resultante for superior a 1,3, para valores de resistência não drenada de pico, o resultado é considerado adequado, sem a possibilidade de haver gatilhos que provoquem carregamentos não drenados.

Para fatores de segurança entre 1,1 e 1,3, para valores de resistência não drenada de pico, existe a possibilidade de ocorrerem gatilhos que provoquem carregamentos não drenados.

		CLASSIFICAÇÃO <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO PARA OPEBA MINA CÓRREGO DO FEIJÃO</b>	
<b>AUDITORIA / 2016 COMUM / GERAL BARRAGEM B1 RELATÓRIO TÉCNICO DA AUDITORIA EXTRAORDINÁRIA RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>28/38</b>
			Nº GEOCONSULTORIA <b>VL55-RT05</b>	REV. <b>0</b>

Nesse caso, é necessária a verificação da estabilidade utilizando-se os parâmetros de resistência residuais, ou seja, dever-se-á substituir a resistência de pico dos rejeitos pela sua resistência na liquefação.

Nova análise é realizada (post-triggering, ou do gatilho), resultando coeficiente de segurança global, obviamente, inferior ao da análise anterior. Se o mesmo resultar acima de 1,1, o resultado seria considerado adequado. Caso se situe entre 1 e 1,1, a estabilidade estaria garantida, porém ocorreriam deformações apreciáveis. Se abaixo de 1, haveria necessidade de estudo de medidas corretivas, sendo necessário a adoção de ações de controle dos possíveis eventos que possam ocasionar o carregamento não drenado, tais como: aplicação de soluções estruturais (reforços); ações para diminuir zonas saturadas dos rejeitos; realização de mais ensaios para a determinação da resistência dos rejeitos, etc.

Portanto, o fator de segurança da barragem B1 é de 1,3, com condição adequada para controlar gatilhos que provoquem carregamentos não drenados. Entretanto, como o parâmetro utilizado é "médio", recomenda-se que a investigação geotécnica seja complementada e, se necessário, refeita as análises de estabilidade.

## 11.0 RECOMENDAÇÕES

Com base nas observações das inspeções de campo, na análise dos dados do monitoramento, no histórico do comportamento da barragem e nos resultados das análises de estabilidade em condição drenada e não-drenada, são recomendações as seguintes ações:



### (i) Rotina

- Limpar e recuperar canaletas de drenagem superficial, que estão com água parada e danificadas. Prazo: out/16
- Finalizar o medidor de vazão do dreno de fundo. (Ação já realizada pela Unidade)
- Descarregar os rejeitos na ombreira direita, para completar a largura de praia com 150 m. (Ação já realizada pela Unidade)
- Reduzir o volume de água livre no reservatório. (Ação já realizada pela Unidade)
- Roçar e limpar os taludes do banco imediatamente acima da berma da cota 900. Prazo: set/16

### (ii) Alerta

- Complementar o programa de investigações especiais para confirmar os parâmetros não drenados, das análises de liquefação. Prazo: fev/17
- Revisar e complementar o programa de monitoramento geotécnico da barragem. Prazo: abr/17

Estudos preliminares indicaram que a implantação destas ações permite elevar o fator de segurança para níveis adequados.

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO PARAPEBA MINA CÓRREGO DO FEIJÃO</b>	
<b>AUDITORIA / 2016 COMUM / GERAL BARRAGEM B1 RELATÓRIO TÉCNICO DA AUDITORIA EXTRAORDINÁRIA RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>29/38</b>
			Nº GEOCONSULTORIA <b>VL55-RT05</b>	REV. <b>0</b>



(iii) Crítica

- Não há recomendação.

## 12.0 CONCLUSÕES

Com base nas observações das inspeções de campo, na análise dos dados do monitoramento, no histórico do comportamento da barragem e nos resultados das análises de estabilidade em condição drenada e não-drenada, a Geoconsultoria é de parecer que a estabilidade da barragem B1 é:

- a) Satisfatória quanto ao modo de ruptura por galgamento
- b) Satisfatória quanto ao modo de ruptura por erosão interna ("piping")
- c) Satisfatória quanto ao modo de ruptura por cisalhamento, para a condição drenada (FS = 1,60)
- d) Satisfatória quanto ao modo de ruptura por cisalhamento, para a condição drenada – fluxo por liquefação (FS = 1,3)

		CLASSIFICAÇÃO <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO PARAPEBA MINA CÓRREGO DO FEIJÃO</b>	
AUDITORIA / 2016 COMUM / GERAL BARRAGEM B1 RELATÓRIO TÉCNICO DA AUDITORIA EXTRAORDINÁRIA RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR			Nº VALE	PÁGINA <b>30/38</b>
			Nº GEOCONSULTORIA <b>VL55-RT05</b>	REV. <b>0</b>

## ANEXO I – MATRIZES E TABELAS DE CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM

### I.1. COPAM 87/2005

#### a) Porte da barragem e porte do reservatório

Porte da Barragem	Altura da Barragem H (m)	Porte do Reservatório	Volume do Reservatório Vr (m <sup>3</sup> )
Pequeno	H < 15	Pequeno	Vr < 500.000
Médio	15 <= H <= 30	Médio	500.000 <= Vr <= 5.000.000
Grande	H > 30	Grande	Vr > 5.000.000

Tabela 1 - Critérios para definição do porte da barragem e do porte do reservatório

#### b) Ocupação humana a jusante da barragem, à época do cadastro, em quatro níveis:

##### i. Inexistente: não existem habitações na área a jusante da barragem;



i.i. Eventual: significa que não existem habitações na área a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal ou rodovia municipal ou estadual ou federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas (exemplo: indústria, mina operante, planta de beneficiamento, escritórios, etc.);

i.i.i. Existente: significa que existem habitações na área a jusante, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas, sendo que a barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na Classe II B – Inertes, segundo a NBR 10.004/2004 da ABNT;

i.v. Grande: significa que existem habitações na área a jusante, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas, com o agravante de que a barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados como Classe I – Perigosos ou Classe II A - Não Inertes, segundo a NBR 10.004/2004 da ABNT.

#### c) Critério para classificação das barragens

Altura da barragem H (m)	Volume do Reservatório (x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Ocupação humana a jusante	Interesse ambiental a jusante	Instalações na área de jusante
H < 15 V=0	Vr < 0,5 V=0	Inexistente V=0	Pouco significativo V=0	Inexistente V=0
15 <= H <= 30 V=1	0,5 <= Vr <= 5 V=1	Eventual V=2	Significativo V=1	Baixa concentração V=1
H > 30 V=2	Vr > 5 V=2	Existente V=3	Elevado V=3	Alta concentração V=2
-	-	Grande V=4	-	-
<b>V=2</b>	<b>V=2</b>	<b>V=4</b>	<b>V=1</b>	<b>V=2</b>

		CLASSIFICAÇÃO <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO PARA OPEBA MINA CÓRREGO DO FEIJÃO</b>	
AUDITORIA / 2016 COMUM / GERAL BARRAGEM B1 RELATÓRIO TÉCNICO DA AUDITORIA EXTRAORDINÁRIA RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR			Nº VALE	PÁGINA <b>31/38</b>
			Nº GEOCONSULTORIA <b>VL55-RT05</b>	REV. <b>0</b>

d) Classificação das barragens

I. Baixo potencial de dano ambiental - Classe I: quando o somatório dos valores for menor ou igual a dois ( $V \leq 2$ );

II. Médio potencial de dano ambiental - Classe II: quando o somatório dos valores for maior que dois e for menor ou igual a cinco ( $2 < V \leq 5$ );

III. Alto potencial de dano ambiental - Classe III: quando o somatório dos valores for maior que cinco ( $V > 5$ ).



e) Classificação da barragem B1, de acordo com a DN COPAM:

**Classe III: Alto potencial de dano ambiental**

I.2. Resolução 143, do CNRH



Quadro de classificação quanto à Categoria de Risco – Características Técnicas

<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS - CT</b>		
<b>Altura</b>	<b>Comprimento</b>	<b>Vazão de Projeto</b>
Altura $\leq$ 15m (0)	Comprimento $\leq$ 50m (0)	CMP (Cheia Máxima Provável) ou Decamilenar (0)
15m $\leq$ Altura $\leq$ 30m (1)	50 $\leq$ Comprimento $\leq$ 200m (1)	Milenar (2)
30m $\leq$ Altura $\leq$ 60m (4)	200 $\leq$ Comprimento $\leq$ 600m (2)	TR = 500 anos (5)
Altura $>$ 60m (7)	Comprimento $>$ 600m (3)	TR Inferior a 500 anos ou Desconhecida/ Estudo não confiável (10)
<b>RESULTADO DA AVALIAÇÃO (<math>\Sigma</math> CT = 10)</b>		

		<b>CLASSIFICAÇÃO</b>  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO PARAPEBA</b> <b>MINA CÓRREGO DO FEIJÃO</b>	
			Nº VALE	PÁGINA <b>32/38</b>
<b>AUDITORIA / 2016</b> <b>COMUM / GERAL</b> <b>BARRAGEM B1</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO DA AUDITORIA EXTRAORDINÁRIA</b> <b>RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR</b>			Nº GEOCONSULTORIA <b>VL55-RT05</b>	REV. <b>0</b>



### Quadro de classificação quanto à Categoria de Risco – Estado de Conservação

<b>ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC</b>			
<b>Confiabilidade das Estruturas Extravasoras</b>	<b>Percolação</b>	<b>Deformações e Recalques</b>	<b>Deterioração dos Taludes / Paramentos</b>
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 (2)	Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de vegetação arbustiva. (2)
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, ferragem 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)
<b>RESULTADO DA AVALIAÇÃO (<math>\Sigma</math> EC = 3)</b>			

		CLASSIFICAÇÃO <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO PARA OPEBA MINA CÓRREGO DO FEIJÃO</b>	
AUDITORIA / 2016 COMUM / GERAL BARRAGEM B1 RELATÓRIO TÉCNICO DA AUDITORIA EXTRAORDINÁRIA RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR			Nº VALE	PÁGINA <b>33/38</b>
			Nº GEOCONSULTORIA <b>VL55-RT05</b>	REV. <b>0</b>

### Quadro de classificação quanto à Categoria de Risco – Plano de Segurança

<b>PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM - PS</b>				
<b>Documentação de Projeto</b>	<b>Estrutura Organizacional e Qualificação dos Profissionais na Equipe de Segurança da Barragem</b>	<b>Manuais de Procedimentos para Inspeções de Segurança e Monitoramento</b>	<b>PAE (quando exigido pelo órgão fiscalizador)</b>	<b>Relatório de Inspeção e Monitoramento da Instrumentação e de Análise de Segurança</b>
Projeto executivo e "como construído" (0)	Possui unidade administrativa com profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (0)	Possui manuais de procedimentos para inspeção, monitoramento e operação (0)	Possui PAE (0)	Emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento com base na instrumentação e de Análise de Segurança (0)
Projeto executivo ou "como construído" (2)	Possui profissional técnico qualificado (próprio ou contratado) responsável pela segurança da barragem (1)	Possui apenas manual de procedimentos de monitoramento (2)	Não possui PAE (não é exigido pelo órgão fiscalizador) (2)	Emite regularmente apenas relatórios de Análise de Segurança (2)
Projeto básico (5)	Possui unidade administrativa sem profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (3)	Possui apenas manual de procedimentos de inspeção (4)	PAE em elaboração (4)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção e monitoramento (4)
Projeto conceitual (8)	Não possui unidade administrativa e responsável técnico qualificado pela segurança da barragem (6)	Não possui manuais ou procedimentos formais para monitoramento e inspeções (8)	Não possui PAE (quando for exigido pelo órgão fiscalizador) (8)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção visual (6)
Não há documentação de projeto (10)	-	-	-	Não emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento e de Análise de Segurança (8)
<b>RESULTADO DA AVALIAÇÃO (Σ PS = 2)</b>				



		CLASSIFICAÇÃO <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO PARA OPEBA MINA CÓRREGO DO FEIJÃO</b>	
AUDITORIA / 2016 COMUM / GERAL BARRAGEM B1 RELATÓRIO TÉCNICO DA AUDITORIA EXTRAORDINÁRIA RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR			Nº VALE	PÁGINA <b>34/38</b>
			Nº GEOCONSULTORIA <b>VL55-RT05</b>	REV. <b>0</b>

### Quadro de classificação quanto ao Dano Potencial Associado

<b>DANO POTENCIAL ASSOCIADO – DPA <sup>(1)</sup></b>			
<b>Volume Total do Reservatório</b>	<b>Existência de população a jusante</b>	<b>Impacto ambiental</b>	<b>Impacto sócio-econômico</b>
Muito Pequeno ≤ 500 mil m <sup>3</sup> (1)	INEXISTENTE (0)	INSIGNIFICANTE (0)	INEXISTENTE (0)
Pequeno 500 mil a 5 milhões m <sup>3</sup> (2)	POUCO FREQUENTE (3)	POUCO SIGNIFICATIVO (2)	BAIXO (1)
Médio 5 milhões a 25 milhões m <sup>3</sup> (3)	FREQUENTE (5)	SIGNIFICATIVO (6)	MÉDIO (3)
Grande 25 milhões a 50 milhões m <sup>3</sup> (4)	EXISTENTE (10)	MUITO SIGNIFICATIVO (8)	ALTO (5)
Muito Grande ≥ 50 milhões m <sup>3</sup> (5)	-	MUITO SIGNIFICATIVO AGRAVADO (10)	-
<b>RESULTADO DA AVALIAÇÃO (Σ DPA = 19)</b>			

### Quadro resumo da classificação quanto à Categoria de Risco

<b>CATEGORIA DE RISCO</b>	
<b>Item Avaliado</b>	<b>Pontuação</b>
Características Técnicas (CT)	10
Estado de Conservação (EC)	3
Plano de Segurança de Barragens (PS)	2
<b>PONTUAÇÃO TOTAL (CRI)</b>	<b>15</b>

		CLASSIFICAÇÃO <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO PARA OPEBA MINA CÓRREGO DO FEIJÃO</b>	
AUDITORIA / 2016 COMUM / GERAL BARRAGEM B1 RELATÓRIO TÉCNICO DA AUDITORIA EXTRAORDINÁRIA RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR			Nº VALE	PÁGINA <b>35/38</b>
			Nº GEOCONSULTORIA <b>VL55-RT05</b>	REV. <b>0</b>

### Faixa de classificação quanto à Categoria de Risco (CRI)



FAIXA DE CLASSIFICAÇÃO – CATEGORIA DE RISCO (CRI)	
Classificação	CRI
ALTO	≥ 60 ou EC=10
MÉDIO	35 a 60
BAIXO	≤ 35
<b>CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM</b>	<b>BAIXO</b>

### Faixa de classificação quanto ao Dano Potencial Associado (DPA)

FAIXA DE CLASSIFICAÇÃO – DANO POTENCIAL ASSOCIADO (DPA)	
Classificação	DPA
ALTO	≥ 13
MÉDIO	7 < DPA < 13
BAIXO	≤ 7
<b>CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM</b>	<b>ALTO</b>

### Matriz de classificação

CATEGORIA DE RISCO	DANO POTENCIAL ASSOCIADO		
	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTO	A	B	C
MÉDIO	B	C	D
BAIXO	<b>C</b>	D	E

		CLASSIFICAÇÃO <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO PARAPEBA MINA CÓRREGO DO FEIJÃO</b>	
AUDITORIA / 2016 COMUM / GERAL BARRAGEM B1 RELATÓRIO TÉCNICO DA AUDITORIA EXTRAORDINÁRIA RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR			Nº VALE	PÁGINA <b>36/38</b>
			Nº GEOCONSULTORIA <b>VL55-RT05</b>	REV. <b>0</b>



## ANEXO II – PLANO DE AÇÃO

Complexo Paraopeba – Mina Córrego do Feijão – Barragem B1				
Não Conformidade (EC / PS / GO)		Plano de Ação		
Descrição Geral	Descrição Específica/Recomendação	Atividade	Prazo	Situação
Estado de Conservação	<b>Rotina:</b> Limpar e recuperar canaletas de drenagem superficial, que estão com água parada e danificadas	Acionar equipe de manutenção para limpar e recuperar o concreto das canaletas.	Out/2016	Programado
Gestão Operacional	<b>Rotina:</b> Finalizar o medidor de vazão do dreno de fundo.	Finalizar o medidor de vazão do dreno de fundo.	Dez/2016	Concluído
Gestão Operacional	<b>Rotina:</b> Descarregar os rejeitos na ombreira direita, para completar a largura de praia com 150 m.	Realizar a manobra de lançamento de rejeito somente na ombreira direita para completar a largura de praia.	Set/2016	Concluído
Gestão Operacional	<b>Rotina:</b> Reduzir o volume de água livre no reservatório.	Relocar bomba para local mais profundo e continuar bombeamento.	Set/2016	Concluído
Estado de Conservação	<b>Rotina:</b> Roçar e limpar os taludes do banco imediatamente acima da berma da cota 900.	Priorizar a finalização da roçada e limpeza da Barragem I.	Set/2016	Em andamento
Plano de Segurança	<b>Alerta:</b> Complementar o programa de investigações especiais para confirmar os parâmetros não drenados, das análises de liquefação.	Finalizar a investigação geotécnica complementar.	Fev/2017	Em andamento
Gestão Operacional	<b>Alerta:</b> Revisar e complementar o programa de monitoramento geotécnico da barragem.	Revisar e complementar o programa de monitoramento geotécnico da barragem.	Abr/2017	Em andamento

**EC - Estado de Conservação (CNRH 143);**

**PS – Plano de Segurança (CNRH 143);**

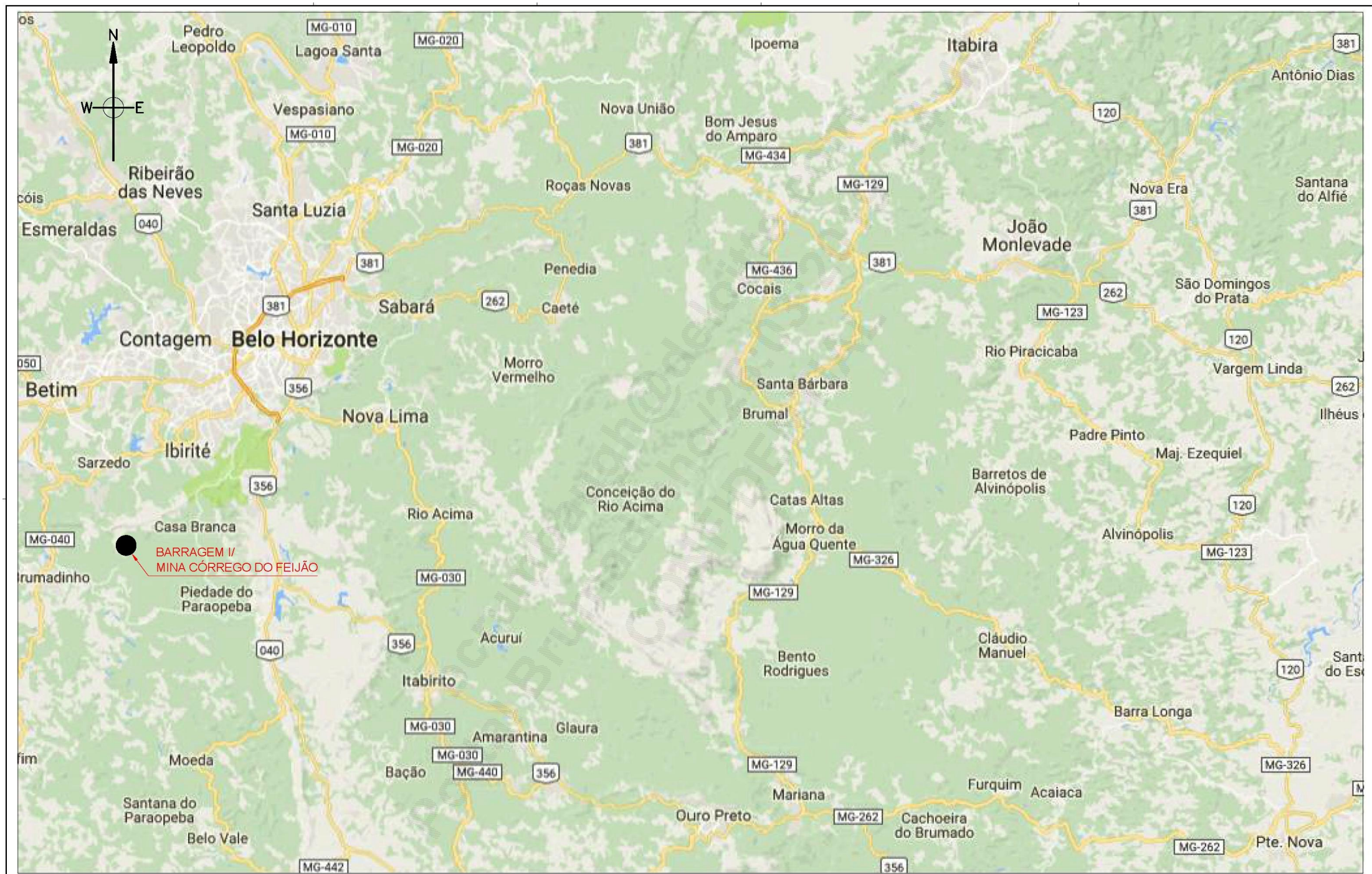
**GO – Gestão Operacional – recomendações que fazem parte de manual de operação ou da rotina operacional.**

		CLASSIFICAÇÃO  <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO PARAOPEBA MINA CÓRREGO DO FEIJÃO</b>	
<b>AUDITORIA / 2016 COMUM / GERAL BARRAGEM B1 RELATÓRIO TÉCNICO DA AUDITORIA EXTRAORDINÁRIA RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>37/38</b>
			Nº GEOCONSULTORIA <b>VL55-RT05</b>	REV. <b>0</b>

### ANEXO III – MAPA DE LOCALIZAÇÃO


bcrumbaugh@deloitte.com  
 Portal Brumadinho/26:03:2019 14:46  
 CONFIDENTIAL

		CLASSIFICAÇÃO <b>RESTRITA</b>	<b>COMPLEXO PARA OPEBA          MINA CÓRREGO DO FEIJÃO</b>	
<b>AUDITORIA / 2016          COMUM / GERAL          BARRAGEM B1          RELATÓRIO DE AUDITORIA EXTRAORDINÁRIA          RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR</b>			Nº VALE  	PÁGINA <b>38/38</b>
			Nº (CONTRATADA) <b>VL55-RT05</b>	REV. <b>0</b>



Referência  
 1 - IMAGEM DO GOOGLE MAPS.

Legenda  
 ● NOME DA BARRAGEM  
 MINA

 Data: 31/08/16  
Escala: S/ESC.

VALE S.A.  
 AUDITORIA DE BARRAGENS DE REJEITOS  
 MINA CÓRREGO DO FEIJÃO  
 BARRAGEM I