

**Comitê Independente de Assessoramento Extraordinário
de Segurança de Barragens**

Relatório Final

30 de abril de 2021

Índice

Introdução.....	1
Composição do Comitê.....	2
Escopo de trabalho do Comitê.....	2
Apoio ao Comitê.....	3
Características gerais e específicas de barragens de rejeitos no Brasil.....	3
Metodologias operacionais adotadas.....	5
Instalações em auscultação, monitoramento e desenvolvimento tecnológico.....	6
Análises determinísticas e probabilísticas.....	6
Análises de segurança em cenários de sismos.....	10
Alguns aspectos relevantes de contribuições do Comitê.....	16
Principais recomendações técnicas do Comitê.....	20
Faróis de recomendações	49
Resumos de estruturas mais relevantes analisadas pelo Comitê.....	50
Conclusões e recomendações gerais.....	83
Referências.....	88
Anexos	
Relação de relatórios, notas técnicas e documentos técnicos.....	91
Relação de reuniões técnicas por vídeo conferência.....	97

Introdução

Motivado pela importância de alcançar padrões de segurança os mais adequados para as barragens da Vale e logo após o colapso da barragem B-1 em Brumadinho, o Conselho de Administração da Vale, no dia 15 de fevereiro de 2019, instituiu o Comitê Independente de Assessoramento Extraordinário de Segurança de Barragens Comitê com base no Artigo 15, parágrafo primeiro do Estatuto Social da Empresa.

O objetivo fundamental do Comitê foi o de assessorar o Conselho de Administração em questões relacionadas ao diagnóstico das condições de segurança, gestão e mitigação de riscos relacionados às barragens da Vale, bem como recomendar medidas a serem tomadas para reforçar as condições de segurança das mesmas.

O Comitê manteve também foco no futuro ao dedicar-se às recomendações de medidas a serem tomadas e procedimentos a serem adotados para reforçar as condições de segurança das barragens.

A independência e autonomia do Comitê foi assegurada por sua constituição composta por três membros externos à Empresa e selecionados pela consultora internacional Korn Ferry, tendo a sua constituição de três membros concluída em março de 2019.

Composição do Comitê

Integraram o Comitê três engenheiros com vasta experiência em projetos e obras de barragens no País e no exterior, além de serem ou terem sido fortemente ligados à pesquisa e ao ensino de engenharia. O Comitê foi composto por:

- Flavio Miguez de Mello (membro externo independente, coordenador do Comitê), engenheiro civil e pós-graduado em geologia, com mais de cinquenta anos de carreira principalmente em engenharia consultiva.
- Willy Alvarenga Lacerda (membro externo independente), engenheiro civil pós-graduado em geotecnia com mais de sessenta anos de atividade profissional no campo da geomecânica.
- Pedro Cesar Repetto (membro externo independente), engenheiro civil pós-graduado em geotecnia, com mais de cinquenta anos de carreira em diversos países, com ênfase na área de mineração.

Para apoiar as atividades do Comitê foram contratados cinco profissionais, o engenheiro Luciano Jacques de Moraes Jr, detentor de larga experiência principalmente em geotecnia, o geólogo Fernando Pires de Camargo, da geração pioneira da geologia de engenharia no País, o engenheiro Wanderley Guimarães Corrêa com mais de sessenta anos de relevante carreira principalmente dedicada à tecnologia avançada do concreto e o engenheiro Luiz César da Veiga Pires também há mais de sessenta anos com reconhecida atuação em hidrologia e hidráulica. Compõe o grupo Carlos Abreu detentor de larga experiência em tecnologia da informação.

Escopo do trabalho do Comitê

Coube ao Comitê estudar e analisar as mais importantes barragens da Vale e as barragens que sinalizavam alguma deficiência operacional ou indícios supostamente comprometedores à segurança. Dada a sua importância, o escopo também foi estendido às pilhas de rejeitos e de estéril de mineração. Foram examinados projetos, obras, operação e monitoramento de estruturas para acumulação de rejeitos, para retenção de sedimentos, para acumulação de água para processo, para geração de energia elétrica e para drenagem de extensas áreas. No total foram examinadas cinquenta e sete estruturas dos corredores Sudeste e Norte e usinas hidroelétricas em diversos estados da federação. Várias dessas estruturas, por estarem em construção e terem destacada importância, foram alvo de repetidas visitas técnicas, algumas delas com mais de dez inspeções e reuniões técnicas.

Apoio ao Comitê

Desde cedo o Conselho de Administração aprovou o regimento interno do Comitê garantindo expressamente a sua independência de atuação. O Conselho de Administração aprovou também a programação das atividades do Comitê.

Baseado nas aprovações acima mencionadas e nos excelentes profissionais da equipe de governança do Conselho de Administração, o Comitê teve sempre autonomia orçamentária suficiente para a realização dos serviços prestados e irrestrito apoio de toda equipe da Vale, desde das diretorias às equipes de engenharia e de administração, desde empresas de engenharia consultiva contratadas pela Vale para desenvolvimento de projetos, a terceirizados fornecedores de serviços de apoio logístico e atividades administrativas que se fizeram necessárias. Nas atividades técnicas e logísticas há que realçar que houve também pleno apoio na aquisição de informações técnicas por profissionais da Vale e de empresas contratadas pela Vale. Esses apoios foram constantes ao longo dos dois anos de atividade do Comitê sem qualquer exceção em qualquer tempo.

Características gerais e específicas de barragens de rejeitos no Brasil

Não cabe neste relatório descrever as características gerais de estruturas tradicionais de disposição de rejeitos e novas tecnologias de desaguamento de rejeitos saturados, de monitoramento geotécnico, de execução de obras e de governança. Entretanto cabe neste capítulo menção às características brasileiras devidas a aspectos naturais do território e das novas legislações vigentes. Essas características são resumidas a seguir.

- i- Devido ao longo tempo de construção que implica em sucessivas ampliações de capacidade de reservatório obtidas por alteamento das barragens, o que é comum em todo planeta, no Brasil geralmente ocorreu uma intensa alternância de projetistas para a mesma barragem. Esse aspecto é frequente

mesmo em barragens alteadas por jusante que normalmente apresentam alteamentos mais elevados e em menor número do que as tradicionais barragens alteadas por montante. A barragem B-1 em Brumadinho é um dos exemplos.

- ii- Considerando o longo tempo de construção, é comum não haver documentos técnicos como construído (*as built*) que tem sido adotado desde os anos sessenta do século passado em alguns outros países, para barragens que acumulam água. Essa prática que em muito contribui para verificação das condições de segurança e para eventuais obras de reforço estrutural, foi iniciada no Brasil pelo setor elétrico nos anos oitenta, mas apenas em parte das mais importantes barragens desse setor. A quase total ausência de documentos "*as built*" no setor de mineração tem tornado prática imprescindível a execução de prospecções e ensaios para a aquisição de conhecimento das reais condições dos maciços das barragens e diques em documentos conhecidos por "*as is*" que não costumam ter a mesma acurácia de documentos "*as built*".
- iii- Em anos recentes, principalmente após a fase final dos anos noventa, tem ocorrido no País aquisições de atividades de mineração entre tradicionais empresas mineradoras. A Vale foi uma das empresas dessa área que mais adquiriu minas que vieram com as respectivas barragens de rejeitos. Em geral essas barragens não dispunham de informações detalhadas de projeto, de construção e de monitoramento. Essas estruturas passaram ou estão passando por caracterização de projeto "*as is*".
- iv- Em muitos países em que atividades de mineração são muito evoluídas, os climas são muito menos úmidos do que os climas no território nacional, nomeadamente no Quadrilátero Ferrífero e no Corredor Norte onde se situam a maioria das minas da Vale. Em climas secos a disposição de rejeitos é mais facilitada do que em climas úmidos que, para atingir uma mesma qualidade e um mesmo fator de segurança, há necessidade de maiores investimentos.
- v- Em geral no Brasil as atividades minerárias são feitas em áreas de consideráveis espessuras de solos residuais e coluvionares que produzem grandes quantidades de material estéril. Esses materiais demandam a implantação de pilhas e de dispositivos para evitar transportes de sedimentos. Dentre esses dispositivos se encontram principalmente barragens de acumulação de sedimentos especialmente necessárias no Quadrilátero Ferrífero,
- vi- Em muitos países atividades de mineração são desenvolvidas em áreas de relevo monótono, o que não acontece principalmente no Quadrilátero

Ferrífero onde são concentradas atividades minerárias da Vale. Em áreas de relevo muito acidentado e em áreas de elevada pluviosidade e com espessas camadas de solo residual e coluvionar, torna-se difícil a execução, manutenção e garantia de segurança de canais de cintura envolvendo as áreas de reservatórios. Assim, é comum neste País haver pequenos córregos e talvegues de vazão intermitente afluindo à área do reservatório. Embora as vazões que costumam afluir aos reservatórios sejam discretas, vazões correspondentes a precipitações extremas calculadas por métodos conservadores, podem determinar picos de descargas de cheia que demandam a instalação de sistemas de extravasamento de consideráveis dimensões.

- vii- Em geral a disposição de rejeitos em outros países é feita a partir da crista da barragem. Verifica-se no Brasil, principalmente em barragens alteadas por jusante ou executadas em etapa única, na maioria ou mesmo na quase totalidade de casos, os rejeitos são depositados em extremidades dos reservatórios situadas afastadas das cristas das barragens. Com isso, os rejeitos depositados deixam de contribuir, nas etapas iniciais de disposição, com espesso tapete que aumentaria caminhos de percolação pela fundação, como também não ocorrem a formação de praias a montante da crista da barragem que manteriam as águas acumuladas mais distantes do talude montante da barragem.

Metodologias operacionais adotadas

Entre o início das atividades em março de 2019 e março de 2020 quando os procedimentos tiveram que ser alterados por causa da pandemia do Covid 19, foram realizadas diversas viagens para proveitosas e detalhadas visitas técnicas de inspeção a barragens e pilhas com inúmeras reuniões e contatos profissionais em escritórios, nos canteiros de obra ou nas minas situadas em Minas Gerais e no Pará.

A partir de abril de 2020 e até o encerramento dos trabalhos do Comitê, houve profunda alteração na metodologia de atuação, passando a serem todos os contatos e reuniões por videoconferência. Cabe realçar a excelente colaboração e presteza da equipe da Vale em atender todas as reuniões convocadas pelo Comitê. Entretanto, embora as reuniões virtuais tenham contado com tecnologias de transmissão de sinais, imagens e informações as mais avançadas e seguras, houve prejuízo pela carência de contato com as obras. Na fase inicial esses frequentes contatos nos locais das estruturas possibilitaram a identificação de importantes aspectos que geraram recomendações nas obras e projetos.

Portanto, as atividades do Comitê tiveram dois períodos distintos, de um ano cada. O primeiro período com intensas visitas técnicas, algumas obras tendo sido visitadas mais de dez vezes, e o segundo com reuniões virtuais com as equipes de campo e de projeto.

Ao todo foram analisadas, debatidas e visitadas inúmeras barragens, diques e pilhas, tendo sido emitidas recomendações para 57 estruturas geotécnicas e hidráulicas da Vale situadas nos estados de Minas Gerais, Pará, Maranhão, Tocantins, Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

Instalações e equipamentos relevantes em atividades de auscultação, desenvolvimento tecnológico e construção

No primeiro roteiro de inspeções técnicas a barragens e instalações da Vale em Minas Gerais, em abril de 2019, há que destacar a impactante visita à Sala de Controle de Barragens, conhecida por Centro de Monitoramento Geotécnico excepcionalmente equipado com dispositivos de última geração e permanentemente em ampliação, instalado no MAC, em Nova Lima, MG. Desse Centro são feitas e registradas as auscultações de muitos equipamentos com transmissão de dados em tempo real, das principais barragens da Vale em Minas Gerais. A ampliação do recebimento de dados de monitoramento de barragens em muito tem passado a ampliar a segurança das barragens da Vale. Em fase adiantada de implantação e já produzindo benefícios à auscultação de barragens do Corredor Norte, há um Centro de Monitoramento Geotécnico semelhante em Carajás.

Há que realçar a idealização e as preliminares instalações destinadas à implantação de laboratório de ensaios tecnológicos de materiais para barragens e para disposição de rejeitos, aproveitando as instalações existentes em Borba Gato, Santa Luzia, MG. Esse laboratório está destinado a suprir importante lacuna para realização de pesquisas e de ensaios tecnológicos especiais para os quais não há disponibilidade no País. O Comitê incentivou essa importante iniciativa e fez indicações de convênios com outras instituições.

As atividades mais impactantes em construção são referentes à aquisição e instalação de modernos métodos construtivos em terraplanagem por equipamentos não tripulados de grandes dimensões e de grandes capacidades, operados remotamente e principalmente destinados a desmontes de estruturas geotécnicas de grandes volumes. Esses equipamentos e esses processos construtivos têm sido utilizados com sucesso desde a virada dos anos 2020/2021 na descaracterização da pilha PDEX situada na área da barragem B3/B4 que também deverá ser descaracterizada por esse processo. A utilização desse processo é devida à necessidade de ser evitada a presença de pessoas nos locais de obra em que possa haver perigo de colapso de maciços de rejeitos por liquefação.

Análises de estabilidade. Métodos determinísticos e probabilísticos

O Comitê vem se manifestando a respeito deste assunto ao longo de sua atuação desde outubro de 2019. Um resumo destas manifestações foi apresentado na nota técnica NT-

02/20 de 15 de junho de 2020, referente a fatores de segurança nas análises de estabilidade. Reapresenta-se a seguir partes dessa nota técnica.

Métodos sugeridos para análises de estabilidade

Método do Equilíbrio Limite (MEL)

Entre os métodos sugeridos está o tradicional Método do Equilíbrio Limite, que tem sido usado em praticamente todas as barragens de terra e de rejeito, com alguns exemplos de ruptura.

Outras causas independentes da resistência do maciço podem levar à ruptura como, por exemplo, rupturas por erosão interna (piping), insuficiência ou má execução do sistema interno de drenagem, galgamento, liquefação, deficiências de projeto, etc.. Portanto, muitas vezes não é só o fator de segurança de um projeto, que supõe que a obra será bem conduzida e com fiscalização independente, que é a causa dos insucessos.

Pode-se dizer que os fatores de segurança das normas atuais são satisfatórios, desde que a obra tenha sido conduzida com excelência.

Porém, segundo o *“Tailings Dam Safety”*, boletim do ICOLD Comissão Internacional de Grandes Barragens, *“A solução pelo método do Equilíbrio Limite não leva em conta a compatibilidade de deformações e dos deslocamentos da fronteira. Além disso, os materiais são supostos operarem como um corpo perfeitamente plástico, e num plano bidimensional.*

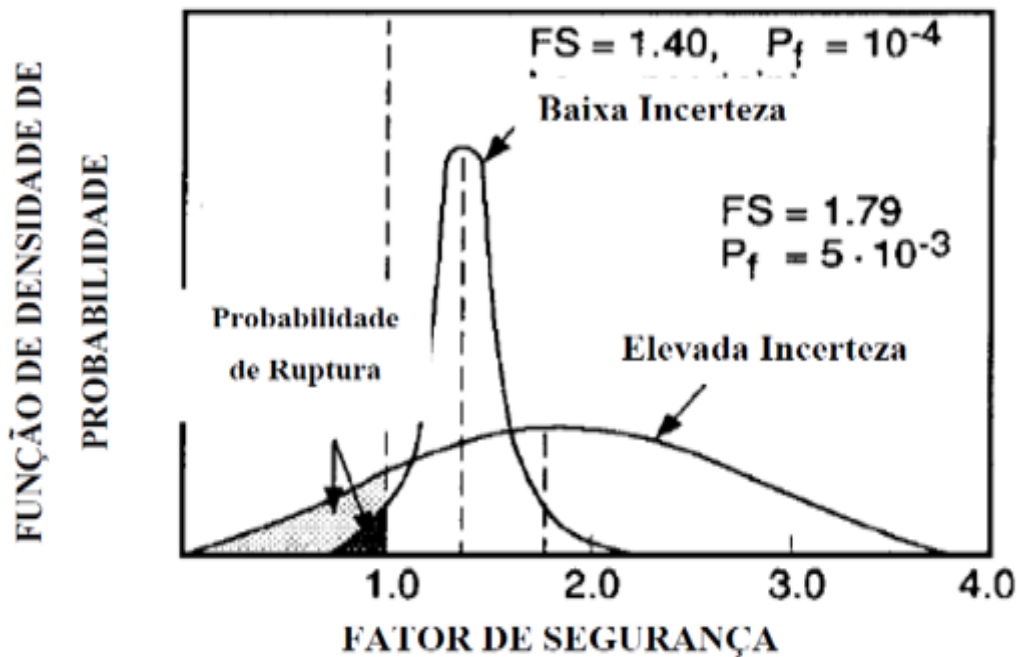
Ainda assim, por sua simplicidade e seu histórico comprovado quando os parâmetros de entrada são selecionados com critério, este método é usado na maioria dos projetos, particularmente quando a disponibilidade dos parâmetros de entrada ou a complexidade do comportamento do solo não justifiquem o uso de enfoques mais sofisticados”.

Se houver variação muito grande dos módulos de deformação dos materiais constituintes da seção analisada, recomenda-se o uso de métodos numéricos, tipo Método dos Elementos Finitos, ou o PLAXIS, para compatibilizar as resistências com as deformações e obter um fator de segurança mais realista.

Métodos Probabilísticos

O método probabilístico é muito útil para considerar as incertezas dos parâmetros geotécnicos que são dados de entrada em qualquer MEL.

Como há uma variedade de bons métodos, basta escolher um que seja simples e fácil de implementar como rotina. A surpresa deste método é que valores do fator de segurança que parecem ser satisfatórios (acima de 1,5 por exemplo) podem ter maior probabilidade de ruptura (P_f) do que um valor mais baixo de fator de segurança, mas com menor variação dos parâmetros, com base em muitos ensaios realizados. A Figura abaixo, de Lacasse e Nadim (1998), é autoexplicativa.



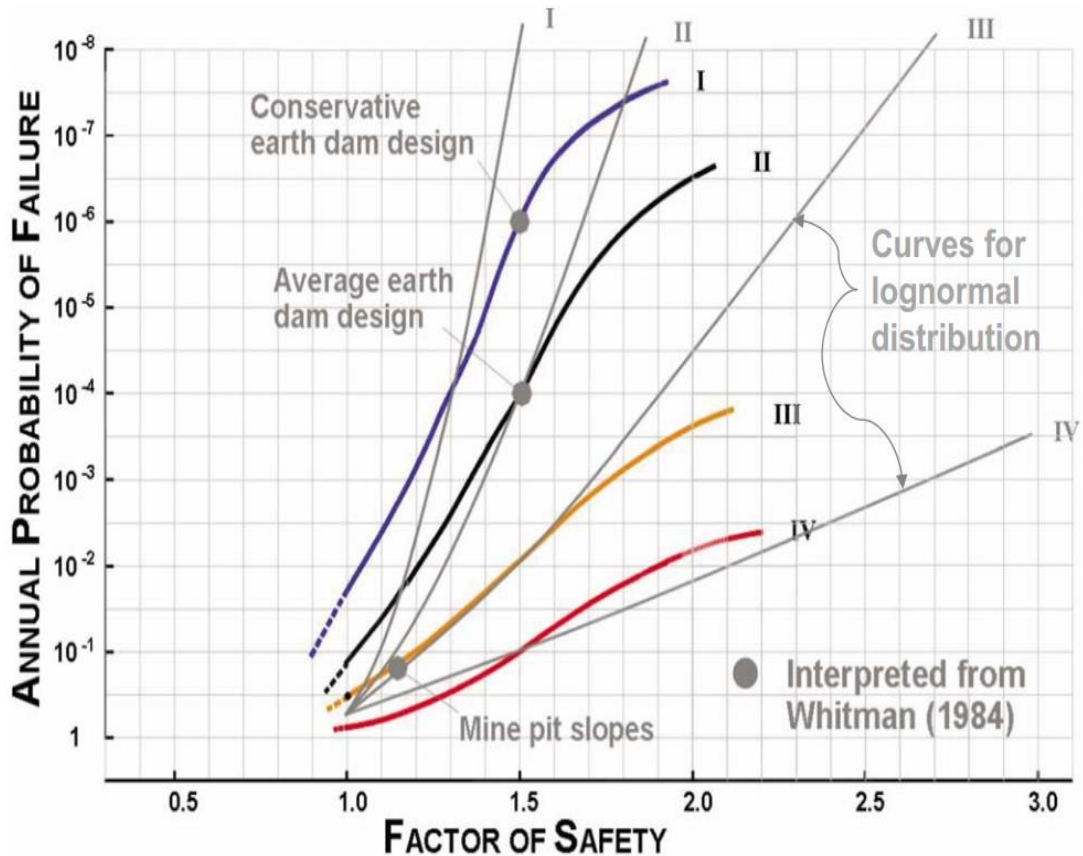
Os valores de probabilidade de ruptura podem ser especificados. Se a incerteza dos parâmetros levar a uma probabilidade inaceitável, então modifica-se o projeto da seção transversal da barragem até se conseguir uma probabilidade aceitável; um valor mais alto do fator de segurança corresponderá a esta probabilidade.

Portanto, ao invés de fixar somente um valor de fator de segurança, especifica-se também uma probabilidade anual de ruptura, que em geral acarreta fatores de segurança mais elevados.

Se modificações de projeto (como suavizar os taludes, por exemplo, ou mudar um material menos resistente por um mais nobre) for economicamente inaceitável, deve-se aprimorar as incertezas dos parâmetros geotécnicos, com maior número de ensaios.

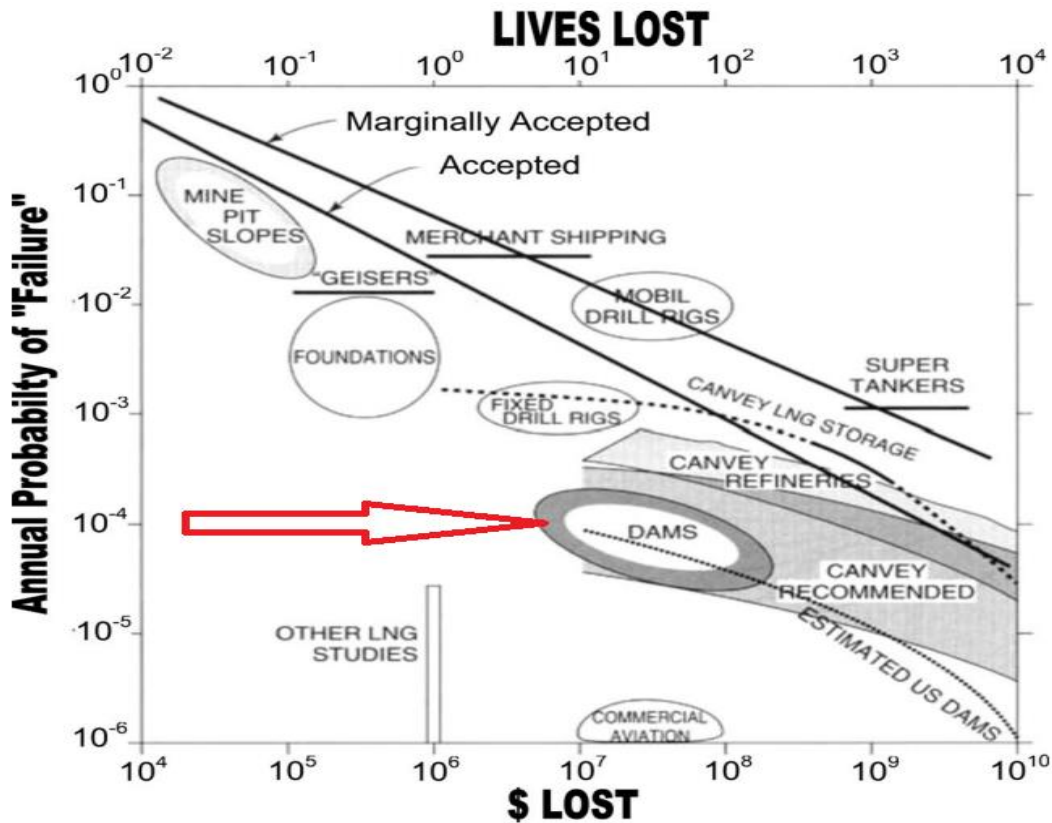
Cabe aqui destacar que no dimensionamento das cavas das minas da Vale, é adotado com frequência este critério duplo para a estabilidade, a saber, estabelecimentos de limites para fator de segurança mínimo e probabilidade anual de ruptura máxima. Os valores recomendados deste par, fator de segurança e probabilidade de ruptura, são, por exemplo, apresentados por Read & Stacey.

A figura a seguir, do artigo de Silva et al. (2008), ilustra o que foi dito até este ponto.



Nessa figura pode-se ver que uma barragem com fator de segurança de 1,5 pode ter diferentes probabilidades de ruptura anual, dependendo do nível de incerteza dos dados básicos. E os projetos médios (“average”), curva II, têm probabilidade de ruptura de 10^{-4} , que é uma probabilidade mínima aceitável para barragens em geral, como se pode ver na figura abaixo, do mesmo artigo.

Em destaque na figura a seguir, os níveis de risco toleráveis, obtidos da literatura técnica por Lambe et al. Para barragens, a probabilidade anual de ruptura usualmente aceita é de 1×10^{-4} . Por exemplo, esse valor máximo é o recomendado pelo ANCOLD (*Australian National Committee on Large Dams*).



Recomendações

O Comitê acredita que há um ganho de confiabilidade e de segurança quando se conjugam métodos probabilísticos ao MEL. Assim, torna-se possível o uso do protocolo ALARP ("As Low as Reasonably Possible") para decidir, em função do número provável de perdas de vidas e do vulto dessas perdas, a faixa de probabilidade anual de ruptura que será exigida no cálculo do fator de segurança.

Para barragens existentes, é possível melhorar o método de avaliação discutido acima considerando que a probabilidade de ruptura se incrementa com o nível de incerteza. Exemplos de fatores que incrementam a incerteza são, por exemplo, insuficiente investigação geotécnica; não haver relatório original da construção (*as built*); ocorrência não tecnicamente documentada de desvios durante a construção; má ou deficiente manutenção; existência de trincas, recalques ou deformações exageradas; leituras piezométricas anômalas; deficiências de drenagem, etc.

Sismos nas barragens de rejeitos

O Comitê vem se manifestando a respeito deste assunto ao longo de sua atuação desde abril de 2019. Um resumo destas manifestações foi apresentado no relatório RL-10/19

de 24 de outubro de 2019. Resume-se a seguir os aspectos mais relevantes do citado relatório, referentes a sismos.

As empresas de engenharia que prestam serviços à Vale na elaboração de projetos de estruturas de contenção e/ou analisam as estabilidades de pilhas e barragens de rejeitos, usam diferentes parâmetros sísmicos nas suas análises. Por exemplo, a DF+ adota para as barragens de Capim Branco (em Córrego do Feijão) e de Vargem Grande (em Fábrica), para a aceleração pico horizontal do terreno (PGA, *peak ground acceleration*, em inglês) o valor de $ah = 0,1 g$, onde g é a aceleração da gravidade. A Engecorps, nas análises recentes de estabilidade para a barragem de Itabiruçu, adotou, em 2019, $ah = 0,03 g$.

Cabe realçar que os valores dos mapas de ameaça sísmica estão sempre referidos ao topo da rocha sã. Levando em conta que há sempre que considerar que barragens de rejeitos são fundadas em solos que cobrem formações rochosas, torna-se necessário expandir a propagação das acelerações sísmicas para os solos da fundação e para todo maciço da barragem e de seu reservatório. O procedimento para expandir as acelerações é conhecido como convolução.

Uma proposta muito importante de carta de riscos sismológicos foi apresentada no trabalho que vem sendo feito pelo IAG-USP (Marcelo Assumpção e outros). O trabalho citado teve divulgação publicada no Boletim 96 de 2016 da Sociedade Brasileira de Geofísica – SBGf (págs. 25 a 29), com o título “Terremotos no Brasil – Preparando-se para Eventos Raros”. Seus autores, geofísicos especializados em sismologia, são: Marcelo Assumpção, Marlon Pirchiner, João Carlos Dourado e Lucas Vieira Barros. A seguir está reproduzida uma conclusão do trabalho:

“A atividade sísmica no Brasil é reconhecidamente baixa. Sismos médios e moderados (magnitudes até 5 ou 6) podem ocorrer em qualquer região, mas com probabilidades até agora consideradas suficientemente remotas, podendo ser desprezadas na maioria dos projetos de edificações e obras de engenharia. Apenas instalações críticas, como usinas e reatores nucleares, e barragens hidrelétricas, têm feito uso sistemático de análises sismológicas específicas. Por outro lado, os estudos recentes de ameaça sísmica no Brasil e os resultados preliminares apresentados aqui, mostram que a norma sísmica atual precisaria ser revisada contemplando acelerações de até 5% ou mais em áreas anteriormente consideradas como “zona 0”, sem perigo apreciável. Eventos extremos, por mais improváveis que possam parecer, costumam causar surpresas”.

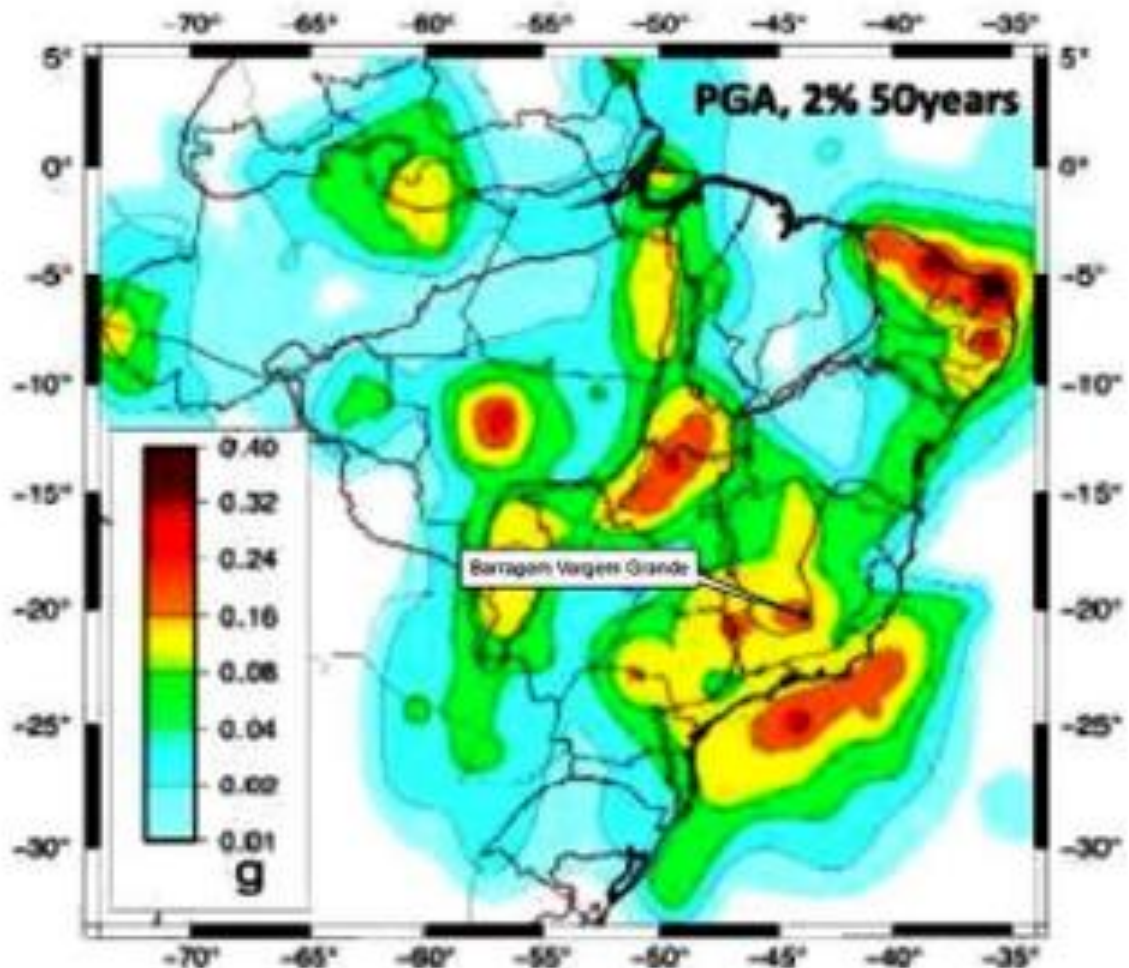
O mais importante deste trabalho é a apresentação do mapa sobre ameaça sísmica (“*seismic hazard map*”) no Brasil. O mapa apresenta o zoneamento para áreas com probabilidade de excedência de 10% em 50 anos – Fig. 7a do trabalho – correspondendo ao período de retorno de 475 anos. Muito importante a observação do trabalho à página 26, 2ª coluna, 3§, reproduzida a seguir:

“Uma observação importante é que, aparentemente, boa parte das barragens de rejeitos no Brasil é projetada para acelerações de 3% a 5% de g (aceleração da

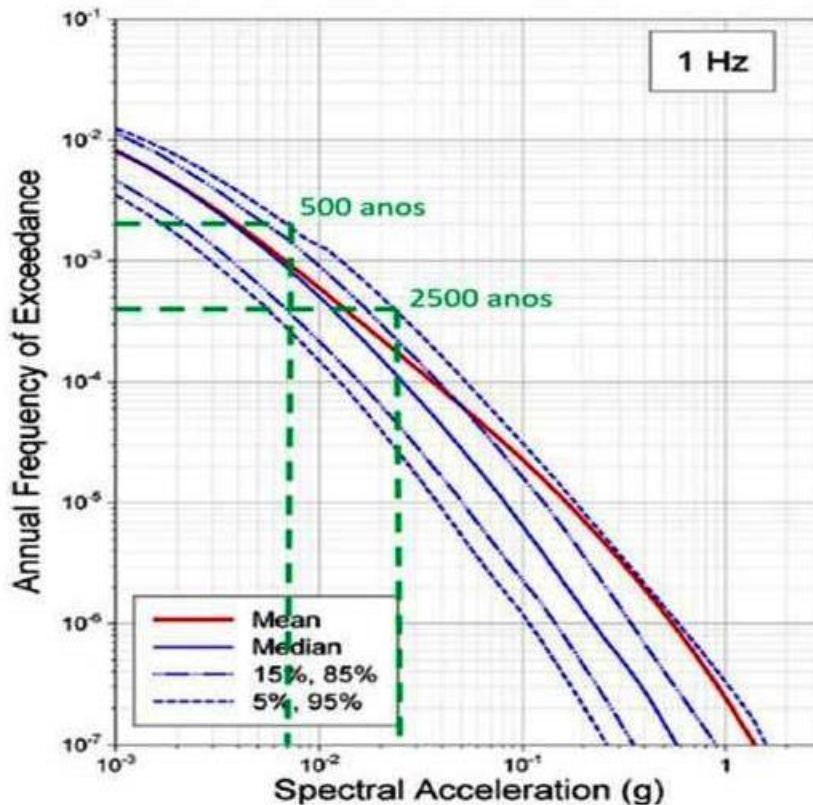
gravidade). A extensão das áreas verdes da Fig. 7 sugere que estes valores precisariam ser revistos”.

Entrando, na Fig. 7a com coordenadas geográficas inteiras (20° Sul e 44° Oeste, ponto dentro do quadrilátero ferrífero), o ponto cai dentro da zona verde do mapa, que corresponde à faixa de valores de $a_h = 0,04$ a $0,08$ g.

No trabalho há ainda a Fig. 7b que apresenta o zoneamento para áreas com probabilidade de excedência de 2% em 50 anos, que corresponde ao período de retorno de 2.475 anos. A DF+ apresentou a locação de Vargem Grande no mapa da Fig. 7b, reproduzida abaixo.



Mapa de Ameaça Sísmica Brasileiro. Acelerações de pico (PGA). Probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos correspondendo a um período de retorno de 2.475 anos. Indicação da locação da unidade. Adaptado de Assumpção et al. (2016).



Adoção do valor da aceleração horizontal de 0,1g, conforme recomendado pela USNRC (1997)

Ainda são poucos os dados disponíveis sobre movimentos verticais do terreno, assumida como sendo uma fração da aceleração horizontal de pico do terreno. Usualmente, utiliza-se o valor 2/3 da aceleração horizontal para a aceleração vertical (Werner, 1976)

O ponto correspondendo à barragem Vargem Grande cai dentro da zona vermelha do mapa que corresponde à faixa de valores de $a_h = 0,16$ a $0,24$ g.

Recomenda-se que a Vale promova com urgência um estudo qualificado de riscos sísmicos no quadrilátero ferrífero e decida em alto nível hierárquico (decisão de natureza técnica e gerencial) qual período de retorno deve ser adotado em cada projeto de barragem no quadrilátero ferrífero. Vale a pena notar que atualmente as melhores práticas internacionais de projeto de barragens recomendam que a seleção do período de retorno do sismo de projeto deve ser função das consequências de um colapso hipotético da barragem. As consequências de um colapso são influenciadas, entre outros parâmetros, pelo número de pessoas em risco e as que poderiam ser vitimadas pelos impactos ambientais e culturais, e pelos custos de reparação da área afetada pelo colapso.

Como exemplo, o guia de projeto da Canadian Dam Association (CDA) recomenda inicialmente classificar as consequências de um colapso hipotético para selecionar os períodos de retorno hidrológico e sísmico de acordo com a classificação da barragem em função dos danos. As duas tabelas a seguir indicam esse procedimento.

Dam Class	Population at Risk ¹	Incremental Losses		
		Loss of Life ²	Environmental and Cultural Values	Infrastructure and Economics
Low	None	0	Minimal short-term loss. No long-term loss.	Low economic losses; area contains limited infrastructure or services.
Significant	Temporary only	Unspecified	No significant loss or deterioration of fish or wildlife habitat. Loss of marginal habitat only. Restoration in kind highly possible.	Losses to recreational facilities, seasonal workplaces, and infrequently used transportation routes.
High	Permanent	10 or fewer	Significant loss or deterioration of <i>important</i> fish or wildlife habitat. Restoration or compensation in kind highly possible.	High economic losses affecting infrastructure, public transportation, and commercial facilities.
Very High	Permanent	100 or fewer	Significant loss or deterioration of <i>critical</i> fish or wildlife habitat. Restoration or compensation in kind possible but impractical.	Very high economic losses affecting infrastructure or services (e.g., highway, industrial facility, storage facilities for dangerous substances).
Extreme	Permanent	More than 100	Major loss of <i>critical</i> fish or wildlife habitat. Restoration or compensation impossible.	Extreme losses affecting critical infrastructure or services (e.g. hospital, major industrial complex, major storage facilities for dangerous substances).

NOTES:

1. DEFINITIONS FOR POPULATION AT RISK:

NONE – NO IDENTIFIABLE POPULATION AT RISK, NO POSSIBILITY OF LOSS OF LIFE OTHER THAN THROUGH UNFORESEEABLE MISADVENTURE.

TEMPORARY – PEOPLE ARE ONLY TEMPORARILY IN THE DAM-BREACH INUNDATION ZONE (E.G. SEASONAL COTTAGE USE, TRANSPORTATION ROUTES, RECREATION).

PERMANENT – POPULATION AT RISK IS ORDINARILY LOCATED IN THE DAM-BREACH INUNDATION ZONE (E.G. PERMANENT RESIDENTS).

2. IMPLICATIONS FOR LOSS OF LIFE:

UNSPECIFIED – THE APPROPRIATE LEVEL OF SAFETY REQUIRED AT A DAM WHERE PEOPLE ARE TEMPORARILY AT RISK DEPENDS ON THE NUMBER OF PEOPLE, EXPOSURE TIME, NATURE OF ACTIVITY AND OTHER CONDITIONS. HIGHER CLASSES COULD BE APPROPRIATE DEPENDING ON REQUIREMENTS.

Dam Class	Annual Exceedance Probability	
	Floods	Earthquakes
Low	1/100	1/100
Significant	Between 1/100 and 1/1,000	Between 1/100 and 1/1,000
High	1/3 between 1/1,000 and PMF	1/2,475
Very high	2/3 between 1/1,000 and PMF	1/2 between 1/2,475 and 1/10,000 or MCE
Extreme	PMF	1/10,000 or MCE

NOTES:

1. ACRONYMS: PMF, PROBABLE MAXIMUM FLOOD; AEP, ANNUAL EXCEEDANCE PROBABILITY; MCE, MAXIMUM CREDIBLE EARTHQUAKE.

CDA (CDA 2014) included AEPs for dams in the passive closure phase as it was recognized that mining dams, especially tailings dams, have a significantly longer life than water dams, and therefore higher AEPs would be more appropriate for the structures in the long term. The suggested AEPs for a dam in the Passive Closure Phase are shown on Table 3.4.

Por último, cita-se mais um exemplo. A ruptura da barragem de Fundão, da Samarco, gerou um relatório elaborado por um painel independente de especialistas, painel este liderado pelo Prof. Norbert Morgenstern, renomado e internacionalmente reconhecido especialista geotécnico. Em parte do relatório do Painel, há um parecer elaborado pela prof. Gail Atkinson, geóloga especializada em sismos intraplaca (caso do quadrilátero ferrífero). A prof. Atkinson relata que o sismógrafo instalado na região da Samarco detectou, em 02 de maio de 2016, um sismo de categoria M3 ($M_w \sim 2,5$) a cerca de 70 km a oeste. A prof. Atkinson indica que a aceleração horizontal máxima teria atingido valores da ordem de 12 cm/s^2 , ou seja, de aproximadamente 0,12 g.

Por oportuno, a empresa de consultoria SLR, contratada para orientar o Ministério Público Estadual de Minas Gerais, apresentou uma série de recomendações na auditoria realizada em 2019. Uma das recomendações foi: “Uma análise formalizada de sismicidade regional precisa ser concluída por um especialista experiente e utilizada nas análises de estabilidade”. O Comitê concorda com esta recomendação.

O estudo regional mencionado acima foi iniciado em 2019 pela Gerência de Riscos Geotécnicos da Vale. Tinha previsão de conclusão em meados do segundo semestre de 2020 e estava sendo elaborado por uma equipe de geofísicos liderada por Marcelo Assumpção e João Carlos Dourado. Os resultados preliminares incentivaram a equipe da Vale a solicitar que o estudo regional fosse ampliado para indicar o sismo de projeto a ser adotado em cada estrutura relevante (barragem de rejeitos, pilha, estrutura de contenção) de propriedade da Vale. Com isto, o prazo para entrega deste relatório ficou postergado para o final do primeiro semestre de 2021. O Comitê endossa esta decisão da Vale e recomenda que este estudo seja finalizado e que suas conclusões (valores de sismos de projeto) sejam adotadas em todas as análises de estabilidade e de tensão-deformação das estruturas relevantes da Vale.

Alguns aspectos relevantes de contribuições do Comitê

Hidrologia e hidráulica

Em 2011 o engenheiro civil e consultor Mário Cicareli Pinheiro estabeleceu e a Vale adotou em seus projetos, as Diretrizes para Elaboração de Estudos Hidrológicos e Dimensionamentos Hidráulicos em Obras de Mineração. Os critérios básicos adotados nas diretrizes são extremamente conservadores e passaram a garantir elevada confiabilidade para as estruturas hidráulicas da Vale. Considerando que as áreas de drenagem são pequenas e as estruturas de extravasamento não são controladas por equipamentos eletromecânicos que demandem operadores (todos descarregadores de soleiras livres), o conservadorismo dos critérios não impactam pesadamente nos custos das obras e garantem com folga elevada, a segurança hidrológica às barragens.

As verificações dos estudos e definições hidrológicas efetuadas pelo Comitê, em sua esmagadora maioria, concluíram por serem as estruturas de extravasamento apropriadamente dimensionadas para as condições as mais conservadoras de descargas extremas afluentes aos reservatórios.

Apenas para as barragens Maravilhas II e Paracatu, os descarregadores de cheias encontravam-se subdimensionados. Entretanto, para esses dois casos, a Vale já havia providenciado os projetos de ampliação de capacidade de descarga dos vertedouros. Em Maravilhas II pela implantação de calha adicional. Em Paracatu os estudos ainda estão em definição de alternativa de projeto a ser adotada.

No que se refere aos sistemas de extravasamento, apenas as calhas dos vertedouros das barragens de Taquaras e Santana, ao serem examinadas, apresentaram inconsistências hidráulicas. O Comitê recomendou obras complementares para garantir a segurança em caso de extravasamento de descargas extremas.

Tecnologia do concreto

Tradicionalmente a Vale não desenvolvia estruturas de concreto tão imponentes como as suas estruturas geotécnicas. Ao implantar, a partir de 2019, as grandes estruturas de contenção em concreto gravidade, das barragens de Forquilhas, Grupo, Sul Superior e Sul Inferior, além das estruturas hidráulicas em concreto armado da contenção da barragem B3/B4, a Vale e seus contratados se viram frente a frente com estruturas de concreto de dimensões muito acima das que estavam até então lidando, com prazos de construção extremamente curtos dada a urgência estabelecida para a implantação dessas estruturas de contenção.

O Comitê colaborou com constantes aconselhamentos que visavam a qualidade das estruturas que foram implantadas em curto espaço de tempo. Os principais aconselhamentos foram relativos à regularização de fundações em rocha, ligação entre camadas sucessivas de concreto compactado com rolo (CCR), controle de grau de compactação de CCR, espaçamento e localização de juntas de contração, concretagens em galeria de desvio e de drenagem, execução de plugues em galerias de desvio, escavações em fundação e em ombreiras, execução de pinturas impermeabilizantes,

infiltrações em maciços de CCR, colocação de veda-juntas, execução de concretos em superfícies hidráulicas sujeitas a escoamentos em velocidades elevadas, deslocamentos e infiltrações em concretos, ancoragens de lajes de vertedouros executadas sobre solo, tratamento de cavidades e fissuras em estruturas de concreto, execução de zoneamento por classe de concreto sem juntas e estabelecimento de análise crítica de projetos e de métodos de construção.

Geotecnia

Em todos os projetos e obras examinados pelo Comitê, a geotecnia foi sempre aspecto predominante. A questão fundamental é a determinação das propriedades geotécnicas dos diferentes materiais do corpo da barragem, dos rejeitos, dos sedimentos e da fundação.

O número reduzido de ensaios de deformabilidade, de resistência e de permeabilidade era realidade na maioria das barragens em operação ou em alteamento. Por esta razão, nos dois anos recentes, os atuais projetistas da Vale optaram por realizar ensaios de resistência ao cisalhamento em amostras indeformadas colhidas do maciço das barragens de terra, sejam as obtidas por poços exploratórios, para pequenas profundidades (de até 5 metros), seja por amostras obtidas com o amostrador *Denison*, que é apropriado para profundidades maiores. Mesmo com o incremento de demanda de ensaios geotécnicos, o número de ensaios em alguns casos pode ainda não ser o ideal em relação às dimensões e responsabilidades de algumas barragens de porte que acumulam grandes quantidades de rejeitos, sedimentos ou água ou todos esses elementos juntos. O Comitê acompanhou as investigações e apoiou as recomendações de realização de ensaios adicionais nas estruturas geotécnicas mais relevantes.

Na caracterização geotécnica de rejeitos, os ensaios CPTU (*cone penetration test with pore pressure measurement*) vieram dar mais segurança na avaliação da estabilidade das barragens que haviam sido alteadas por montante. Esses ensaios têm sido realizados em número aceitável, e fornecem valores de resistência com a profundidade da lama de rejeitos.

Uma questão que surgiu durante estas prospecções para obtenção de amostras ou de instalação de piezômetros e de indicadores de níveis d'água em maciços existentes de barragens, foi a referente ao uso de água de circulação no avanço da ferramenta de corte nas sondagens por percussão ou rotativas. A questão é que uma pressão de líquido circulante na extremidade inferior do furo de sondagem pode iniciar uma ruptura hidráulica localizada e, conseqüentemente, propiciar a existência de pontos fracos no maciço da barragem. O Comitê emitiu nota técnica a respeito recomendando procedimentos de execução.

Piezometria

Também em passado recente e de um modo geral, os projetistas e a própria Vale decidiram corretamente aumentar substancialmente o número de piezômetros e de indicadores de nível de água em barragens e diques, melhorando assim a confiança nos

resultados de análises de estabilidade. Alguns piezômetros existentes estavam inutilizados, e tiveram que ser substituídos. Piezômetros de leitura contínua e transmissão de dados em tempo real ao Centro de Monitoramento Geotécnico em Águas Claras, foram instalados a partir de então. Algumas barragens em nível 3 de alerta (notadamente a Sul Superior, B3/B4 e as Forquilhas) tiveram impedido o acesso terrestre de pessoas para realizar as leituras de poropressão dos piezômetros e dos INA's (indicadores de nível d'água). Leituras e serviços de manutenção foram feitos com apoio de helicópteros com os operadores de instrumentos devidamente seguros aos helicópteros que permaneciam estacionados no ar sobre os locais de medição. Entretanto, nessas barragens, ficou extremamente difícil a operação de qualquer equipamento para realização de novas prospecções ou instalação de nova instrumentação.

Ensaio de resistência ao Cisalhamento

Em ensaios de resistência ao cisalhamento, foi utilizado, em sua grande maioria, o equipamento triaxial, com medida da poropressão. Em geral os laboratórios realizaram ensaios de boa qualidade, que serviram para escolher com mais propriedade, os parâmetros de resistência a serem usados nas análises de estabilidade.

Análises de estabilidade

Quando o Comitê teve os primeiros contatos com os projetistas da Vale, praticamente todas as análises de estabilidade adotavam o método de círculos de escorregamento.

Este método é excelente para solos homogêneos. Entretanto, quando existem no maciço das barragens e/ou nas suas fundações materiais de resistências muito diferentes, nem sempre as superfícies mais prováveis de rupturas são circulares. O Comitê passou a recomendar aos projetistas a pesquisa dos fatores de segurança usando a opção de superfícies não necessariamente totalmente circulares como, por exemplo, arcos de círculo e trechos lineares, quando apropriado. Em pouco tempo foram sendo obtidas análises com resultados mais corretos e menos otimistas, tendo sido determinados fatores de segurança mais realistas.

Inclinometria

Os inclinômetros são excelentes indicadores de superfícies de ruptura, quando o movimento está em andamento. Barragens e encostas naturais tinham poucos inclinômetros instalados. O Comitê recomendou a instalação de maior número de inclinômetros, no que foi atendido.

Marcos superficiais

Praticamente todas as barragens de porte contam com marcos superficiais para monitorar o movimento do talude de jusante e da crista da barragem. As leituras podem ser ópticas, robóticas ou por raios laser. Adicionalmente a Vale conta com o SAR, que indica a medida dos deslocamentos de uma área por meio de medidas obtidas com o uso de satélites. Os deslocamentos obtidos são os da superfície externa dos maciços.

Quando complementados pelas informações de inclinômetros, é obtido um cenário detalhado da movimentação do talude como um todo.

Medidores magnéticos de recalque (“Tassômetros”)

Algumas barragens alteadas por jusante exibiram trincas durante o alteamento (Itabiruçu, Maravilhas III, por exemplo). O uso dos medidores de recalque mostrou que estes recalques eram devidos à deformabilidade de materiais mais compressíveis situados na fundação. Esses materiais recalavam exageradamente quando sujeitos aos acréscimos de peso das camadas de aterro dos alteamentos e induziam trincas por tração.

Ensaio de permeabilidade

Poucos ensaios de permeabilidade haviam sido realizados, antes da atuação do Comitê. Os coeficientes de permeabilidade geralmente eram adotados de acordo com o caráter mais argiloso ou não dos materiais usados nas barragens. Em alguns casos usou-se uma relação exagerada de 10 entre os valores da permeabilidade horizontal e vertical, isto é, uma permeabilidade horizontal 10 vezes superior à permeabilidade vertical, sem suporte em ensaios.

O Comitê recomendou maior uso de ensaios de permeabilidade em amostras indeformadas do aterro existente e da fundação ou em amostras compactadas do aterro no caso dos alteamentos por jusante presentemente em andamento.

Tratamento de fundação

Técnicas usadas em fundações e em aterros sobre solos moles e raramente usadas, ou mesmo inusitadas em barragens de rejeitos no País, tiveram recentes aplicações nas estruturas da Vale para sanar complexos problemas de fundação.

Jet grouting é largamente utilizado no tratamento de solos granulares permeáveis para a formação de cortinas impermeabilizantes e como reforço no tratamento de solos moles para fundações em terrenos problemáticos por falta de capacidade de suporte. Entretanto, a aplicação desse método não é usual em barragens para disposição de rejeitos.

Uma haste oca é introduzida no solo. Atingida a profundidade desejada, a haste é içada lentamente, com um movimento giratório, havendo injeção de água a altíssima pressão que amolga o solo natural e injeção de calda de cimento em seguida. Com o jato de calda de cimento misturando-se com o solo, formam-se colunas de solo-cimento que podem ter diâmetros de 40 cm a 200 cm. Acentuada queda da permeabilidade de solos granulares ou acréscimo de resistência à compressão de solos finos, ao cabo do tempo de cura, é atingido. Resultados desejados podem ser controlados através da dosagem do cimento. Esse método está sendo aplicado no tratamento da fundação compressível da barragem Maravilhas III descrita em item abaixo.

O método Gyro Press, da Giken foi selecionado e será aplicado pela primeira vez no Brasil, para introduzir uma cortina de estacas metálicas no terreno, praticamente sem

transmitir vibração ao solo. Este método combina cravação estática e rotação de tubo de aço até a profundidade desejada. A parte inferior dos tubos fica preenchida pelo solo que foi atravessado por cada tubo e a parte superior do tubo fica preenchida por concreto cuidadosamente colocado sem impacto para não induzir vibrações. Esse processo será empregado brevemente na estrutura de contenção do dique Minervino e do Cordão Nova Vista, descrito em item abaixo.

O método *deep soil mixing* (DSM) é usado para melhorar a capacidade de carga de solos argilosos moles sob aterros em geral. É semelhante ao *jet-grouting*, mas as pressões de injeção da calda de cimento são muito menores. As colunas resultantes são semirrígidas, confeccionadas a partir da mistura de solo com um determinado aglomerante, no caso o cimento. No método úmido o ligante misturado com água é injetado no solo através de uma ferramenta giratória que promove a homogeneização do solo com a nata. Nestas condições é possível atingir resistências de até 3.000 kPa e estabilização de solos moles em profundidade de até 20 metros. O diâmetro nominal das colunas pode ser controlado e varia entre 40 cm a 100 cm. Esse processo foi muito recentemente empregado no reforço da base da pilha da EMESA como descrito em item abaixo.

Principais recomendações técnicas do Comitê

Neste item são relacionadas, de maneira resumida, as principais recomendações feitas pelo Comitê em seus relatórios e em suas notas técnicas. São incluídas observações de barragens de rejeitos, barragens que acumulam água para finalidades diversas, inclusive para geração de energia elétrica, estruturas de contenção, barragens de terra compactada para disposição de rejeitos e de sedimentos, diques e pilhas de estéril e/ou de rejeitos. No total, esse item congrega como principais, 350 recomendações sobre 50 diferentes barragens e diques, sobre 4 estruturas de contenção e sobre 4 empilhamentos.

As estruturas, cujas recomendações são a seguir sumarizadas, são listadas por ordem alfabética para facilitar a consulta.

8B (Barragem)

Relatório RL-04/19, emitido em 26 de junho de 2019.

- As espessuras projetadas para as transições a serem executadas devem ser aumentadas de 25 cm para 40 cm ou 50 cm na horizontal.

B-1 (Barragem)

Nota Técnica NT-11/20, emitida em 19 de novembro de 2020.

- Recomendação de monitoramento d progresso das duas fissuras na crista.

- Recomendadas ações de segurança e prevenção de acidentes.
- Recomendação de estudo da e implantação de barreira adicional mais afastada de B-1 em área sem camada espessa de rejeitos dispersos.

Área IX (Barragem)

Nota Técnica NT-10/20, emitida em 11 de novembro de 2020.

- Seção transversal da barragem é muito heterogênea.
- Não houve controle de material que compõe a barragem.
- Análises de estabilidade têm apresentado resultados satisfatórios, entretanto com parâmetros estimados.
- Recomenda-se revisão dos cálculos de estabilidade.
- Recomenda-se prosseguimento das análises e da caracterização dos materiais.

B-7 Viga (Barragem)

Relatório RL-10/19, emitido em 24 de outubro de 2019.

- Necessidade imprescindível de manter o reservatório no nível atual e de proceder a obras que aumentem o fator de segurança para o cenário de reservatório cheio.
- Complementar as análises de estabilidade, com superfícies compostas (plano-circulares), sendo a parte que intercepta o tapete drenante com coesão nula.
- Imperiosa a implantação cuidadosa de filtro situado na interface dos aterros atual e futuro com eficiente capacidade de drenagem.

Relatório RL-13/19, emitido em 27 de dezembro de 2019.

- Importante e imprescindível que o nível de água nesse reservatório não seja alteado. Para isso, manter o bombeamento constante para jusante da barragem.
- Medidas que podem ser implementadas para melhorar a estabilidade da barragem: espigoteamento a partir da crista, para criar uma praia, fazendo baixar a freática no maciço da barragem; cortina de poços de alívio conectada com o tapete drenante, executada a partir da primeira berma superior; reforço com berma a jusante e filtro na interface do aterro do reforço com o talude jusante atual da barragem.

Relatório RL-15/2020, emitido em 31 de janeiro de 2020.

- Enfatizada a necessidade de manter o bombeamento do reservatório para evitar subidas do nível d'água.
- Enfatizado que seja examinada com cuidado e se procure evitar escavações a jusante da barragem e que se examine a possibilidade de construção de uma

berma adicional envelopando o solo de baixa resistência do local a jusante da barragem.

Relatório RL-18/2020, emitido em 18 de março de 2020.

- Refazer o estudo hidráulico de condução de cheia de projeto baseado em volumes correspondentes às cotas superiores a 923,00m e baseado em valores ou na equação da curva de vazão do vertedouro.
- Definir os critérios de operação de disposição de rejeitos e o seu posicionamento final em relação ao reservatório para que, baseado nesses critérios, seja efetuado o cálculo do futuro volume realmente útil para abatimento da onda de cheia afluyente ao reservatório e, conseqüentemente, ser obtida a definição da borda livre mínima para o cenário de final de operação da barragem.
- É preciso avaliar com detalhe a influência da escavação proposta em projeto conceitual – de até 12 m de profundidade na região logo a jusante do pé de jusante da barragem - na estabilidade do talude de jusante da barragem existente durante a primeira fase de construção do reforço proposto. Certamente análises de estabilidade do maciço atual considerando esta escavação do aluvião podem demandar níveis de água no reservatório ainda mais baixos do que o atualmente mantido.
- Questiona-se a necessidade da grande extensão da remoção (cerca de 100 m) proposta no projeto conceitual – escavação esta que seria posteriormente preenchida por enrocamento - pois a nova berma estará apoiada praticamente fora desta grande escavação.
- Nas extremidades laterais (ombreiras da barragem) da berma prevista para reforço, providenciar estudos para permitir importantes reduções de largura (e de quantidades) da berma.
- Rever o memorial de cálculo (MC) da DAM Engenharia que foi apresentado, para incluir, por exemplo, os coeficientes de permeabilidades dos materiais granulares dos filtros, transições e drenos. Apresentar também a justificativa para a relação 1/10 dos coeficientes de permeabilidade dos aterros compactados. Incluir ainda na Fig. 2.3, as camadas drenantes e de transição. Pela Fig. 4.5 do MC, a linha freática não corresponde às linhas de fluxo e equipotenciais mostradas nas análises de percolação para a condição de operação plena do reservatório. A superfície de saturação da figura 4.5 admite o filtro chaminé com desempenho eficiente (que não ocorre no protótipo) e situado ligeiramente a montante da sua real posição. Mesmo com rede de fluxo bem mais elevada, com o espaldar de jusante com zona saturada bem mais abrangente e mais elevada, o fator de segurança obtido na análise aparentemente não muda, e se mantém em 2.1, muito próximo a 2.2 da Figura 4.5.

- Nas duas interfaces da berma de reforço com as duas ombreiras que têm grandes gradientes hidráulicos, e mesmo no fundo do vale, podem ser adotados *finger drains* em vez de tapetes contínuos.
- Rever os detalhes de drenagem do pé da berma, pois questiona-se a necessidade de se executar um aterro compactado dentro da escavação, envelopado por filtros. O enrocamento pode servir de base ao pé da barragem. Incluir um detalhe de saída da água da drenagem interna que permita medir as vazões efluentes do maciço da barragem.
- A altura da berma (espessura do aterro) é discreta na proximidade de seu pé. A escavação e a substituição do aluvião por enrocamento podem ser evitadas pela introdução de reforço na região do pé do talude da berma.
- A carência de informações sobre as características do aterro argiloso da barragem e de seus filtros faz com que venha a ser recomendável que a berma, mesmo pouco espessa, venha a ser prolongada até o nível d'água máximo normal do reservatório e que haja camada de transição drenante entre os materiais do aterro atual e da berma.
- Deve ser estudada a execução de uma linha de poços de alívio situada a jusante do inoperante filtro chaminé. Esses poços de alívio deveriam atravessar o tapete drenante e atingir o terreno de fundação.
- A camada inclinada de solo argiloso que nos relatórios da DAM aparece nas seções transversais próxima ao pé de jusante da atual barragem, se existente, deve ser removida e substituída por transição drenante e se ainda não existente, não deve ser executada.

Relatório RL-39/20, emitido em 29 de outubro de 2020.

- Os estudos hidrológicos confirmam serem desprezíveis eventuais riscos de galgamento da barragem pela incidência de cheias extraordinárias e descargas extremas.
- Recomenda-se que seja detalhada a operação de disposição dos rejeitos e a influência dessa disposição na variação do volume útil para amortecimento dos hidrogramas de cheias extremas incidentes ao reservatório.

Nota Técnica NT-10/20, emitida em 11 de novembro de 2020.

- Solicitou-se nova análise de estabilidade nas superfícies que atravessam o saprolito.
- Recomendado novo cálculo de estabilidade.

B-VI Córrego do Feijão (Barragem)

Relatório RL-10/19, emitido em 24 de outubro de 2019.

- A recuperação do concreto do canal extravasador deverá garantir a aderência entre o novo concreto e o existente.

Barnabé (Barragem)

Relatório RL-19/20, emitido em 13 de abril de 2020.

- Caso não exista projeto, deve ser desenvolvido um projeto “*as is*”.
- Os fatores de segurança estão dentro da norma vigente.
- Há erosões e ferrugem exposta nas estruturas de concreto do extravasador.

Barnabé I (Barragem)

Relatório RL-19/20, emitido em 13 de abril de 2020.

- Fatores de segurança estão dentro das normas vigentes
- Tratar surgências nas áreas de jusante

Borrachudo I (Barragem)

Relatório RL-04/19, emitido em 26 de junho de 2019

- Necessário verificar as descargas afluentes extremas para os projetos dos descarregadores de cheia de Borrachudo I e Borrachudo II e, também, verificar as classificações de risco. Aparentemente esses dois aspectos dessas duas barragens não estão compatíveis entre si.

Borrachudo II (Barragem)

Relatório RL-04/19, emitido em 26 de junho de 2019.

- Recomenda-se a verificação da hidrologia e da classificação de risco por aparentemente não serem compatíveis com a barragem Borrachudo I.

Relatório RL-36/20, emitido em 10 de setembro de 2020.

- Anomalias na rede de fluxo de Borrachudo II são provavelmente devidas à camada de argila sobre o tapete drenante.
- Recomenda-se prosseguimento de prospecções e de ensaios em amostras indeformadas já coletadas.
- Recomenda-se a instalação de piezômetros a montante e a jusante do filtro vertical.

Campo Grande (Barragem)

Relatório RL-04/19, emitido em 26 de junho de 2019.

- A execução de novos ensaios para determinação de parâmetros para análise de estabilidade mais precisas poderão conduzir, a curto prazo, a condições favoráveis ao início das obras de reforço e posterior descomissionamento.

Relatório RL-31/20, emitido em 03 de setembro de 2020.

- Além dos baixos níveis piezométricos, o CIAE-SB recomenda e concorda que o reforço proposto deva ser adotado para a descaracterização.

Capão da Serra (Barragem)

Relatório RL-02/19, emitido em 03 de abril de 2019

- Recomendada verificação do sistema extravasor que passou de tulipa instalada em 1996 para vertedouro de crista livre sobre o talude jusante da barragem em 2004, depois para vertedouro de crista livre situado na ombreira direita em 2005.

Candongia (Risoleta Neves) (Barragem de hidroelétrica)

Nota Técnica NT-04/20, emitida em 29 de junho de 2020.

- Critérios de projeto de barragens de concreto se demonstraram muito conservadores.
- A barragem de Candonga foi submetida por muito tempo a esforços muito superiores aos mais conservadores admitidos em projeto e manteve a estabilidade intacta.
- Investigações adicionais devem ser desenvolvidas para equacionar o funcionamento da barragem em longo prazo.

Capim Branco (Barragem)

Relatório RL-10/19, emitido em 24 de outubro de 2019.

- Os defeitos no canal extravasor devem ser reparados a curto prazo.
- A Vale deve definir numericamente o critério de dreno interno parcialmente colmatado, para ser adotado por todas as projetistas nas análises de estabilidade.

Relatório RL-42/20, emitido em 04 de dezembro de 2020.

- O vertedouro é compatível com os conservadores critério de projeto hidrológico.
- O projeto deve ser adotado.

Capitão do Mato (Barragem)

Nota Técnica NT-14/20, emitida em 10 de dezembro de 2020.

- Urgente recomendação de execução de DHPs.
- Recomendada instalação de inclinômetro.
- Recomendada análise de percolação na encosta instável a jusante da ombreira esquerda.

Nota Técnica NT-17/21, emitida em 10 de janeiro de 2021.

- Reiterada a urgência da instalação dos DHPs na encosta instável à direita hidráulica da calha do vertedouro.
- Reafirmada a sugestão de instalação de inclinômetro na encosta a jusante da ombreira direita.

Relatório RL-43/21, emitido em 11 de janeiro de 2021.

- Concorde-se com a recomendação de manutenção do nível d'água do reservatório de Miguelão rebaixado para criação de volume de espera na estação de chuvas de 2021.
- Recomenda-se que seja estudado pequeno alteamento decimétrico da crista da barragem Miguelão que possivelmente resolveria a condução da cheia nas três barragens da área, a saber Miguelão, Capitão do Mato e Codornas. O alteamento de cerca de 30 cm a 40 cm pode ser efetuado com aterro na crista da barragem de Miguelão ou com parapeitos de concreto intertravados.
- Recomenda-se melhorar/aprofundar conhecimento da barragem Miguelão.

Nota Técnica NT-18/21, emitida em 12 de janeiro de 2021.

- Recomendação de que os DHPs na margem direita não sejam limitados a apenas 30 m.
- Aceita a sugestão de instalação de INAs mas somente após a instalação de DHPs na encosta direita a jusante da ombreira.

Cianita 2 (Barragem)

Relatório RL-04/19, emitido em 26 de junho de 2019.

- Proteger o filtro de areia de montante.

Dicão Leste (Barragem)

Relatório RL-31/20, emitido em 03 de setembro de 2020.

- O rebaixamento por escavação de 5 m a partir da crista da barragem foi providência positiva para a segurança.
- Preocupa a falta de drenagem interna do maciço da barragem.

- Recomenda-se o aprofundamento do conhecimento dos solos situados a jusante do pé de jusante da barragem.

Doutor (Barragem)

Relatório RL-04/19, emitido em 26 de junho de 2019.

- Antecipar o monitoramento do nível d'água.
- Proceder a uma nova análise de estabilidade

Relatório RL-21/20, emitido em 20 de abril de 2020.

- Examinar alternativas de introdução de muros de solo reforçado para diminuir o volume de aterro da estrutura de reforço.
- Considerar a adoção de filtro de um metro mínimo de espessura na horizontal nas interfaces entre o talude atual e o solo do reforço e entre este e as ombreiras da berma.
- Sugere-se a adoção de *finger drains* no contato do aterro da berma e sua fundação.
- Sejam feitas detalhadas investigações geotécnicas de áreas de empréstimo e de jazidas para caracterização de materiais da estrutura de reforço e redigidas especificações técnicas de execução simplificada da berma.
- Sugere-se, se viável, estudo de rebaixamento adicional do nível d'água além do estipulado pelo projeto.

Relatório RL-27/20, emitido em 24 de julho de 2020.

- A probabilidade de galgamento da barragem é praticamente nula.
- O projeto do canal extravasor deve ser adotado.

Relatório RL-31/20, emitido em 03 de setembro de 2020.

- Recomenda-se estudar com mais profundidade a estabilidade as seções selecionadas considerando o confinamento da ombreira esquerda.

EMESA (Pilha)

Relatório RL-06/19, emitido em 26/08/2019

- Há incerteza no que se refere à estabilidade da pilha devido ao desconhecimento geotécnico dos seus componentes, do método executivo e da posição do lençol freático em período úmido.
- Aparentemente até agosto a única informação sobre a pilha era o relatório de *due diligence*.
- Recomendada a paralisação das operações na pilha e a transferência das pessoas e das instalações situadas no pé da pilha.

Relatório RL-10/19, emitido em 24/10/2019

- Levantada pelo CIAE-SB as incertezas quanto à estabilidade da pilha devidas à carência de prospecção e heterogeneidade dos materiais colocados na pilha.
- Informado que a DAM iria recomendar para estabilização da pilha o contrapilhamento com o que o CIAE-SB concorda.

Relatório: RL-11/19, de 04/11/2019

- Ensaios triaxiais apresentaram comportamento francamente contrátil, conseqüentemente o material é passível de liquefação.
- Ensaios de laboratório de solos podem ter sido interpretados para obtenção de parâmetros otimistas para análises de estabilidade da pilha.
- A pilha encontra-se com fatores de segurança abaixo dos recomendados pela legislação vigente.
- Fatores de segurança em situações de ocorrência de sismos serão ainda mais baixos.
- A permanência de pessoas na área da pilha deve ser minimizada até o limite do que for possível.
- Por ser extremamente heterogênea, atualmente não há condições de acurácia em cálculos de estabilidade.
- O fator de segurança mínimo a ser alcançado para situação não drenada deve ser de 1,3.
- O fator de segurança mínimo admissível para situação drenada deve ser de 1,5.
- O fator de segurança mínimo admissível para situação não drenada sob sismos deve ser de 1,1.
- Provisoriamente deve ser adotada a aceleração de 0,05g para sismo de projeto.
- O aterro de reforço a ser lançado para aumentar a segurança da pilha deverá ter condições de lançamento/compactação que garantam comportamento dilatante.
- Recomendado que sejam procedas leituras semanais dos INAS instalados na pilha.
- Recomendado que sejam estabelecidos níveis de alerta para diferentes níveis de lençol freático.
- Verificar a possibilidade de implantação de monitoramento de deslocamentos com estação total, de preferência robotizada.
- Verificar possibilidade de estimativa de deslocamentos por interferometria.
- Desenvolver estudos de proteção das duas linhas da adutora da COPASA.

Nota Técnica NT-13/20, emitida em 26 de novembro de 2020.

- Especificação de execução do tratamento por *soil mixing* deve ser especificado no projeto.
- Recomendados estudos de estabilidade por superfícies não circulares.

- Recomenda-se que o projeto tenha detalhamento das etapas construtivas e planejamento de construção.

Relatório RL-13/19 rev. 1, emitido em 27 de dezembro de 2019.

- Avaliar a possibilidade de misturar cimento (*in situ soil mixing*) à lama dos bolsões existentes, de modo a evitar a remoção da lama dos bolsões. Outra possibilidade será a formação de berma de estabilização envelopando o grande bolsão de rejeitos existente ao pé da pilha.
- Instalar três inclinômetros.
- Não recomendado o procedimento de escavar o grande depósito de rejeitos e solos de baixa resistência com cerca de 15m de espessura, existente na parte inferior da pilha, próximo ao seu pé.

Nota Técnica NT-06/20, emitida em 10 de setembro de 2020

- O projeto deve incluir a especificação técnica do “*soil mixing*”.
- O projeto deve considerar superfícies de ruptura não circulares.
- O projeto deve indicar etapas construtivas e planejamento de construção.

Nota Técnica NT-10/20, emitida em 11 de novembro de 2020.

- Recomenda-se revisão das análises de estabilidade e realização de maior número de ensaios.

Nota Técnica NT-22/21, emitida em 09 de abril de 2021.

- O perfil natural do terreno deve ser mostrado em desenho.
- Deve ser incluída a segunda casa decimal nos resultados das análises de estabilidade.
- Deve ser explicada a grande dispersão dos resultados dos ensaios em tensões totais.
- Deve ser indicado o local onde será, foi e está sendo colocado o material de bota-espera.

Estreito (UHE)

Relatório RL-15/20, emitido em 31 de janeiro de 2020.

- A ocorrência de perdas de carga a jusante do canal de fuga pode estar acarretando perdas de geração de energia elétrica. Recomenda-se a verificação dessas eventuais perdas e de suas consequências econômicas.
- Executar estudos para definir a origem do material amarelado carregado pela percolação em vários drenos de alívio da galeria de inspeção e drenagem e as consequências para a segurança das estruturas por eventual colmatagem do sistema de drenagem de subsuperfície.

- Providenciar estudos que definam a causa da existência de vazios no maciço da fundação sob a galeria de inspeção e drenagem e possíveis tratamentos por preenchimentos com injeções de calda de cimento ou por produtos químicos.

Fábrica (Estrutura de contenção em CCR a jusante da mina)

Relatório RL-05/19, emitido em 01 de agosto de 2019.

- Prever cuidados adicionais de detalhamento das juntas dos blocos extremos em CCR para evitar efeitos danosos da formação de trincas de retração no contato destes blocos com os adjacentes.

Relatório RL-07/19, emitido em 09 de setembro de 2019.

- Muito importante confirmar a redução dos volumes de lama a serem contidos, que resultou numa redução significativa da altura da barragem (de 18 m).
- Necessário considerar nas análises de estabilidade da barragem, os trechos de baixa recuperação detectados nas sondagens da fundação, como na SR-45.

Relatório RL-10/19, emitido em 24 de outubro de 2019.

- Providenciar análise petrográfica em amostras dos gnaisses das pedreiras fornecedoras de brita.
- O espaçamento entre juntas transversais de contração não deve ser superior a 20 m.
- Realizar sondagem rotativa inclinada a 45° na margem esquerda do rio.
- Realizar sondagem rotativa vertical numa das margens do rio.
- Remover a espessa camada de solo residual na fundação da barragem, camada esta evidenciada pela sondagem SM-21.

Relatório 12/19, emitido em 28 de novembro de 2019.

- O concreto convencional aplicado nos paramentos de montante e de jusante, depois de ter sido lançado, deve receber imediatamente o CCR para ser obtida uma costura eficiente entre os dois tipos de concreto. O concreto convencional de paramento que foi executado em um local da estrutura estava praticamente endurecido, sem ter sido ainda lançado o CCR adjacente a ele. Esse concreto deveria ser removido e feito outro nesse local, devendo imediatamente ser lançado o CCR adjacente, para se ter uma costura eficiente entre os dois tipos de concreto.
- No caso de uma provável alteração no projeto da estrutura de contenção que seria a execução dessa estrutura em duas etapas para que seja atingida mais rapidamente a sua cota de topo, foram sugeridos cuidados na união destas duas etapas: remover os degraus do CCR já endurecidos, todos os grãos soltos desagregados no piso e nos espelhos dos degraus onde irá ser feita a união das duas etapas; lançar a argamassa de selo sobre o patamar horizontal dos degraus e dos encontros às paredes verticais desses degraus. A argamassa deverá ter

uma espessura de 15cm e uma altura de 15 cm; logo a seguir lançar o concreto de face sobre a argamassa; lançar o CCR de transição que será vibrado junto com o concreto de face. Com esta vibração a argamassa de selo irá subir pela parede vertical, produzindo uma melhor ligação na junta.

Relatório RL-15/2020, emitido em 31 de janeiro de 2020.

- Aspergir água sob a forma de neblina sobre a superfície do CCR.

Relatório RL-17/2020, emitido em 17 de março de 2020.

- Nas juntas verticais de construção, antes da aplicação do CCR, deve-se colocar uma lona plástica na superfície dessa junta, para que o novo CCR não fique aderente a ela, exceto próximo ao paramento de montante, onde deve ser aplicado o concreto convencional até uma profundidade de 1,5 m.

Relatório RL- 23/20, emitido em 29 de abril.

- Adotar o projeto do vertedouro.

Nota Técnica NT-08/20, emitida no dia 28 de outubro de 2020.

- Não há menção a ensaios de recepção e cimento na obra.
- O fck para concreto secundário nas guias da comportas foi especificado desnecessariamente muito alto.
- Ensaios das areias aplicadas na obra indicam que não há indícios de reatividade de agregados de gnaiss e de hematita com os álcalis do cimento.
- A massa específica da hematita é muito elevada, o que favorece à estabilidade da estrutura de contenção.
- Os veda juntas não atendem ao especificado pela Norma NBR NM 07.
- A massa específica do CCR atende ao requerido pelo projeto.
- O consumo de cimento no CCR está de acordo com o estipulado no traço do concreto.
- O CCR na condição endurecido atende à resistência de projeto na idade de 90 dias.
- As duas cristas (nos dois estágios de construção) não deveriam ter concreto com fck de 30 MPa.
- A crista de primeiro estágio, mais baixa, não deveria ter soleira como a projetada.
- Os responsáveis pela construção mantêm excelentes qualidades de materiais, o que tem sido conseguido com êxito.

Nota Técnica NT-15/20, emitida em 18 de dezembro de 2020.

- Materiais aplicados são de qualidade adequada.
- Problemas construtivos enfrentados e soluções adotadas devem ser divulgadas.

Relatório RL- 46/21. Emitido em 07 de fevereiro de 2021.

- Ensaios RAA com areia artificial de gnaiss da Pedreira Irmãos Machado deve ser repetido.
- Aditivos químicos devem ser armazenados em instalações abrigadas.
- Determinar as razões pelas quais estão sendo obtidos graus de compactação superiores a 100%
- Determinar as razões pelas quais está havendo significativas variações nos módulos do concreto.
- Determinar as razões da obtenção de resistência à compressão de BGTC (brita graduada tratada com cimento) aos 7 dias abaixo do exigido pelas normas.
- Determinar porque em inúmeros traços de CCV os slumps médios estão fora de faixa.
- Determinar porque a obtenção de inúmeros resultados de desvio padrão são acima de 6 MPa que indicam baixo padrão de controle.
- Informar por que o termômetro T22 é inoperante.

Relatório RL-48/21, emitido em 18 de março de 2021.

- Deve haver exame dos relatórios de obra antes da emissão para serem evitados os frequentes erros e omissões.
- Deve ser apresentados resultados completos dos ensaios realizados em cada traço.
- A obra deve fazer uma análise detalhada das causas que estão provocando a falta de uniformidade nos resultados dos módulos de elasticidade obtidos e reportados.
- Devem ser informadas as localizações dos termômetros recentemente instalados.

Relatório RL-49/21, emitido em 13 de abril de 2021.

- Informar as razões pelas quais as finuras na peneira 200 determinadas pela CMM estão destoando das determinadas por outros laboratórios.
- Realizar novamente o ensaio de reatividade da areia artificial de procedência Brucutu-Vale, utilizando cimento com alto teor de álcalis e que não contenha adições que mitiguem a reação.
- Justificar os baixos valores de massa específica teórica apresentados na tabela 7.
- Justificar porque há determinações de graus de compactação superiores a 100%.
- Justificar a razão do teor real de cimento somente ter sido determinado no traço CCR 9-3 e informar a tolerância admitida para a diferença entre o teor de cimento admitido na central e o teor de cimento especificado no traço.
- Justificar a elevada variação nos valores obtidos para os módulos de deformação para os diversos traços de CCR.
- Justificar as não conformidades observadas nos slumps e na resistência à compressão no concreto convencional e informar se não seria o caso de ser reavaliado o programa Prodocós.

- Informar a razão de que os termômetros T-39 e T40 não foram plotados nos desenhos e por que não há informação dos traços do CCR que envolvem esses termômetros.

Fernandinho (Dique)

Relatório RL-04/19, emitido em 26 de junho de 2019.

- Monitorar mais frequentemente os níveis d'água nos rejeitos e/ou no seu entorno para verificar se podem ser iniciadas em curto prazo, remoções dos rejeitos acumulados no dique.

Forquilha I (Barragem)

Relatório RL-19/20, emitido em 13 de abril de 2020.

- Três piezômetros operacionais apresentam leituras constantes; provavelmente entupidos. Os demais piezômetros estão inoperantes.

Forquilha II (Barragem)

Relatório RL-04/19, emitido em 26 de junho de 2019.

- Foi sugerida a análise de execução de aterro granular no pé de jusante da barragem por lançamento em ponta de aterro a partir das margens.

Relatório RL-19/20, emitido em 13 de abril de 2020

- Não se pode avaliar pela instrumentação efeitos de ações mitigadoras.

Forquilha III (Barragem)

Relatório RL-04/19, emitido em 26 de junho de 2019.

- Necessário implantar o quanto antes uma estrutura de contenção em CCR (concreto compactado a rolo) a jusante, para conter a lama decorrente de uma eventual ruptura iminente da barragem.
- Após a implantação mencionada acima, deverá ser providenciada a execução de reforço do talude de jusante da barragem.

Relatório RL-19/20, emitido em 13 de abril de 2020.

- Piezômetros não respondem adequadamente de maneira confiável.

Forquilha IV (Barragem)

Relatório RL-12/19, emitido em 28 de novembro de 2019.

- As análises complementares de estabilidade deverão incluir trincas de tração na crista das superfícies de ruptura para montante.
- Estudar a execução de um reforço com material de empréstimo devidamente compactado, pelo talude de jusante desde a sua base até pouco abaixo (cerca de 10m a 15m) da crista da barragem. A partir desse ponto, os materiais que presentemente estão na parte superior da barragem devem ser reposicionados e compactados sobre os materiais de reforço provenientes de empréstimo, tornando essa barragem uma estrutura alteada por jusante.

Relatório RL-13/19 rev. 1, emitido em 27 de dezembro de 2019.

- Realizar estudos visando transformar esta barragem de alteamento por linha de centro para uma barragem de alteamento por jusante.

Relatório RL-15/20, emitido em 31 de janeiro de 2020.

- Nas análises de estabilidade, promover simulações convincentes de ruptura para montante. O CIAE-SB estima que esse tipo de ruptura não cause abertura de brecha que cause fluxo de água ou de lama para jusante contanto que o nível d'água e de rejeitos no reservatório permaneça como está presentemente.

Relatório RL-19/20. Emitido em 13 de abril de 2020.

- Fatores de segurança contra colapsos para jusante são confortáveis.
- As trincas no talude montante paralelas à crista estão sem movimentação aparente.

Geladinho (Barragem)

Relatório RL-16/20, emitido em 29/02/2020.

- O CIAE-SB considera importante que as equipes encarregadas das inspeções mantenham o foco nas observações de eventuais aumentos na presença de coloides (na saída da drenagem interna, junto à calha Parshall 01) e de aumento de níveis piezométricos nos piezômetros PZ-04 e PZ-09.

Gelado (Barragem)

Relatório RL-16/20, emitido em 29/02/2020.

- Recomenda-se uma revisão cuidadosa dos parâmetros de resistência dos aterros, inclusive com a verificação da sensibilidade do fator de segurança a variações no valor da coesão em questão.
- Causa estranheza e um certo receio a quantidade de empresas de engenharia consultiva envolvidas (mais de uma dezena) em projeto e em avaliações de segurança da barragem. Essa grande quantidade de empresas pode gerar descontinuidades de conceitos e falta de visão global e do histórico da barragem.

- É necessário, pelo menos a médio prazo, a realização de serviços de recuperação na soleira e nos muros laterais do vertedouro, tanto no preenchimento das cavidades como no tratamento das fissuras.
- Deve também ser providenciado o tratamento das infiltrações nas paredes laterais, visando cessar as infiltrações existentes e dessa forma, preservar a estrutura das paredes dando a elas maior durabilidade.
- Recomenda-se fortemente que o reforço da barragem ora em projeto pela WALM para aumentar o coeficiente de segurança de 1,5 para algo em torno de 2,0 seja completado o quanto antes.
- Quando este projeto estiver concebido e for enviado ao CIAE-SB, junto com os dados de instrumentação atualizados (piezometria, pluviometria, movimentações dos prismas, leituras de inclinômetro e descargas afluentes e de drenagem interna), o CIAE-SB deverá se manifestar.

Relatório RL-20/20, editado em 17 de abril de 2020.

- A aeração da calha do vertedouro é desnecessária.
- O pico máximo instantâneo da cheia afluyente de projeto é 229 m³/s. O pico da cheia defluente calculado no relatório é 356 m³/s devido ao maior volume da hidrógrafa afluyente. Entretanto, como as durações das chuvas extremas foram diferentes, os amortecimentos geraram níveis diversos, sendo mais elevado o nível d'água máximo do reservatório segundo o projeto, sendo, portanto, mais conservador.
- Cálculo da cheia hipotética que acarretaria borda livre nula seria de 1100 m³/s, impossível de acontecer na pequena área de drenagem da barragem.
- Recomenda-se que seja efetuado estudo de laminação de cheias afluentes ao reservatório para condições de rejeitos depositados que diminuam o volume útil para abatimento dos picos de cheias extraordinárias.

Germano (Barragem)

Nota Técnica NT-10/20, emitida em 11 de novembro de 2020.

- Diques Sela, Selinha e Tulipa deverão ser mais reforçados.

Nota técnica NT-20/21, emitida em 21 de janeiro de 2021.

- Como solução para extravasamento de descargas sugerido exame de alternativa em túnel para evitar grandes e altas escavações em canais que demandam intensas atividades de manutenção.

Glória (PCH)

Relatório RL-15/2020, emitido em 31 de janeiro de 2020.

- Solicitado o envio dos estudos hidrológicos que estabeleceram as descargas de projeto do vertedouro e seu projeto hidráulico.

- A suspeita de estar havendo reação álcali-agregado deve ser comprovada. Caso se obtenha resultado positivo, medidas mitigadoras deverão ser providenciadas.

Gongo Soco (estrutura de contenção em CCR a jusante da mina)

Relatório RL-05/19, emitido em 01 de agosto de 2019.

- As condições geológicas das rochas de fundação exigem cautela e conhecimento das equipes de campo e de projeto e acompanhamento cuidadoso.
- Prever cuidados adicionais de detalhamento das juntas dos blocos extremos em CCR para evitar efeitos danosos da formação de trincas de retração no contato destes blocos com os adjacentes.

Relatório RL-07/19, emitido em 09 de setembro de 2019.

- As diferenças de resistência da rocha de fundação da ombreira esquerda e a da ombreira direita não são ideais para uma fundação de estrutura em CCR que pode vir a conter rejeitos presentemente estocados nas barragens Sul Superior e Sul Inferior. Entretanto, é aceitável continuar a construção nestas condições, levando-se em conta que a estrutura em CCR é para ser temporária.
- Muito importante é proceder sempre uma liberação cuidadosa da fundação na ombreira direita, de modo a se detectar bolsões de rocha branda. Esses bolsões têm que ser removidos e substituídos por concreto massa executados como concreto dental se em áreas e volumes restritos, ou em CCR em áreas maiores e volumes mais representativos.
- Imprescindível armazenar adequadamente as caixas contendo os testemunhos das sondagens mistas e rotativas. Além disso, as caixas devem ser melhores pois, como são, não estão protegendo adequadamente os testemunhos de sondagem.
- Considerar a ocorrência de eventual sismo na análise tensão-deformação no terceiro estágio de carregamento da estrutura em CCR.

Relatório -08/19, emitido em 16 de setembro de 2019.

- Divulgar os relatórios do CIAE-SB para a empresa de projeto.
- É conveniente a aplicação de concreto projetado sobre a superfície escavada da rocha de fundação.
- Encaminhar à firma projetista, para exame, a sugestão de executar nos trechos de fundação de rocha mais branda, um tapete de concreto armado com tela.
- Rever a especificação do concreto para a estrutura de contenção pois há divergências em relação ao Manual de Qualidade preparado pela VALE para essas obras.
- Testar outras soluções para redução do consumo de cimento como, por exemplo, o emprego de aditivos mais eficientes.

- O espaçamento das juntas verticais de contração deve ser reduzido de 25 para 20 m.
- A localização das juntas transversais de contração deve estar de acordo com o desenvolvimento do perfil rochoso de fundação, sendo sempre necessária, a colocação de uma junta onde exista nesse perfil, uma significativa irregularidade abrupta.

Relatório RL-10/19, emitido em 24 de outubro de 2019.

- Determinar, para o cimento utilizado nas bainhas dos tirantes, o teor de enxofre sob a forma de sulfeto, caso esteja sendo utilizado o cimento tipo CP III 40.
- Ajustar a central de concreto para reduzir a variação no consumo de cimento.
- Colocar no quadro de controle estatístico das resistências de cada traço, a dosagem de cada traço.
- Reparar imediatamente as fissuras que surgirem no concreto de regularização.
- Reitera-se a necessidade de chumbamento na ombreira esquerda do último bloco de CCR.
- Melhorar a uniformização da camada de regularização.
- Rever o valor da resistência à tração pura adotado nos estudos de tensão-deformação.

Relatório RL-12/19, emitido em 28 de novembro de 2019.

- Taludes negativos de rocha serão deixados na fundação da ombreira esquerda. Neste tipo de situação (talude negativo) poderá haver a formação de cavidades permitindo a percolação de água e lama de montante para jusante. Para correção/minimização destas feições recomenda-se a eliminação desses taludes negativos por escavação cuidadosa e/ou a execução de concretos dentais localizados.
- Reparar imediatamente as fissuras que surgirem no concreto de regularização.
- Providenciar injeção de calda de cimento ou de resina na junta transversal próxima à ombreira esquerda, para que ela não se movimente.
- O acabamento da estrutura de contenção na ombreira esquerda com a rocha está precário, o que poderá no futuro trazer problemas, como infiltrações de água, fissuramento.

Relatório RL-17/20, emitido em 17 de março de 2020.

- Enviar ao CIAE-SB o relatório final das estruturas de CCR da contenção.

Relatório RL-22/20, emitido em 26 de abril de 2020

- Adotar a descarga de projeto do vertedouro.

Nota técnica NT- 03/20, emitida em 25 de junho de 2020

- Apesar da velocidade empregada na construção da estrutura em CCR, o tratamento de fundação foi adequado.

- Os ensaios de cisalhamento direto mostraram que, caso ocorra ruptura, esta ocorreria abaixo do contato concreto/rocha.
- A estrutura de contenção foi projetada como uma estrutura provisória para conter a totalidade dos rejeitos acumulados nas barragens Sul Superior e Sul Inferior (hipótese conservadora), o que caracteriza essa estrutura como tendo curta vida útil prevista.
- O CIAE-SB corrobora com as opiniões dos técnicos da Vale e de seus consultores de que as condições de estabilidade da estrutura de contenção são satisfatórias para as finalidades que foi projetada.

Relatório RL-28/20, emitido em 29 de julho de 2020.

- Os resultados do controle tecnológico da execução da estrutura de contenção das barragens Sul Superior e Sul Inferior, são satisfatórios e atenderam aos quesitos de projeto.
- Recomenda-se a implantação de monitoramento e acompanhamento da estrutura.

Grupo (Barragem)

Relatório RL-04/19, emitido em 26 de junho de 2019.

- A execução de novos ensaios para determinação de parâmetros para análise de estabilidade mais precisas poderão conduzir, a curto prazo, a condições favoráveis ao início das obras de reforço e posterior descomissionamento.
- Foi recomendado que novas prospecções, ensaios e cálculos de estabilidade para condição não drenada sejam feitos com o objetivo de verificar a possibilidade de, com novas e mais acuradas bases, o fator de segurança venha a ser melhorado.

Relatório RL-19/20, emitido em 13 de abril de 2020.

- Há carência de indicação dos fatores de estabilidade.

Itabiruçu (Barragem)

Relatório RL-03/19, emitido em 18/06/2019.

- O filtro chaminé da segunda fase da barragem deverá ser construído de maneira a ter seu topo superior sob o extremo jusante da crista da barragem.
- Foi recomendado enfaticamente que as paredes externas da galeria do extravasor sob aterro compactado na ombreira esquerda sejam inclinadas de 10V:1H mínimo.
- Recomendado que seja incluído um "colar" filtrante envolvendo esta galeria.

- A projetista Engecorps deverá proceder um estudo detalhado sobre a possibilidade de percolação pela ombreira direita devido à subida de cerca de 17m do nível d'água no reservatório quando do alteamento até a El. 850m.
- Necessário proceder a uma análise tridimensional tensão-deformação ao longo da galeria, com parâmetros fundamentados.

Relatório RL-07/19, emitido em 09 de setembro de 2019.

- Proceder uma raspagem discreta em degraus, da superfície do talude jusante do aterro antigo, antes de serem colocadas as camadas do novo aterro.
- O extremo superior do filtro chaminé deve ser deslocado para jusante e, a partir do encontro dos aterros novo e o da primeira fase, seguir inclinado.
- As obras, que estão paralisadas, podem ser retomadas (desde que a empresa projetista tenha terminado seu estudo da dinâmica dos recalques ocorridos e que concorde com a presente opinião do CIAE SB), desde que as leituras dos marcos superficiais continuem a serem feitas e interpretadas duas vezes por dia e que a subida do aterro seja limitada inicialmente a duas camadas diárias. A análise diária das leituras dos marcos superficiais permitirá decidir sobre a continuidade do lançamento de aterro ou se haverá necessidade de nova paralisação. De qualquer modo, ao iniciarem as chuvas, a obra deverá ser paralisada até que este período chuvoso termine.

Relatório RL-12/19, emitido em 28 de novembro de 2019.

- No reforço da galeria do vertedouro, quando da concretagem de uma estrutura plana como uma laje sobre uma base de concreto já endurecida, deve-se garantir que haja uma perfeita aderência entre os dois concretos pois, caso contrário, poderá haver empenamento da nova laje em função das variações sazonais.

Relatório RL-36/20, emitido em 10 de setembro de 2020.

- As fissuras foram provavelmente decorrentes dos recalques devidos à execução da berma sobre fundação compressível.
- Recomenda-se o prosseguimento dos estudos de recalques baseados nos resultados da piezometria e dos recalques.

Nota Técnica NT-21/21, emitida em 15 de fevereiro de 2021.

- Recomendada a verificação do fator de segurança para cenário final de alteamento à El. 850m.
- Estudar alternativas de projeto propostas pelo Comitê caso o fator de segurança para cenário final de alteamento não atenda às normas.
- Recuperar ou substituir o danificado inclinômetro 101.

Laranjeiras ou Norte Laranjeiras ou Laranjeiras Montante (Barragem)

Relatório RL-13/19 rev. 1, emitido em 27 de dezembro de 2019.

- Vedar a trinca existente no talude de jusante com injeções por gravidade.
- Não altear o nível do reservatório e que seja prestada atenção constante nos resultados das leituras da instrumentação até se poder concluir o motivo da abertura da trinca.

Relatório RL-15/2020, emitido em 31 de janeiro de 2020.

- Providenciar ensaios de adensamento em amostras da ombreira esquerda e do maciço.
- Enviar ao CIAE-SB os resultados dos ensaios feitos durante a construção, realizados a pedido do consultor prof. Paulo Teixeira Cruz.

Relatório RL-26/20, emitido em 26 de junho de 2020.

- A probabilidade de galgamento da barragem é praticamente nula.
- O projeto hidrológico deve ser adotado.

Nota Técnica NT-19/21, emitida em 21 de janeiro de 2021.

- Recomendada a realização de análise de estabilidade 3D.
- Evitar com ênfase que seja injetada lama bentonítica com objetivo de diminuição de permeabilidade em fraturas do solo da barragem.

Machadinho (UHE)

Relatório RL-15/2020, emitido em 31 de janeiro de 2020.

- O material transportado pelo rio e depositado a jusante do canal de fuga pode estar influenciando negativamente na produção de energia elétrica. Sugere-se que seja considerada a verificação dessas eventuais perdas de geração de energia elétrica e seus eventuais reflexos econômicos.
- Providenciar uma avaliação atualizada da instrumentação necessária e a substituição de instrumentos inoperantes ou com respostas inadequadas.

Mar Azul (Estrutura de contenção em enrocamento a jusante da mina)

Relatório RL-07/19, emitido em 09 de setembro de 2019.

- Muito cuidado deverá ser exercido durante o lançamento das cinco transições que envolvem o dreno de talvegue, devido à sua pequena espessura de 0,50 m.

Relatório RL-14/2020, emitido em 08 de janeiro de 2020.

- Prever no projeto da calha inclinada do vertedouro, a ancoragem na fundação.

Relatório RL-15/2020, emitido em 31 de janeiro de 2020.

- Considerar um sistema de ancoragem das lajes da calha do vertedouro no terreno de sua fundação.

Relatório RL-17/2020, emitido em 17 de março de 2020.

- Nenhuma ancoragem foi feita para melhor aderir a laje da calha do vertedouro à fundação de solo. Recomendada ancoragem da calha do vertedouro à fundação.
- Não tem sido enviada pela Vale a documentação definitiva dos projetos, especificações e resultados do controle tecnológico do concreto das estruturas de contenção, o que tem dificultado até o momento, a análise dessas obras.
- Enviar ao CIAE-SB, de modo oficial, os resultados de estudos, projetos e controle tecnológico das obras de concreto das estruturas de contenção.
- Solicitar às equipes técnicas supervisoras de projetos e fiscalizadoras de construção análise crítica de dimensionamentos e processos construtivos e, em caso de dúvidas, recorram a consultores externos especializados.

Relatório RL-24/20, emitido em 31 de maio de 2020.

- Recomenda-se a adoção do projeto hidrológico e hidráulico do vertedouro.

Relatório RL-35/20, emitido em 31 de agosto de 2020.

- Os resultados do controle tecnológico do concreto indicam que as estruturas estão satisfatoriamente construídas.
- Quanto a aspectos de projeto e construção, foram relatados pelo CIAE-SB deficiências que haviam sido recomendadas serem evitadas.

Nota Técnica 07/20, emitida em 14 de outubro de 2020.

- O projeto deveria exigir acabamento superficial esmerado na superfície da camada superior do sistema extravasor que deveria ter resistência de 30 MPa ao invés de 25 MPa.
- Deveria haver chumbamentos entre a parede lateral e a ogiva do vertedouro.

Maravilhas II (Barragem)

Relatório RL-34/20, emitido em 31 de agosto de 2020.

- O extravasor de cheias atual é nitidamente subdimensionado pelos critérios atuais.
- Recomenda-se o acréscimo de capacidade de descarga pela implantação do segundo vertedouro.

- Após a implantação do acréscimo da capacidade de descarga do sistema extravasador, a possibilidade de galgamento da estrutura é praticamente impossível.

Relatório RL-50, emitido em 15 de abril de 2021.

- Em qualquer hipótese de afluência de cheias por mais extremas possíveis de ocorrer na área de drenagem da barragem, o sistema extravasador é plenamente adequado.

Maravilhas III (Barragem)

Relatório RL-01/19, emitido em 30/04/2019

- O filtro chaminé da primeira etapa deverá ter seu ponto mais alto sob o extremo jusante da crista da barragem.
- O filtro chaminé da segunda etapa deverá ser construído desde seu ponto inferior de maneira a ter seu topo sob o extremo jusante da crista da barragem, evitando-se filtros chaminés com trechos horizontais ou sub-horizontais.
- Deverão ser realizados ensaios de colmatação com os materiais filtrantes em uso na construção da barragem. Obs: ensaios realizados com resultados satisfatórios.

Relatório RL-07/19, emitido em 09 de setembro de 2019.

- Atenção especial deve ser dada ao tratamento a ser executado na zona de contato entre a superfície do aterro ora em construção e o futuro aterro da segunda etapa. Imprescindível remover os cerca de 0,5m de espessura do acabamento da superfície do aterro da etapa inicial e escavar em degraus a superfície remanescente para receber o aterro da segunda etapa (alteamento).

Relatório RL-40/20, emitido em 27 de setembro de 2020.

- Tratamento da fundação com *jet grouting* pode não ser efetivo em materiais com cavidades cársticas.

Nota Técnica NT-10/20, emitida em 11 de novembro de 2020.

- Ensaios de colmatação dos filtros não indicaram colmatações. Recomendou-se prosseguimento dos ensaios relacionando a compactidade das areias.

Nota Técnica 16/21, emitida em 06 de janeiro de 2021.

- Recomenda-se que seja investigada eventual agressividade de elementos naturais às colunas de *jet grouting*.

Maré I (Barragem)

Relatório RL-19/20, emitido em 13 de abril de 2020.

- Fatores de segurança estão no limite dos critérios vigentes.
- Verificar estabilidade do talude situado a montante do reservatório.

Maré II (Barragem)

Relatório RL-19/20, emitido em 13 de abril de 2020.

- Os fatores de segurança não atendem às normas vigentes.

Mello (PCH)

Relatório RL-07/19, emitido em 09/09/2019

- Caso a perfuração para instalação das ancoragens da estrutura de concreto do vertedouro tenha sido feita por rotativa, recomenda-se que testemunhos dessas perfurações sejam devidamente estocados para análise da interface concreto/rocha.
- Recomendada a execução de prospecções e projeto *as is* para conhecimento dos maciços de terra.

Relatório RL-09/19, emitido em 28/09/2019.

- Dos postos fluviométricos que serviram de base para estudos hidrológicos apenas o posto de Santa Rita do Jacutinga é apropriado.
- O método *Index Flood* não é o mais recomendado para condução de descargas extremas. Recomendado o cálculo da hidrógrafa afluyente de projeto.
- Não foi feita a condução da cheia afluyente e seu amortecimento no reservatório. Foi adotado método simplificado considerando a incidência da precipitação máxima concentrada na área do reservatório.
- Recomenda-se que seja feito o *routing* da cheia no reservatório.
- Recomendada a avaliação da curva altura-duração no posto de Santa Rita do Jacutinga para durações inferiores a um dia.
- O refazimento dos cálculos de estabilidade dos dois maciços de terra deverá ser devidamente processado com os novos parâmetros a serem definidos por ensaios de laboratório de solos.
- Concreto apresenta características heterogêneas, localmente de má qualidade, inconsolidado e sem aglomerante.
- O contato concreto/rocha apresenta-se localmente aberto pela fraca recuperação de testemunhos de sondagem. Sondagens revelaram contato precário pela falta de lançamento de camada de concreto convencional no contato concreto/rocha.

- O CCR da estrutura do vertedouro se apresenta com muitos vazios e alta permeabilidade.
- Veda-juntas nas estruturas de concreto só foram instalados nas faces de montante, o que é prejudicial.
- Recomendada a realização de análises químicas e bacteriológicas para definir se as manchas avermelhadas são provenientes de ferrobactérias.
- Com base nos precários resultados das prospecções realizadas, recomenda-se que haja revisão dos parâmetros e análise de estabilidade mais acurada.
- Recomenda-se a retirada de amostras indeformadas para serem feitos ensaios de verificação de resistência ao cisalhamento do material dos dois maciços de terra.
- Recomenda-se que leituras da instrumentação permaneçam com frequência.
- Recomenda-se que nova campanha de prospecção seja feita para definir se e até que nível existem filtros chaminé.
- Recomenda-se o envio ao CIAE-SB dos resultados de fluência das ancoragens executadas na estrutura do vertedouro.

Nota Técnica NT-11/20, emitida em 19 de novembro de 2020

- Recomendado estudo do CCR em cotas baixas devido à caracterização de baixas massas específicas nessa área da estrutura de concreto.
- Recomendada verificação se concreto apresenta alterabilidade em função das tensões aplicadas nos tirantes.
- Recomendada análise de estabilidade considerando os baixos valores de massa específica encontrados no concreto.

Menezes I (Barragem)

Relatório RL-41/20, emitido em 27 de setembro de 2020.

- O vertedouro é compatível com os conservadores critérios hidrológicos de projeto.
- O projeto do vertedouro deve ser adotado.

Menezes II (Barragem)

Relatório RL-41/20, emitido em 27 de setembro de 2020.

- O vertedouro é compatível com os conservadores critérios de projeto hidrológico.
- O projeto do vertedouro deve ser adotado.

Mirim ou Salobo (Barragem)

Relatório RL-16/20, emitido em 29 de fevereiro de 2020.

- Quanto ao estudo de alteamento da barragem, sugere-se que sejam estudadas alternativas de projeto que contemplem a combinação de soluções técnicas para a crista e o pé de jusante da barragem. Na crista pode ser estudado alteamento associado a paredes não muito altas, de terra armada ou de blocos pré-moldados em concreto estrutural. Na região do pé de jusante podem ser estudadas soluções envolvendo enrocamento armado, crib-wall (como na barragem de Estreito, de Furanas) e muro em CCR caso haja condições apropriadas de fundação.
- Revisar o critério referente à cheia milenar e respectiva borda livre para a situação atual, no caso do próximo alteamento acima da El. 225 m vier a demorar a ser implementado.
- Recomenda-se que a Vale implemente assim que possível, as medidas 07, 08 e 09 do RISR (página 104 do relatório da WALM).

Relatório RL-25/20, emitido em 05 de junho de 2020.

- A hipótese de galgamento da barragem é absolutamente remota. O projeto hidrológico deve ser aprovado.
- Como a disposição dos rejeitos é feita no reservatório em área afastada da barragem, deve ser futuramente verificada a eventual perda de volume útil para abatimento do pico da cheia defluente.

Monjolo (Empilhamento drenado)

Relatório RL-32, emitido em 25 de agosto de 2020.

- A pilha é muito bem drenada, o nível freático se encontra muito baixo.
- Os fatores de segurança se encontram muito acima dos considerados aceitáveis.
- Os estudos e ações planejadas devem confirmar ou mesmo melhorar os resultados favoráveis já obtidos.

Nova Maurício (UHE)

Relatório RL-15/20, emitido em 31 de janeiro de 2020.

- Recomendado estudo hidrológico e hidráulico para determinação atualizada de laminação da cheia de projeto e capacidade do sistema extravasor.
- Recomendado estudo de patologia das estruturas de concreto.

Relatório RL-47/21, emitido em 17 de março de 2021.

- Os estudos hidrológicos e de trânsito de cheias no reservatório devem ser adotados pois não há possibilidade de haver galgamento da barragem se as comportas do vertedouro forem corretamente operadas.

Nova Santarém (Barragem)

Relatório RL-44/21, emitido em 16 de janeiro de 2021.

- O extravasador de cheias é compatível com o conservador critério de projeto hidrológico adotado.

Paracatu (Barragem)

Nota Técnica NT-09/20, emitida em 04 de novembro de 2020.

- O CIAE-SB recomenda seja considerada uma alternativa para o vertedouro de mais fácil execução, utilizando a estrutura de concreto atual que deve ser ampliada, como forma da estrutura definitiva.
- A alternativa de projeto proposta pelo projetista deve ser verificada quanto ao dimensionamento dos elementos de solidariedade entre o concreto original e o concreto novo.

Nota Técnica NT-10/20, emitida em 11 de novembro de 2020.

- O CIAE-SB insiste na recomendação de solução alternativa de mais fácil execução. A Themag ficou incumbida de apresentar comparação entre as alternativas de projeto.

Relatório RL-45/21, emitido em 07 de fevereiro de 2021.

- Recomendada a elevação da crista da barragem para a El.892,60 m.
- Caso a seção hidráulica do vertedouro vier a ter redução de área como recomendado pelo CIAE-SB, novo estudo hidráulico é recomendável.

Pera Jusante (Barragem)

Relatório RL-16/20, emitido em 29/02/2020.

- Caso o descomissionamento da barragem venha a ser feito em futuro remoto, serão necessários tratamentos pontuais nas estruturas de concreto do vertedouro e do muro de aproximação, tais como: preenchimento de cavidades superficiais, sendo a mais crítica a existente no paramento de montante da ogiva; tratamento das infiltrações de água nas paredes; remoção dos fungos na superfície das estruturas, nos locais onde ele se apresenta com maior intensidade.
- O CIAE-SB deverá se manifestar quando receber o projeto de descaracterização que está sendo desenvolvido pela WALM Engenharia e de novos dados da instrumentação que serão obtidos em futuro próximo com leituras e interpretações de piezômetros, prismas, inclinômetros e calha Parshall.

Santana (Barragem)

Relatório RL-29/20, emitido em 30 de julho de 2020.

- A possibilidade de galgamento da barragem pela incidência de cheias extremas é extremamente baixa.
- O sistema extravasador deve ser hidráulicamente verificado pois aparentemente em cenários de descargas extremas pode haver extravasamento na calha do extravasador gerando erosões na barragem e na encosta direita.

Relatório RL- 33/20, emitido em 26 de agosto de 2020.

- O reforço projetado melhorará a condição de segurança estrutural da barragem.
- Recomenda-se que o filtro de transição entre os aterros original e o novo, seja estendido até o nível d'água máximo normal do reservatório.
- O tamponamento original da galeria de desvio situado no extremo montante da galeria, é equivocado.
- O tamponamento total da galeria de desvio é exagerado.
- Recomenda-se que haja, em todo sentido longitudinal, conexão filtrante e drenante composta por material granular e permeável, entre o filtro vertical do estágio inicial e o filtro de interface entre o aterro original e o aterro de reforço.

Serrinha Ferrous (Barragem)

Relatório RL-10/19, emitido em 24 de outubro de 2019.

- Recomenda-se que seja detalhada a saída da drenagem superficial.

Sossego (Barragem)

Relatório RL-16/20, emitido em 29/02/2020.

- A drenagem interna dos diques Sul preocupa pois há previsão de alteamento até a El. 271 m, portanto mais 19 m de altura. Com este alteamento, o CIAE-SB recomenda que os alteamentos sejam a jusante e que sejam incluídos filtros chaminés devidamente conectados a tapetes drenantes.
- Recomenda-se que ensaios de radioatividade sejam feitos com amostra do rejeito atual, no mínimo para ter esse resultado nos arquivos, para eventual comprovação futura.
- Recomenda-se que seja feito um ensaio de simulação de drenagem ácida com uma amostra real do rejeito atual.
- O CIAE-SB apoia algumas recomendações do RISR, a saber: i) Com base no “*as is*”, atualizar o Manual de Operações, inclusive análises de estabilidade da barragem e diques levando em conta parâmetros do maciço obtidos de ensaios

de solos argilosos em laboratório, principalmente nos diques Oeste (ensaios a serem feitos com amostras indeformadas a serem coletadas logo que possível);
ii) Instalar piezômetros adicionais, principalmente nos diques Oeste.

Sul Superior (Barragem)

Relatório RL-04/19, emitido em 26 de junho de 2019.

- A concepção do projeto de reforço da barragem deverá ser modificada, pois compreende inicialmente a execução de berma de areia sobre os rejeitos da barragem Sul Inferior que se situam no pé da barragem Sul Superior. Esta berma de areia, além de não drenar eficientemente as camadas de rejeitos, principalmente as menos superficiais, poderia causar acréscimos deletérios de poropressão nos rejeitos subjacentes e sob o dique de partida.
- Tendo em vista as condições atuais da barragem Sul Superior e a localização da cidade de Barão de Cocais a jusante, considera-se muito apropriada a execução de barragem de concreto gravidade em CCR com cerca de 37m de altura situada a 6,5 km a jusante das barragens Sul Superior e Sul Inferior por estarem estas com fatores de segurança conjuntos não apropriados.

Taquaras (Barragem)

Relatório RL-30/20, emitido em 18 de agosto de 2020.

- A possibilidade de galgamento da barragem pela incidência de cheia extrema é absolutamente remota.
- O sistema extravasor deve ser projetado para que seja evitado erosões no aterro da barragem.

Torto (Barragem)

Relatório RL-37/20, emitido em 14 de setembro de 2020.

- Recomenda-se que a junta de alívio da fundação seja cuidadosamente monitorada através da piezometria e das medições de vazão dos poços de alívio.
- Recomenda-se a instalação de inclinômetros além dos instrumentos já previstos.
- Recomenda-se a instalação de tassômetros sob o talude de jusante para medir recalques da fundação a partir desta recomendação.
- Recomenda-se que seja estudada a possibilidade de execução de injeções de calda de cimento para obstrução de fraturas do afloramento de gnaiss da ombreira esquerda.

Relatório RL-38/20, emitido em 18 de setembro de 2020.

- O projeto hidrológico da barragem garante serem absolutamente improvável a ocorrência de galgamentos da estrutura pela incidência de descargas extremas.
- O projeto hidrológico deve ser adotado.

Vale das Cobras (Empilhamento drenado)

Relatório RL-32/20, emitido em 25 de agosto de 2020.

- A pilha apresenta excelentes condições de drenagem com nível freático muito baixo.
- Os fatores de segurança estão confortavelmente acima do estabelecido como aceitáveis.
- Os estudos e ações planejadas devem confirmar ou mesmo melhorar os resultados favoráveis já obtidos.

Vargem Grande (Barragem)

Relatório RL-04/19, emitido em 26 de junho de 2019.

- A execução de novos ensaios para determinação de parâmetros para análise de estabilidade mais precisas poderá conduzir, a curto prazo, a condições favoráveis ao início das obras de reforço e posterior descomissionamento.
- O rebaixamento do nível d'água do reservatório pode ser feito apenas na região central do depósito de rejeitos com a instalação de amplo canal para escoamento das descargas incidentes. Os taludes laterais a esse canal devem ser muito abatidos e cobertos com material de proteção contra erosões superficiais.

Relatório RL-10/19, emitido em 24 de outubro de 2019.

- A Vale deve promover um estudo qualificado de riscos sísmicos no quadrilátero ferrífero, decidindo em alto nível hierárquico, o período de retorno a ser adotado em cada projeto de barragem.

Xingu (Pilha)

Relatório RL-31/20, emitido em 3 de setembro de 2020.

- Recomenda-se que as diretrizes do RISR sejam adotadas integralmente.

Faróis de recomendações do Comitê

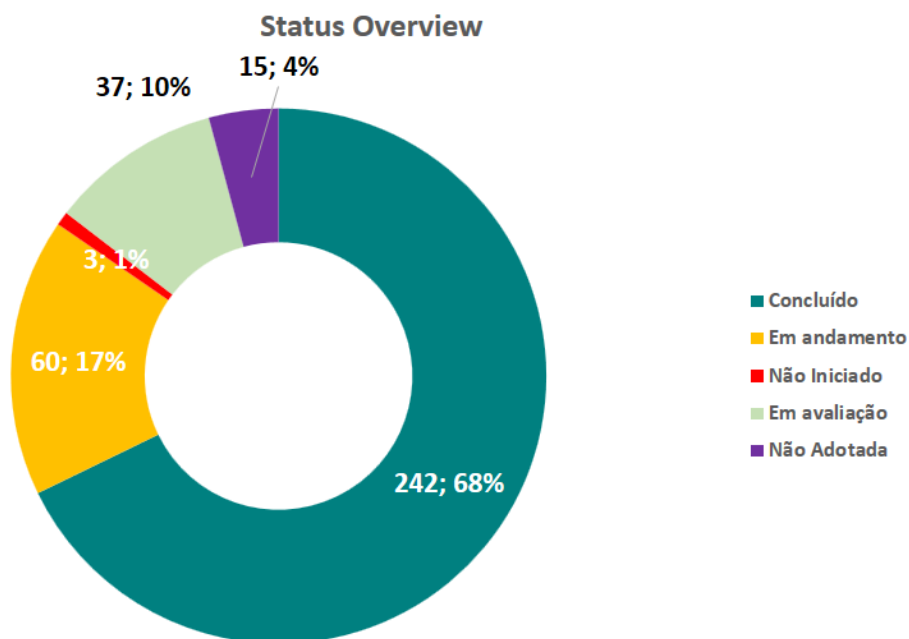
No decorrer de 2019 e início de 2020 o Comitê emitia um relatório após cada visita técnica a barragens, bem como após apresentações técnicas feitas pelas equipes da Vale e das empresas projetistas. As viagens eram mensais e compreendiam reuniões e visitas técnicas a várias barragens e pilhas. A partir de março de 2020 e até março de 2021 o Comitê vem se manifestando por meio de relatórios técnicos e de notas técnicas, com base em detalhadas videoconferências mantidas com equipes da Vale e das projetistas. Em cada um desses relatórios e notas técnicas há considerações e recomendações emanadas pelo Comitê.

Para as barragens e estruturas geotécnicas da área de Ferrosos, a Vale lança mão de uma ferramenta gerencial denominada Farol de Recomendações para acompanhar a adoção das recomendações. Tal ferramenta é uma planilha Excel em que são inseridas em ordem sequencial para cada recomendação, o relatório/nota técnica, a mina, a estrutura analisada, a recomendação do Comitê, nota da equipe da Vale responsável pela análise e atendimento de cada recomendação, o prazo revisto para efetivação de cada recomendação e o diagnóstico final das ações referentes à cada recomendação. Este diagnóstico final é bem resumido e teve cores atribuídas para cada situação atingida. Os diagnósticos e as respectivas cores são:

<u>Diagnóstico resumido</u>	<u>Cor atribuída</u>
Concluída	verde
Em avaliação	verde claro
Em discussão	azul
Em andamento	amarelo
Não iniciada	vermelho
Não adotada	azul escuro

O Farol de Ferrosos contém uma página resumo que mostra graficamente o andamento do atendimento das recomendações. Esta página é conhecida como *Dashboard*. A seguir a reprodução da imagem do *Dashboard* na sua edição do dia 17 de março de 2021. O Comitê colaborou com esse procedimento de acompanhamento da adoção das recomendações emitidas. O *Dashboard* mostra que a grande maioria das recomendações foi adotada ou está em procedimento de adoção.

Farol de Ferrosos – *Dashboard* em 17 de março de 2021



Metais Básicos

Na área de Metais Básicos, foi emitido em abril de 2020 um documento pela Vale em que foram resumidas as treze recomendações feitas pelo Comitê e mostrado que na época estavam todas sendo implementadas. Por este documento da Vale, em março de 2021, 100% das recomendações do Comitê foram adotadas.

Energia

Na área de Energia, foi emitido em 7 de julho de 2020 um documento pela Vale em que foram apresentadas as dez recomendações do Comitê e mostrando que na época estavam todas sendo implementadas a longo prazo, inclusive algumas incluídas nas atividades de inspeção periódica e outras nas atividades de Inspeção anual regular.

Resumo de estruturas mais relevantes analisadas pelo Comitê – Estruturas de contenção

Dentre as inúmeras estruturas examinadas pelo Comitê, destacam-se pelo vulto, pela importância, pelos problemas apresentados e pela rapidez de execução, as relatadas sumariamente a seguir. Essas estruturas foram objeto de repetitivas e insistentes visitas técnicas e de diversas reuniões presenciais e por videoconferência ao longo dos dois anos de atuação do Comitê. Essas estruturas foram selecionadas para constarem do presente relatório por serem também representativas de providências as mais

importantes relativas a cada tipo de problema superados pela Vale ao longo dos dois anos de atuação do Comitê.

Dentre as mais relevantes e recentes estruturas para contenção de rejeitos da Vale destacam-se as três grandes estruturas que foram projetadas e construídas em prazo muito curto com capacidade de reter com toda segurança, eventuais corridas de lama que pudessem ser resultantes de colapsos de grandes barragens de rejeitos situadas a montante.

Essas estruturas concluídas ou em fase final de conclusão foram implantadas para defender extensas regiões que poderiam ser atingidas pelos rejeitos acumulados nas barragens B3/B4 da Mina Mar Azul, Grupo, Forquilhas I, Forquilhas II, Forquilhas III e Forquilhas IV da Mina de Fábrica e Sul Superior e Sul Inferior, da Mina Gongo Soco.

A concepção dessas estruturas de contenção partiu das seguintes premissas:

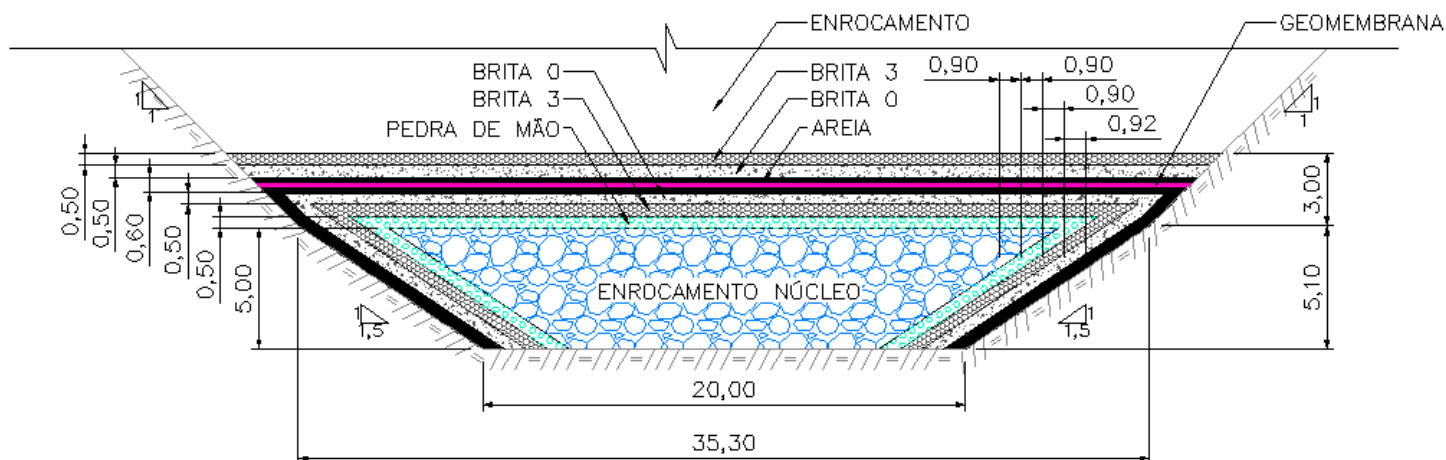
- i- Estudos de “*dam break*” para determinar com acurácia as Zonas de Auto Salvamento (ZAS).
- ii- Remoção dos residentes nas ZAS e exercer rigoroso controle dessas áreas.
- iii- Serem implantadas estruturas de contenção de eventuais lamas, detritos e rejeitos resultantes de eventuais colapsos das barragens, no mais curto prazo possível com o objetivo de proteção dos bens situados nas ZAS.
- iv- Considerando a rapidez de construção e a independência de condições atmosféricas adversas, inicialmente foram consideradas estruturas em concreto compactado com rolo CCR.
- v- As estruturas de contenção deveriam ser construídas em vales suficientemente afastados das barragens de rejeitos de modo a permitir completa segurança aos trabalhadores por dispositivos de alerta, treinamentos e sinalização e tempo suficiente para o fechamento com segurança das comportas das estruturas de desvio dos rios e a completa retirada de trabalhadores das áreas das estruturas e das ZAS.
- vi- As estruturas de contenção deveriam ter tomadas d’água equipadas com comportas para fechamento rápido e total do fluxo de água a montante para deter também rejeitos que viessem pelo vale do rio. Com isso, em caso de colapso de uma ou mais barragens de rejeitos, as estruturas conteriam a totalidade dos rejeitos que seriam liberados, evitando danos às áreas a jusante que incluíam zonas residenciais.
- vii- Para o caso de haver preenchimento do reservatório com rejeitos, as águas naturais dos rios seriam liberadas para jusante após passarem por sobre os rejeitos acumulados a montante das estruturas de contenção, e escoarem por extravasores de cheias de soleiras livres, devidamente dimensionados para cheias extremas.
- viii- Considerando a urgência da implantação das três estruturas, estas foram inicialmente previstas serem executadas em concreto gravidade em CCR. Duas estruturas de contenção foram assim executadas, mas uma, para

contenção das barragens B3/B4, por carência de rocha sã competente na fundação, foi executada em enrocamento.

Estrutura da contenção das barragens B3/B4 (Mina Mar Azul)

A estrutura de contenção da barragem B3/B4 foi implantada no vale do ribeirão Macacos e teve projeto inovador. A estrutura foi projetada como uma barragem de enrocamento compactado com núcleo central de areia protegido por camadas de transição. Os taludes da estrutura de enrocamento são de 1V:2H a menos dos quatro metros perto da crista em que são 1V:1,3H. Nesse caso específico não há necessidade de núcleo argiloso já que a areia compactada que constitui o núcleo da estrutura tem capacidade de reter os rejeitos caso estes venham incidir no talude montante e serem detidos pela estrutura de enrocamento. A estrutura tem 33 m de altura e capacidade de reter $3,1 \times 10^6 \text{ m}^3$ de rejeitos caso a barragem B3/B4 venha a colapsar. O volume do reservatório criado pela estrutura é de $4,6 \times 10^6 \text{ m}^3$ na cota do descarregador de cheias de lâmina livre e de $6,7 \times 10^6 \text{ m}^3$ na cota da crista do núcleo de areia da estrutura. A seguir imagem colhida em 16 de dezembro de 2020 em fase de conclusão das obras.





Quando a estrutura de enrocamento se encontrava em adiantado estágio de construção, nos dias 23 e 24 de janeiro de 2020, ocorreu intensa precipitação na região metropolitana de Belo Horizonte e Nova Lima, município da barragem B3/B4, caracterizada como um único evento de 202 mm de precipitação nesses dois dias. Pelos registros pluviométricos, foi a maior precipitação da história.

O pluviômetro instalado no local da estrutura de contenção registrou precipitações de 130 mm no dia 23 e 72 mm no dia 24 que foram caracterizados como um único evento de 202 mm em dois dias. Essa precipitação foi estimada com tempo de recorrência de 190 anos e gerou descarga de 160 m³/s que afluiu à estrutura.

A descarga foi captada pela estrutura da tomada d'água que se encontrava totalmente aberta, e percolou pelo dreno francês. A estrutura de enrocamento se comportou excepcionalmente bem como uma barragem de contenção de cheias, formando um reservatório a montante que atingiu a El. 877,20 m, apenas 3,80 m abaixo da soleira do vertedouro de superfície. Estimou-se que a descarga efluente teria chegado ao pico de cerca de 110 m³/s com início da recessão do hidrograma efluente em cerca de 30 horas e decaimento total em cerca de 60 horas.

O extraordinário desempenho da estrutura de contenção ao amortecer a cheia que teria incidido nas áreas a jusante, trouxe grandes benefícios, evitando uma enchente de grandes proporções. Essa ocorrência suscita um eventual futuro aproveitamento da estrutura como eficiente dispositivo de controle de cheias.

Estrutura de contenção das barragens Sul Superior e Sul Inferior (Mina Gongo Soco)

A estrutura de contenção de Gongo Soco executada em concreto compactado com rolo (CCR), foi implantada no município de Barão de Cocais, MG, no rio São João, 7,0 km a jusante das barragens Sul Superior e Sul Inferior, com altura de 40,0 m. O tempo de

chegada de uma eventual ruptura dessas barragens foi calculado em 12 minutos e o volume total a ser detido na estrutura, de $7,6 \times 10^6 \text{ m}^3$, podendo a estrutura armazenar um volume total de rejeitos, até a crista do Vertedouro de $12,9 \times 10^6 \text{ m}^3$. No local da estrutura, a fundação é composta, na margem direita, por predominância de quartzitos ferruginosos brandos. Na margem esquerda ocorrem corpos bandados de quartzito ferruginoso razoavelmente compactos, filito ferruginoso, filitos e quartzitos intercalados por dolomitos. Embora as características de fundação não fossem as ideais para estruturas de concreto, projeto e construção foram cuidadosos para torná-las adequadas.



A estrutura de contenção foi dimensionada como uma barragem de concreto gravidade para contenção de rejeitos e água em seção trapezoidal em degraus, com paramentos com inclinação de 1V:0,6H (montante) e 1V:0,7H (jusante), compreendendo um volume total de concreto de 184.212 m^3 .

As discretas vazões do rio São João e a construção tendo sido executada em período de estiagem, permitiram que o desvio do rio São João durante a construção fosse feito, nos estágios iniciais da obra, por bombeamento das descargas afluentes ao local da estrutura. Após a implantação da estrutura de tomada d'água das quatro adufas de desvio do rio, as vazões afluentes passaram a escoar por essas adufas que, em caso de colapso das barragens de rejeitos a montante, serão fechadas por quatro comportas vagão.

Foi implantado um vertedouro de superfície de lâmina livre, com canal de acesso, soleira e calha revestidos por colchão Reno e gabiões desde sua crista até uma bacia de dissipação a jusante.

Para a estrutura em CCR foi montado um excelente sistema de controle tecnológico que garantiu um elevado nível de qualidade mesmo tendo sido essa estrutura concretada em pouco mais de dois meses.

Nessa obra foram aplicados pela primeira vez como agregado de concreto GIG (granulado de instalação de concentração) e Hematita que, além do baixo custo, revelaram-se excelentes agregados para concreto por não são reativos com os álcalis do cimento, por terem elevada resistência à compressão, por não serem cicláveis (resistentes a ciclos de acentuadas diferenças de temperatura e umidade), por terem boa aderência ao cimento Portland e por terem elevada massa específica.

Testemunhos de sondagem com idades superiores a 90 dias, extraídos de cinco blocos da estrutura, revelaram resistências à compressão (11,3 MPa) bem superiores à exigida em projeto, elevadas massas específicas (3.078 kg/m³), e coeficientes de permeabilidade (5,16x10⁻⁹cm/s) e módulos de elasticidade (13,6 GPa) muito razoáveis para esse tipo de estrutura de concreto.

A produção média mensal efetiva de concreto compactado com rolo foi de cerca de 90.000 m³.

Foram instalados termômetros no interior de blocos da estrutura de CCR para medição da evolução das temperaturas no interior de blocos do concreto, especialmente as quedas de temperatura após terem atingidas as temperaturas máximas devidas ao calor de hidratação do concreto. Nessa estrutura, entretanto, foram medidas as temperaturas até atingirem as temperaturas máximas, tendo sido as medições descontinuadas a partir desse ponto.

As atividades de implantação da estrutura foram integralmente acompanhadas mensalmente pelo Comitê tendo sido os relatórios mensais de produção analisados e comentados pelo Comitê.

Estrutura de contenção das barragens Grupo, Forquilha I, II, III e IV (Mina de Fábrica)

A estrutura de contenção das barragens da Mina de Fábrica foi implantada no município de Itabirito, MG, no rio dos Porcos, destinada a reter a lama proveniente de eventual ruptura das barragens de rejeitos das barragens Grupo, Forquilhas I, II, III e IV, tendo sido construída a jusante dessas barragens, com altura de 94 m e distando delas 7 km em linha reta e 10,5 km ao longo da calha do rio. No caso da ruptura daquelas barragens de rejeitos a estrutura de contenção poderá acumular um volume de rejeitos de até 67,7x10⁶ m³. Em caso de colapso simultâneo de todas essas barragens, o tempo de chegada desses rejeitos à estrutura de contenção foi calculado em 27 minutos. O volume de lama decorrente da ruptura simultânea de todas as instáveis barragens de rejeitos situadas a montante é estimado em 60x10⁶ m³. A estrutura de contenção foi projetada como uma barragem de concreto gravidade executada com concreto compactado com rolo (CCR).

O vale no local da estrutura é estreito e assimétrico, constituído por rochas gnáissicas sãs de excelentes propriedades geomecânicas. A ombreira direita é acentuadamente

íngreme, tendo sido de difícil tratamento. A ombreira esquerda de relevo mais suave, apresentava, recoberto o gnaiss são, espessas camadas de solo e rocha alterada de até 20m que foram devidamente escavadas. Na área do leito do rio e na sua margem esquerda, ocorriam espessas camadas de solo e rocha decomposta ou muito alterada que demandou escavações que inicialmente não haviam sido previstas.

Para a contenção do volume de rejeitos, a estrutura de contenção está sendo construída em duas etapas. A primeira etapa foi destinada a conter os rejeitos das barragens Grupo, Forquilha II e Forquilha IV. A barragem de Forquilha III não se situa no mesmo talvegue das barragens Grupo, Forquilhas II e Forquilha IV. Como o conjunto dos rejeitos acumulados nestas três barragens supera o volume de rejeitos contidos na barragem Forquilha III, e como a probabilidade de colapso de todas as barragens a montante da estrutura de contenção ocorrerem ao mesmo tempo é ínfimo, na primeira etapa a estrutura de contenção foi dimensionada para conter os rejeitos provenientes de colapso das barragens Grupo, Forquilha II e Forquilha IV. Na segunda etapa, com alteamento da estrutura de contenção por montante, poderão ser contidos 100% dos rejeitos caso todas as barragens Grupo, Forquilha II, Forquilha III e Forquilha IV venham a colapsar devido a um mesmo simultâneo fenômeno.

A estrutura de contenção foi dimensionada com seção trapezoidal em degraus, com o paramento de montante com inclinação de 1V:0,61H e o de jusante de 1V:0,36H.

O volume de concreto aplicado nessa estrutura até a data de 07 de fevereiro de 2021 era de 652.406 m³, que deve ainda aumentar em vista de a construção prosseguir, havendo ainda a execução de uma bacia de dissipação em concreto e dos reforços dos Blocos 8 e 9, o que poderá elevar o volume de concreto para mais de 700.000 m³. Na construção dessa estrutura, o pico mensal máximo foi de 307.989 m³ ocorrido nos meses de julho e agosto de 2020, com o pico diário máximo ocorrido em 24 de julho de 2020, cujo volume de 6.286 m³ é recorde nacional.

Para a construção dessa estrutura foi necessário o desvio do rio dos Porcos, que inicialmente foi feito por um canal aberto na ombreira esquerda, tendo sido posteriormente desviado por três galerias de desvio equipadas com comportas vagoão. Como essa estrutura está situada em um vale encaixado, o vertedouro de soleira livre foi projetado no corpo da barragem.

Nessa obra foi também foi usada Hematita como agregado, a exemplo da estrutura de contenção de Gongo Soco que lhe antecedeu cronologicamente. A imagem abaixo mostra o paramento montante da estrutura de contenção sendo alteada por montante, em estágio avançado de implantação.

Um fato interessante verificado no controle do grau de compactação do CCR foi a constatação de que uma massa específica do concreto determinada em laboratório no aparelho DMA passou a ser considerada como sendo a massa específica de referência para a determinação do grau de compactação, em relação à massa específica determinada no campo por meio do densímetro nuclear, substituindo, dessa forma, a massa específica determinada por outros métodos, inclusive a massa específica que tem

sendo referência tradicional, determinada a partir dos consumos de materiais do concreto, considerando nulo o teor de ar.

Foram feitas diversas determinações do módulo de elasticidade do concreto, tendo sido encontrado, na idade de 90 dias, o valor médio de 14,3 GPa com valores variando de 25,5 GPa e 7,9 GPa.



Foram também instalados termômetros no interior de blocos da estrutura para medição da evolução das temperaturas, especialmente as quedas de temperatura após terem sido atingidas as temperaturas máximas devidas à evolução do calor de hidratação do concreto, o que está permitindo a obtenção de subsídios para melhor esclarecer o problema térmico nos maciços de CCR. Depois de 250 dias de observação dessas temperaturas, o valor máximo observado no concreto foi de 39º C, com uma queda máxima de temperatura de 6,6º C, o que gerou uma tensão térmica de tração máxima de 0,75 M Pa. Essa tensão de tração térmica corresponde ao fator de segurança de 1,8.

A evolução da temperatura no interior do maciço está a indicar que é mínima a probabilidade da ocorrência de fissuração de origem térmica.

Para essa estrutura em CCR foi montado um excelente sistema de controle tecnológico que garantiu um elevado nível de qualidade.

As atividades de implantação dessa estrutura também foram acompanhadas mensalmente pelo Comitê, tendo sido os relatórios mensais de produção analisados e comentados pelo Comitê.

Estrutura de contenção do Dique Minervino e do Cordão Bela Vista

Além das três estruturas de contenção resumidas acima que estão concluídas (Mar Azul e Gongo Soco) ou em fase final de conclusão (Fábrica), há ainda a destacar a estrutura de contenção do dique Minervino e do Cordão Bela Vista que está em projeto, com construção programada para ser brevemente iniciada.

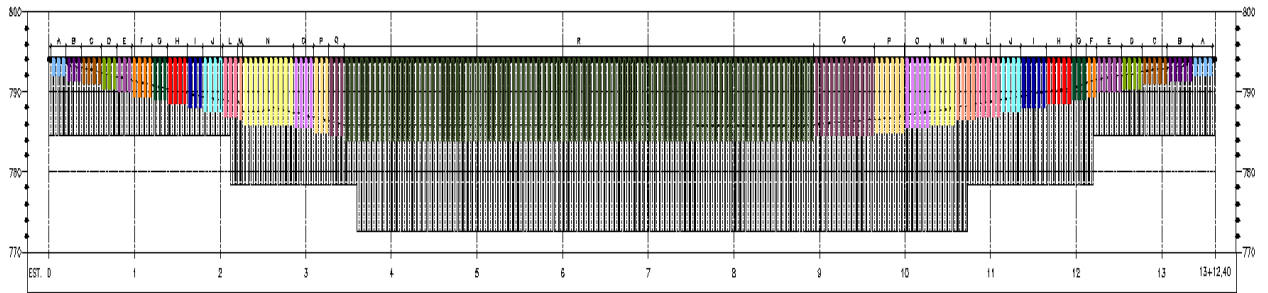
O Dique Minervino e o Cordão Bela Vista são diques do sistema Pontal, em Itabira, MG. Os diques estão situados muito próximo e logo a montante de bairros populosos. Como foram, em parte, construídos sobre rejeitos, requerem estrutura de contenção para proteção da população situada a jusante.

Essa estrutura será implantada em duas etapas, por meio da construção de uma cortina de tubulões de aço introduzidos no terreno pelo método Gyro Press, da GIKEN. Esse método foi selecionado e será aplicado pela primeira vez no Brasil, por introduzir uma cortina de estacas metálicas no terreno sem praticamente transmitir vibrações ao solo circundante.

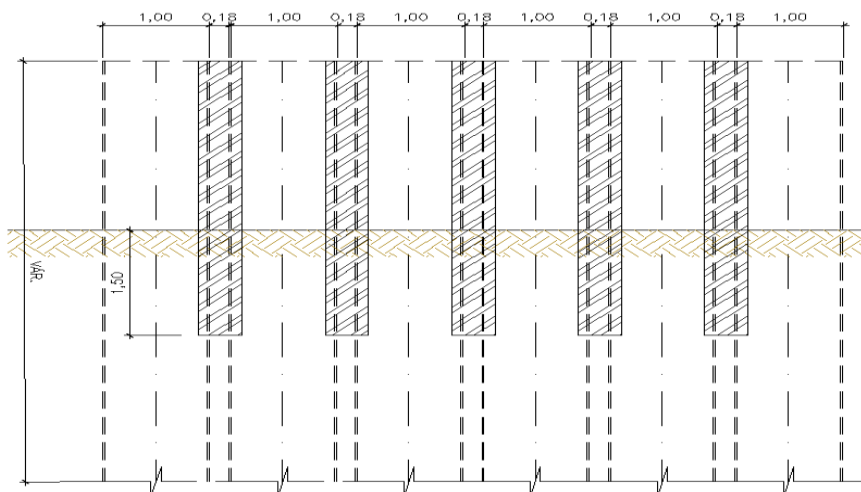
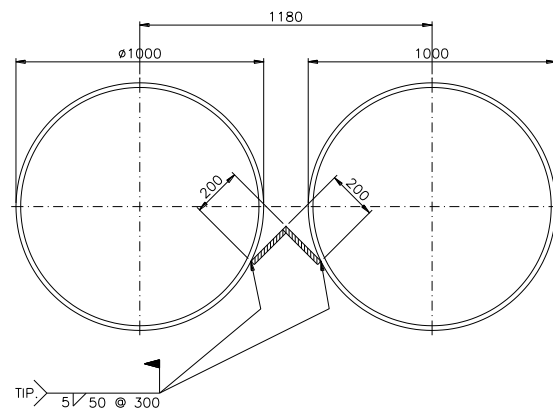
Este método combina cravação estática e rotação de tubos de aço até a profundidade desejada. As partes inferiores dos tubos ficam preenchidas pelo solo que foi atravessado por cada tubo e as partes superiores ficam preenchidas por concreto cuidadosamente colocado sem impacto para não induzir vibrações. As figuras abaixo mostram como será feito essa estrutura de contenção.



A primeira etapa será iniciada em breve. A proteção total da área urbana levará cerca de dois anos. Na primeira etapa será feita uma cortina com os tubulões de um metro de diâmetro, como mostrado na figura a seguir. A cota do topo da cortina estará na El. 794m. O comprimento máximo previsto dos tubulões, segundo sondagens efetuadas, será de 22 metros.



Acima da linha do terreno os tubulões serão unidos por conectores de aço soldados na parte externa dos tubulões, como mostram a imagem e o esquema abaixo.



Prevê-se que ao final da segunda etapa, a estrutura deverá se estender por cerca de 1.800m. O equipamento que fará a cortina é mostrado na figura abaixo.



Resumo de estruturas mais relevantes analisadas pelo Comitê – Barragens

Dentre as mais notáveis estruturas analisadas pelo Comitê encontram-se barragens de grande vulto acumulando grandes volumes de rejeitos e em processos de alteamento, tendo apresentado problemas a serem superados, principalmente os relativos à recalques nas fundações. Nesse grupo estão as grandes barragens de Itabiruçu e Maravilhas III. Como barragens com deficiências de drenagem interna e necessidades de reforços estruturais são exemplificadas abaixo as barragens Santana e B-7. Estruturas hidráulicas de extravasores de cheias que necessitaram alterações são resumidas nas barragens nas barragens Santana e Capitão do Mato, esta última tendo demandado também obras de estabilização da encosta natural próxima à ombreira direita. Estruturas de concreto que foram sujeitas a empuxos extraordinários não previstos em projeto são exemplificados nas estruturas de concreto da hidroelétrica Candonga (Risoleta Neves), no rio Doce, cuja operação permanece interrompida até a época de emissão deste relatório.

Barragem Itabiruçu

A barragem Itabiruçu foi objeto dos relatórios RL-03/19, emitido em 18 de junho de 2019, RL-07/19 emitido em 09 de setembro de 2019 e RL-12/19 emitido em 28 de novembro de 2019. Recentemente, em fevereiro de 2021, foi emitida uma nota técnica a respeito dos resultados de estudos computacionais e de observação dos movimentos através de marcos superficiais, marcos magnéticos profundos e inclinômetros.

Uma vista aérea da barragem e de seu reservatório de rejeitos consta da figura abaixo. A ocorrência de trincas detectadas no talude de jusante foi analisada nesses relatórios anteriores.



A barragem Itabiruçu, após ter atingido em aterro compactado à El. 836m, encontrava-se em fase de projeto e de implantação de etapa de alteamento até a El. 850m.

Durante o alteamento para a El. 850m, em fins de maio de 2019, foram observadas trincas nas canaletas da berma no talude de jusante à El. 778m. Até meados de julho de 2019 surgiram novas trincas, e recalques próximos ao pé de jusante. Foi solicitado o acionamento do Nível 1 em 21 de outubro de 2019.

A causa das trincas foram os exagerados recalques observados na berma sobre a fundação compressível, que chegaram a 25 centímetros. No entanto, estes recalques estão se estabilizando com o adensamento do solo compressível da fundação. No entanto, a percolação no interior do maciço, apesar de não haver eficiência do filtro chaminé das fases anteriores, reflete níveis aceitáveis na linha superior de saturação e os recalques estão diminuindo. Em 23 de janeiro de 2021 a barragem saiu do nível de emergência após profunda análise sobre suas características geotécnicas, passando a ficar desinterditada dentro dos padrões legais de segurança.

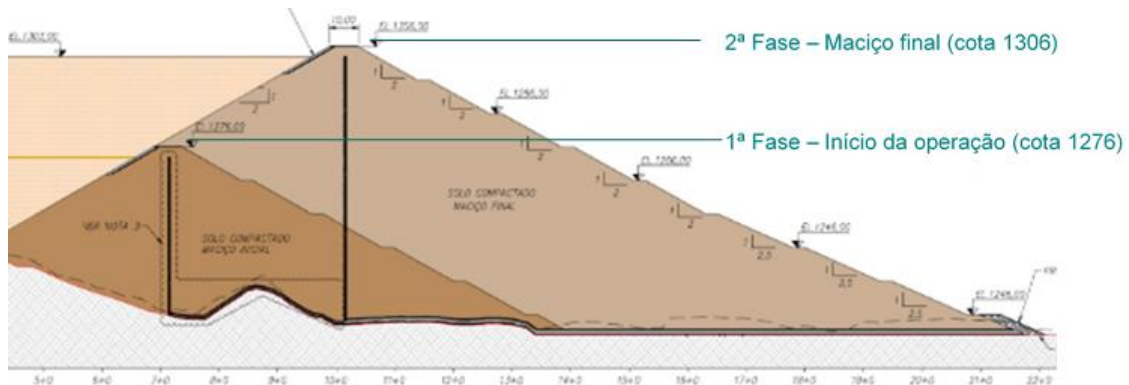
Na nota técnica de fevereiro de 2021 as conclusões e recomendações foram:

- A instrumentação mostra uma situação de estabilização dos recalques e dos deslocamentos horizontais;
- A única dúvida é sobre o fator de segurança para atingir a cota 850m.
- Os inclinômetros e tassômetros (medidores magnéticos de recalque), além das estações robóticas, darão indicações inestimáveis para acompanhar com segurança a elevação do aterro, talvez prescindindo de medidas alternativas.

Barragem Maravilhas III

A Barragem Maravilhas III está em processo de alteamento por jusante. É uma barragem com fundação em formação geológica complexa. Mais de quatorze tipos de rocha foram identificados na fundação, cada uma com suas peculiaridades específicas.

Foi preciso fazer um tapete em solo de baixa permeabilidade para recobrir um afloramento de quartzito permeável. A figura a seguir mostra a seção principal da barragem, com alteamento e destaque para o sistema de drenagem interna.



O Comitê visitou esta barragem desde os primeiros meses de 2019 e produziu vários relatórios sobre diferentes aspectos do projeto e da construção. A primeira observação foi sobre o posicionamento do filtro vertical. A porção superior do filtro estava localizada no eixo da barragem, muito perto do reservatório. Recomendou-se o deslocamento do filtro para jusante.

Já no primeiro relatório emitido em 30 de abril de 2019, face aos elevados gradientes de entrada na parte superior do filtro vertical de areia da primeira etapa, foi recomendada a execução de ensaios de colmatação. Uma amostra representativa do solo da barragem foi usada no estado inicialmente seco, fofo, sobre a areia representativa do filtro, e sujeita a percolação sob gradientes elevados, maiores do que 10. Não houve colmatação da areia em um ensaio de uma semana de duração.

Finalmente, a detecção de trincas no talude de jusante, na parte sendo alteada, acarretou preocupações. Constatou-se, após intensa campanha de investigação de campo e de ensaios de laboratório, que a causa era a existência de um trecho da barragem assente sobre solo de filito, compressível.

Está sendo adotada uma solução de tratamento da fundação com reforço constituído por execução de colunas de *jet-grouting* para estabilizar a fundação do pé de jusante, composta por solos moles e compressíveis de filito. Esses solos estão também presentes em parte da fundação da etapa anterior. Ensaios de campo em uma área teste com diversas combinações de traços de calda de injeção e características de perfuração foram feitos, e concluiu-se pela adequada qualidade das colunas como tratamento da fundação.

Barragem Capitão do Mato

A barragem Capitão do Mato destina-se a reter os sedimentos do Complexo Vargem Grande. Tem 36 metros de altura e foi construída em etapa única, tendo entrado em operação em 2016. A Figura abaixo mostra uma vista aérea da barragem, de seu reservatório, do seu extravasador de cheias e de sua ombreira direita.

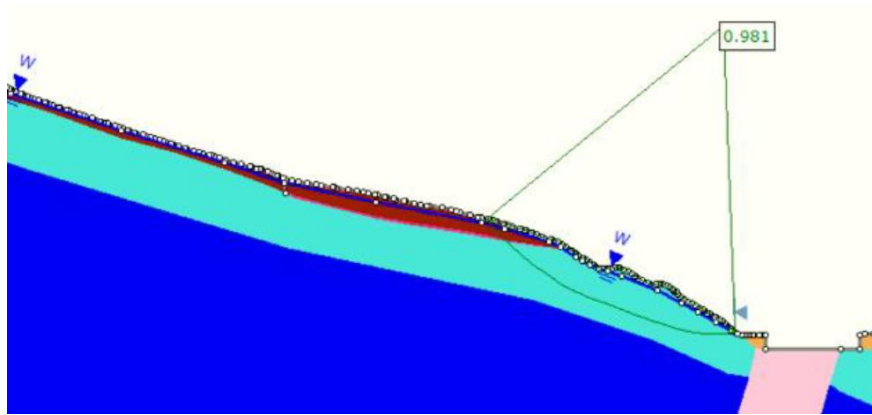


A barragem se situa entre duas barragens da Anglo Golden, a barragem Miguelão de regularização de vazões e a hidroelétrica de Codorna. Pelos conservadores critérios de projeto hidrológico adotado pela Vale, nem a barragem de Miguelão e nem a barragem Capitão do Mato resistiriam à cheia de projeto.

Foram consideradas extensas combinações de projetos para essas duas barragens com a construção de novos extravasores de cheias e com alterações de procedimentos de operação.

O Comitê efetuou estudo hidrológico que concluiu pela recomendação de verificação de simples alteamento de cerca de 40 cm da crista da barragem de Miguelão, alteamento este que bastaria para amortecer o pico de cheia máxima de projeto afluente a esses dois reservatórios.

Outra preocupação nesta barragem é a estabilidade da encosta direita a jusante da ombreira da barragem. Além de evidentes cicatrizes de instabilidades pretéritas como nítidas na imagem acima, há um depósito coluvial oriundo de escorregamentos passados. Pelas análises de estabilidade efetuadas, a encosta é apenas marginalmente estável, como indica a figura a seguir. Em análise de estabilidade, o trecho próximo à calha do extravasador de cheias foi assumido com fator de segurança em estado limite. Essa instabilidade tem possibilidade de atingir a calha do extravasador de cheias.



Ao analisar o problema, o Comitê recomendou em novembro de 2020 que antes do início da estação chuvosa 2020/2021 fossem instalados com urgência drenos horizontais profundos até o substrato rochoso visando o rebaixamento do lençol freático. Após várias interações com o projetista e também da Vale com o Ministério Público de Minas Gerais, os primeiros DHPs foram instalados em fevereiro. Foi sugerida também a instalação de inclinômetros e de indicadores de níveis d'água.

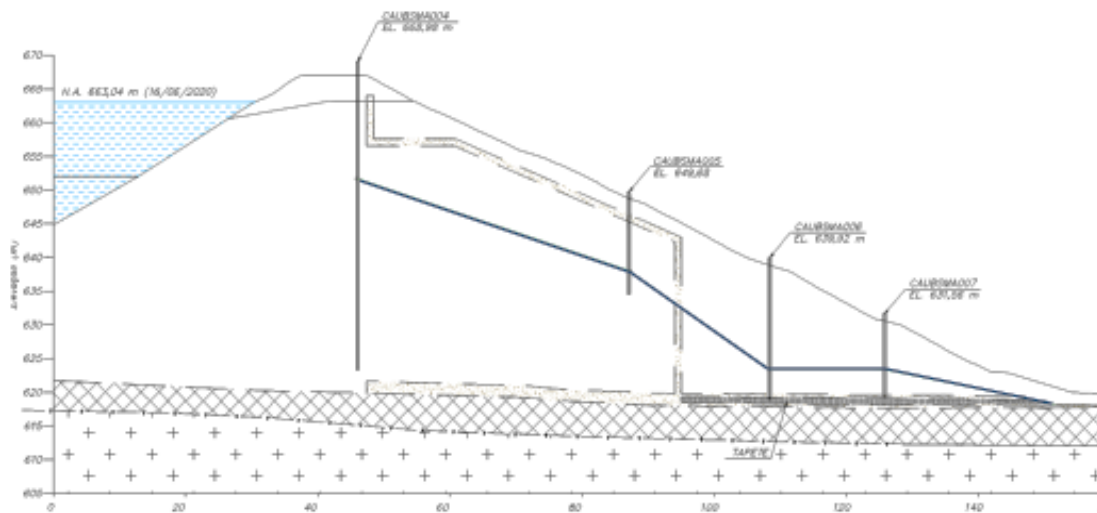
Barragem Santana

A barragem Santana implantada no ribeirão Jirau, faz parte do complexo minerador Itabira, Mina do Cauê, no município de Itabira, MG. A barragem é de terra zonada, fundada em saprolito de gnaixe e em maciço rochoso alterado, com taludes relativamente íngremes próximo à crista, no trecho alteado, de 1:1,85 a montante e 1:1,5 a jusante.



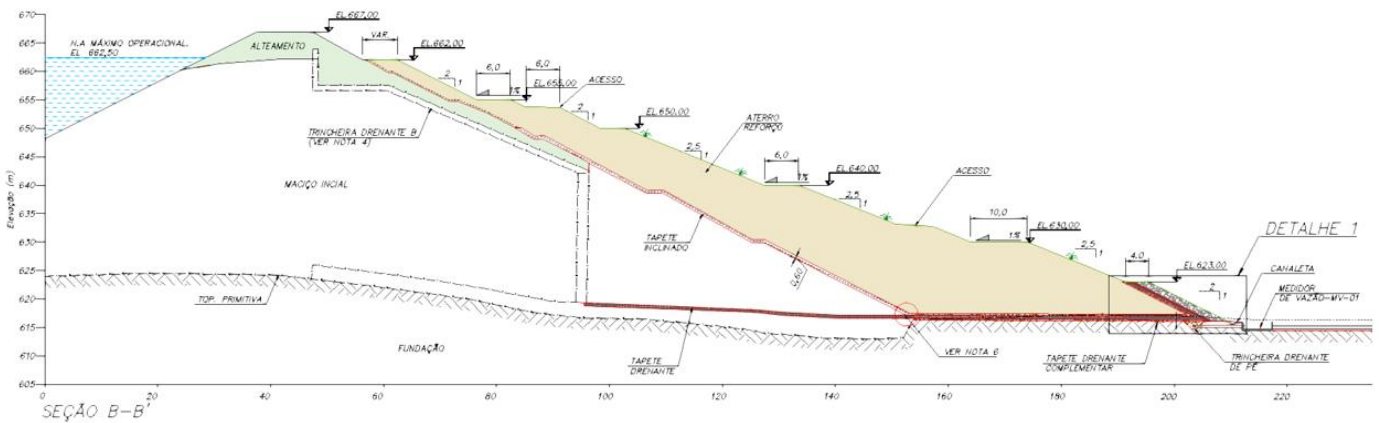
A barragem teve sua operação iniciada em 1978 com 48,50m de altura. Em 2002 a barragem foi alteada em 5,40m .

Com o filtro chaminé vertical em posição muito a jusante em seção transversal típica, foram executadas trincheiras drenantes no talude de jusante ligando o filtro chaminé de primeira fase ao filtro chaminé no maciço de alteamento da segunda fase.



A seção transversal típica mostra que os níveis freáticos no interior do maciço de terra compactada é elevado e indica desempenho deficiente do filtro chaminé de primeira etapa.

A barragem será reforçada através de uma berma sobre o talude de jusante como mostra a figura abaixo, com filtro de areia na interface com o aterro existente. Esse reforço trará o fator de segurança para níveis superiores a 2.



No projeto original a galeria de desvio do rio foi executada em concreto na margem esquerda. Por esse projeto, seu plugue de concreto foi posicionado no extremo montante da galeria, em posição desfavorável. Deveria ter sido executado sob a linha

de centro da barragem. Na atual etapa de reabilitação da barragem, embora desnecessário, a galeria será conservadoramente plugada por concreto em sua totalidade.

O sistema extravasor de cheias é constituído por um vertedouro de superfície livre implantado na ombreira direita. A calha tem declividades variáveis, muros laterais de 2m em concreto e descreve uma curva para a esquerda hidráulica em seu trecho médio antes de desaguar em bacia de dissipação. A crista atual do vertedouro foi implantada sobre a crista original projetada em 1977, o que introduziu uma acentuada soleira aceleradora no fluxo vertido. A figura abaixo mostra a soleira e o trecho inicial da calha.



As verificações hidrológicas quanto ao galgamento da barragem, efetuadas pelo Comitê, resultaram em plena segurança da barragem em cenários os mais desfavoráveis possíveis. Entretanto, o desempenho hidráulico do sistema extravasor tem que ser verificado pois, para a ocorrência de descargas extremas entre 200 m³/s e 300 m³/s, pode ocorrer o transbordamento da calha do vertedouro a jusante da soleira pela eventual formação de ressalto hidráulico e certamente no trecho em curva com elevada declividade (34,36%) no qual não há sobre-elevação da calha nem muro alto com deflector para evitar transbordamentos. As recomendações do Comitê serão adotadas.

Barragem Candonga (Hidroelétrica Risoleta Neves)

As estruturas e equipamentos da barragem Candonga situada no rio Doce e destinada à produção independente de energia elétrica para a Vale e a Aliança Energia, foram atingidas pelos rejeitos liberados pelo colapso da barragem de rejeitos Fundão, da Samarco, situada no município de Mariana, ocorrido em 05 de novembro de 2015. Suas estruturas em grande parte executadas em concreto compactado com rolo foram sujeitas a empuxos muito mais severos dos que os admitidos em projeto devido à elevada massa específica média dos rejeitos que inundaram o reservatório da usina até quase seu nível máximo normal.

As estruturas de concreto da barragem têm altura máxima de cerca de 60m. Análises de estabilidade das estruturas concluíram que a estrutura permanece estável caso o nível de represamento seja permanentemente mantido à cota da soleira do vertedouro de superfície com suas comportas totalmente abertas.

A cheia artificial de rejeitos gerada pelo colapso da barragem de Fundão atingiu o reservatório de Candonga numa vazão afluente de lama estimada em 1.724 m³/s que escoaram por dois dos três vãos do vertedouro de superfície. A comporta do vão central estava em manutenção, com o vão fechado pela comporta ensecadeira. A imagem abaixo mostra os rejeitos provenientes de Fundão sendo escoados pelos dois vãos extremos do vertedouro de Candonga.



Durante a passagem da cheia, sem poder contar com o vão central, o nível de rejeitos no reservatório atuando no paramento de montante da barragem atingiu à El. 327,47m, apenas 0,03m abaixo do nível d'água máximo normal do reservatório. A folga entre os rejeitos e a crista da barragem foi de apenas 2,53m. Considerando a maior densidade dos rejeitos de mineração de ferro retidos no reservatório em nível elevado e por tempo considerável, as estruturas da barragem de concreto ficaram expostas a tensões muito superiores às de projeto.

Durante o extravasamento da onda de cheia afluyente as cristas e as duas calhas dos vãos extremos do vertedouro ficaram sujeitos a elevadas vazões com características fora do comum, compostas por grande descarga líquida com enorme conteúdo de sólidos constituídos por rejeitos ferrosos e materiais sólidos diversos que foram arrastados do leito e das margens do rio Doce.

A barragem Candonga performou com segurança mesmo tendo sido submetida a tensões instabilizantes muito superiores às admitidas em projeto, o que demonstra o conservadorismo dos critérios de projeto adotados no País.

Depois da ocorrência do incidente em 2015, o vertedouro tem permanentemente sido mantido com os três vãos totalmente abertos.



Em 2017 a usina foi retirada pela Agência Nacional de Energia Elétrica da repartição de ganhos e perdas de energia elétrica do Mecanismo de Realocação de Energia MRE, tendo sido declarada inoperante já que permanecia sem gerar energia elétrica e não tinha como contribuir para o rateio do mecanismo.

Barragem B-7

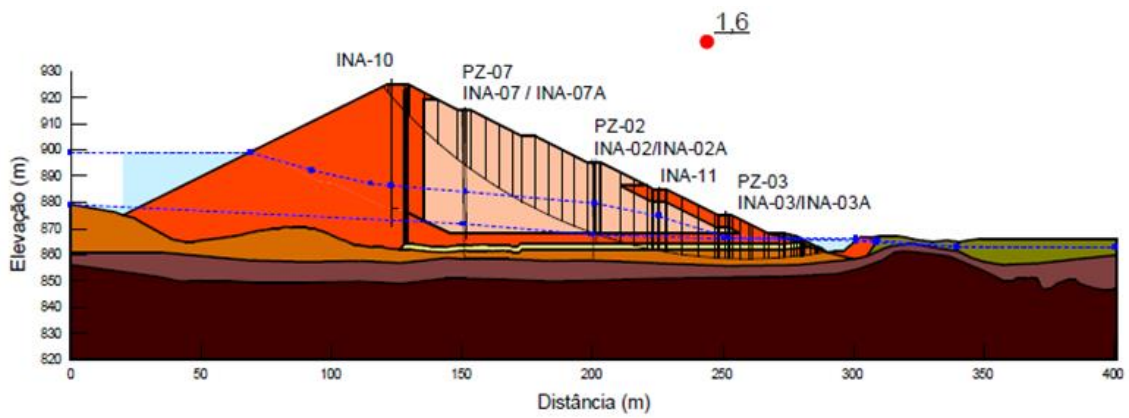
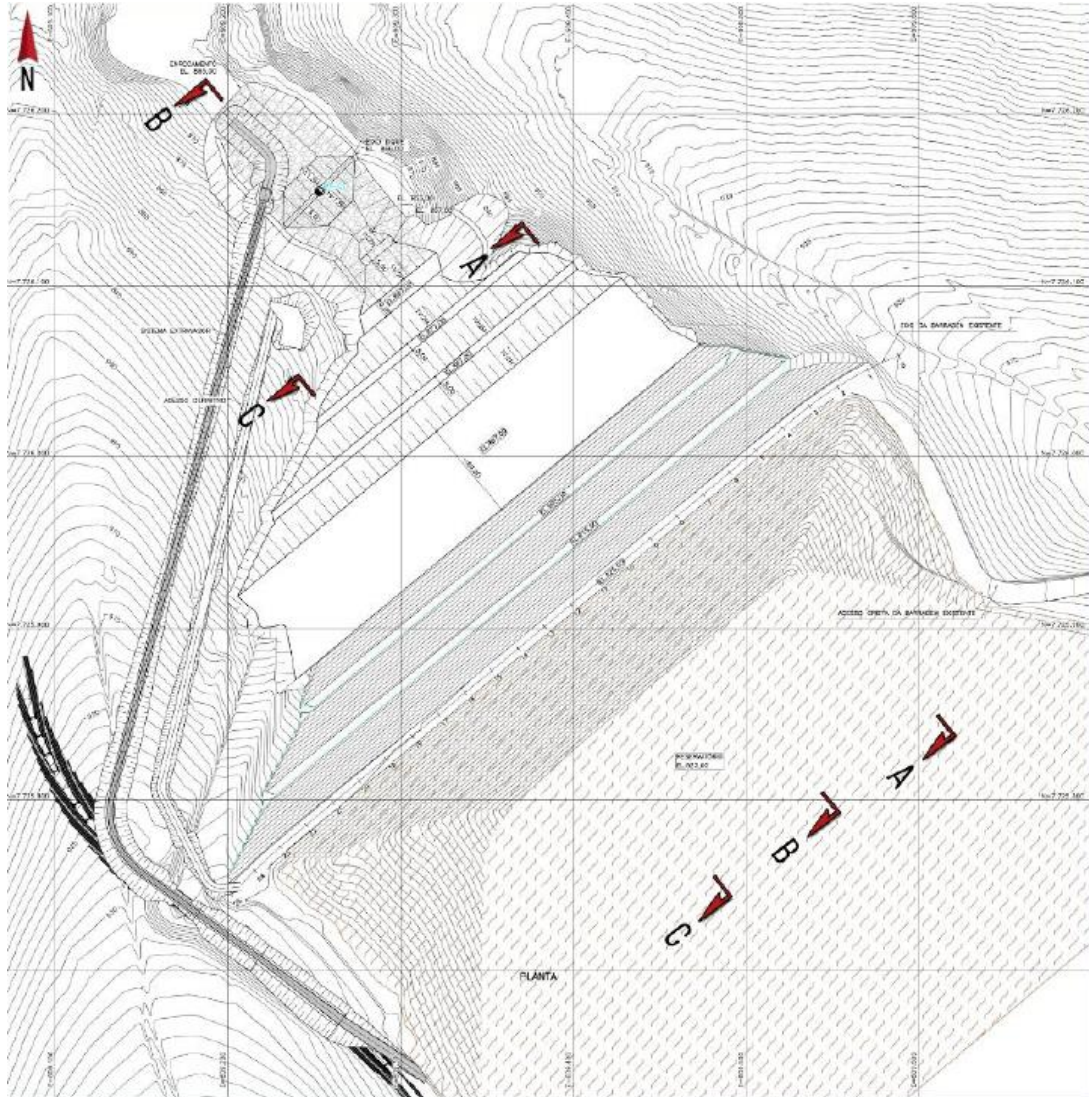
A barragem B-7 foi adquirida pela Vale quando esta comprou da Ferrous, a Mina de Viga. Portanto, seu projeto e execução não foram feitos pela Vale.

A estrutura é uma barragem de terra compactada com 64 m de altura, executada em etapa única, construída para retenção dos rejeitos da Mina de Viga localizada no município de Joceaba, MG. Originalmente a barragem era para ser alteada por jusante para aumentar sua capacidade de estocagem de rejeitos. A crista da barragem está à cota 925 m. Está em curso o projeto de uma berma de estabilização a jusante, na cota máxima de 897 m.



Após a conclusão da berma, a configuração em planta será a mostrada na figura a seguir.

Chamava a atenção a posição da linha freática, indicada pelos indicadores de nível d'água (INAs) instalados a jusante da linha de centro da barragem. A linha freática aparentemente ignorou a presença de um (suposto) filtro vertical, e permaneceu alta, mesmo com o reservatório permanentemente mantido em cota baixa, indicando haver envelopamento do sistema de drenagem interna por solo pouco permeável.



A carência de informações sobre as características do aterro argiloso da barragem e de seus filtros, fez com que o Comitê recomendasse que a berma, mesmo pouco espessa, venha a ser prolongada até o nível d'água máximo normal do reservatório e que haja camada de transição drenante entre os materiais do aterro atual e da berma.

Essa transição garantirá que a drenagem interna mantenha a linha de saturação no interior do maciço com ou sem a ocorrência de fissuras por recalques diferenciais no atual maciço compactado da barragem. Complementarmente pode ser estudada a execução de uma linha de poços de alívio situada a jusante do inoperante filtro chaminé. Esses poços de alívio devem atravessar o tapete drenante e atingir o terreno de fundação.

O projeto prevê escavação de até 12 m de profundidade na região logo a jusante do pé da barragem existente. Os aluviões existentes nessa área são incompatíveis como fundação de uma berma de mais de 20 m de altura. Por esse motivo o projeto indica a necessidade de remoção desse solo de baixa resistência antes da execução do aterro da berma de reforço.

Barragem Gelado

A barragem do Gelado implantada no Corredor Norte, em Carajás, tem por finalidade a contenção de rejeitos e de sedimentos, além de acumulação de água. A barragem foi implantada em três etapas constituídas por um dique de partida em solo compactado e dois alteamentos a jusante, também em solo compactado.

Tanto o dique de partida quanto as duas fases de alteamento tiveram drenagem interna constituída por filtros chaminé e tapetes sub-horizontais drenantes.

Entretanto, em todas as três fases de construção, o tapete drenante foi executado sobre espessa camada de solo compactado que preencheu a escavação do solo superficial no local da barragem. Esse reaterro teve espessuras de 2 m a 12 m e impede o contato do tapete com o solo de fundação, empacotando o tapete e impedindo que ele seja elemento drenante da fundação (mesmo detalhe do projeto da barragem B-7). Na concepção de projeto em todas as fases e por diferentes projetistas, a função do tapete é apenas de transportar para jusante, as águas captadas pelo filtro chaminé, não aliviando, portanto, as pressões intersticiais da fundação.



Com cerca de 30m de altura, a barragem gera grande reservatório com volume atual de $107,6 \times 10^6 \text{ m}^3$ dos quais $25 \times 10^6 \text{ m}^3$ são ocupados por água e o restante por rejeitos e sedimentos submersos. Há ainda $31,2 \times 10^6 \text{ m}^3$ de rejeitos emersos na área do reservatório, em praias afastadas da barragem.

Apesar da barragem ser relativamente recente e da Vale ter sido, desde o início, a implantadora da barragem, por carência de documentação técnica, passou a haver necessidade da execução de levantamentos e prospecções para a determinação do projeto “*as is*” que foi concluído em 2019. Essa necessidade pode ter sido agravada pelo fato de ter havido grande número de empresas de engenharia envolvidas em diversos estudos e projetos da barragem.

Em 2018, antes das definições do projeto “*as is*”, a estimativa do fator de segurança foi de 1,81 para condição de operação normal sem sismos. Após a conclusão das definições “*as is*”, com menos otimismo quanto aos dados básicos, o fator de segurança para a seção transversal mais alta foi de 1,5 para condição normal de operação e de 1,41 para manutenção das condições extremas de afluência da descarga de projeto do vertedouro. Para a condição de ocorrência de sismo, o fator de segurança obtido foi de 1,28. Apesar dos fatores de segurança obtidos terem sido razoáveis, considerando as deficiências de saturação das amostras submetidas a ensaios triaxiais, o Comitê recomendou aprofundamento na campanha de ensaios e de consequentes cálculos de estabilidade.

As prospecções que definiram as características “*as is*” determinaram que há na barragem, três diferentes tipos de seção transversal típica sem terem sido delimitadas as estacas de transição entre essas seções. Considerando as incertezas acima

mencionadas, o Comitê recomendou o estudo de reforço que venha a acarretar fator de segurança teórico igual a 2 para a barragem.

O dique de sela 6 com 15.5m de altura e executado em solo compactado, havia apresentado surgências no talude de jusante. O dique foi devidamente recuperado e reforçado, tendo sido determinado o fator de segurança de 1,47 após o reforço.

O extravasador de cheias é um vertedouro de superfície de lâmina livre, em concreto, com 15m de largura e soleira descarregando em calha com elementos de aeração. O Comitê recomendou obras de recuperação do concreto, obras estas que foram reportadas como tendo sido realizadas recentemente.



A verificação do trânsito da cheia de recorrência milenar definiu a borda livre de confortáveis 1,5 m. Caso a barragem não venha a ser alteada em curto prazo, recomenda-se uma revisão do estudo de trânsito da cheia milenar e ser adotada a cheia decamilenar.

Resumo de estruturas mais relevantes analisadas pelo Comitê – Empilhamentos

Muitas são as pilhas de rejeitos e de material estéril mantidas pela Vale em suas operações de mineração. Um exemplo de pilha que apresentou necessidade de

execução de prospecções, ensaios tecnológicos e análise de verificação das condições de segurança é a pilha da EMESA que acaba de ter concluídos serviços de estabilização. Por outro lado, empilhamentos drenados bem executados e estáveis são exemplificados pelas pilhas Monjolo e Vale das Cobras que terão que ser descaracterizados de acordo com a atual legislação em vigor. Essas três pilhas de características de segurança opostas, são resumidas a seguir.

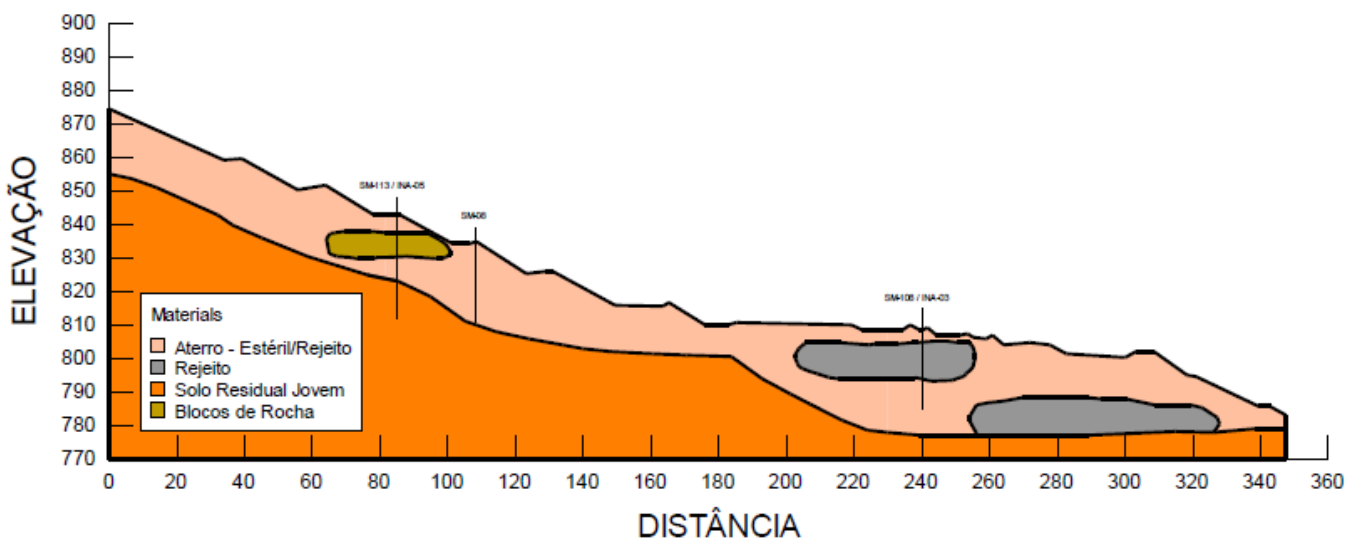
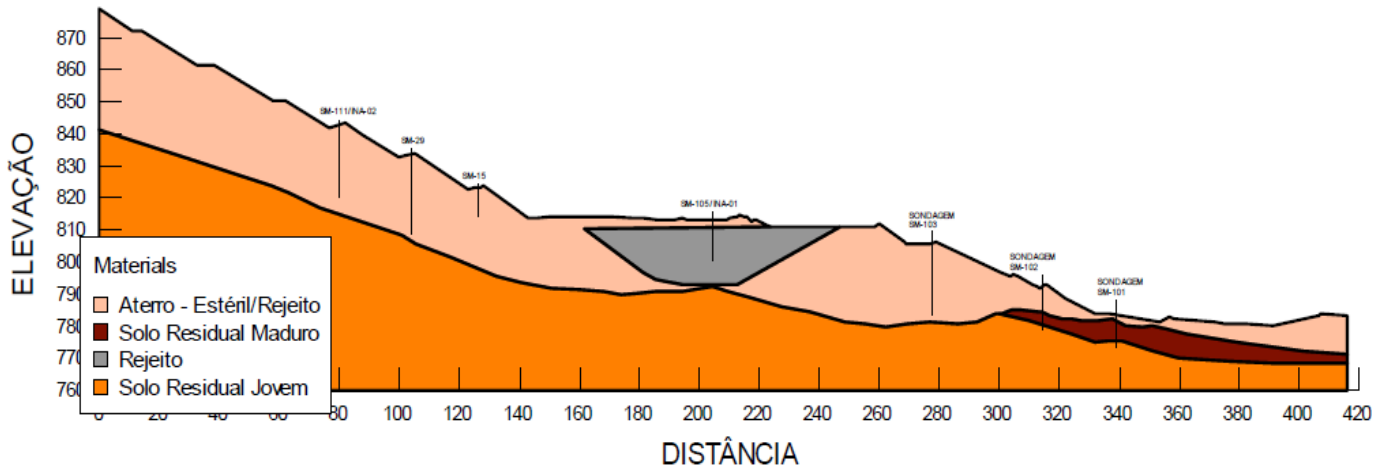
Pilha EMESA

Esta pilha mostrada na imagem a seguir, com 125 m de altura, foi disposta a meia encosta, com os rejeitos e o estéril da mineração Esperança objeto de recente aquisição da Vale junto à Ferrous.



A mina Esperança é situada no município de Brumadinho e sua principal estrutura é uma pilha de estéril e de rejeitos da própria mina e da mina de Santanense. A pilha é constituída basicamente por um envelopamento de material estéril tendo em seu interior bolsões de rejeitos (pilha de estéril e rejeitos - PDER).

As figuras abaixo mostram as seções transversais representativas da pilha, com bolsões de rejeito de baixa resistência e elevada compressibilidade, identificados nas sondagens que foram recentemente executadas.



Essa pilha foi implantada contra um talude da encosta natural, tendo sido alteada para montante. Nessa pilha há uma pequena contenção de sedimentos com cerca de 9m de altura em cota elevada, um dique de saída na lateral esquerda com 8m de altura e uma barragem de gabiões com 5m de altura, em cota inferior.

Como a pilha contém materiais desuniformes (rejeitos e estéril), e como não se conhecia com acurácia as características e o posicionamento desses materiais, suas composições e densidades, e não se conhecia também com segurança o posicionamento do lençol freático em período úmido, a estimativa do fator de segurança feita na época, no valor de 1,37, continha considerável nível de incerteza.

Ao pé da pilha há instalações administrativas que foram implantadas pela Ferrous e que chegou a abrigar até dezenas de trabalhadores. Também a jusante da pilha há duas adutoras da COPASA que transportam água bruta do reservatório da barragem de Rio Manso, um dos principais mananciais que abastecem a região metropolitana de Belo Horizonte.

Fatores de segurança em pilhas de mineração dependem do tipo do material estocado, do tempo de permanência da pilha e do potencial de dano de um eventual colapso. Pelas informações recebidas, na PDER da mina de Esperança, o rejeito deve ser de muito baixa resistência, a pilha é permanente e o potencial de dano é alto. Para esse cenário é internacionalmente recomendado um fator de segurança igual ou superior a 1,5. As análises preliminares indicaram o fator de segurança de 1,37 acima mencionado, inferior ao recomendado. E ainda assim, não se conheciam com precisão os locais onde os rejeitos compressíveis estavam localizados na pilha.

Os relatórios de empresas consultoras que haviam sido fornecidos à Ferrous passaram a ser estudados pela engenharia da Vale e indicaram as condições relatadas nos parágrafos anteriores. De início o Comitê recomendou e a Vale prontamente adotou em 23 de agosto de 2019, a retirada dos funcionários que trabalhavam a jusante da pilha. A Vale passou imediatamente a estudar a documentação técnica recebida e recomendou a paralisação das operações na EMESA, a remoção do pessoal administrativo e de operação nas instalações ao pé da pilha até que viessem a ser obtidas informações que permitissem com segurança a retomada das operações ou o reforço da pilha.

A partir daí iniciou-se uma intensa campanha de sondagens que evidenciou com mais precisão os locais de disposição de rejeitos encobertos pelo estéril. Análises de estabilidade foram feitas com este conhecimento, tendo sido revelados baixos fatores de segurança, inferiores aos anteriormente adotados.

A projetista encarregada de apresentar um projeto para aumentar o fator de segurança da pilha, sugeriu que parte da pilha em sua posição superior fosse escavada, e o material resultante fosse colocado sobre a parte inferior, formando uma berma. Além disso, sugeriu que os trechos com o material compressível dos rejeitos fossem tratados com o processo DSM (*deep soil mixing*), que consiste em misturar calda de cimento à lama dos rejeitos, para aumentar sua resistência ao cisalhamento.

Esse tratamento foi recentemente concluído. O projetista informou, em março de 2021, a evolução dos fatores de segurança de quatro seções transversais analisadas. O fator de segurança para análises drenadas passou do valor mínimos em 2019, nas condições em que a Vale assumiu a pilha, de 1,4 para 1,55 após o tratamento. Para análises não drenadas, o fator de segurança passou de 1,0 nas condições de 2019 para 1,30 após o tratamento, em 2021. Recomenda-se que o projeto de reconfiguração da pilha seja efetuado.

Empilhamento Drenado Monjolo

O empilhamento drenado (ED) Monjolo está localizado na Mina Água Limpa, MG. Seu projeto, monitoramento e análise de estabilidade foram revisados pelo Comitê em julho 2020. O empilhamento tem estado inativo desde 2010 quando sua capacidade foi esgotada e foi substituído pelo empilhamento drenado Vale das Cobras. Atualmente

está em processo de estudos e projeto para descomissionamento e posterior descaracterização. Os dados de projeto são escassos e não há registros de projeto *as built*. Assim, as investigações atuais se destinam a obter o *as is*.

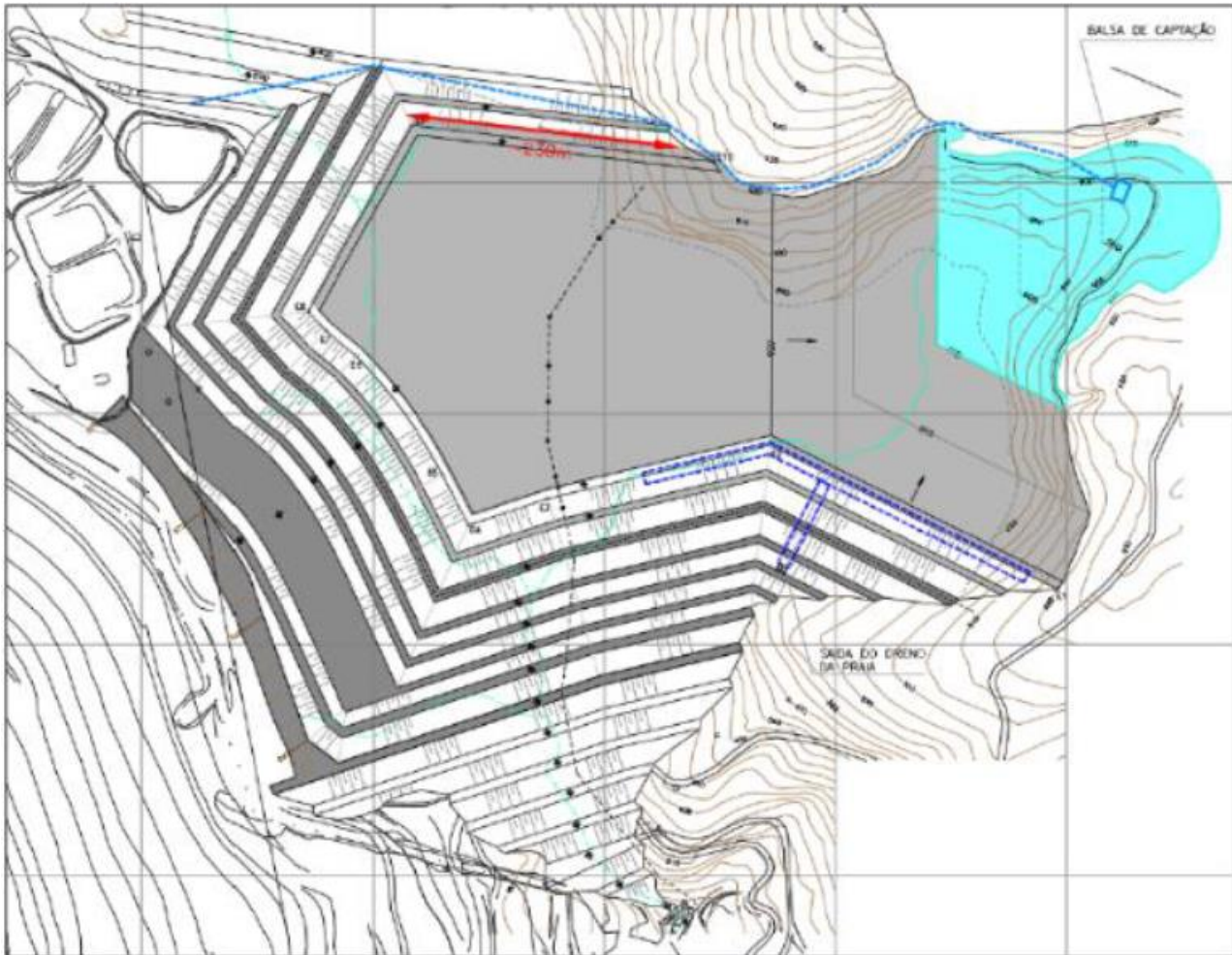
O empilhamento drenado Monjolo foi implantado sobre um tapete drenante de um metro de espessura numa largura de 10 metros com objetivo de impedir a formação de um lençol freático acima dessa interface. O empilhamento foi construído a partir de um dique de partida, com material grosseiro da ciclonagem (underflow) com apenas 10 % passando na peneira 200. A fração predominantemente fina da ciclonagem (overflow) foi depositada na barragem do Diogo. Informações da época da construção indicam que o underflow foi espigotado desde a periferia externa até o interior do empilhamento.

Assim, a areia mais grossa do underflow sedimentou na periferia externa, tendo sido compactada com rolo, formando os taludes perimetrais. E a areia mais fina do underflow fluiu com a água para o interior do empilhamento. Essencialmente os taludes periféricos estão constituídos por areia média.

O empilhamento drenado com volume acumulado de $19 \times 10^6 \text{ m}^3$, tem altura de 145 m, com bermas de 6 m de largura a cada 10 m de altura, formando uma declividade geral de 1V:2.7H. Uma vista aérea do empilhamento encontra-se abaixo



O empilhamento drenado tem três taludes livres, no restante da área a pilha se apoia nas elevações locais. A figura abaixo mostra a planta da pilha, no seu formato de um polígono irregular. Os taludes externos são vegetados e dotados de eficiente drenagem superficial.



A estrutura possui instrumentação composta por 7 piezômetros, 13 indicadores de nível d'água (INAs), um medidor de vazão, 22 prismas de monitoramento, 6 prismas de controle e 2 bases de monitoramento de prismas. Além desse monitoramento terrestre, é feito ainda o monitoramento INSAR, por satélite. A instrumentação instalada na estrutura é plenamente adequada e bem operada. O nível do lençol freático é baixo, o que confirma a eficiência dos dispositivos de drenagem interna. O monitoramento por satélite não mostrou movimentações dos taludes.

Uma campanha de investigação geotécnica foi recentemente iniciada constando de sondagens mistas, CPTU's, prospecção geofísica e coleta de amostras deformadas e indeformadas para ensaios de laboratório de solos. À medida que resultados dessas investigações são obtidos, os cálculos de estabilidade para a seção transversal principal são revistos.

Houve diagnósticos técnicos em 2014 e 2018, e auditoria RISR em 2020. As análises de estabilidade têm fornecido valores de fatores de segurança satisfatórios para todos os cenários. A tabela abaixo mostra o resumo dos resultados das análises de estabilidade estática e pseudo estática, que atendem a todos os requisitos estabelecidos pela Agência Nacional de Mineração (ANM).

Empilhamento Drenado de Monjolo - Fatores de Segurança Obtidos				
Seção	Análise Estática Drenada	Análise Estática Não Drenada	Análise Pseudo-Estática Drenada	Análise Pseudo-Estática Não Drenada
Seção Crítica	1,67	1,45	1,42	1,24

As novas investigações geológico-geotécnicas de campo e laboratório, o projeto de descomissionamento, o estudo de dam break (colapso de barragem), a automação da instrumentação de auscultação e a instalação de novos instrumentos estavam em curso durante a revisão do Comitê.

Apesar do acima exposto e das características adequadas do empilhamento drenado em relação à estabilidade, em 2019, após o colapso da Barragem 1 de Córrego do Feijão, a ANM classificou as pilhas de rejeitos erguidas para montante, independentemente da situação de drenagem interna, como sujeitas às mesmas exigências das barragens de rejeitos alteadas para montante. Por este motivo, apesar das características favoráveis do empilhamento drenado Monjolo, devido à legislação em vigor, a Vale está projetando a descaracterização da estrutura.

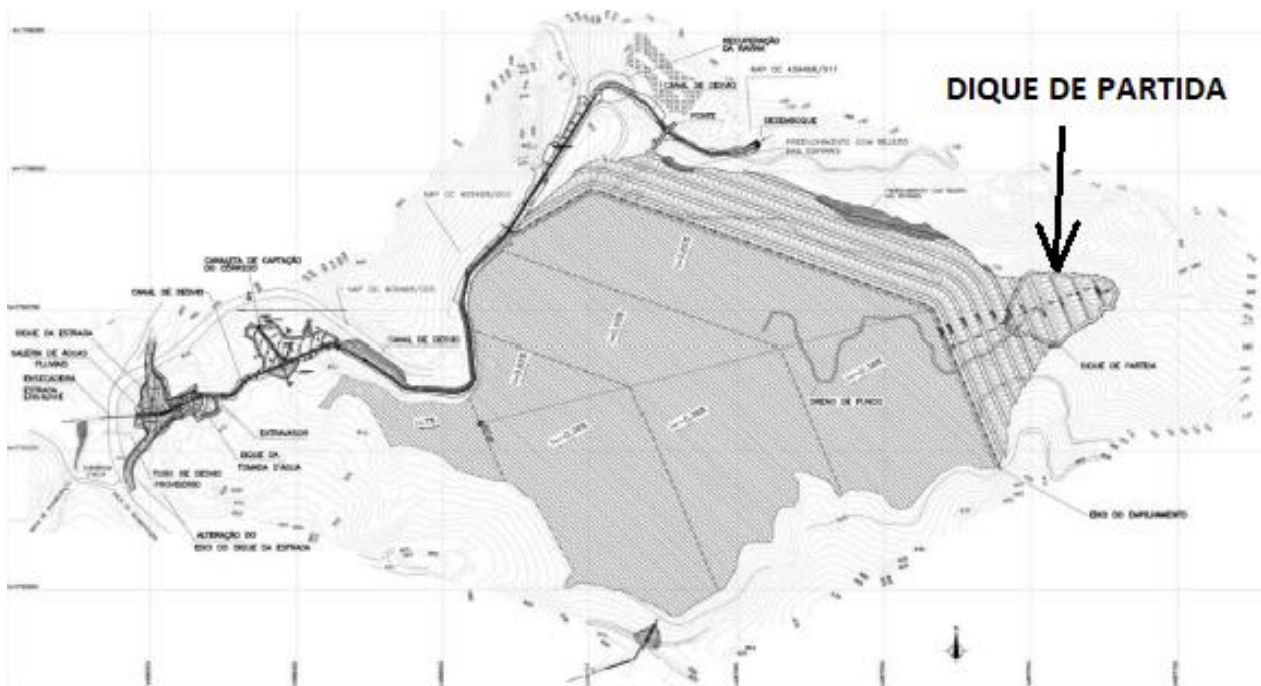
Empilhamento Drenado Vale das Cobras

O empilhamento drenado Vale das Cobras está localizado na Mina Água Limpa, MG. Seu projeto, monitoramento e análise de estabilidade foram revistos pelo Comitê em julho 2020. Atualmente o empilhamento está inativo e em processo de descomissionamento para atender à legislação atual.

O empilhamento drenado foi construído a partir de um dique de partida com altura de aproximadamente 55 m. Uma ensecadeira foi construída a montante para desvio do córrego. O dique foi construído em 2010 e 2011, tendo sido constituído por um maciço de solo compactado com filtro vertical e tapete drenante. Sua face de montante era protegida com enrocamento, o qual está separado do maciço de solo com materiais de transição interligados ao sistema de drenagem interna. O talude de jusante do dique tem três bermas e forma declividade de aproximadamente 1V:3H.

A partir deste dique foi feito o empilhamento drenado com material grosseiro da ciclonagem. A fração predominantemente fina da ciclonagem foi depositada na barragem do Diogo. O empilhamento é, portanto, constituído por material predominantemente de granulometria de areia com volume de $20,8 \times 10^6 \text{ m}^3$, disposto na plataforma por espigotes e espalhado por tratores de esteira para perder umidade até cerca de 10 %. A compactação foi promovida por passagens desses tratores. Atualmente o empilhamento está com altura de 105 m, apenas 5m abaixo de seu nível original de projeto, apresentando talude externo com bermas de 6 m de largura a cada cerca de 10m, formando declividade geral de 1V:3H.

A pilha foi originalmente projetada para operar até 2021 e atingir a El. 810 m. A figura a seguir mostra a pilha como projetada.



O monitoramento é feito por 11 piezômetros, 9 indicadores de nível d'água (INA's), 13 prismas de monitoramento e um medidor de vazão. A instrumentação instalada na estrutura é plenamente adequada e bem operada. A instrumentação indica níveis d'água bem controlados e muito baixos, o que confirma a eficiência dos dispositivos de drenagem interna. O monitoramento por satélite foi iniciado, e não mostrou movimentações dos taludes.

O nível do lençol freático é baixo, conduzindo a valores satisfatórios de fatores de segurança para todos os cenários. A tabela abaixo indica os resultados das análises de estabilidade estática e pseudo estática, que atendem a todos os requisitos estipulados pela ANM.

EMPILHAMENTO DRENADO VALE DAS COBRAS - FATORES DE SEGURANÇA OBTIDOS		
SEÇÃO DE ANÁLISE	ANÁLISE ESTÁTICA	ANÁLISE PSEUDO-ESTÁTICA
F.S de Referência	1,50	1,10
Seção A-A - GLOBAL	1,55	1,32
Seção A-A – Dique de partida	1,55	1,36
Seção B-B – Global	1,51	1,32

Apesar do acima exposto e das características adequadas do empilhamento drenado em relação à estabilidade, em 2019, após o colapso da Barragem 1 de Córrego do Feijão, a ANM classificou as pilhas de rejeitos erguidas para montante, independentemente da situação de drenagem interna, como sujeitas às mesmas exigências das barragens de rejeitos alteadas para montante. Por este motivo, apesar das características favoráveis do empilhamento drenado Vale das Cobras, devido à legislação em vigor, a Vale está projetando a descaracterização da estrutura.

Conclusões e recomendações gerais

Além das inúmeras recomendações específicas acima mencionadas para todas e cada uma das estruturas destinadas a conter rejeitos, sedimentos e/ou água para diversas finalidades, relaciona-se no presente capítulo recomendações de âmbitos mais amplos decorrentes dos diversos contatos de trabalho que o Comitê teve com as equipes da Vale ao longo desses dois anos.

Em todos os contatos os membros do Comitê interagiram com equipes técnicas e gerenciais de elevada capacidade e dedicação. As recomendações a seguir podem complementar a qualidade dessas equipes e apoiar em decisões futuras.

- Notou-se a carência de documentação de projeto mesmo em alguns empreendimentos executados desde o início pela Vale ou por uma de suas empresas associadas. Esse aspecto é ainda mais marcante em estruturas de mineração adquiridas de terceiros. Essa carência de documentação técnica tem obrigado à realização de esforços para obtenção das características de cada estrutura através de prospecções, ensaios e auscultação para obtenção de documento “*as is*” cuja acurácia não chega a ser tão confiável como um documento “*as built*”. Considerando que em muitos casos obras de mineração se prolongam por prazos dilatados, é importante o conhecimento de como as obras foram executadas e sob quais critérios de projeto elas foram concebidas. Conseqüentemente recomenda-se que em futuros empreendimentos haja sempre o relatório “*as built*” suficientemente detalhado e bem arquivado.
- Em todos os projetos e obras e, mais notadamente nos empreendimentos mais urgentes e em estruturas não convencionais envolvendo grandes produções de concreto o que não é comum em obras de mineração, a admirável rapidez de execução desde o primeiro trimestre de 2019 na estrutura de contenção de Gongo Soco, impactou a análise tecnológica de projeto. Recomenda-se que em obra em ritmo normal de execução
- As estruturas de contenção de Gongo Soco e Mar Azul estão concluídas e a de Fábrica está em conclusão com sucesso. Essas três estruturas de contenção são obras de porte executadas em prazos curtos, envolvendo elevados recursos financeiros e intensos recursos humanos. Essas obras garantem extensas áreas a jusante livres de impactos econômicos e socioambientais de possíveis colapsos de

barragens de rejeitos que se encontram em elevados níveis de atenção. Com as obras concluídas e uma delas já tendo ocasionado relevante benefício no amortecimento de onda de severa cheia historicamente inédita ocorrida nos dias 23 e 24 de janeiro de 2020, quando ainda estava em construção, deixou claro que essas obras poderão permanecer prestando importantes contribuições pelo menos no controle de cheias, aspecto praticamente abandonado no País desde a dissolução do Departamento Nacional de Obras de Saneamento ocorrido no governo Collor de Mello. Dessa forma, caso essas estruturas não venham a ser atingidas por colapso das barragens de rejeitos Forquilhas I, II, III e IV, Grupo, Sul Superior, Sul Inferior e B3/B4 antes dessas barragens serem descaracterizadas, essas estruturas têm toda capacidade de se tornarem excelentes barragens de controle de cheias gerando segurança e benefícios para populações residentes a jusante. Provavelmente nas atuais tomadas d'água seria deixada apenas uma adufa em operação, as demais sendo plugadas com concreto. A Vale poderia operar diretamente essas estruturas ou transferi-las para a administração estadual ou federal.

- Em importantes barragens em construção ou em processos de alteamento tais como Itabiruçu, Maravilhas III, B-7, verificou-se que carência na aquisição de dados básicos de prospecção dos terrenos de fundação geraram custosas discontinuidades nas atividades de construção, impactando negativamente atividades de disposição de rejeitos e, conseqüentemente, de processos minerais. Recomenda-se que as prospecções em fase de concepção de projeto (projeto básico) sejam as mais detalhadas possíveis para que sejam evitadas essas interrupções durante a implantação de barragens ou de alteamentos de barragens ou de pilhas.
- A Vale detinha no início de 2019 trinta e uma estruturas geotécnicas alteadas para montante, uma das quais, a barragem B-1 em Brumadinho, colapsou em 25 de janeiro de 2019. Logo após a Vale iniciou um programa de descaracterização das trinta estruturas geotécnicas que haviam sido alteadas para montante, posteriormente apoiada pela legislação que passou a vigorar sobre essas estruturas. O relatório da Vale emitido em março de 2021 para o *US Security and Exchange Commission* reporta que das trinta estruturas restantes, cinco já foram completamente descaracterizadas, restando ainda treze barragens, dez diques e dois empilhamentos drenados. O Comitê considera apropriado o programa de descaracterização de barragens e diques que foram alteados para montante.
- Desde 2016 a Vale tem investido no estudo e na implementação da disposição de rejeitos por empilhamento a seco, o que permite a disposição de rejeitos desidratados em pilhas sem a necessidade de implantação de barragem. A Vale realizou entre maio de 2016 e fevereiro de 2018 um teste piloto de filtragem e a construção de empilhamentos experimentais no Complexo Pico e, em dezembro de 2019, organizou um workshop interno para discutir a tecnologia do empilhamento a seco. Um membro do Comitê participou no workshop.

Normalmente, para o empilhamento a seco, os rejeitos são inicialmente espessados e depois filtrados para atingir um teor de umidade adequado para a compactação e o empilhamento dos rejeitos desidratados em estado sólido. Em alguns casos, o teor de umidade da filtragem pode ser demasiadamente elevado para se conseguir compactação adequada e, nesse caso, um ajustamento adicional da umidade por secagem ao ar é realizado na pilha antes da compactação. Essa tecnologia permite a construção de pilhas estáveis que ocupam menos área do que as instalações convencionais de armazenamento de rejeitos.

A Vale anunciou em março de 2021 em relatório à *United States Securities and Exchange Commission* um investimento estimado de 2,4 bilhões de dólares americanos entre os anos de 2020 e 2024 para a construção de cinco instalações de filtragem de rejeitos, quatro delas no estado de Minas Gerais utilizando filtros de disco de vácuo, uma localizada no Complexo de Vargem Grande (Pico), duas no Complexo de Itabira (Conceição e Cauê) e uma na Mina Brucutu com capacidades de filtragem de rejeitos de respectivamente, 28.429 t/dia, 71.519 t/dia, 45.338 t/dia e 46.414 t/dia. Essas plantas serão as maiores do planeta e em clima úmido (presentemente a maior está na Austrália, em clima seco, com capacidade de 35.000 t/dia, aproximadamente). Essas plantas estão programadas para entrada em operação entre os primeiros trimestres de 2021 e 2022.

A primeira planta de filtragem localizada em Vargem Grande iniciou gradualmente a operação em março de 2021. Abaixo, imagem da instalação da planta em Itabira, na Mina Conceição.



Uma quinta planta utilizando filtro prensa e de menor capacidade (1.424 t/dia), foi programada para entrar em operação em Corumbá, Mato Grosso do Sul, no final de 2021.

O Comitê apoia o desenvolvimento e a utilização da tecnologia de empilhamento a seco para a disposição de rejeitos e registra as grandes produções que estão em instalação e a rápida implementação pela Vale.

- Os empilhamentos drenados com elevada performance como os de Monjolo, Vale das Cobras apresentam drenabilidade extremamente eficiente e elevados fatores de segurança certificados por monitoramento de comprovada qualidade. Nessas estruturas não é possível realizar análises de “*dam break*” dado que não têm reservatório de água. Apesar da Agência Nacional de Mineração ter classificado essas estruturas como alteadas por montante e, pela legislação em vigor, devam ser descaracterizadas, recomenda-se esforços junto à referida Agência para que sejam evitadas as descaracterizações dessas estruturas por comprovadamente não trazerem perigo de colapso.
- Interessante pesquisa tecnológica sobre liquefação de rejeitos saturados idealizada pela Vale deverá ser iniciada em futuro muito próximo contando com apoio de pesquisadores e laboratórios das COPPE/UFRJ (Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, da Universidade Federal do Rio de Janeiro), UENF (Universidade Estadual do Norte Fluminense) e UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul). A pesquisa compreenderá duas etapas que poderão ser executadas simultaneamente. Na primeira etapa será instalado um modelo em caixa contendo amostras do rejeito a ser estudado. A caixa será submetida a vibrações simulando sismos de diferentes intensidades possibilitando o estudo das condições nas quais se processa a liquefação. Na segunda etapa a liquefação dos rejeitos será pesquisada em duas centrífugas, uma situada na COPPE/UFRJ e a outra na UENF. A pesquisa será conduzida sob a responsabilidade das três universidades. O Comitê participou dos contatos iniciais para estruturação da pesquisa e recomenda seu prosseguimento.
- Em 2020 foram emitidos dois documentos básicos sobre diretrizes de governança técnica relativos a projetos e operação de estruturas de armazenamento de rejeitos. Esses documentos são “*The Global Industry Standard on Tailings Management*” (International Council of Mining & Metals et al) e “*Política de Segurança de Barragens e de Estruturas Geotécnicas de Mineração*” (Vale). Esses dois documentos apresentam as diretrizes gerais a serem seguidas com relação a estudos, projetos, construção, operação, monitoramento, fechamento e descomissionamento de barragens de rejeitos. O Comitê foi consultado em antecipação e manifestou seu

integral apoio à aplicação dessas diretrizes para as barragens da Vale e recomenda que todos os projetistas, consultores e pessoal técnico da Vale utilizem essas diretrizes. Esses documentos são brevemente comentados abaixo. Além de aspectos técnicos de engenharia, deve ser realçado no “*Global Industry Standard on Tailings Management*”:

- i) Envolvimento e participação das comunidades afetadas;
- ii) Designação e instituição de “*Engineer of Record*” (EoR);
- iii) Estabelecimento e implementação de níveis de revisão como parte de um sistema de qualidade e gestão de riscos para todas as etapas da existência da estrutura de armazenamento de rejeitos, incluindo seu fechamento;
- iv) Garantir importância à governança para o estabelecimento de políticas e de sistemas que implementem e verifiquem o cumprimento dessas políticas;
- v) Implementação de planos de ação de emergência.

Em novembro de 2020, a Vale aprovou e publicou a Política de Segurança de Barragens e de Estruturas Geotécnicas de Mineração (POL-0037-G). O objetivo desta política, que é aplicável a todo tipo de barragens, diques, cavas e pilhas de estéril, é estabelecer diretrizes e compromissos para a gestão de segurança dessas estruturas, de modo a gerenciar corretamente os aspectos críticos, bem como de atender os controles de riscos associados aos sistemas de gestão que tiverem sido implementados. Tendo também sido consultado, o Comitê concordou integralmente com a formulação dessa política e recomendou sua implementação no menor prazo possível. A seguir são realçados alguns aspectos de esta política:

- Instituição do engenheiro de registro, “*EoR, Engineer of Record*”, que é o responsável pelo acompanhamento técnico permanente ao longo da existência de cada estrutura.
- Registro documental de análise técnica histórica das reais condições físicas de todas as barragens.
- Descaracterização de todas as barragens alteadas a montante.
- Projetos alternativos de disposição de rejeitos em barragens com aumento do teor de sólidos e redução da umidade.
- Implementação do Sistema de Gestão em Segurança para que as estruturas geotécnicas sejam construídas e/ou alteadas de acordo com o projeto de engenharia detalhado, sob a supervisão do Engenheiro de Registro “EoR” e que as barragens sejam operadas de acordo com os manuais de operação, manutenção e vigilância geotécnica.
- Contratação dos serviços de engenharia, de revisão externa e de consultoria priorizando a qualidade, a ética e não os custos dos serviços.
- Assegurar que todos os componentes de barragens e de instalações de armazenamento de resíduos de mineração sejam projetados com a melhor tecnologia disponível e as melhores práticas de acordo com as melhores práticas de instituições internacionais.

- Manter e divulgar junto às partes interessadas um plano de preparação e contingência para resposta às emergências para os ativos geotécnicos críticos.
- Implementar diversos controles que visem o gerenciamento da água presente nas instalações de armazenamento de rejeitos, desde a fase de concepção de projeto até a operação, utilizando obras hidráulicas de drenagem da água superficial para fora do reservatório.
- Disposição dos rejeitos considerando diretrizes ou parâmetros operacionais nas sequências de lançamento de modo a favorecer o afastamento da água do talude de montante da estrutura da instalação de armazenamento de rejeitos.
- Recuperação de forma eficiente a água utilizada nos processos produtivos, com o uso de sistemas espessadores de rejeitos para, dessa forma, reduzir a quantidade de água que a ser transportada junto aos rejeitos.
- Desenvolver profissionalmente os empregados para que tenham a capacitação adequada para as respectivas funções-chave nas atividades de geotecnia, hidrotécnica, de operação de mina e de processos.
- Realizar em todas as etapas do ciclo de existência do ativo, os controles de riscos geotécnicos e as atividades associadas ao monitoramento geotécnico, identificados com base nos modos de falha estudados e suas consequências associadas.

O Comitê tem trabalhado permanentemente durante estes dois anos com o pessoal gerencial e técnico da Vale e tem sido testemunha da implementação exitosa das políticas resumidas acima. Cabe destacar que atualmente já está em pleno funcionamento o sistema de níveis de revisão, tendo sido designados os “EoR” da maioria das mais importantes barragens, assim como os “*Independent Technical Review Boards*” para as áreas em que a Vale opera.

Importante decisão da Vale na gestão de projetos e obras foi, portanto, o início da implantação dos “*design review*” e dos “EoR” a partir de 2020 através de empresas de engenharia consultiva, possibilitando melhor gerência técnica das estruturas, reforçada por supervisão direta e contínua.

Referências

- Assumpção, M., Pichiner, M., Dourado, J.C., Barros, L.V. (2016) – Terremotos no Brasil – Preparando-se para Eventos Raros – Boletim 96 – Sociedade Brasileira de Geofísica SBGf, pp.145-188.
- Atkinson, G. (2016) - Analysis of Ground Motions from Nov. 5, 2015 - Earthquake Sequence near Fundão Dam in Brazil, Report to CGSH (Cleary, Gottlieb Steen & Hamilton).

- Australian National Committee on Large Dams ANCOLD (2019) - Guidelines on Tailings Dams - Planning, Design, Construction, Operation and Closure - Technical Bulletin.
- Canadian Dam Association CDA (2014) - Application of Dam Safety Guidelines to Mining Dams - Technical Bulletin.
- Christian, J. T. (1996) – Reliability Methods for Stability of Existing Slopes – ASCE Geotechnical Special Publication No. 5R – Uncertainty in the Geology Environment – From Theory to Practice – Proc. Uncertainties 911, Vol. 1, p.409-418.
- Chow, V.T., Maidment, D.R., Mays, L.W. (1988) Applied Hydrology – McGraw Hill.
- Chow, V.T. (2009) – Open Channel Hydraulics – McGraw Hill.
- Davies, M. (2011) – Filtered Dry Stacked Tailings – The Fundamentals in Proceedings Tailings and Mine Waste – Vancouver, BC, P. 6-9.
- Comitê Brasileiro de Barragens (2012) – Barragens de Rejeitos no Brasil – Rio de Janeiro, – 308 p.
- De Melo, A. (2014) - Análises de Risco Aplicadas a Barragens de Terra e Enrocamento: Estudo de Caso de Barragens da CEMIG GT, Dissertação de Mestrado, UFMG.
- Fell, R., Macgregor, P., Stapledon, D., Bell, G., Foster, M. (2014) – Geotechnical Engineering of Dams – CRC Press, p. 1382.
- Hore, C., Luppnow, D. (2014) – Karara Iron Ore TSF – Design Considerations for a Unique Large Scale Dry Stack Facility – Tailings and Mine Waste 14 Conference, Keystone, Colorado.
- International Commission on Large Dams ICOLD (2011) - Improving Tailings Dam Safety - Technical Bulletin 139.
- International Council on Mining & Metals, United Nations Environment Programme, Principles for Responsible Investment (2020) – Global Industry Standard on Tailings Management.
- Lacasse, S., Nadim, F. (1998) – Risk and Reliability in Geotechnical Engineering – Fourth International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering – St. Louis, Missouri, USA.
- Morgenstern, N.R. et al (2016) - Fundação Tailings Dam Review Panel - Report on the Immediate Causes of the Failure of the Fundação Dam.
- Pinheiro, Mário Cicareli (2011) – Diretrizes para Elaboração de Estudos Hidrológicos e Dimensionamentos Hidráulicos em Obras de Mineração. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 308 p.
- Read, J., Stacey, P. (2009) – Guidelines for Open Pit Slope Design – CRC Press.
- Silva, F., Lambe, T.W. & Marr, W.A. (2008) Probability and Risk of Slope Failure, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering © ASCE, 2008 - p. 1691-1699.
- Soil Conservation Service, USDA (1957) – Engineering Handbook – Hydrology – Supplement A, Section 4.

- Vale S.A. (2020) – Política de Segurança de Barragens e de Estruturas Geotécnicas de Mineração – Rev. 00 (POL 0037–G).
- Vale S.A. (2021) – Annual Report Pursuant to Section 13 or 15(d) of the Securities Exchange Act of 1934 – United States Securities and Exchange Commission, P.121.
- Whitman, R. V. (1984). “Evaluating Calculated Risk in Geotechnical Engineering.” J. Geotech. Eng. ASCE, 1102, 1984 p.145–188.

ANEXO I

RELAÇÃO DE RELATÓRIOS, NOTAS TÉCNICAS E DOCUMENTOS TÉCNICOS

Comitê Independente de Assessoramento Extraordinário em Segurança de Barragens

Sigla Documento	Assunto / Estrutura	Data da visita/ Recebimento do Material	Data de Postagem no Portal
RL 01	Barragem Maravilhas III	12/04/2019	06/05/2019
RL 02	Barragem Sul Superior e barragem Sul Inferior, barragem Laranjeiras, barragem Itabiruçu e barragens e diques do Sistema Pontal	04/05/2019	06/05/2019
RL 03	Barragem Itabirucu	18/06/2019	18/06/2019
RL 04	Barragens Forquilhas I, II, III e IV, Sul Superior, Sul Inferior, Cianita 2 e 3, Campo Grande, Barragens Borrachudo 2 e 3, Dique Portaria, barragens Doutor, Vargem Grande, Fernandinho e 8B	28/06/2019	28/06/2019
RL 05	Estruturas de Contenção a Jusante de B3/B4, Forquilhas e Sul Superior	07/08/2019	07/08/2019
RL 06	Estruturas da B-7 e pilha EMESA	26/08/2019	26/08/2019
RL 07	Quarta Visita Técnica a Barragens e Estruturas de Contenção	09/09/2019	10/09/2019
RL 08	Estruturas em CCR para contenção de rejeitos	16/09/2019	17/09/2019
RL 09	Pequena Central Hidroelétrica Mello	28/09/2019	30/09/2019
RL 10	Quinta Visita Técnica às Estruturas de Contenção	24/10/2019	30/10/2019
RL 11	Pilha de Disposição de Estéril e Rejeitos (PDER) da Usina Esperança	04/11/2019	04/11/2019
RL 12	Estruturas de Contenção - barragens de rejeitos Sul Superior e Sul Inferior, Forquilhas e Grupo B3/B4	28/11/2019	29/11/2019
RL 13	Estruturas de Contenção - barragens de rejeitos Sul Superior e Sul Inferior, Forquilhas e Grupo B3/B4	23/12/2019	26/12/2020
RL 14	Estruturas de Contenção - barragens de rejeitos Sul Superior e Sul Inferior, Forquilhas e Grupo B3/B4	08/01/2020	09/01/2020

Comitê Independente de Assessoramento Extraordinário em Segurança de Barragens

RL 15	Estruturas de Contenção - barragens de rejeitos Sul Superior e Sul Inferior, Forquilhas e Grupo B3/B4	31/01/2020	03/02/2020
RL 16	Barragens Pará: Mina Sossego, Barragem Mirim, Gelado (Serra Norte), Geladinho, Pera Jusante	28/02/2020	02/03/2020
RL 17	Estruturas de Contenção B3/B4 e Forquilhas	17/03/2020	18/03/2020
RL 18	Barragem B-7 da Mina Viga	17/03/2020	18/03/2020
RL 19	Barragens da Mina de Fábrica -Observações sobre Monitoramento	13/04/2020	14/04/2020
RL 20	Barragem Gelado - Desempenho em Cenários de Cheias Extremas	17/04/2020	20/04/2020
RL 21	Barragem Doutor	20/04/2020	21/04/2020
RL 22	Estrutura de Contenção de Sul Superior e Sul Inferior, Comp. em Cenários de Cheias Extremas	26/04/2020	27/04/2020
RL 23	Estrutura de Contenção de Forquilhas - Comportamento em Cenários de Cheias Extremas	29/04/2020	30/04/2020
RL 24	Estrutura de Contenção B3B4 - Mina Mar Azul	31/05/2020	01/06/2020
RL 25	Barragem Mirim	04/07/2020	06/07/2020
RL 26	Barragem Norte Laranjeiras	20/07/2020	27/07/2020 (Rev.)
RL 27	Barragem Doutor	27/07/2020	30/07/2020 (Rev.)
RL 28	Estrutura de Contenção de Gongo Soco	29/07/2020	30/07/2020
RL 29	Barragem Santana - Mina Caue	30/07/2020	31/07/2020
RL 30	Barragem Taquaras	18/08/2020	18/08/2020
RL 31	Barragens Doutor, Campo Grande, Dicão Leste e Pilha Xingu	24/08/2020	25/08/2020
RL 32	Mina Água Limpa	25/08/2020	25/08/2020
RL 33	Maciço de Terra da Barragem de Santana	27/08/2020	28/08/2020
RL 34	Barragem Maravilhas II - Mina do Pico	31/08/2020	03/09/2020
RL 35	Estruturas de Contenção de B3B4	31/08/2020	03/09/2020

Comitê Independente de Assessoramento Extraordinário em Segurança de Barragens

RL 36	Barragens de Itabiruçu e Borrachudo II	10/09/2020	11/09/2020
RL 37	Projeto e Construção da Barragem do Torto	14/09/2020	15/09/2020
RL 38	Barragem do Torto	18/09/2020	22/09/2020
RL 39	Descarregador de cheias da barragem B-7	29/10/2020	30/10/2020
RL 40	Barragem Maravilhas III	26/11/2020	27/11/2020
RL 41	Barragens Menezes I e II	28/11/2020	30/11/2020
RL 42	Barragem Capim Branco	05/12/2020	08/12/2020
RL 43	Barragem Capitão do Mato	11/01/2021	13/01/2021
RL 44	Barragem Nova Santarém	17/01/2021	19/01/2021
RL 45	Dique Paracatu	07/02/2021	08/02/2021
RL 46	Estrutura de Contenção de Forquilhas	21/02/2021	22/02/2021
RL 47	Barragem da Hidroelétrica Nova Maurício	17/03/2021	17/03/2021
RL 48	Controle Tecnológico do Concreto - Estrutura de Contenção de Forquilhas	19/03/2021	23/03/2021
RL 49	Controle Tecnológico do Concreto - Estrutura de Contenção de Forquilhas	13/04/2021	14/04/2021
RL 50	Barragem Maravilhas II - Comportamento em cenário de afluência de descargas extremas	15/04/2021	16/04/2021
NT 01	Recomendações Gerais para Projeto e Execução de Estruturas de Concreto	25/05/2020	26/05/2020
NT 02	Fatores de Segurança em Barragens e Pilhas de Rejeitos	14/06/2020	15/06/2020
NT 03	Estrutura de Contenção de Sul Superior e Sul Inferior	26/06/2020 (Rev.)	30/06/2020 (Rev.)
Sigla Documento	Assunto/ Estrutura	Data da visita/ Recebimento do Material	Data de Postagem no Portal
NT 04	Performance de Barragens de Concreto Gravidade Executadas como Estruturas de Concreto Compactado com Rolo em Cenários de Sismos	30/06/2020 (Rev.)	30/06/2020
NT 05	Perfurações Verticais em Maciços de Barragens	31/08/2020	03/09/2020

Comitê Independente de Assessoramento Extraordinário em Segurança de Barragens

NT 06	Estabilização de Pilha de Esteril e de Rejeitos da EMESA	10/09/2020	11/09/2020
NT 07	Extravasor da Estrutura de Contenção B3/B4	14/10/2020	14/10/2020
NT 08	Estrutura de Contenção de Forquilhas	29/10/2020	29/10/2020
NT 09	Dique Paracatu	04/11/2020	05/11/2020
NT 10	Comentários sobre Reuniões Havidas entre 28/09/2020 e 28/10/2020	11/11/2020	11/11/2020
NT 11	PCH Mello - Projeto de Reforço da Barragem	19/11/2020	23/11/2020
NT 12	Barragens da Mina Córrego do Feijão	25/11/2020	26/11/2020
NT 13	Pilha EMESA	26/11/2020	26/11/2020
NT 14	Barragem Capitão do Mato	14/12/2020	14/12/2020
NT 15	Estrutura de Contenção de Forquilhas	18/12/2020	18/12/2020
NT 16	Fundação da Barragem Maravilha III	06/01/2021	11/01/2021
NT 17	Barragem Capitão do Mato - Estabilidade da Encosta Direita	10/01/2021	11/01/2021
NT 18	Barragem Capitão do Mato – Complexo de Vargem Grande	12/01/2021	13/01/2021
NT 19	Barragem Norte Laranjeiras – Mina Brucutu	21/01/2021	22/01/2021
NT 20	Descaracterização da Barragem Germano	21/01/2021	22/01/2021
NT 21	Recalques na Barragem Itabiruçu	16/02/2021	18/02/2021
NT 22	Pilha EMESA	09/04/2021	09/04/2021
Doc 01	Resumo Progressivo das Recomendações – Rev.0	-	04/05/2020
	Resumo Progressivo das Recomendações – Rev.1	16/11/2020	16/11/2020
	Resumo Progressivo das Recomendações – Rev.2	08/02/2021	08/02/2021
	Resumo Progressivo das Recomendações – Rev.3	23/03/2021	23/03/2021
	Resumo Progressivo das Recomendações – Rev.4	21/04/2021	22/04/2021

Comitê Independente de Assessoramento Extraordinário em Segurança de Barragens

Doc 02	Resposta às indagações do CA sobre a Nota Técnica 02/20	04/07/2020	22/07/2020 (RCA)
Doc 03	Esclarecimentos: Empilhamentos Drenados Monjolo e Vale das Cobras	30/09/2020	01/10/2020
Doc 04	Considerações sobre as dúvidas levantadas pela Vale (ENGCORPS)	23/03/2021	05/04/2021
Doc 05	Considerações sobre Comentários do Consórcio Minas Mais	30/03/2021	05/04/2021
Doc 06	Considerações sobre Comentários do Consórcio Minas Mais	14/04/2021	15/04/2021
Doc 07	Estrutura de Contenção da Fábrica - Comentários sobre CBR e teste de Pinhole	30/04/2021	30/04/2021
Doc 08	Comentários sobre tabelas de status de recomendações	30/04/2021	30/04/2021

ANEXO II

RELAÇÃO DE REUNIÕES TÉCNICAS POR VÍDEO CONFERÊNCIA DEVIDO À PANDEMIA DE COVID-19

Comitê Independente de Assessoramento Extraordinário em Segurança de Barragens

Assunto da ReuniãoPBarragen	Principais participantes pela Vale	Data da Reunião
Relatorio_Resposta_CIAE-SB_CJS-REV.0	Deni e Decio	04/05/2020
Barragem B-7 e Pilha EMESA	Daniel Raposo e Cristiano Souza	08/05/2020
Pilha EMESA	Daniel Raposo	13/05/2020
Devolutiva com área de energia	Ricardo mendes e Leonardo Bretas	22/06/2020
Definição de fator de segurança 2,0" para as barragens da VALE	Pedido Rafael Bittar e Diogo Costa	01/06/2020
Análises da estrutura de contenção de Congo Soco	Frank Pereira e Vagner Lima	04/06/2020
Estrutura de contenção Forquilhas Mina de Fábrica	Luiz Otavio Costa e Alexandre Valinhas	12/06/2020
Estruturas/ Contenção Minervino e Cordão Nova Vista	Romulo Guerra	15/06/2020
Brucutu /Barragem Norte Laranjeiras	Wilson Lugão	18/06/2020
Plano de ação - Barragens com DCEs negativas	Ednelson Presotti	19/06/2020
Farol de recomendações de Energia	Leonardo Bretas	22/06/2020
Barragem Maravilhas III	Fernando Sgavioli e Ricardo Jeunon	24/06/2020
Barragens Campo Grande, Didão Leste, Doutor e Pilha Xingú	Felipe Campolina e Eduardo Brum	25/06/2020
Barragens Itabiruçu e Borrachudo II	Quintiliano Guerra	29/06/2020
Empilhamentos drenados Vale das Cobras e Monjolo	Quintiliano Guerra	30/06/2020
Barragem Norte Laranjeiras	Ricardo Leão	02/07/2020
Fator de segurança	Rafael Bittar	06/07/2020
Estruturas B3/B4/ Sul Superior e Inferior e Vargem Grande	Daniel Tibo e Vagner de Albuquerque	08/07/2020
Barragem Santana	Quintiliano Guerra	09/07/2020

Comitê Independente de Assessoramento Extraordinário em Segurança de Barragens

Barragem Maravilha II	Cristiano Santana e Talles Mendonça	14/07/2020
PCH Mello	Frank Pereira	15/07/2020
Status Geral da Estrutura de Contenção de Fábrica	Luiz Otávio Costa	04/08/2020
Nota técnica 02 CIAE - SB	Rafael Bittar	12/08/2020
Barragem do Torto	Fernando Sgavioli e Ricardo Jeunon	13/08/2020
Barragem Mutuca , Barragem 5 e Barragem B7	Daniel Raposo	26/08/2020
Farol de Recomendações de Ferrosos	Daniel Tibo e Henrique Diniz	27/08/2020
Atualização sobre a barragem Maravilhas III com ênfase nas fundações	Fernando Sgavioli e Ricardo Jeunon	25/09/2020
Dique Paracatu, da mina Fazendão	Wilson Lugão e Igor Cicolani	28/09/2020
Atualização sobre a barragem Maravilhas III com ênfase nas fundações	Fernando Sgavioli e Ricardo Jeunon	05/10/2020
Barragens Germano, Santarém e remanescente de Fundão	Samarco	07/10/2020
Barragem 6 e Barragem 7A e Dique Patrimônio, da mina Gongo Soco	Fabício Cardozo	09/10/2020
Barragem IX da mina Fábrica	Felipe Russo	13/10/2020
Barragem IX, da mina Fábrica	Arthur Duarte	13/10/2020
Pilha EMESA e barragem B7	Daniel Raposo	16/10/2020
Dique Paracatu	Renan Bezerra	28/10/2020
Corrego do Feijão	Eduardo Neves	11/11/2020
Assunto da Reunião	Participantes – Área Técnica	Data da Reunião
Barragem B1 e B6 do Córrego do Feijão	Eduardo Neves	25/11/2020
Barragem Capitão do Mato	Gustavo Marçal/ Henrique Penido	27/11/2020
Projetos de reforço das barragens de Gelado, Geladinho e Estéril Sul	Bruno Campos	01/12/2020
Farol de recomendações	Daniel Tibo	02/12/2020
Barragens Forquilhas I, II, III e Grupo, da mina de Fábrica.	Luiz Otávio Costa	08/12/2020
Samarco – barragens Nova Santarém e Germano	Samarco	12/12/2020
Farol de recomendações CIAE-SB - Atualização itens em validação.	Henrique Diniz	16/12/2020

Comitê Independente de Assessoramento Extraordinário em Segurança de Barragens

Esclarecimento sobre Notas Técnicas	Rodrigo Marinaro	28/12/2020
Atualização da Barragem Norte/Laranjeiras	Ricardo Leão	05/01/2021
Barragem Germano - Samarco	Luis Cervantes	07/01/2021
Barragem Itabiruçu	Quintiliano Guerra	21/01/2021
Questões sobre a análise tensão x deformação na ECJ-CCR - Gongo Soco	Vagner Lima	22/01/2021
Projeto de Tratamento de Fundação de Maravilhas III	Fernando Sgavioli	09/02/2021
Projetos ECJ Fase 1 e Reforço do Dique 3	Celso Bora	22/02/2021
Estrutura de contenção de Fábrica	Alexandre Valinhas	18/03/2021
Pilha EMESA	Leandro Bruschi	29/03/2021