

# **Análise do potencial de risco e classificação das barragens de rejeito da mineração no estado de Minas Gerais**

Gisele Pereira da Rocha Schembri

giselerocha.engambiental@gmail.com

Emanuel Martins Simões Coelho

Gilson Lemos de Carvalho

Coordenação de curso de Engenharia Ambiental

Resumo – Considerando os recentes acidentes com barragens de rejeito que aconteceram no estado de Minas Gerais, este trabalho tem como objetivo realizar uma análise da classificação das barragens realizadas pela FEAM através do cadastro no Banco de Declarações Ambientais – BDA, com essa especificação podemos verificar que nem sempre que uma estrutura com estabilidade garantida é segura. As consequências de acidentes com barragens de rejeito vêm demonstrar que a questão ambiental se não for bem planejada e gerenciada pelo setor produtivo podendo comprometer nossa própria sobrevivência.

Palavra chave -. Barragens, rejeito, classificação, impactos.

## **I. INTRODUÇÃO**

O Brasil abriga atualmente um dos maiores potenciais minerais do mundo, considerando sua diversificada constituição geológica e suas dimensões continentais. O estágio atual da atividade minerária exige instrumentos de controle que condizem com o desenvolvimento sustentável, utilizando-os em benefício do desenvolvimento regional e do envolvimento requerido por esta atividade com a sociedade na qual está inserida. [1]

A mineração altera intensamente o local minerado e as regiões vizinhas. Além das áreas de extração de minérios diretamente afetadas, outras áreas são também impactadas com os depósitos de estéril e as disposições de rejeito oriundas do processo produtivo.

Existem no Brasil inúmeros barramentos de diversas dimensões destinados a diferentes usos, tais como barragens de infraestrutura para acumulação de água, geração de energia, aterros ou diques para retenção de resíduos industriais, barragens de contenção de rejeitos de mineração, entre outros. A diversidade de tamanhos e usos das barragens e aterros de contenção reflete-se também nas condições de manutenção dessas estruturas.

Em função dos acidentes já ocorridos no Estado de Minas Gerais e do potencial de dano ambiental e social que esses acidentes podem ocasionar, o presente trabalho tem como objetivo demonstrar o papel desempenhado pelas barragens de rejeito, abordando os diversos métodos construtivos dos barramentos e com base de estudo do inventário de barragens do estado de Minas Gerais 2015, analisar a classificação dessas estruturas nos acidentes ocorridos de acordo com seu potencial de risco no estado e os impactos ambientais.

## **II. REFERÊNCIAL TEÓRICO**

### **A. BARRAGENS DE REJEITO**

Uma barragem de rejeito é uma estrutura de terra construída para armazenar resíduos de mineração, os quais são definidos como a fração estéril produzida pelo beneficiamento de minérios, em um processo mecânico e/ou químico que divide o mineral bruto em concentrado e rejeito. O rejeito é um material que não possui maior valor econômico, mas para salvaguardas ambientais deve ser devidamente armazenado. [2]

### **B. DISPOSIÇÕES DE REJEITO E ESTÉRIL**

A mineração é um dos segmentos da economia que muito contribui para o desenvolvimento de um país, pois além de gerar riquezas, muitas vezes viabiliza tecnologias que promovem uma melhor qualidade de vida. [3]

No próprio decapeamento da jazida são encontrados materiais sem valor comercial, denominados estéreis. A deposição desses materiais, na maioria das vezes, tem sido realizada através da utilização de pilhas de estéreis. Essas pilhas, quando projetadas e executadas à luz dos conceitos geotécnicos, se constituem em projetos otimizados, que conseguem se incorporar ao meio ambiente, compondo a

### C. BARRAGENS DE CONTENÇÃO

As barragens de contenção têm como finalidade deter a água de forma temporária ou acumular sedimentos, resíduos industriais ou rejeitos de mineração, as barragens de retenção de carga sólida ou mista tendem impedir que os materiais retidos deteriorem o leito dos cursos d'água a jusante, tanto fisicamente, por meio de assoreamento, quanto quimicamente, quando estes materiais abriga carga tóxica poluente. [6]

Quando as barragens são construídas com o próprio rejeito, elas comportam-se como aterros hidráulicos, que são estruturas construídas pelo transporte e deposição de solo em meio aquoso. A maior desvantagem desta técnica é que o lançamento hidráulico de rejeitos provoca segregação hidráulica - processo fundamental na construção de aterros hidráulicos, afetando diretamente a distribuição granulométrica e as condições de fluxo ao longo da praia. Outro problema é a formação de potenciais focos de liquefação, provocada por vibrações no terreno devido ao desmonte com explosivos próximo das barragens, alteamentos muito rápidos, etc., aumentando o risco de ruptura. [5]

### D. MÉTODOS CONSTRUTIVOS

As barragens de rejeito normalmente estão associadas à tecnologia de baixo custo, devido principalmente a grande quantidade de material envolvido no processo de disposição e

paisagem. Existem também os rejeitos, consequência inevitável dos processos de tratamento a que são submetidos os minérios, gerados, paralelamente, ao produto de interesse. A disposição desses rejeitos afeta de forma qualitativa e quantitativa o meio ambiente. [3]

A disposição subaquática não é muito utilizado devido ao seu elevado potencial poluidor. Em compensação, a disposição em superfície é a mais aplicada, podendo o material ser disposto em barragens ou diques; em pilhas de rejeito se o material estiver na forma sólida; ou na própria mina, em áreas já lavradas ou minas abandonadas. [5] a forma como o rejeito é descartado. Assim existem poucas alternativas construtivas relacionadas à disposição de rejeitos comparadas com outros tipos de barragem. [7]

Essas estruturas são destinadas ao depósito de rejeitos provenientes da mineração, usualmente utilizando-se o processo de alteamentos sucessivos. Dentre os métodos construtivos, seguem abaixo s três principais mais usados:

#### D.1 Método à montante

Este método é considerado o que tem o custo benefício mais baixo dentre os demais e de maior facilidade de construção. Tem sua etapa inicial a partir da construção de um dique de partida, estruturado com materiais argilosos ou por conjuntos de blocos de pedras compactadas. Na segunda etapa, os rejeitos são lançados à montante das cristas do dique, formando uma praia de rejeito, que após condensamento servirá como fundação para futuros diques. Este processo é repetido até atingir à cota de expansão esperada (figura 01).

Apesar da simplicidade e baixo custo na construção, possui como desvantagens: a baixa segurança, a susceptibilidade, a liquefação e possibilidade de erosão interna.

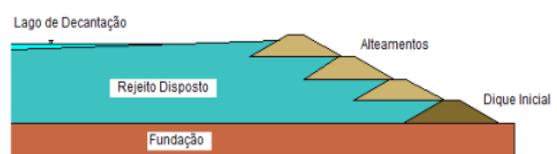


Figura 01: Modelo de alteamento à montante

Segue abaixo imagem de alteamento a montante da barragem Germano da Mineradora Samarco em Mariana no estado de Minas Gerais e ao lado a estrutura já rompida a barragem de fundão.



Figura 02: Barragem - Mineradora Samarco Fonte: DNPM

### D.2 Método à jusante

Consiste no alteamento a jusante a partir da crista inicial, os demais são realizados a jusante do mesmo até atingir a cota prevista. (figura 03)

Neste processo construtivo, cada alteamento é estruturalmente independente da disposição do rejeito, melhorando assim a estabilidade da estrutura. Todo o alteamento da barragem pode ser construído com o mesmo material do dique de partida, assim como os sistemas de drenagem internos podem ser também instalados durante o alteamento, permitindo um melhor controle da superfície freática. [2]



Figura 03: Modelo de alteamento à jusante

### D.3 Método da linha de centro

Seu comportamento estrutural se assemelha com o método à jusante. Constrói-se um dique de partida e o rejeito é lançado perifericamente da crista do dique, formando uma praia. Os alteamentos subsequentes são construídos, lançando aterro sobre o limite da praia de rejeitos e do talude a jusante do maciço de partida, nunca movendo o eixo da crista de

partida. O material do aterro pode ser empréstimo, decape da mina ou estéril. [8] (figura 04)

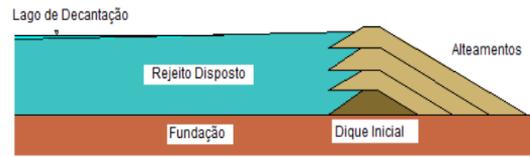


Figura 04: Método da linha de centro

## E. LEGISLAÇÕES VIGENTES

### E.1 LEGISLAÇÃO ESTADUAL

#### E.1.1 Deliberação Normativa nº 62 (COPAM, 2002)

A Deliberação Normativa nº 62 de 17 de setembro de 2002 dispõe sobre critérios de classificação de barragens de contenção de rejeitos, de resíduos e de reservatório de água em empreendimentos industriais e de mineração no Estado de Minas Gerais. [4]

No Art.2 deste ato têm-se os parâmetros para a classificação das barragens são eles:

- Altura do maciço (H), em metros;
- Volume do reservatório (Vr), em metros cúbicos.
- Ocupação humana a jusante da barragem, à época do cadastro. Pode ser definido como: inexistente, eventual ou existente.
- Interesse ambiental da área a jusante da barragem, podendo ser determinado como: pouco significativo, significativo ou elevado.
- Instalações na área a jusante da barragem sendo estabelecida como: inexistente, baixa concentração e alta concentração. [4]

Na tabela 01 segue a classificação das barragens de acordo com a Deliberação Normativa nº 62.

Tabela 01: Classificação das barragens

| Altura da barragem H (m) | Volume do Reservatório ( $\times 10^6 \text{ m}^3$ ) | Ocupação humana a jusante | Interesse ambiental a jusante | Instalações na área de jusante |
|--------------------------|--|---------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| $H < 15$                 | $V = 0$  | Inexistente V=0           | Pouco significativo V=0       | Inexistente V=0                |
| $15 < H < 30$            | $0,5 < Vr < 5$                                       | Eventual V=2              | Significativo V=1             | Baixa concentração V=1         |
| $H > 30$                 | $Vr > 5$   | Existente V=3             | Elevado V=3                   | Alta concentração V=2          |
| -                        | -  | Grande V=4                | -                             | -                              |

Fonte: SEMAD [4]

Com o somatório dos parâmetros acima, as barragens são classificadas em três categorias. Estando dessa maneira inserida:

Classe I: quando o somatório dos valores dos parâmetros for menor ou igual a 2. Pode se dizer que a barragem tem baixo potencial de dano ambiental.

Classe II: quando o somatório dos valores dos parâmetros for maior que 2 e menor ou igual a 5. A barragem em termos de classificação é considerada como médio potencial de dano ambiental.

Classe III: quando o somatório dos valores dos parâmetros for maior que 5. Tem-se que a barragem assim classificada tem o alto potencial de dano ambiental. [4]

#### *E.1.2 Deliberação Normativa nº 87 (COPAM, 2005)*

O COPAM divulgou a Deliberação Normativa COPAM nº 87 de 17 de junho de 2005, fundamentando a necessidade de modificar e acrescentar a Deliberação Normativa COPAM N.º 62/2002 após a conclusão do relatório do Grupo de Trabalho criado em cumprimento ao disposto no Artigo 9.º da referida deliberação, com o objetivo de incorporar suas recomendações técnicas e estabelecer procedimentos para a auditoria de segurança nas estruturas de que trata este instrumento, a Deliberação Normativa COPAM nº 87 de 17 de junho de 2005 determina que todas as barragens devem implementar Auditoria Técnica de Segurança de acordo com ordenado no Art. 5º de acordo com a periodicidade que varia em função da classificação da barragem, sendo:

- Auditoria a cada 1 ano para Barragens de Classe III;
- Auditoria a cada 2 anos para Barragens de Classe II e
- Auditoria a cada 3 anos para Barragens de Classe I. [9]

#### *E.1.3 Decreto Nº 46993 DE 02/05/2016*

Foi decretado pelo Governo de Minas Gerais, a lei que nº 46993/16, sobre os métodos construtivos de barragens de rejeito, no qual cita em seu Art. 1º que ficou instituído a Auditoria Técnica Extraordinária com a finalidade de fiscalização em todas as barragens que utilizem ou utilizaram o método construtivo a montante, sendo essa realizada por profissionais legalmente habilitados, especialistas em

segurança de barragens, externos ao quadro de funcionários da empresa responsável pelo empreendimento

O decreto cita no Art. 7º que ficará suspenso a emissão e formalização de procedimentos de licenciamento ambiental até que a COPAM defina com relação aos métodos e técnicas previstos no art. 6º, no qual impede:

I - novas barragens de contenção de rejeitos nas quais se pretenda utilizar o método de alteamento para montante; [15]

II - ampliação de barragens de contenção de rejeitos já existentes, que utilizem ou que tenham utilizado o método de alteamento para montante. [15]

## F. LEGISLAÇÃO NACIONAL

O tema da segurança de barragens é regido no país pela Lei 12.334/2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) e cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB). [10]

A Resolução N° 143, DE 10 de Julho de 2012, estabelece critérios para a classificação de barragens por categoria de risco. O Art. 4º fala que quanto à categoria de risco, as barragens serão classificadas de acordo com aspectos da própria barragem que possam influenciar na possibilidade de ocorrência de acidente, levando-se em conta os seguintes critérios gerais:

Características técnicas: a) altura do barramento; b) comprimento do coroamento da barragem; c) tipo de barragem quanto ao material de construção; d) tipo de fundação da barragem; e) idade da barragem; f) tempo de recorrência da vazão de projeto do vertedouro;

Estado de conservação da barragem: a) confiabilidade das estruturas extravasoras; b) confiabilidade das estruturas de captação; c) eclusa; d) percolação; e) deformações e recalques; f) deterioração dos taludes.

Plano de Segurança da Barragem: a) existência de documentação de projeto; [10]

Relevante ressaltar que se as barragens que não atenderem aos critérios de segurança nos termos da legislação deverão ser restauradas ou inativadas pelo seu

empreendedor, que deverá comunicar ao órgão fiscalizador as providências adotadas. [1]

## G. ACIDENTES AMBIENTAIS COM BARRAGENS

As causas destes acidentes podem estar relacionadas com a perda da compreensão dos fatores que controlam a segurança das operações, ou seja, falta ou falhas na instrumentação e monitoramento. Em entrevista ao Departamento de Núcleo de Emergências Ambientais (NEA) foi relatado que na maioria dos acidentes com barragens aconteceram por fatores indicativos de que essas estruturas estavam com alguma irregularidade. Os incidentes e acidentes também são resultados de condições inadequadas de investigações de campo, projeto, construção, operação, monitoramento ou a combinação destes.

### G.1 MINERAÇÃO RIO VERDE, EM NOVA LIMA (MG)

No acidente ocorrido em 22 de junho de 2001, a ruptura da estrutura denominada “Barragem da cava C-1”, da mineração Rio Verde, o acidente matou cinco operários, destruiu a principal via de acesso e soterrou parte da localidade de São Sebastião das Águas Claras, no distrito de Macacos, em Nova Lima, na região metropolitana de Belo Horizonte (MG). Relatado pelos grupos formados pela SEMAD (Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável), o acidente ocorreu após obras de alteamento, elevando o nível da barragem, houve excesso de água pelo descuido com a drenagem, com isso a estrutura liquefez, ocorrendo o rompimento.

### G.2 BARRAGEM MINERADORA RIO POMBA-CATAGUASES

O rompimento de uma das barragens da mineradora Rio Pomba Cataguases, instalada no município de Miraf (MG), em 10 de janeiro de 2007, espalhou pela cidade cerca de 2

milhões de m<sup>3</sup> de rejeitos oriundos do beneficiamento de bauxita e por outros quatro municípios: Muriaé e Patrocínio de Muriaé, também na Zona da Mata mineira, Laje de Muriaé e Itaperuna, no Rio de Janeiro. [13]

#### G.2.1 Principais danos

O rompimento gerou uma jorro de água e lama com grande potencial destrutivo, varrendo o que situava no leito do Córrego do Fubá e se espalhando por todas as várzeas, inundando casas, escolas, comércio, plantações. O sistema de abastecimento da cidade foi interrompido devido à contaminação da água pelo rejeito. [13]

#### G.2.2 Tese para o rompimento

Perante os fatos apurados, a equipe técnica do DNPM atesta a tese do rompimento ter sido ocasionado pelo uso inadequado do vertedor de fuga, uma vez que existem evidências de que o mesmo fora utilizado por carga muito além de sua capacidade. [13] Foi relatado pela Diretoria de Emergências Ambientais de Minas Gerais (DEAME), que no final de 2006 e início de 2007 houve grande quantidade de precipitação na região, ocasionando o galgamento da barragem, podendo ser uma das causas do rompimento.

Esta tragédia é comparada com acidente na cidade de Mariana, devido à proporção de danos causados pelo seu rompimento.



Figura 05: Rompimento Barragem Mineradora Rio Pomba-Cataguases Fonte: DNPM

### G.4 BARRAGEM B1 - HERCULANO MINERAÇÃO

Em setembro de 2014, um deslizamento de terra em uma das barragens de rejeito de minério da Mineração Herculano provocou a morte de três operários, em Itabirito, na região central de Minas Gerais. O rompimento afetou um riacho e deixou 300 residências sem água e energia elétrica.

Foi descrito no Auto de Fiscalização nº 54.928 lavrado no dia 10/09/2014 e conforme informações apuradas no local que o rompimento da Barragem B1 provocou comprometimento do talude de jusante da Barragem B2 e todo o material das duas barragens causaram o assoreamento da Barragem B3. Ambas as estruturas encontravam-se à jusante da Barragem B1. [11]

Após o acidente ocorrido, a FEAM acompanhou por meio de fiscalizações no decorrer do ano de 2015, foram observados alguns pontos no qual estava surgindo brechas formadas pela ruptura da estrutura, motivo pelo qual houve comunicado formal da empresa sobre novo risco de acidente da estrutura remanescente da Barragem B1. [1]



Figura 06: Barragem Herculano Mineração Fonte: Globo.com

#### G.5 BARRAGEM DO FUNDÃO – SAMARCO S.A.

No dia 05 de novembro de 2015 foi anunciado o rompimento da Barragem do Fundão operada pela mineradora Samarco, localizada no distrito de Bento Rodrigues, município de Mariana.

De acordo com as informações inseridas no Banco de Declarações Ambientais da FEAM, pelo responsável da empresa, a Barragem do Fundão apresentava altura de 100 metros, o volume do reservatório de 45.000.000 m<sup>3</sup>, sendo

classificada como estrutura classe III de acordo com critérios estabelecidos na DN 87/2005. [1]

Segue imagem da disposição das barragens de rejeitos da Mineradora Samarco:



Figura 07: Disposição das barragens-Samarco Feam

O barramento recebia rejeito gerado na unidade de beneficiamento de minério de ferro e era classificada no maior porte pelo alto potencial de dano ambiental especialmente pela população a jusante, o povoado de Bento Rodrigues. [1]

O distrito de Bento Rodrigues foi quase totalmente devastado pela lama de rejeito (figura 08) proveniente da ruptura da barragem com 19 mortes confirmadas e 2 pessoas ainda estão desaparecidas. O desastre foi classificado pela defesa civil como nível IV, isto é, “desastre de porte muito grande”, visto que os danos causados são consideráveis e as perdas muito relevantes.

As causas ainda estão sendo apuradas, refere-se uma das maiores tragédias ambientais já acontecidas no Brasil, por esse motivo e diante da gravidade do acidente, será necessário um período significativo para uma análise exata de tudo que foi afetado. No Relatório Final-Segurança de Barragens cita que até o momento, há indício que os impactos sejam grandes, como a destruição direta de ecossistemas e os danos à fauna, flora e meio socioeconômico, bem como impactos à qualidade da água. [13]

Com base nas informações disponíveis no relatório, a ruptura da barragem pode ser explicada pela não drenagem, ocorrendo a ruptura progressiva em uma camada fraca ou

zona fraca existente abaixo da barragem, as resistências dos rejeitos não foram suficientes para suportar às tensões de cisalhamento estático e uma ruptura geral da barragem foi inevitável. [14]



Figura 08: Barragem de Fundão após o rompimento Feam

### III MÉTODOLOGIA

Este trabalho apresenta uma abordagem qualitativa que tem como objetivos descrever, interpretar e compreender a percepção da segurança em barragens de contenção de rejeitos de mineração em Minas Gerais através de artigos e relatórios sobre o tema, apresenta também uma abordagem quantitativa pois para a classificação das barragens foi utilizados dados disponibilizados pela FEAM. Para isso foi realizado um levantamento bibliográfico no Inventário de Barragens de Minas Gerais 2015, buscando compreender a classificação das barragens nos cenários nacional e estadual.

Com o levantamento bibliográfico foi possível a comparação dos critérios de classificação de barragens no Brasil com os critérios adotados no estado de Minas Gerais, verificando relações entre legislações e medidas adotadas para a segurança em barragens. Este trabalho vem executando tendo, por exemplo, o cadastramento e a classificação das barragens, retirando parâmetros da Deliberação Normativa DN 62 (COPAM, 2002), que foi alterada pela DN 87 (COPAM, 2005).

A revisão bibliográfica ocorreu verificando textos relacionados ao assunto a ser estudado, tendo como base consulta em jornais, revistas e sites de órgãos envolvidos

com o tema: DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral), FEAM (Fundação Estadual do Meio Ambiente), entrevistas com pessoas do Departamento de Meio Ambiente de Minas Gerais DEAME (Diretoria de Emergências Ambientais), entre outros.

## IV ANÁLISE DOS RESULTADOS

### H. SEGURANÇA DAS BARAGENS

O empreendedor é o encarregado pela segurança da barragem através do Plano de Segurança das Barragens, realizando procedimentos para certificar a segurança desta, incorporando as legislações vigentes.

Foi criado em 20 de setembro de 2010, Lei nº 12.334 a (PNSB) Política Nacional de Segurança de Barramentos onde se estabelece por meio do Art.3º os objetivos desta lei, citamos abaixo os três primeiros incisos:

I - garantir a observância de padrões de segurança de barragens de maneira a reduzir a possibilidade de acidente e suas consequências;

II - regulamentar as ações de segurança a serem adotadas nas fases de planejamento, projeto, construção, primeiro enchimento e primeiro vertimento, operação, desativação e de usos futuros de barragens em todo o território nacional;

III- promover o monitoramento e o acompanhamento das ações de segurança empregadas pelos responsáveis por barragens; [10]

A segurança de uma barragem deve satisfazer as exigências de comportamento necessárias para evitar incidentes e acidentes, para a segurança à vida, à sociedade ao redor, ao meio ambiente. O risco de acidentes está relacionado geralmente com uma tragédia. Caso essas estruturas venham a se romper, haverá danos diretos como a perda de vidas humanas, a danificação de propriedades e áreas inundadas, e outros prejuízos indiretos, como a perda da atividade lucrativa da região e na interrupção da utilização de recursos hídricos.

## I. CLASSIFICAÇÃO DAS BARRAGENS DE ACORDO COM O POTENCIAL DE RISCO SEGUNDO A FEAM

Desde 2002 a FEAM vem desenvolvendo o Programa de Gestão de Barragens de Rejeitos e Resíduos, no qual essas estruturas devem ser cadastradas no Banco de Declarações Ambientais – BDA, passando por auditoria periódica de segurança, na frequência estabelecida na legislação em vigor e as informações dessas auditorias devem ser inseridas no BDA. [1]

Em Minas Gerais, a FEAM avalia o gerenciamento das barragens de contenção de rejeitos e as classifica em classes de acordo com as deliberações DN 62 (COPAM, 2002) e DN 87 (COPAM, 2005), onde é determinado o potencial de dano ambiental (I, II ou III). Em 2015, foram contabilizadas 730 estruturas cadastradas no Banco de Declarações Ambientais, sendo assim distribuídas:

- 201 estruturas Classe I;
- 305 estruturas Classe II;
- 224 estruturas Classe III;

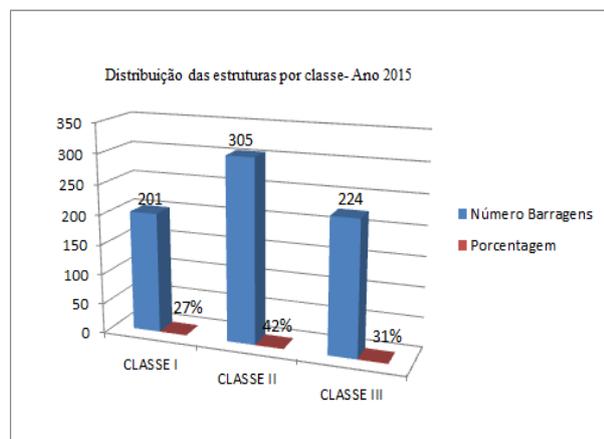


Figura 05: Gráfico modificado da Distribuição das estruturas por classe-FEAM

## J. CLASSIFICAÇÃO DAS BARRAGENS DOS ACIDENTES OCORRIDOS

### J. 1 Barragem Mineradora Rio Verde

Não classificada visto que o rompimento da barragem ocorreu em 2001, nesta época a FEAM não realizava o cadastro de barragens, alguns anos após o acidente teve início a esse registro.

### J. 2 Mineradora Rio Pomba- Cataguases

A barragem era classificada pela FEAM no ano de 2006 como Classe II, isto é, médio potencial de dano ambiental e estabilidade garantida pelo auditor.

### J. 3 Herculano Mineração

No inventário da FEAM de 2013, é citado que no ano anterior ao acidente, a barragem era classificada como de classe II, médio potencial de dano ambiental conforme classificação do órgão ambiental estadual e estabilidade não garantida pelo auditor. [11]

### J. 4 Mineradora Samarco

Apesar de ser classificada como classe III pela FEAM, ou seja, com alto potencial de risco, nos anos de 2013 e 2014 esta estrutura é apontada como de estabilidade garantida pelo seu auditor. [1] [11]

## K. PRINCIPAIS MECANISMOS DE FALHA VERIFICADOS NAS TRAGÉDIAS COM AS BARRAGENS

Em análises nos relatórios dos acidentes ocorridos com barragens as possíveis causas dessas tragédias podem ser a instabilidade dos taludes do maciço ( movimento de massas podendo ser de origem interna e externa,) alteração na inclinação do talude ou de alguma escavação que modificam os padrões originais. A liquefação, que se dá pela falta de drenagem da estrutura, os rejeitos sólidos que fazem o apoio aos diques se tornam líquidos e o galgamento das barragens que ocorre quando a água da barragem transborda.

## L. CONDIÇÃO DE ESTABILIDADE DAS ESTRUTURAS

A condição de Estabilidade Garantida se refere à situação em que o auditor, após estudos geotécnicos, hidrológicos e hidráulicos, análises visuais, entre outras, garantem que as mesmas estão estáveis tanto do ponto de vista da estabilidade física do maciço quanto da estabilidade hidráulica e não demonstra, no momento da realização da auditoria, risco iminente de rompimento. [1]

A circunstância para a qual não há fechamento de relatórios sobre a estabilidade das barragens é devido à falta de dados ou documentos técnicos, no qual não é possível atestar a estabilidade da mesma, portanto são estruturas que apresentam maior risco de rompimento. [1]

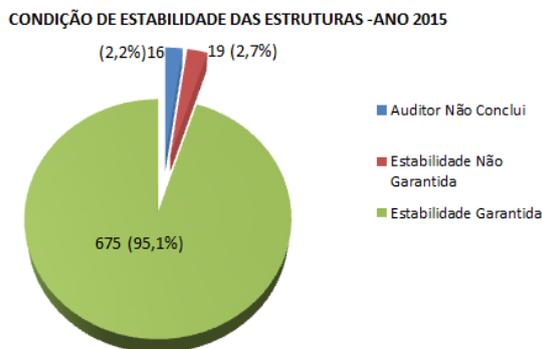


Figura 06: Gráfico modificado da Condição de Estabilidade das Estruturas no ano de 2015. [1]

### M. BARRAGENS SEM ESTABILIDADES GARANTIDAS EM MINAS GERAIS

Sobre a conclusão sobre a condição de estabilidade disponível na FEAM, verificou-se 33 estruturas cadastradas no BDA (Banco de Declarações Ambientais) que apresentaram estabilidade “não garantida pelo auditor” ou “o auditor não concluiu sobre a situação de estabilidade por falta de dados ou documentos técnicos”. Abaixo segue tabela comparativa dos anos de 2014 e 2015 em relação ao percentual de estruturas com estabilidade garantida. [1]

Tabela 03: Comparativo do número de estruturas e percentual de estabilidade nos anos de 2014 e 2015.

|                            | 2014             |                | 2015            |               |
|----------------------------|------------------|----------------|-----------------|---------------|
|                            | Nº de Estruturas | Percentual     | Nº de Estrutura | Percentual    |
| Auditor Não Conclui        | 13               | 1,8%           | 16              | 2,2%          |
| Estabilidade Não Garantida | 29               | 3,9%           | 19              | 2,7%          |
| Estabilidade Garantida     | 693              | 94,3%          | 675             | 95,1%         |
| <b>TOTAL:</b>              | <b>735</b>       | <b>100,00%</b> | <b>710</b>      | <b>100,0%</b> |

Fonte: [1]

Com essas informações a FEAM realizou alguns procedimentos desde medidas jurídicas, à solicitação de novas auditorias. Sendo que para 10 estruturas foram encaminhadas informações para a Advocacia Geral do Estado, nas quais se enquadram aquelas estruturas consideradas com a “estabilidade não garantida”, ou por falta de documentos ou estudos técnicos, ou até mesmo por abandono das barragens. Dentre as que não têm estabilidade garantida foram solicitadas novas auditorias para 5 estruturas que apresentam maior potencial de dano ambiental como prazo de realização de 60 dias. Para 16 estruturas foram solicitadas Inspeções de Urgência. Esse grupo foi composto por aquelas estruturas para as quais foram apresentadas recomendações que poderiam levá-las a atingir a condição de “estabilidade garantida pelo auditor”. As 2 estruturas restantes encontram-se em processo de descaracterização, com documentação em análise. [1]

Tabela 04: Anexo 02 (Estruturas com Condição de Estabilidade “não garantida” ou “sem conclusão pelo auditor por falta de dados e/ou documentos técnicos” no ano de 2015).

### N. BARRAGEM COM RISCO DE RUPTURA

#### N.1 SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE REJEITO DO MUNDO MINERAÇÃO- MINA DO ENGENHO

No Inventário da FEAM 2015 consta que há 19 barragens sem estabilidade garantida, algumas por falta de estudo técnico para garantir esta estabilidade e outras até mesmo pelo abandono dessas barragens. Com base em pesquisas e informações adquiridas na FEAM, foi constatado que na cidade de Nova Lima possui uma barragem sem estabilidade garantida, à Mina do Engenho pertencente à mina do Engenho da empresa Mundo Mineração Ltda.

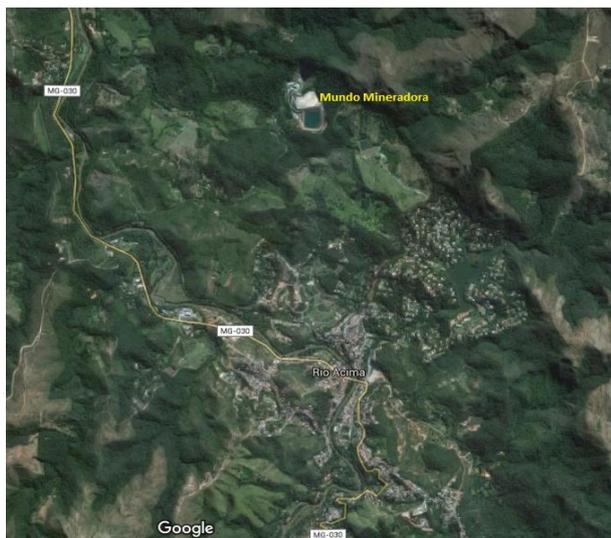


Figura 07: Localização da Mundo Mineração. Fonte: Google Earth

Todo o empreendimento minerário encontra-se paralisados desde novembro de 2011. Nas vistorias realizadas pela SEMAD (Secretária do Meio ambiente e Desenvolvimento Sustentável) em agosto e setembro de 2014 foi constatado que a mina do Engenho encontra-se em situação de abandono e sem a manutenção ou controle ambiental. Em relação ao sistema de contenção de rejeitos do empreendimento a situação é preocupante, principalmente em função do estado de abandono do empreendimento e em função de uma das barragens estarem com ausência de borda livre e sem manutenção.

A Mina do Engenho atuava pelo método de lavra subterrânea de minério de ouro em corpos situados em profundidade e o tratamento dos recursos, onde o minério é misturado à água antes da adição de cianeto, no qual este elemento tem capacidade de oxidar e dissolver o ouro. [12]

No Parecer Único Nº 0155/2014 (1020566/2014) foi constatado que os sistemas de contenção dos rejeitos no empreendimento há duas barragens que se encontram totalmente abandonadas: Sistema de Captação de Rejeito (BI), essa barragem encontrava-se obstruídas com rejeito do beneficiamento, apresentando uma capacidade de desempenho esgotada, apresentando erosões e sem vegetação apropriada para o local. Essa barragem é classificada como de Classe III, segundo a DN COPAM No 087/2005. [12]

A barragem II (BII): não se encontrava assoreada como a BI, encontrava-se sem vegetação e também apresentava

erosões. Essa barragem é classificada como de Classe I, segundo a DN No 087/2005. [12]

## N.2 IMPACTOS CASO HAJA RUPTURA DA ESTRUTURA

Pode se observar por imagens de satélite pelo Google Earth, que próximo às barragens foi constatado ocupação humana a jusante, bem como algumas estruturas da mina. A jusante do empreendimento encontra-se o Córrego do Vilela, afluente do Rio das Velhas.

Caso ocorra uma ruptura na barragem os impactos poderão ser de enorme dano, pois afetará tanto a população, a fauna e flora local, como também a contaminação da qualidade da água local. Os impactos serão:

- Impactos às áreas de preservação permanente;
- Impactos à icitiofauna;
- Impactos à fauna;
- Impactos socioeconômicos;
- Impactos à qualidade da água visto que a mineradora tem sua localização pertencente à sub-bacia Rio das Velhas, portanto afetaria tanto a cidade local de Rio Acima quanto a capital Belo Horizonte e região metropolitana.

## V CONCLUSÃO

É relevante investir no monitoramento e sistema de fiscalização mais rigorosa. As normas de construção e operação devem sofrer revisões, bem como devem se desenvolver estudos mais detalhados sobre suscetibilidade à liquefação. Todas estas ações visam minimizar ou mesmo extinguir tais acidentes.

Por fim considerando o trauma trazido à sociedade pelo rompimento da barragem da Samarco em Mariana, antes considerada exemplar tanto no aspecto construtivo quanto no de monitoramento, foi decretada pelo governo do estado a suspensão de emissão e formalização de licenciamento ambiental tanto para novas licenças quanto para licenças de ampliação no que se refere à barragem de rejeitos com alteamento à montante. Este acidente talvez signifique uma mudança de paradigma na área de construção de barragens, monitoramento e fiscalização de suas estruturas. As

consequências de acidentes com barragens de rejeito vêm demonstrar que a questão ambiental se não for bem planejada e gerenciada pelo setor produtivo podendo comprometer sua própria sobrevivência. O desenvolvimento socioeconômico em níveis municipal, estadual e federal, é comprometido e toda a sociedade é perdedora.

### AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Professor Emanuel Coelho, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos. A FEAM (Fundação Estadual do Meio Ambiente) e o NEA (Núcleo de Emergências Ambientais), pela receptividade e atenção, que permitiram a realização desta pesquisa. Aos meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional. E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

### IV REFERÊNCIAS

- [1] FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – Inventário de Barragem do Estado de Minas Gerais” Belo Horizonte, 2016.
- [2] RAFAEL, Herbert Miguel Angel Maturano –Análise do potencial de liquefação de uma barragem de rejeito. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - PUC-Rio/ 2012. Disponível em: [http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/Busca\\_etds.php?strSecao=resultado&nrSeq=20720@1](http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/Busca_etds.php?strSecao=resultado&nrSeq=20720@1) Acesso em: 16 de Março de 2016
- [3] ESPÓSITO, Terezinha de Jesus- Metodologia probabilística e observacional aplicada a barragens de rejeito construídas por aterro hidráulico. 2000- 363 f. Tese (doutorado em geotecnia) – Universidade Federal de Brasília. Disponível em: <http://www.geotecnia.unb.br/downloads/teses/004-2000.pdf> Acesso em : 21 de Abril de 2016
- [4] CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL (Minas Gerais). Deliberação Normativa nº 62, de 17 de dezembro de 2002. Dispõe sobre critérios de classificação de contenção de rejeitos, de resíduos e reservatórios de água em empreendimentos industriais e de mineração no Estado de Minas Gerais.
- [5] SANTOS, Djanira Alexandra Monteiro dos - Técnicas para a disposição de rejeitos de minério de ferro. 2010. Tese de mestrado Escola de Minas/UFOP. Disponível em: [http://www.cbmina.org.br/media/palestra\\_6/T54.pdf](http://www.cbmina.org.br/media/palestra_6/T54.pdf) Acesso em: 03 de Março de 2016
- [6] DUARTE, Anderson Pires - Classificação das barragens de contenção de rejeitos de mineração e de resíduos industriais no estado de minas gerais em relação ao potencial de risco. 2008. Tese de mestrado UFMG. Disponível em: <http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/502M.PDF> Acesso em: 27 de fevereiro de 2016
- [7] L. F. M. Ribeiro- Modelagem física do processo de deposição hidráulica associado a barragens de rejeitos - Departamento de Engenharia civil, Universidade Federal de Ouro preto A. Assis Departamento de Engenharia Civil/FT, Universidade de Brasília. 2009. Disponível em : [http://www.abms.com.br/links/biblioteca\\_virtual/regeo99/1999-ribeiro-assis.pdf](http://www.abms.com.br/links/biblioteca_virtual/regeo99/1999-ribeiro-assis.pdf) Acesso em: 03 de Março de 2016
- [8] PASSOS, Nathalia Christina de Souza Tavares - Barragem de rejeito: avaliação dos parâmetros geotécnicos de minério de ferro utilizando ensaios de campo- Um estudo de caso. 2009 – Universidade Federal do Paraná. Disponível em: <http://www.civil.ufpr.br/TFCnathalia2009.pdf> Acesso em : 25 de Março de 2016
- [9] CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL (Minas Gerais). Deliberação Normativa nº 87, de 17 de junho de 2005. Altera e complementa a Deliberação Normativa COPAM nº 62, de 17/12/2002, que

dispõe sobre critérios de classificação de contenção de rejeitos, de resíduos e reservatórios de água em empreendimentos industriais e de mineração no Estado de Minas Gerais.

- [10]BRASIL. Lei 12.334, de 20 de setembro de 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4º da Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000.
- [11]FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – Inventário de Barragem do Estado de Minas Gerais” Belo Horizonte, 2015.
- [12]SEMAD- Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - PARECER ÚNICO Nº 0155/2014 (1020566/2014)
- [13]DNPM- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL- Relatório do Rompimento da Barragem de Rejeito da Mineração Rio Pomba Cataguases Cataguases em Mirai-MG. 2006.
- [14](CTPNSB) Comissão Temporária da Política Nacional de Segurança de Barragens- Relatório Final- Brasília, 25 de maio de 2016.
- [15]CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL (Minas Gerais). Decreto Nº 46993 de 02/05/2016 - Fica instituída a Auditoria Técnica Extraordinária de Segurança de Barragem, que deverá ser realizada em todos os empreendimentos que fazem a disposição final ou temporária de rejeitos de mineração em barragens que utilizem ou que tenham utilizado o método de alteamento para montante.

## Apêndice 01

Tabela 04: Lista de barragens com condição de Estabilidade “não garantida” ou “sem conclusão pelo auditor”

| EMPREENHIMENTO                 | NOME   | CLASSE | MUNICÍPIO   | BACIA             | TIPOLOGIA | SITUAÇÃO DE ESTABILIDADE  |
|--------------------------------|--|--------|-------------|-------------------|-----------|---|
| NACIONAL MINERIOS S/A          | Dique Do Engenho                                   | III    | Congonhas   | Rio São Francisco | Mineração | Estabilidade não Garantida pelo Auditor   |
| COMPANHIA SIDERURGICA NACIONAL | Barragem De Captação De Água Do Córrego Maria José | II     | Congonhas   | Rio São Francisco | Mineração | Estabilidade não Garantida pelo Auditor   |
| VOTORANTIM METAIS ZINCO S.A.   | Barragens E Módulos Antigos                        | II     | Vazante     | Rio São Francisco | Mineração | Auditor não conclui sobre a situação de estabilidade, por falta de dados ou documentos técnicos |
| COMPANHIA SIDERURGICA NACIONAL | Baia 4   | II     | Congonhas   | Rio São Francisco | Mineração | Estabilidade não Garantida pelo Auditor   |
| MUNDO MINERACAO LTDA.          | Sistema De Captação De Rejeito                     | III    | Rio Acima   | Rio São Francisco | Mineração | Auditor não conclui sobre a situação de estabilidade, por falta de dados ou documentos técnicos |
| COMPANHIA VALE DO RIO DOCE     | Grupo  | III    | Congonhas   | Rio São Francisco | Mineração | Estabilidade não Garantida pelo Auditor   |
| COMPANHIA VALE DO RIO DOCE     | Forquilha III                                      | III    | Congonhas   | Rio São Francisco | Mineração | Estabilidade não Garantida pelo Auditor   |
| COMPANHIA VALE DO RIO DOCE     | CB-3   | II     | Ouro Preto  | Rio São Francisco | Mineração | Estabilidade não Garantida pelo Auditor   |
| COMPANHIA VALE DO RIO DOCE     | Prata I  | II     | Ouro Preto  | Rio São Francisco | Mineração | Estabilidade não Garantida pelo Auditor   |
| MINERAÇÃO USIMINAS S/A         | Dique 01 - Serra Azul - Dique Vai E Volta 1        | I      | Mateus Leme | Rio São Francisco | Mineração | Auditor não conclui sobre a situação de estabilidade, por falta de dados ou documentos técnicos |
| MINERAÇÃO USIMINAS S/A         | Dique Da Divisa                                    | I      | Itatiaiuçu  | Rio São Francisco | Mineração | Auditor não conclui sobre a situação de estabilidade, por falta de dados ou documentos técnicos |
| MINERAÇÃO USIMINAS S/A         | Dique Da Oficina                                   | I      | Itatiaiuçu  | Rio São Francisco | Mineração | Auditor não conclui sobre a situação de estabilidade, por falta de dados ou documentos técnicos |
| HERCULANO MINERACAO LTDA       | Depósito-Barragem De Rejeitos B1                   | III    | Itabirito   | Rio São Francisco | Mineração | Estabilidade não Garantida pelo Auditor   |
| HERCULANO MINERACAO LTDA       | Barragem B4  | III    | Itabirito   | Rio São Francisco | Mineração | Estabilidade não Garantida pelo Auditor   |

| EMPREENDIMENTO                           | NOME                                | CLASSE | MUNICÍPIO            | BACIA             | TIPOLOGIA            | SITUAÇÃO DE ESTABILIDADE  |
|--|-------------------------------------|--------|----------------------|-------------------|----------------------|---|
| MMX SUDESTE MINERAÇÃO LTDA               | Barragem Quéias                     | II     | Brumadinho           | Rio São Francisco | Mineração            | Estabilidade não Garantida pelo Auditor   |
| COMPANHIA VALE DO RIO DOCE               | Captação De Trovões                 | I      | Rio Acima            | Rio São Francisco | Mineração            | Estabilidade não Garantida pelo Auditor   |
| ITEIRAS MINERACAO LTDA                   | Açude De Água Limpa                 | I      | Itabira              | Rio Doce          | Mineração            | Estabilidade não Garantida pelo Auditor   |
| LDC BIOENERGIA S.A.                      | Reservatório II - Fazenda Bonifácil | II     | Lagoa da Prata       | Rio São Francisco | Destilaria de Álcool | Estabilidade não Garantida pelo Auditor   |
| VALE MANGANES S.A                        | Barragem Lagoa Principal            | I      | Ouro Preto           | Rio Doce          | Indústria            | Auditor não conclui sobre a situação de estabilidade, por falta de dados ou documentos técnicos |
| VALE MANGANES S.A                        | Barragem Lagoa Do Ipê               | II     | Conselheiro Lafaiete | Rio Paraopeba     | Mineração            | Estabilidade não Garantida pelo Auditor   |
| VALE MANGANÊS AS (MINA DO FUNDÃO OU CHÁ) | Barragem BR-3                       | II     | Nazareno             | Rio Grande        | Mineração            | Estabilidade não Garantida pelo Auditor   |
| VALE MANGANÊS AS (MINA DO FUNDÃO OU CHÁ) | Barragem BR-2                       | II     | Nazareno             | Rio Grande        | Mineração            | Estabilidade não Garantida pelo Auditor   |
| MINAR MINERACAO AREDES LTDA              | Barragem Minar                      | II     | Itabirito            | Rio São Francisco | Mineração            | Auditor não conclui sobre a situação de estabilidade, por falta de dados ou documentos técnicos |
| MINAR MINERACAO AREDES LTDA              | Dique 02                            | II     | Itabirito            | Rio São Francisco | Mineração            | Auditor não conclui sobre a situação de estabilidade, por falta de dados ou documentos técnicos |
| MINERAÇÃO USIMINAS S/A                   | Dique Couves (Musa)                 | I      | Itatiaiuçu           | Rio Paraopeba     | Mineração            | Auditor não conclui sobre a situação de estabilidade, por falta de dados ou documentos técnicos |
| MINERAÇÃO USIMINAS S/A                   | Dique Da Mineira                    | I      | Itatiaiuçu           | Rio Paraopeba     | Mineração            | Auditor não conclui sobre a situação de estabilidade, por falta de dados ou documentos técnicos |
| MINERAÇÃO USIMINAS S/A                   | Dique Da Oficina II                 | I      | Itatiaiuçu           | Rio Paraopeba     | Mineração            | Auditor não conclui sobre a situação de estabilidade, por falta de dados ou documentos técnicos |
| MINERAÇÃO USIMINAS S/A                   | Dique Do Asfalto                    | I      | Itatiaiuçu           | Rio Paraopeba     | Mineração            | Auditor não conclui sobre a situação de estabilidade, por falta de dados ou documentos técnicos |

| EMPREENHIMENTO                     | NOME                                       | CLASSE | MUNICÍPIO     | BACIA             | TIPOLOGIA | SITUAÇÃO DE ESTABILIDADE  |
|------------------------------------|--|--------|---------------|-------------------|-----------|---|
| MINERAÇÃO USIMINAS S/A             | Dique Intermediário                        | I      | Itatiaiuçu    | Rio Paraopeba     | Mineração | Auditor não conclui sobre a situação de estabilidade, por falta de dados ou documentos técnicos |
| MINERAÇÃO USIMINAS S/A             | Dique Mazano II                            | I      | Itatiaiuçu    | Rio Paraopeba     | Mineração | Auditor não conclui sobre a situação de estabilidade, por falta de dados ou documentos técnicos |
| Sermil Serviços de Mineração Ltda. | Barragem De Silte                          | II     | Vermelho Novo | Rio Doce          | Mineração | Estabilidade não Garantida pelo Auditor   |
| MINERAÇÃO USIMINAS S/A             | Dique Flotação                             | I      | Itatiaiuçu    | Rio Paraopeba     | Mineração | Auditor não conclui sobre a situação de estabilidade, por falta de dados ou documentos técnicos |
| FERRO + MINERACAO S.A.             | Dique de Contenção de Sedimentos Pilha Sul | I      | Congonhas     | Rio São Francisco | Mineração | Auditor não conclui sobre a situação de estabilidade, por falta de dados ou documentos técnicos |