ISSN 2525-4928 http://itr.ufrrj.br/sigabi/anais

INCIDENTES E ACIDENTES EM BARRAGENS

Lucas Vasconcellos Teani Machado[1]; Dolapo Gbadebo Azeez[1]
([1]Universidade Federal do Rio de Janeiro, Av. Pedro Calmon, 550 - Cidade Universitária, Rio de Janeiro - RJ, 21941-901, lucasteani@gmail.com)

INTRODUÇÃO

Problemas de instabilidade de grandes barragens e a possibilidade de uma falha de barragens ameaçam a segurança das pessoas e da propriedade industrial, além de causar efeitos ambientais substanciais. Vários acidentes com falhas de barragens ocorreram nos últimos anos. Muitos desses eventos de falha resultaram em danos maciços sob a forma de baixas humanas, destruição de propriedade, poluição do meio ambiente e perda econômica para o setor de mineração. A tragédia envolvendo o rompimento de duas barragens da mineradora Samarco, em Mariana (MG), trouxe à tona a segurança dessas estruturas, que são parte integrante damineração em todo o mundo. O processamento de minérios gera resíduos que são estocados em lagoas de decantação, ou de rejeitos, criadas a partir da construção de barragens denominadas "barragens de rejeito". Segundo pesquisadores do Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, o projeto e a construção das barragens e das lagoas de rejeito precisam ser embasados em técnicas adequadas para garantir sua segurança.A poluição ambiental representa atualmente um dos aspectos mais relevantes em mineração, constituindo-se em uma de suas consequências mais combatidas. Tem-se que a mineração é um dos setores básicos da econômica do país, contribuindo de forma decisiva para o bem-estar e a melhoria da qualidade de vida das presentes e futuras gerações, sendo fundamental para o desenvolvimento de uma sociedade, desde que sejam operadas com responsabilidade social, estando sempre presentes os preceitos do desenvolvimento sustentável.

MATERIAL E MÉTODOS

As barragens têm sido utilizadas para regular os rios por séculos. Civilizações antigas construíram barragens para abastecimento de água potável, controle de inundações e irrigação.No entanto, toda a conquista alcançada pela sociedade moderna através da construção de barragens vem com um preço e com responsabilidade. O preço consiste na alteração do meio ambiente e em todos os efeitos que resultam disso. Em muitos casos, as possíveis falhas da barragem podem resultar em uma catástrofe com perda considerável de vida ou propriedade.

Tem-se de suma importância a necessidade de ressaltar a linha tênue que divide os fatores incidente e acidente. No caso de um incidente, entende-se um episódio imprevisto que altera o desenrolar dos acontecimentos, mas sem consequências desastrosas, enquanto que acidente se refere a um desastre, a um acontecimento inesperado e desagradável, com consequências graves e lamentáveis. Podemos resumir pelo entendimento de que um incidente seria o causador primário de um acidente.

Segundo a Deliberação Normativa COPAM nº. 62, de 17 de dezembro de 2002, barragem é definida como qualquer estrutura que forme uma parede de contenção de rejeitos, de resíduos e de formação do reservatório de água. Rejeito é o material descartado, resultante do processo de beneficiamento do minério (lavagem, moagem, britagem, tratamento químico, etc.). Assim, uma barragem para armazenar rejeitos é uma obra com a finalidade de reter sólidos e líquidos gerados pela operação de usinas de tratamento de minério e outras indústrias.As características e o tipo de barragem dependem do tipo de rejeitos. Muitas vezes em uma mineração é necessário aumentar a capacidade de armazenamento de uma barragem de rejeito existente, através da construção de alteamentos de acordo com os métodos de alteamento à montante, à jusante e por linha de centro, como podemos ver na figura 1.O método de alteamento à montante consiste na construção de um dique inicial ou de partida, utilizando-se geralmente aterro compactado ou enrocamento. Os rejeitos são descarregados hidraulicamente, desde a crista do dique de partida, formando uma praia de rejeito que, com o tempo, será adensada e servirá como fundação, fornecendo material para futuros diques de alteamento, que serão construídos com o próprio material do rejeito. O processo é repetido até que seja atingida a cota de ampliação prevista no projeto. Esse método está associado à maioria dos casos de ruptura de barragens de rejeitos em todo o mundo.

O método de alteamento à jusante consiste na instalação de um núcleo impermeável e zonas de drenagem que permitem que esse tipo de barramento contenha um volume substancial de água diretamente em contato com o seu talude à montante, sem que haja comprometimento da estabilidade da estrutura. Inicialmente é construído um dique de partida com aterro compactado ou enrocamento, os rejeitos são depositados à montante desse dique. À medida que a borda livre é atingida, são feitos

alteamentos sucessivos para jusante.No método de alteamento por linha de centro, é construído um dique de partida, a fim de formar uma praia de rejeitos à montante. Os rejeitos são lançados a partir da crista do dique inicial e quando os alteamentos se tornam necessários, novos diques são construídos, tanto sobre os rejeitos dispostos à montante quanto sobre o aterro do dique anterior, de forma que o eixo de simetria se mantém.

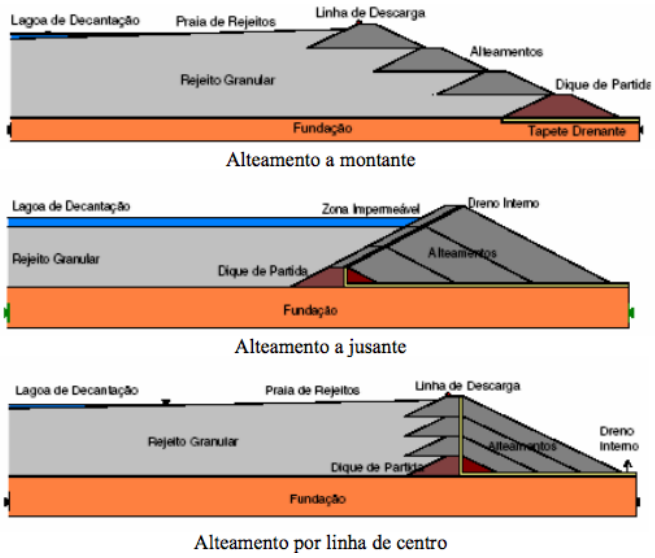

Figura 1 – Métodos construtivos de barragens de rejeito (Araujo 2006)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

AComissão Internacional de Grandes Barragens (ICOLD) publicou, em 2001, o boletim 121 intitulado: "TailingsDams Risk ofDangerous Occurences, LessonsLearntFromPracticalExperiences" (Risco de Ocorrências de Perigo em Barragens de rejeito, Lições Aprendidas a Partir de Experiências Práticas), onde é apresentada uma relação com 221 registros dos casos de falhas em barragens de rejeitos espalhados pelo mundo. No histórico de acidentes reportados pela (ICOLD), as principais causas de rompimento de barragens são problemas de fundação, capacidade inadequada dos vertedouros, instabilidade dos taludes, falta de controle de erosão, deficiências no controle e inspeção pós-operação. Todas as causas dos incidentes estão diretamente relacionadas à falta de controle durante a operação das barragens de rejeitos e estão associadas a problemas operacionais que envolvem a presença de água (Figura 2)

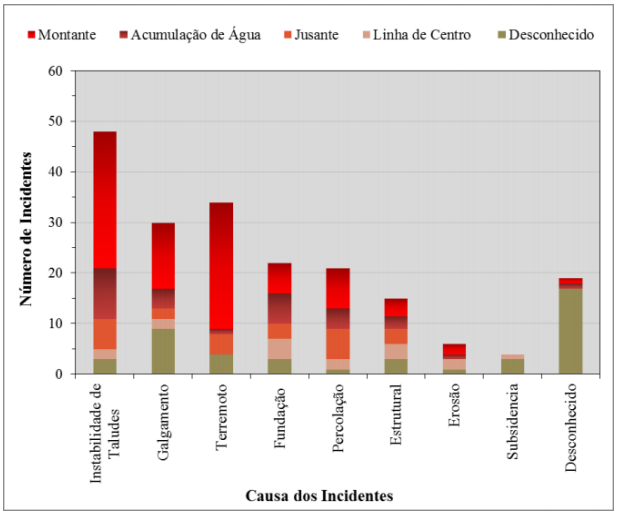

Figura 2 - Causas de ruptura de barragens de rejeitos

No Brasil o rompimento de barragens de rejeitos minerários é o mais recorrente, no entanto, na Europa, Ásia e América do Norte, muitas barragens de água, voltadas a melhorar o abastecimento humano, se romperam no último século. Dentre os fatores vulneráveis a esses eventos estão as legislações

negligentes, a corrupção dos agentes públicos, bem como fatores naturais, como solos instáveis e ausência de planejamento e tecnologias adequadas nas construções.

O número de barragens rompidas no Brasil nos últimos anos também é alarmante, principalmente no Estado de Minas Gerais, onde 6 barragens se romperam nos últimos 15 anos. Na tabela 1 são mostrados os acidentes de algumas barragens no Brasil.

O Brasil hoje conta com legislação específica que trata de barragens, a Lei 12.334/10, que estabelece a política Nacional de Segurança de Barragens. Conta também com outros dispositivos como a Portaria no 416/12, que, dentre outras coisas, cria o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração; a Resolução nº 143, que estabelece os critérios gerais de classificação de barragens; e a Portaria no 526/13, que trata dos detalhes do Plano de Ação de Emergência das Barragens de Mineração (PAEBM).

O PLS 224/2016 modifica a Lei 12334/2010, estabelecendo novos critérios para a inclusão de represas no âmbito das políticas para o setor. O texto também muda as definições dos termos barragem e empreendedor e inclui definições para acidente e desastre. E reitera a responsabilidade civil objetiva do empreendedor por danos decorrentes de falhas da barragem independe de culpa do ponto de vista penal.

De acordo com a Política Nacional de Segurança de Barragens (Lei nº 12.334/2010), a responsabilidade pela fiscalização dos barramentos de rejeitos de mineração é do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), do Ministério de Minas e Energia. De acordo com a lei, a responsabilidade de fiscalizar se divide entre quatro grupos, de acordo com a finalidade da barragem:

- Barragens para geração de energia, fiscalizadas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel);
- Para contenção de rejeitos minerais, fiscalizadas pelo DNPM;
- Barragens para contenção de rejeitos industriais, sob responsabilidade do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) e órgãos ambientais estaduais;
- As de usos múltiplos, sob fiscalização da Agência Nacional de Águas (ANA) ou de órgãos gestores estaduais de recursos hídricos.

Tabela 1 – Casos de Incidentes e Acidentes em Barragens

Nome/Local/Data (Minério / Tipo de rejeitos)	**Danos Causados**
Fernandinho/rodovia Ouro Preto, 40 km de Belo Horizonte, Brasil 1984 (Ferro)	Um dique central foi construído para dividir o barramento. Rejeitos foram colocados em um enquanto o outro foi drenado e seco. Resíduos secos então foram escavados e colocados em outro lugar. Um caminhão estava na crista e ficou preso na lama. Dois outros foram enviados para ajudar e enquanto isso acontecia, a falha do deslizamento começou. A crista estava 2m acima dos rejeitos, mas eles foram colocados longe da represa, que tinha água contra ela. Os movimentos de rotação logo permitiram o *overtopping.* (ICOLD, 2001).
-----/Itabirito (MG)/05-1986 (Ferro)	Barragem de construção de alvenaria usando tijolos feitos de barro e rejeitos de minério de ferro estouraram, é dito, devido à saturação da alvenaria. (ICOLD, 2001).
Forquilha (Ferro)	O menor reservatório desse esquema de disposição estava em construção, em um vale adjacente ao topo ativo. Uma sela entre os dois vales tinha uma pequena represa para evitar transbordamento. Em um momento de nível máximo de água no reservatório superior, ocorreu uma falha de tubulação na extremidade esquerda da barragem, liberando água no reservatório inferior, provocando a perfuração da barragem de rejeitos em construção, eliminando uma quantidade considerável de aterro (ICOLD, 2001).
Rio Verde/ NOVA LIMA (MG)/2001 (Ferro)	Relatado pelos grupos formados pela SEMAD, 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.
Cataguases (MG)-03-2003 (Lixívia negra)	O Laudo 1.362/2003, do Instituto Nacional de Criminalística (INC), identificou como causas do acidente problemas como a falta de manutenção, de fiscalização e o excessivo prolongamento da vida útil da barragem, o que resultou em um processo erosivo da obra (EBC, 2018).

Mirai (MG)/2006 (Bauxita)	Após ter sido executado um alteamento da barragem, ocorreu um incidente devido a abertura de uma brecha entre as placas de concreto já submersas e o maciço, situadas na base da torre inclinada (Rocha, 2015).
Mirai (MG)/01-2007(Bauxita)	Depois e algumas horas de chuva o nível do reservatório foi elevando-se até tingir a soleira do vertedouro (G1, 2007 *apud* CETEM, 2018).
B1/Itabirito (MG)/09-2014 (Ferro)	Canais subterrâneos originários de um fenômeno geológico raro, conhecido como "inversão de relevo", podem ter levado ao rompimento da barragem B1. Foi descrito no Auto de Fiscalização nº 54.928 lavrado no dia 10/09/2014 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 se encontravam à jusante da Barragem B1 (FEAM, 2018).
Fundão/ Mariana (MG)/ 11-2015 (ferro)	As causas ainda estão sendo apuradas, refere-se uma das maiores tragédias ambientais já acontecidas no Brasil.

CONCLUSÃO

O risco imposto por toda a barragem de contenção de rejeitos será específico para o local, dependendo, por exemplo, do projeto, da construção e manutenção da barragem, das características da rocha subjacente, das condições de precipitação e da atividade sísmica na área, por isso, cada aspecto deve receber devida atenção, de modo a evitar falhas e acidentes.

Os impactos ambientais das barragens têm tido uma atenção renovada nos anos recentes. Torna-se necessário um amplo estudo e aplicação das Leis regulatórias nas barragens para contenção de eventuais impactos ambientais, garantindo a segurança do meio ambiente que a cerca. Muito dano foi causado pelos desastres nas barragens pelo mundo, é dever das empresas responsáveis tomarem as medidas cabíveis para conter danos e preservar o meio ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alves HR. O ROMPIMENTO DE BARRAGENS NO BRASIL E NO MUNDO: DESASTRES MISTOS OU TECNOLÓGICOS?. DOM TOTAL, 18 dez. 2015.

BRASIL. Laudo Técnico Preliminar: Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais. In: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. Minas Gerais, 2015. Disponível em: http://www.ibama.gov.br/phocadownload/noticias_ambientais/laudo_tecnico_preliminar.pdf. Acesso em: 07 de dez. 2015.

Brasil S. (20 de Setembro de 2017). 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. LEI Nº 12.334, DE 20 DE SETEMBRO DE 2010. Fonte: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12334.htm

CETEM. Disponível em: http://verbetes.cetem.gov.br/verbetes/ExibeVerbete.aspx?verid=107. Acessado em: 09.Abr. 2018

EBC. Disponível em: http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2016-01/para-abrir-sabadoperitos-reforcam-alerta-sobre-falhas-na-fiscalizacao-e. Acessado em: 09.Abr. 2018

"FEAM - "FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – Inventário de Barragem do Estado de Minas Gerais" Belo Horizonte, 2015".

INTERNATIONAL COMMISSION ON LARGE DAMS –ICOLD. Bulletin 121:Tailings Dams Risk of Dangerous Occurrences: Lessons Learnt from Practical Experiences. Paris, 2001. 239 p.

Lei nº 12334/2010 - Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens. Brasília, 2010.

Rafael, Herbert Miguel Angel Maturano. *Análise do potencial de liquefação de uma barragem de rejeito*. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Civil, 2012.

Relatório: Rompimento da barragem de rejeitos de mineração é a principal causa de desastres ambientais por Zoe Sullivan en 1 Março 2018 | Translatedby Bruno de Oliveira

SEMAD - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - PARECER ÚNICO Nº 0155/2014 (1020566/2014)