

BARRAGENS DE REJEITOS DE MINERAÇÃO: CARACTERÍSTICAS DO MÉTODO DE ALTEAMENTO PARA MONTANTE QUE FUNDAMENTARAM A SUSPENSÃO DE SUA UTILIZAÇÃO EM MINAS GERAIS

MINING TAILINGS DAMS: CHARACTERISTICS OF THE UPSTREAM HEIGHTENING METHOD THAT SUBSTANTIATED THE SUSPENSION OF IT'S USE IN MINAS GERAIS

Romeu Thomé¹
Matheus Leonardo Passini²

RESUMO: O presente artigo tem como objetivo apresentar as características técnicas do método de alteamento de barragens de rejeito da mineração denominado “para montante”. O alteamento é utilizado para ampliar a capacidade de barragens de rejeito. O método para montante, menos oneroso aos empreendimentos, é apontado como o mais suscetível a rupturas, e está relacionado a todos os acidentes de grande impacto envolvendo estruturas de contenção de rejeitos de minério em Minas Gerais, desde o ano de 2001. O Decreto estadual 46.993/2016, do Estado de Minas Gerais, com fundamento no princípio da prevenção, instituiu medidas mais rígidas para todos os empreendimentos que fazem a disposição de rejeitos de mineração em barragens que utilizem ou que tenham utilizado esse método de alteamento, além de suspender o licenciamento ambiental de novas barragens em que se pretendia utilizá-lo. Tais respostas jurídicas estão, certamente, atreladas às características técnicas do método de alteamento para montante, o que torna relevante analisá-las, estabelecendo a comparação com os demais métodos existentes.

Palavras-chave: Barragens da mineração; Alteamento; Prevenção.

ABSTRACT: The present article aims to proffer the technical characteristics of the mining tailings dams heightening method known as upstream. The heightening is used to extend the tailing dams capacity. The upstream method, less costly for the business, is appointed as the most susceptible to breakages, and is related to all large scale accidents involving mining tailings containment structures in Minas Gerais since 2001. The state decree 46.993/2016, based on the precautionary principle, instituted stricter measures for all projects that are using or have used the disposal of mining tailings in upstream heightened dams, the decree also suspends the Environmental Licensing for the new dams that would be heightened by the upstream method. These legal responses are certainly linked to technical characteristics, which makes it relevant to analyze, establishing a comparison with the others existing heightening methods.

Keywords: Dams; Mining; Upstream.

Sumário: 1 Introdução - 2 A origem do rejeito - 3 Formação das barragens pela técnica de aterro hidráulico - 4 Métodos de alteamento - 5 A segurança dos métodos - 6 Considerações finais - Referências.

¹ Doutor em Direito pela PUC/MG. Mestre em Direito pela UFMG. Especialista em Direito Ambiental pela Universidade de Genebra, Suíça. Professor permanente do Mestrado em Direito Ambiental da Escola Superior Dom Helder Câmara. Coordenador grupo de pesquisa “A gestão do patrimônio ambiental e a mineração”, da Escola Superior Dom Helder Câmara. E-mail: romeuprof@hotmail.com

² Engenheiro de Minas pela Universidade Federal de Minas Gerais. Integrante do grupo de pesquisa “A gestão do patrimônio ambiental e a mineração”, da Escola Superior Dom Helder Câmara. E-mail: matheuspassini@minex.eng.br

Barragens de rejeitos de mineração: características do método de alteamento para montante que fundamentaram a suspensão de sua utilização em Minas Gerais

1 INTRODUÇÃO

A mineração encontra-se fortemente atrelada à história brasileira contemporânea, na medida em que representa uma das principais atividades econômicas do nosso país. Ela foi responsável pela ocupação do nosso território e tem sido essencial para o crescimento econômico do Brasil. Assim foi com a produção do ouro e dos diamantes, no período colonial, e com a extração e produção do ferro, no Império e no início da República.

Se, por um lado, os bônus da mineração marcam nosso desenvolvimento econômico, noutro viés não podem ser olvidados os impactos negativos e danos decorrentes da exploração mineral. A mineração tem como características intrínsecas a rigidez locacional, a modificação do meio ambiente e a geração de riscos socioambientais. Trata-se de atividade extrativista que produz interferências diversas nos meios social, econômico e ambiental (RIBEIRO; MENDES, 2013).

Importa reconhecer que diversos acidentes marcaram negativamente a trajetória da exploração mineral na história nacional. Considerável parcela desses acidentes envolve rompimento de barragens de rejeitos.

Em 1986, o rompimento da barragem de rejeitos da Mina de Fernandinho, em Itabirito/MG, ganhou destaque no noticiário nacional, sobretudo pela morte de sete pessoas. Já em 2001, ficou evidente que a ruptura de uma barragem pode acarretar, além da supressão de vidas humanas, indesejáveis impactos negativos sobre o meio ambiente. Ao se romper, a barragem de uma mineradora localizada em Sebastião de Águas Claras (Macacos), distrito de Nova Lima, Minas Gerais, matou cinco operários, assoreou mais de seis quilômetros do leito do córrego Taquaras e atingiu quarenta e três hectares de vegetação. No ano de 2007, quatro mil moradores e mil e duzentas casas foram atingidas pela ruptura da barragem de outro empreendimento minerário, localizado em Miraí, região da Zona da Mata mineira. Em 2014, operários mineiros, que realizavam a manutenção no talude de uma barragem de rejeitos desativada, também no Estado de Minas Gerais, foram soterrados depois de seu rompimento (TOLEDO; RIBEIRO; THOMÉ, 2016).

Já no dia 5 de novembro de 2015, a lama proveniente da ruptura da barragem do Fundão invadiu Bento Rodrigues, distrito da cidade histórica de Mariana, Minas Gerais, deixando dezenove mortos, dezenas de famílias desabrigadas, e causando danos incalculáveis ao meio ambiente da região. Estima-se que aproximadamente

Romeu Thomé

Matheus Leonardo Passini

40 milhões de metros cúbicos de rejeitos de mineração, compostos principalmente por sílica (areia) e óxido de ferro, foram lançados no meio ambiente, atingindo 663 quilômetros de rios e córregos e 1.469 hectares de vegetação. Além disso, 207 edificações foram soterradas apenas no distrito de Bento Rodrigues/MG. A lama chegou ao rio Doce, cuja bacia é a maior da região Sudeste do País, aumentando a turbidez da água e provocando a morte de peixes e outros animais (TOLEDO; RIBEIRO; THOMÉ, 2016).

É importante registrar que quase a metade dos acidentes com barragens ocorridos no final do século XX e início do século XXI envolveu estruturas alteadas com a utilização do método para montante. Em razão dessa constatação, o Estado de Minas Gerais suspendeu, ainda que temporariamente, os procedimentos de licenciamento ambiental de novas barragens de rejeitos nas quais se pretenda utilizar tal método de alteamento. Essa determinação não tem como escopo, a princípio, interromper a exploração mineral, mas sim adotar medida preventiva com o intuito de adequar a atividade a padrões técnicos mais rigorosos e socioambientalmente mais seguros.

O presente trabalho consiste em esforço transdisciplinar de aproximação de conhecimentos do Direito e da Engenharia com o intuito de investigar os argumentos técnicos utilizados pelo poder público para a suspensão, por meio de um decreto estadual, dos procedimentos de licenciamento ambiental de novas barragens de rejeitos que pretendam utilizar o método de alteamento para montante em Minas Gerais.

Esta pesquisa se justifica, portanto, pela atualidade e relevância do tema, além da abordagem insuficiente do assunto na doutrina jurídica pátria.

2 A ORIGEM DO REJEITO

Antes de analisar as barragens, é preciso tecer algumas considerações em relação à origem do rejeito. A mineração consiste em um conjunto de etapas que visam à obtenção de substâncias úteis, encontradas em seu estado natural, para que sejam processadas e adequadas à sua destinação final. Desse modo, é necessário que ocorra uma série de eventos inter-relacionados, como sublinha Borges (2000):

Barragens de rejeitos de mineração: características do método de alteamento para montante que fundamentaram a suspensão de sua utilização em minas gerais

A mineração, por seu turno, não brota simplesmente do subsolo acima do qual o Estado impõe sua jurisdição. É preciso que a geologia desse subsolo tenha características peculiares (que lhe confirmam o potencial para possuir recursos minerais) que somente serão revelados em sua plenitude pelo estudo geológico. Da mesma forma, a transformação daqueles recursos em bens econômicos somente ocorrerá se houver tecnologia para lavar os minérios descobertos e deles extrair as substâncias úteis aos propósitos da sociedade ou do mercado, e desde que o Estado assim o permita (BORGES, 2000, p. 150).

São etapas da atividade minerária a prospecção, a pesquisa, a lavra e o descomissionamento.

Prospecção e pesquisa representam o conjunto de conhecimentos, técnicas e ferramentas utilizadas para a descoberta e estudo de depósitos minerais (CAVALCANTI NETO; ROCHA, 2010). Esses depósitos são anomalias geológicas cujas características lhes conferem potencial para aproveitamento econômico. Durante a prospecção e pesquisa, pretende-se definir a existência, em determinado local, de minério em qualidade e quantidade suficientes para justificar sua extração (lavra) e adequação às exigências comerciais. O depósito mineral é considerado jazida quando os resultados da pesquisa indicam a viabilidade econômica de sua exploração.

A mina é a jazida em processo produtivo, origem de dois subprodutos. Um deles é o minério, “agregado natural de um ou mais minerais sólidos que podem ser extraídos, processados e vendidos para obter-se lucro” (HUSTRULID; KUCHTA, 2006, p.1, tradução nossa).³ O outro subproduto é o estéril, material que deve ser retirado para possibilitar a lavra, mas que não possui valor econômico.

São os critérios temporal, material e espacial que determinam a viabilidade econômica do empreendimento minerário e podem ser encontrados, em maior ou menor grau, nas características técnico-econômicas atribuídas à mineração, que, para Batista (2006, p. 4), são: “a rigidez locacional; exauribilidade da jazida; transitoriedade do empreendimento; alto risco da atividade; singularidade das jazidas e minas; dinâmica particular de um projeto mineiro; e, monitoramento ambiental específico”.

Apesar de a jazida ser uma região da crosta em que processos geológicos concentraram minerais economicamente importantes em quantidade e teor superiores a valores ordinários, etapas subsequentes capazes de concentrar esses

³ Ore: a natural aggregation of one or more solid minerals that can be mined, processed and sold at a profit.

Romeu Thomé

Matheus Leonardo Passini

componentes ainda são necessárias para a produção de um produto economicamente viável. Para Valadão e Araujo (2007, p. 13), “O processamento mineral pode ser conceituado como o conjunto de operações básicas que são realizadas em uma matéria-prima mineral (minério bruto) com o objetivo de se obter sua adequação, ou seja, produtos comercializáveis”.

Durante o beneficiamento mineral, grandes quantidades de energia são aplicadas na fragmentação do material alimentado na usina. A cominuição libera os minerais dos agregados, possibilita que aqueles sejam submetidos a processos físico-químicos que induzem sua separação de maneira seletiva e controlada. Ao final desse processo pode-se distinguir o concentrado, que consiste no fluxo para o qual se deslocaram preferencialmente as partículas do minério que se deseja comercializar, do rejeito.

Ao final do processo de concentração, o rejeito encontra-se em polpa, modalidade espessa e segregável cujo percentual de água pode ser reduzido antes de sua destinação final. Ribeiro (2015) relaciona a umidade do rejeito com seu estado:

Rejeito em polpa: baixas concentrações de sólidos ($30\% < C_w < 40\%$), sem espessamento, segregável. A polpa é a concentração mais comum na saída dos rejeitos de usinas de beneficiamento no Brasil; Rejeito espessado: concentrações de sólidos aumentada através de processos mecânicos de espessamento ($45\% < C_w < 65\%$), porém, ainda segregável e bombeável por bombas centrífugas; Rejeito em pasta: concentração de sólidos intermediária ($65\% < C_w < 70\%$), não segregável, somente bombeável com bombas de deslocamento positivo; Rejeito em torta: alta concentração de sólidos ($80\% < C_w < 85\%$). A torta consiste em uma massa de rejeito com baixa umidade transportável apenas através de esteiras ou caminhões (RIBEIRO 2015, p. 14-15).

A decisão sobre a concentração de sólidos com a qual o rejeito será descartado é baseada em critérios técnico-econômicos. Dentre as vantagens de se reduzir a umidade do rejeito destaca-se a reintrodução da água no processo de concentração, que provoca a diminuição da demanda de recurso hídrico da usina. Outra virtude do rejeito menos úmido é a sua menor suscetibilidade a risco de acidentes envolvendo estruturas de contenção de rejeito, pois nesse caso a pasta seca rapidamente e se transforma em material endurecido, com potencial reduzido de liquefação. Essa torta apresenta o comportamento mais parecido com o de um solo argiloso do que um fluido propriamente dito. Esses rejeitos com alta concentração de sólidos têm custos elevados, decorrentes da instalação e

Barragens de rejeitos de mineração: características do método de alteamento para montante que fundamentaram a suspensão de sua utilização em minas gerais

manutenção de sistemas de desaguamento, o que reduz a atratividade dos empreendedores a ponto de transformar a exploração minerária sob essa modalidade de concentração economicamente inviável.

Considerando que a disposição sob a forma de polpa é o método mais utilizado no Brasil, além de ser a modalidade mais suscetível a acidentes, o presente trabalho procura explorar a temática da disposição em polpa, relegando os outros métodos para momento mais oportuno.

3 FORMAÇÃO DAS BARRAGENS PELA TÉCNICA DE ATERRO HIDRÁULICO

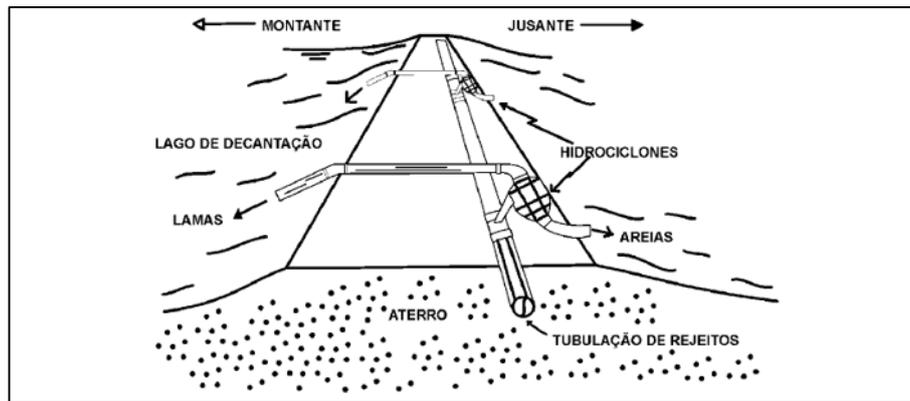
O método mais comum de disposição dos rejeitos da indústria mineral é o seu lançamento em lagos de decantação (aterros hidráulicos), represados por barragens. A dimensão dessas estruturas foi ampliada nas últimas décadas em razão do aumento na geração de resíduos, impulsionado pela demanda mundial de produtos minerais. Além disso, melhorias técnicas associadas a maiores exigências ambientais têm como resultado, segundo Soares (2010), o aproveitamento de minérios de baixo teor, o que aumenta a quantidade de rejeitos produzida em relação à massa de alimentação da usina.

As técnicas de construção de barragens estão no centro das discussões técnico-científicas, sobretudo a partir dos recentes rompimentos envolvendo essas obras de contenção. Observa Soares (2010) que

Tais estruturas devem atender às exigências de proteção ambiental e de segurança, além de inserir-se como parte integrante do processo produtivo, atendendo, por exemplo, as necessidades de recuperação e introdução da água no circuito da mina e da usina de concentração. Deve-se também ter como horizonte a possibilidade de, no futuro, reaproveitar este rejeito como um bem mineral, pois o avanço tecnológico e a escassez de bens minerais poderão viabilizar este empreendimento (SOARES, 2010, p. 831).

Considerável volume de água presente no rejeito pode ser recuperado e reintroduzido no sistema, antes do seu lançamento nos lagos de decantação. Os equipamentos mais utilizados para esse fim são espessadores e hidrociclones. Ressalta-se que estes últimos também podem ser utilizados para a separação das partículas presentes na polpa por tamanho, tornando-os importantes na obtenção de areia, material de construção usado na estrutura da própria barragem (Figura 1).

Figura 1 - Arranjo típico de hidrociclones ao longo da crista da barragem.

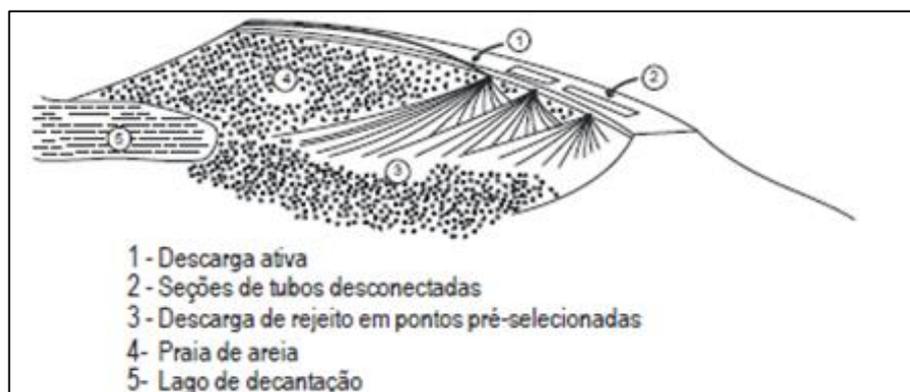


Fonte: SOARES, p. 837.

Pode-se observar na figura 1 a utilização de hidrociclones para separação do material de granulometria mais grossa (areia), despejado para a jusante, do mais fino (lama), lançado para a montante do aterro juntamente com considerável parcela da água presente no rejeito.

As técnicas de aterro hidráulico fundamentam-se, regra geral, na construção de um dique capaz de represar o rejeito da usina de beneficiamento. À medida que a polpa é despejada para a montante desse dique, as partículas presentes no rejeito tendem a assentar no fundo da represa. Em razão de uma diferença na velocidade de decantação dos sólidos em suspensão, aqueles de maior granulometria tendem a se acumular nas proximidades do ponto de descarga, formando praias, enquanto os finos são carreados pelo fluxo d'água (Figura 2).

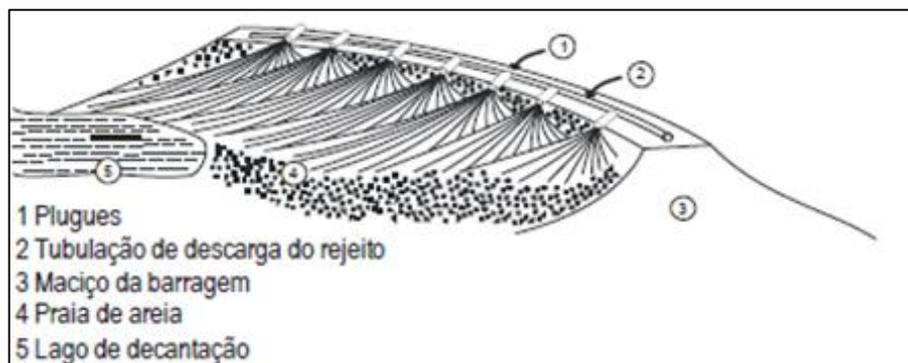
Figura 2 - Método de descarga de polpa periférica por um único ponto



Fonte: SOARES, 2010, p. 838.

Barragens de rejeitos de mineração: características do método de alteamento para montante que fundamentaram a suspensão de sua utilização em minas gerais

Figura 3 - Método de descarga periférica de polpa por espigotes.



Fonte: SOARES, 2010, p. 838.

As figuras 2 e 3 representam diques em que não é feita separação granulométrica por hidrociclones. Nesses casos, todo o rejeito é despejado para a montante da barragem. Ao longo dos diques, nas regiões em que o rejeito é lançado, formam-se praias em razão da decantação do material mais grosso e pesado próximo à tubulação (plugues ou espigotes/spigots) de descarga da polpa.

Importa registrar que há quatro métodos de disposição de rejeitos mais comuns utilizados nos barramentos.

O primeiro método tem como singularidade a descarga de polpa por um único ponto e é bastante empregado quando o lançamento do rejeito não é feito a partir da crista da barragem, mas sim de uma posição a montante dela. Esse método não é apropriado quando há intenção de manter a linha freática e/ou a fração fina do rejeito longe do dique. A descarga periférica por um único ponto pode ser usada a partir da crista (Figura 2) desde que se tome o cuidado de mover periodicamente o ponto de saída da polpa para evitar a elevação desigual do nível da barragem (EPA 1994).

No segundo método, ocorre descarga em vários pontos por plugues ou espigotes (*spigots*) (Figura 3 e 4C). São utilizados tubos de menor diâmetro conectados à tubulação principal de rejeitos e posicionados em intervalos regulares de distância. Esse método cria um fluxo mais uniforme de rejeitos com a intenção de formar praias que apresentam declive suave, em que a fração mais grosseira se instala perto do ponto de descarga e a fração fina é depositado progressivamente mais longe. Como resultado dessa gradação de tamanho, a densidade, resistência ao cisalhamento, e a permeabilidade dos sólidos sedimentados diminuem com o aumento da distância a partir do ponto de descarga. Embora a segregação

Romeu Thomé

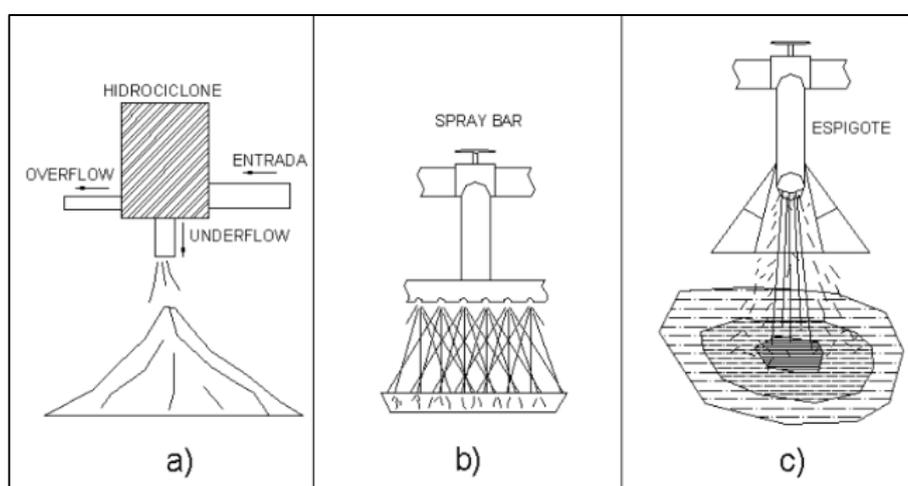
Matheus Leonardo Passini

idealmente uniforme seja teoricamente realizável, ela é raramente alcançada na prática. Para Lighthall “o processo de segregação é tudo menos uniforme e depende da distribuição granulométrica dos sólidos e sua concentração no rejeiro” (LIGHTHALL, 1989, p. 4, tradução nossa).⁴ A falta de uniformidade das praias impacta a segurança, pois é sobre elas que se constrói o alteamento para a montante, técnica que possibilita ampliar a capacidade da barragem.

Pelo terceiro método, a descarga é feita com barras aspersoras tipo “spray bars” (Figura 4B). Trata-se de uma técnica que “objetiva reduzir a pressão de lançamento do rejeito na barragem e, desta forma, diminuir o arraste de partículas e melhorar a segregação hidráulica dos rejeitos” (VALERIUS, 2014, p. 56). Para isso, tubulações com pequenos furos distribuídos por sua extensão são dispostas longitudinalmente ao longo da praia para captar o rejeito da tubulação principal e redistribuí-lo.

No quarto e último método de disposição de rejeitos, há descarga com ciclonação que utiliza hidrociclones (Figura 4A), dispositivos mecânicos simples que, através da força centrífuga, são capazes de separar as partículas grosseiras das finas, presentes na polpa. Esse método apresenta duas grandes vantagens, quais sejam: diminuição do volume de rejeitos despejado nas barragens e economia de material de construção. Isso ocorre porque a fração de sólidos mais grossa, inicialmente presente no rejeito, deixa de ser descartada e pode usada na construção dos sucessivos alteamentos da barragem (EPA, 1994).

Figura 4 - Sistemas de disposição de rejeitos - a) Hidrociclone, b) Spray bars, c) Espigote



Fonte: SILVA, 2010, p. 57.

⁴ This segregation process is anything but uniform and depends on the tailings gradation and the solids concentration.

Barragens de rejeitos de mineração: características do método de alteamento para montante que fundamentaram a suspensão de sua utilização em minas gerais

É importante salientar que as mineradoras costumam criar um dique inicial, ou aterro, capaz de suportar entre dois e três anos de produção (ZARDARI, 2010). Após esse período, caso seja necessário, o volume disponível para a deposição de rejeitos pode ser incrementado através da técnica conhecida como alteamento. A motivação para executar a obra em diferentes estágios é econômica, pois eles diminuem o custo inicial de construção da barragem, amortizando o investimento ao longo dos anos de exploração. Os principais métodos de alteamento serão analisados a seguir.

4 MÉTODOS DE ALTEAMENTO

Destacam-se três métodos de alteamento, denominados de acordo com o deslocamento do eixo da barragem durante as etapas de construção: montante, jusante e linha de centro. Soares (2010) assinala que o método utilizado deve ser o mais adequado às características do projeto: topografia, hidrologia, geologia, tipos e propriedades do subsolo, granulometria e concentração dos rejeitos, velocidade de deposição, variação da capacidade de armazenamento do reservatório com o aumento da altura. Nessa linha, EPA (1994) acrescenta ser comum optar-se pelo método que, em dada situação, proporciona a estabilidade adequada ao menor custo.

O método de alteamento para montante (Figura 4A) consiste na construção de diques sobre as praias formadas pela decantação do próprio rejeito, deslocando o eixo da obra em direção a montante. Esse método é caracterizado pelo menor custo de construção, maior velocidade de alteamento e pouca utilização de equipamentos de terraplanagem.

Em contrapartida, as desvantagens do método para montante se devem à menor segurança, sobretudo devido à capacidade de liquefação da massa de rejeitos saturada e em virtude da proximidade da linha freática ao talude de jusante, o que pode ocasionar o fenômeno de entubamento, quando a água é capaz de atravessar determinadas regiões do talude e aparecer a montante da estrutura, enfraquecendo-a.

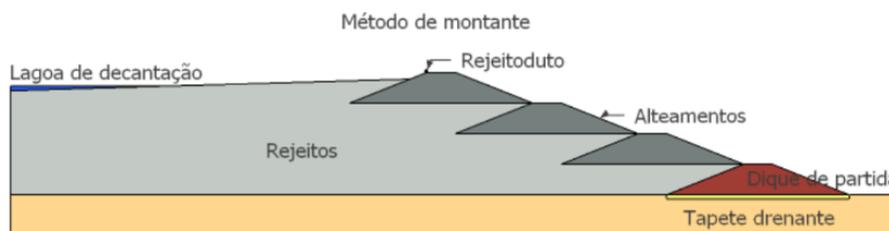
Medidas para mitigar os riscos inerentes a esse método são elencadas por Soares (2010). Dentre elas, está o controle do nível da água do reservatório

Romeu Thomé

Matheus Leonardo Passini

mediante adoção de sistemas de drenagem que consideram não somente a vazão do rejeito, mas também a decorrente do regime pluviométrico; descarte sumário do método em regiões sujeitas a vibrações, de origem tectônica ou antrópica, como as decorrentes do uso de explosivos e intensa movimentação de equipamentos pesados, pois os tremores são gatilhos reconhecidos do processo de liquefação da massa de rejeito; evitar-se a erosão do talude de jusante, provocada pela ação da chuva, através da condução das águas por canaletas e caixas de passagem, além do uso de cobertura vegetal.

Figura 5 - Alateamentos sucessivos: método da linha de montante



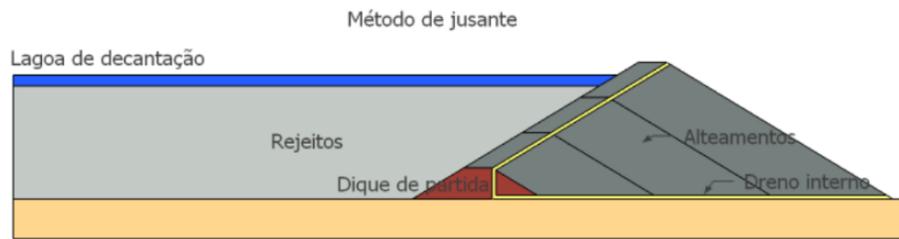
Fonte: VALERIUS, 2014, p. 9.

O método da linha de jusante (Figura 6) desloca o eixo de construção na direção oposta ao do lago de decantação. Nesse caso, o dique deve ser dotado de drenagem interna (filtro vertical e tapete drenante) e o talude a montante é impermeabilizado com argila ou materiais sintéticos.

Dentre as características atribuídas por Soares (2010), as vantagens desse método são: maior segurança; menor probabilidade de entubamento e de rupturas horizontais, em consequência da maior resistência ao cisalhamento; maior resistência a vibrações provocadas por sismos naturais e vibrações em razão do emprego de explosivos nas frentes de lavra. Já as principais desvantagens são: custo mais elevado; maior volume de material a ser movimentado e compactado; menor velocidade de alateamento da barragem; não possibilita a proteção com cobertura vegetal e tampouco drenagem superficial durante a fase construtiva, devido à superposição dos rejeitos no talude de jusante; requer o emprego de hidrociclones.

Barragens de rejeitos de mineração: características do método de alteamento para montante que fundamentaram a suspensão de sua utilização em minas gerais

Figura 6 - Alteamentos sucessivos: método da linha de jusante

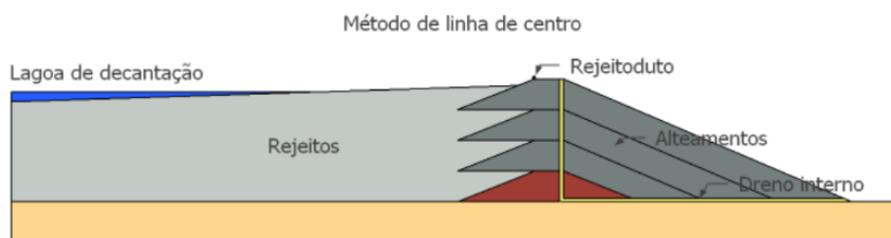


Fonte: VALERIUS, 2014, p. 9.

O método da linha de centro (Figura 7) utiliza uma técnica intermediária, que concatena a segurança do método para jusante com o custo e velocidade do alteamento para montante. Nele, as construções subsequentes são executadas em parte sobre a praia formada pela deposição de rejeitos, em parte sobre o talude de jusante do alteamento anterior. Mantém-se, dessa forma, o alinhamento do eixo em relação ao dique inicial.

O método da linha de centro caracteriza-se pela facilidade construtiva, com a inconveniência de apresentar uma área a montante passível de escorregamento, de não permitir adequação da superfície de talude a jusante com cobertura vegetal e drenagem superficial, além de necessariamente utilizar hidrociclones.

Figura 7 - Alteamentos sucessivos: método da linha de centro



Fonte: VALERIUS, 2014, p. 9.

5 A SEGURANÇA DOS MÉTODOS

A doutrina apresenta o método de alteamento para montante como o mais suscetível à ocorrência de acidentes. Peixoto (2012) destaca que:

Romeu Thomé

Matheus Leonardo Passini

As barragens de rejeitos baseadas na técnica de aterro têm proporcionado uma crescente reação dos órgãos ambientais e das comunidades afetadas, em função dos elevados riscos ambientais inerentes ao processo e às catastróficas consequências de uma ruptura. Particularmente as barragens alteadas para montante tendem a ser potencialmente críticas e a liberação descontrolada das massas retidas, em eventual ruptura, implica graves consequências não apenas nas vizinhanças do empreendimento, mas também em áreas distantes a montante. No contexto dos casos históricos de rupturas de barragens de contenção de rejeitos construídas pela técnica de aterro hidráulico, a liquefação estática tem sido um fator determinante (PEIXOTO, 2012, p. 7).

A corroborar esse posicionamento, ICOLD (2001) apresenta dados mostrando que, em números absolutos, observam-se mais acidentes em barragens alteadas para montante. Não se pode perder de perspectiva, no entanto, que essa constatação é esperada, pois se trata do método mais antigo e mais utilizado pelos empreendedores.

Alteamentos a montante são proibidos em alguns países. Chile e Peru, países que se localizam em região do planeta marcada pelo limite convergente das placas tectônicas Nazca e Sul Americana, não admitem essa técnica. O método para montante não é recomendado em zonas tectonicamente ativas, sujeitas a fortes tremores.

Registra-se, por oportuno, que todos os acidentes envolvendo estruturas de contenção de rejeitos de minério no Estado de Minas Gerais, desde o ano 2001, foram marcados pelo emprego do método para montante. Essa é uma das justificativas de crescente parcela de pesquisadores que defendem sua proibição nos empreendimentos com barragens.

Tratando-se de método menos seguro em relação aos demais, o Decreto n. 46.993, de 2 de maio de 2016, do Estado de Minas Gerais, institui a Auditoria Técnica Extraordinária de Segurança de Barragem para 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. Além disso, o decreto suspende a emissão de orientação básica e a formalização de processos de licenciamento ambiental de novas barragens de contenção de rejeitos nas quais se pretenda utilizar o método para montante até que o Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM defina critérios e procedimentos adicionais a serem adotados pelo empreendedor (MINAS GERAIS, 2016).

Barragens de rejeitos de mineração: características do método de alteamento para montante que fundamentaram a suspensão de sua utilização em Minas Gerais

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Além dos estéreis, empilhados na área da mineração, os rejeitos do processo metalúrgico são os principais resíduos gerados nessa modalidade de atividade. Lançados em barragens de contenção, os rejeitos são considerados o principal fator de impacto ambiental da mineração.

É cediço que as mineradoras adotam a prática comum de construção de um dique inicial. Esse aterro é capaz de suportar entre dois e três anos de produção mineral, o que as obriga a proceder ao alteamento da barragem, prática recorrente que objetiva alongar a vida útil das barragens de rejeitos, na exata medida em que aumentam progressivamente sua capacidade de estocagem.

Conforme minudenciado neste trabalho, destacam-se três métodos de alteamento de barragens: para montante, para jusante e linha de centro. As pesquisas indicam o método de alteamento para montante como o menos seguro, em razão da capacidade de liquefação da massa de rejeitos saturada e em virtude da proximidade da linha freática ao talude de jusante, o que pode ocasionar o fenômeno do entubamento. Nesse caso, a água atravessa determinadas regiões do talude e aparece a montante da estrutura, enfraquecendo-a. O método de alteamento para montante foi empregado em todas as estruturas de contenção de rejeitos de minério localizadas em Minas Gerais que se romperam desde o ano 2001.

A vulnerabilidade das barragens alteadas pelo método para montante, confirmada com o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, no ano de 2015, motivou o Estado de Minas Gerais a suspender os procedimentos de licenciamento ambiental de novas barragens de rejeitos nas quais se pretenda utilizar esse método para ampliação de sua capacidade.

Essas determinações previstas no Decreto Estadual n. 46.933/2016 provavelmente não serão as únicas medidas preventivas a serem implementadas pelo poder público estadual após o acidente em Mariana, que teve grande repercussão em âmbito nacional e internacional.

Vale observar que o poder público estadual pode exercer ações administrativas no sentido da preservação ambiental, desde que no âmbito de suas atribuições e com a observância dos princípios da razoabilidade e da proporcionalidade.

Romeu Thomé

Matheus Leonardo Passini

A adoção de medidas jurídicas preventivas, a partir da análise das características técnicas de construção e alteamento das barragens de rejeitos, são fundamentais para se evitar a ocorrência de novos colapsos nessas estruturas e, além disso, para que a mineração se desenvolva nos moldes dos padrões de segurança internacionais, propiciando o bem-estar socioambiental a curto, médio e longo prazos.

REFERÊNCIAS

- ANTUNES, P. de B. **Direito ambiental**. 12. ed. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2010.
- BATISTA, A. J. **Indicadores ambientais na pesquisa mineral**. Relatório n. 1, Projeto BRA/01/039 - Apoio à Reestruturação do Setor Energético. Termo de Referência n. 120508 do Projeto BRA/01/039 - PNUD. 2006.
- BORGES, L. de F. Política e mineração na era da ecoeficiência. In: **Brasil 500 anos - a construção do Brasil e da América Latina: histórico, atualidade e perspectiva**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2000. 254 p. Bloco III - (1ª Parte), p. 149-154.
- CAMILO, J. V. Proibir alteamento de barragens à montante não seria a solução. **Jornal O Tempo Online**. 19/02/16. Disponível em: <<http://www.otempo.com.br/cidades/proibir-alteamento-de-barragens-%C3%A0-montante-n%C3%A3o-seria-a-solu%C3%A7%C3%A3o-1.1238793>>. Acesso em: abr. 2015.
- CAVALCANTI NETO, M. T. de O; ROCHA, A. M. R. da. **Noções de prospecção e pesquisa mineral para técnicos de geologia e mineração**. Natal: Editora do IFRN-RN, 2010.
- EPA (1994). **Desing and evaluation of tailings dams: technical report**. U.S. Environmental Protection Agency (EPA), Washington, USA, 59 p.
- FONSECA, F. F. A. Mineração e Ambiente. In: **Análise ambiental: uma visão multidisciplinar**. 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1995. Cap. 9, p. 177-181.
- HUSTRULID, W. A.; KUCHTA, Mark. **Open pit mine planning & design**. London: Taylor and Francis, 2006.
- ICME (1998). **An introduction to tailings**. Case studies on tailings management. International Council on Metals and the Environment (ICME), Ottawa, Canada, 58 p.
- ICOLD (2001). Tailings dams: risk of dangerous occurrences, lessons learnt from practical experiences. **Bulletin 121**, International Commission on Large Dams (ICOLD), France, 144 p.

Barragens de rejeitos de mineração: características do método de alteamento para montante que fundamentaram a suspensão de sua utilização em minas gerais

LAGES, M.; MANSUR, R. Processo chamado de “alteamento a montante” chega a ser 70% mais barato que outras alternativas. **Jornal O Tempo Online**. 12/01/16. Disponível em: <<http://www.otempo.com.br/cidades/estado-vai-proibir-t%C3%A9cnica-para-elevar-capacidade-de-barragens-1.1210481>>. Acesso em: abr. 2015.

LIGHTHALL, P. C.; WATTS, B. D.; RICE, S. Deposition methods for construction of hydraulic fill tailings dams. In: **Geotechnical aspects of tailings disposal and acid mine drainage**. The Vancouver Geotechnical Society, Vancouver, British Columbia, May 26, 1989.

MINAS GERAIS. **Decreto n. 46.993, de 2 de maio de 2016**. Institui a Auditoria Técnica Extraordinária de Segurança de Barragem e dá outras providências. Minas Gerais: Diário do Executivo de 2/5/2016.

PEIXOTO, C. L. P. **Proposta de nova metodologia de desaguamento de rejeitos em polpa**. Ouro Preto, 2012, 93 p. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Ouro Preto, Núcleo de Geotecnia da Escola de Minas.

REID, K. J. **The importance of mining**. Disponível em: <http://www.mineralseducationcoalition.org/sites/default/files/uploads/the_importance_of_mining.pdf>. Society for Mining, Metallurgy & Exploration (SME), 2012. Acesso em: 10 mar. 2016.

RIBEIRO, J. C. J; MENDES, S. F. A participação no fechamento de mina no direito comparado. **Revista Veredas do Direito**, Belo Horizonte, v. 10, n. 20, p. 23-54, jul./dez. 2013.

RIBEIRO, V. Q. F. **Proposta de metodologia para avaliação dos efeitos de rupturas de estruturas de disposição de rejeitos**. Belo Horizonte, 267 p. Dissertação de Mestrado - UFMG, 2015.

SILVA, W. P. **Estudo do potencial de liquefação estática de uma barragem de rejeito alteada para montante aplicando a metodologia de Olson (2001)**. Ouro Preto, 120 p. Dissertação de Mestrado - UFOP, 2010.

SOARES, L. Barragem de Rejeitos. In: **Tratamento de minérios**. 5. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010. Cap. 19, p. 829-896.

TEIXEIRA, J. B. G; LINDENMAYER, Z. G; SILVA, M. da G. da. Depósitos de óxidos de ferro-cobre-ouro de Carajás. In: **Modelos de depósitos de cobre do Brasil e sua resposta ao intemperismo**. Brasília: CPRM, 2010. 190 p. Cap. 2, p. 15-48.

TOLEDO, A. de P; RIBEIRO, J. C. J; THOMÉ, R. **Acidentes com barragens de rejeitos da mineração e o princípio da prevenção**: de Trento (Itália) a Mariana (Brasil). Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2016.

VALADÃO, G. E. S; ARAUJO, A. C. de. **Introdução ao tratamento de minérios**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2007.

Romeu Thomé

Matheus Leonardo Passini

VALERIUS, M. B. **Cadastro e Análise do Potencial de Risco das Barragens de Rejeitos de Mineração do Estado de Goiás.** Distrito Federal, 105 p. Dissertação de Mestrado - UnB, 2014.

ZARDARI, M. A. (2010). **Mechanical properties of fine grained, sulphur rich, silty soils.** Luleå, Sweden, 88 p. Research report - Luleå University of Technology, Department of Civil, Environmental and Natural Resources Engineering.

Artigo recebido em: Fevereiro/2018

Aceito em: Março/2018