

ANÁLISE DA VIDA ÚTIL DE UMA BARRAGEM DE REJEITO DE MINERAÇÃO DE FERRO: ESTUDO DE CASO DA BARRAGEM DO DIOGO, RIO PIRACICABA (MINAS GERAIS)

Tathiana Rodrigues Caetano^{1*} & *Hersília de Andrade e Santos*²

Resumo – A mineração é um dos principais setores que demandam adequação do seu processo de exploração e beneficiamento quanto aos novos conceitos de reuso, reaproveitamento e otimização operacional, de forma a garantir serviços e produtos mais sustentáveis ambientalmente. O problema da vida útil dos barramentos e diques de mineração de ferro é que, quando comparada com os destinados para produção de energia e para captação de água para tratamento e distribuição, possui um período pequeno de funcionamento. Do ponto de vista ambiental, não é necessário apenas barrar os rejeitos produzidos, mas encontrar uma forma de utilizar esses rejeitos de mineração em outros setores, para que possa haver a diminuição de seu volume, além de promover a otimização desse barramento, para que a sua vida útil seja maximizada. Portanto, o objetivo deste trabalho foi analisar a vida útil da barragem do Diogo, localizado no Complexo de Água Limpa em Rio Piracicaba - MG. Para tanto, estimou-se curvas de deposição de rejeitos no barramento e calculou-se sua a vida útil considerando diversos cenários. Além disso, gerou-se às curvas de cota-volume deste mesmo reservatório.

Palavras-Chave – Mineração de ferro; Rejeito; Vida útil.

ANALYSIS OF THE LIFESPAN OF AN IRON MINING REJECT DAM: CASE STUDY OF DIOGO DAM, RIO PIRACICABA (MINAS GERAIS)

Abstract – Mining is one of the main sectors that require adjustment of the process of exploration and processing on the new concepts of reuse, recycling and operational optimization, to ensure services and products more sustainable environmentally. The problem of lifespan and iron mining levees is the short period of operation when compared with those intended for energy production and for raising water treatment and distribution. Concerning to the environmental aspect, to dam the produced waste is not a solution and to use these mining tailings in other sectors may be reduce the environmental impacts. Once there may be a decrease in volume, it will promote the optimization of reservoir lifespan. Therefore, the aim of this study was to analyze the lifespan of the Diogo dam, located in the Água Limpa Mine in Rio Piracicaba - MG. In order to do so, it was estimated curves of waste deposition in the bus and its lifespan was calculated considering several scenarios. In addition, it was generated to the curves of dimension-volume of this same reservoir.

Keywords – Iron mining; Reject; Lifespan

¹Afiliação: Mestranda no Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. anirathagus@gmail.com

²Afiliação: Professora Doutora no Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. hsantos@civil.cefetmg.br

* Autor Correspondente: Inserir * no autor responsável pela submissão.

INTRODUÇÃO

As atividades de mineração e seus produtos têm um impacto direto no cotidiano das pessoas e, ao mesmo tempo, envolvem uma série de etapas, muitas vezes desconhecidas pela sociedade. Entretanto, ao mesmo tempo, é de conhecimento comum que o processo minerário gera uma grande degradação ambiental, e por consequência, há uma grande demanda por sustentabilidade nesta área, provocando assim, ajustes nos processos dessas atividades. Essas adequações no setor de exploração mineral visam garantir serviços e produtos mais sustentáveis ambientalmente, e estão ligadas à implantação dos conceitos como reúso, reaproveitamento, reciclagem e otimização das operações intrínsecas ao processo (IBRAM, 2013).

O gerenciamento dos sedimentos gerados pela mineração é um processo que envolve a construção de barragens e diques, sejam eles de rejeitos ou rom (bem mineral a ser beneficiado), de forma a evitar impactos ambientais a jusante dos principais cursos d'água da região (ANA, 2005). Além disso, há o problema da vida útil desses barramentos e diques que, quando comparada com os destinados para produção de energia e para captação de água para tratamento e distribuição, possui um período pequeno de funcionamento.

Localizado no município de Rio Piracicaba – MG, a Mina Minerário de Água Limpa possui área equivalente a 4329 ha, e contempla as cavas, pilhas, barragens e a usina de tratamento do minério, além das unidades de apoio (MARTINI, 2016). A área da bacia hidrográfica na qual a região está inserida apresenta problemas ambientais significantes, pois concentram, em uma área relativamente pequena, várias atividades econômicas importantes e altamente impactantes, como a siderurgia, a mineração, o desmatamento para produção de carvão e o despejo de efluentes urbanos (DNIT, 2006).

Segundo Martini (2014) a Mina de Água Limpa é considerada de grande porte, e estima-se que o beneficiamento realizado na mesma possua uma recuperação média de 51% do minério bruto, e o barramento que contém a lama proveniente deste beneficiamento é a barragem do Diogo. Esse barramento, segundo a Superintendência Regional de Regularização Ambiental do Leste Mineiro (2011), era destinado ao armazenamento de água até o ano de 2007. Após essa data, com a compra da área por uma empresa de mineração, o barramento foi licenciado para receber o rejeito do processo da empresa. Depois da mudança de uso, a barragem do Diogo passou a ser enquadrada com alto potencial de dano ambiental (Risco 3), quando se leva em consideração a classificação de risco segundo a Deliberação Normativa nº 74 do COPAM de 2004.

Assim, este trabalho teve como objetivo analisar a vida útil da barragem do Diogo, na Mina de Água Limpa, localizada em Rio Piracicaba (MG), para tanto, estimou-se curvas de deposição de rejeitos no barramento, a partir das informações batimétricas e das imagens do GPR (*Ground Penetration Radar*), e a vida útil desta barragem.

METODOLOGIA

A barragem do Diogo possui duas partes distintas que não são conectadas (separadas por rejeitos já depositados), chamou-se, então, a parte mais ao norte de Reservatório A e a mais ao sul de reservatório B (i.e. Figura 1– Localização do Reservatório A e do Reservatório B do Diogo).

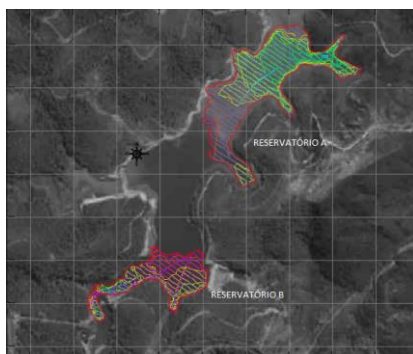


Figura 1 – Localização do Reservatório A e do Reservatório B do Diogo

Calculou-se o volume dos reservatórios e gerou-se uma curva de cota volume. Além disso, foi realizado a análise dos dados de declividade dos reservatórios e a projeção dos volumes a cada cota. Para tanto, converteu-se as cotas do reservatório em elevações referenciadas ao NMM (nível médio do mar). Dessa forma foi possível formar o desenho contendo estes pontos coordenados e uma linha de contorno para delimitar a batimetria, bem como uma canevas (malha de coordenadas), que serviu de base para um modelo digital de superfície e um mapa de declividades.

A geração da curva cota-volume foi realizada através da medição de volume para cada acréscimo de uma taxa fixa de elevação de 0,5 m. Esta medição foi feita simulando cotas de inundação respeitando as declividades variáveis tanto do fundo como dos bordos da barragem. A partir das informações geradas criou-se uma correlação ente cota e volume.

Já do cálculo da vida útil, como o assoreamento do reservatório delimita a vida a útil da barragem, foi utilizada a equação básica para o cálculo de assoreamento de barragens descrito por Carvalho (2008):

$$S = \frac{D_{st} \times E_r}{\gamma_{ap}} \therefore \frac{365 \times Q_{st} \times E_r}{\gamma_{ap}} \quad (1)$$

$$T = \frac{V_{res}}{S} \quad (2)$$

Sendo:

S = volume de sedimento retido no reservatório, m³/ano

D_{st} = deflúvio sólido total médio anual afluyente ao reservatório, t/ano

E_r = eficiência de retenção do sedimento afluyente ao reservatório, fração

γ_{ap} = peso específico aparente médio dos depósitos, t/m³

Q_{st} = descarga sólida total média afluyente ao reservatório, t/dia

T = tempo de assoreamento de um determinado volume, anos

V_{res} = determinado volume do reservatório, total, volume morto ou outro, m³

Para os valores do deflúvio sólido total médio anual afluyente ao reservatório consideraram-se as informações de lançamento de rejeito na barragem do Diogo (i.e. Figura 2 – Quantidade de rejeitos dispostos na barragem do Diogo no período de 2008 a 2012). Esse dado, bem como o peso específico aparente médio dos depósitos, foram obtidos a partir da dissertação de Martini (2014).

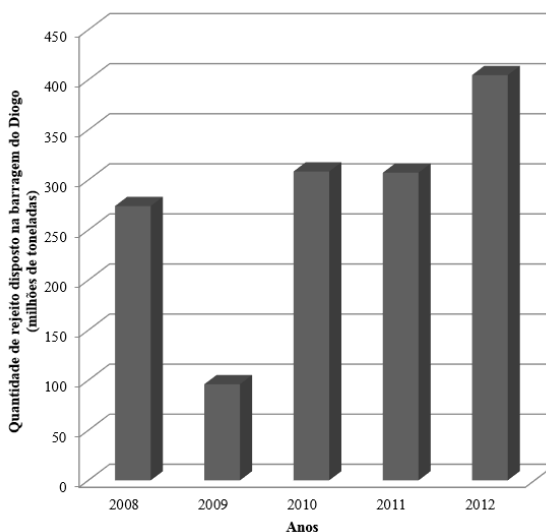


Figura 3 – Quantidade de rejeitos dispostos na barragem do Diogo no período de 2008 a 2012 (MARTINI, 2014)

Para o valor do volume do reservatório, utilizou-se o resultado obtido no cálculo de volume realizado no software Civil 3D: 60.7271,03 m³. Vale ressaltar que este valor difere dos dados fornecidos no inventário de barragens da Fundação Estadual do Meio Ambiente (Feam), uma vez que parte do reservatório do Diogo já está assoreado, e, portanto, esta parte não foi considerada nos cálculos realizados neste trabalho.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para as declividades dos reservatórios mostram que a maioria do reservatório possui pequenas declividades (entre 0 e 6%). Sendo as maiores delas encontradas mais próximo onde o rejeito está acumulado, ou seja, nas bordas do barramento (i.e. Figura 3 – Declividades dos reservatórios A (a) e B (b)).

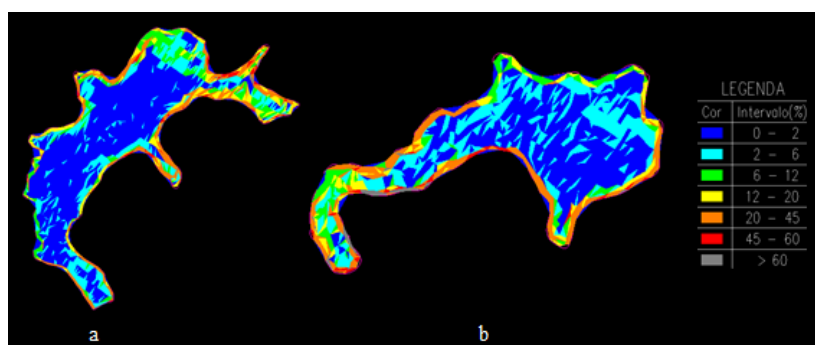


Figura 3 – Declividades dos reservatórios A (a) e B (b)

A seguir têm-se uma vista do modelo gerado com gradação de cores por profundidade indo do branco ao azul escuro, sendo o branco a região mais elevada, e o azul a mais profunda (i.e. Figura 4 – Visualização Conceitual do modelo dos perfis dos reservatórios A (a) e B (b)). Esta visualização foi gerada com exagero vertical de 10x, pois dado as dimensões dos reservatórios pouco se perceberia as diferenças de nível sem este artifício.

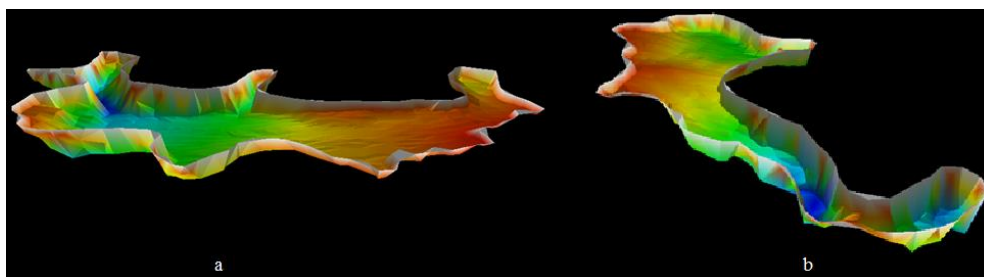


Figura 4 – Visualização Conceitual do modelo dos perfis dos reservatórios A (a) e B (b)

A partir do cálculo do assoreamento foi possível plotar o gráfico que mostra a eficiência de retenção de sedimentos na barragem do Diogo, segundo cenários de eficiência, que variaram de 10 à 100% (i.e. Figura 5 – Vida útil do Reservatório do Diogo considerando a deposição e a eficiência de retenção de rejeitos). Neste gráfico é possível perceber que quanto mais efetiva for a eficiência de retenção, menor será a vida útil do reservatório com o decorrer do tempo. Ou seja, se houver uma grande produção de minério, como em 2012, e o reservatório retendo com alta eficiência (em torno de 80%), a vida útil da barragem do Diogo é de menor que 10 anos.

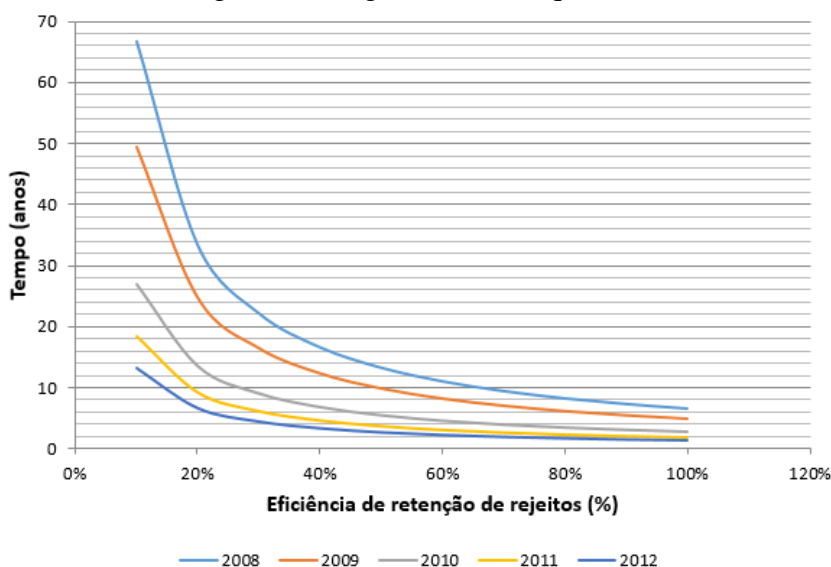


Figura 5 – Vida útil do Reservatório do Diogo considerando a deposição e a eficiência de retenção de rejeitos

A partir dos resultados obtidos, é possível perceber que a indústria minerária necessita de uma adequação em seu processo, para que assim minimize os impactos que já são inerentes ao setor. Essa necessidade de adequação, entretanto, não é algo recente. Sánchez (1994) afirma que o gerenciamento ambiental em empreendimentos minerários é algo de extrema importância, e não apenas para atendimento das legislações, mas também para resguardar a própria empresa minerária.

Sabe-se que o fechamento de uma mineração, ou o final da vida útil de uma barragem de rejeitos, geram diversos passivos ambientais, sendo que no país os principais problemas oriundos da mineração podem ser englobados em quatro categorias: poluição da água, poluição do ar, poluição sonora, e subsidência do terreno (FARIAS, 2002). Assim, pensar em formas de minimizar e conhecer melhor esses problemas vem se tornando um desafio cada vez maior. Uma forma de propor ações adequadas aos passivos gerados pela mineração é, portanto, a elaboração de planos de manejo. Esses planos são documentos elaborados a partir de diversos estudos, incluindo diagnósticos do meio físico, biológico e social, que estabelece normas, restrições para o uso, ações a serem desenvolvidas e manejo dos recursos naturais de uma área em questão, visando minimizar os impactos negativos e garantir a manutenção dos processos ecológicos (MMA, 2015).

CONCLUSÃO

Com este estudo, percebe-se que cenários de elevada produção de minério, como a produção de 2012 por exemplo, pode esgotar uma barragem de rejeitos em 2 anos considerando uma eficiência baixa de retenção (40%) nos reservatórios. E esse tempo é muito pequeno quando se leva em consideração o tamanho do impacto ambiental provocado pelo setor minerário. Por outro lado, cenários de baixa produção podem contribuir para o prolongamento da vida útil do reservatório, como a produção de 2008 por exemplo, que, considerando os mesmos 40% de eficiência, levaria o mesmo barramento ao fim de sua vida útil em aproximadamente 11,5 anos.

Entretanto, sabe-se que a diminuição da produção significa diminuição do lucro que as empresas terão. Assim, essa diminuição não é algo bem visto aos olhos das empresas. Portanto, a alternativa para mitigar o passivo ambiental causado pelo setor está na adequação de processos causadores de grandes impactos ambientais, que no caso do setor minerário são os processos de extração, beneficiamento e disposição dos rejeitos gerados.

O cálculo da vida útil de barramentos de rejeito se faz necessário por se tratar de um grande passivo ambiental desse setor econômico, e pode evitar grandes desastres, como o ocorrido em Mariana (MG) em 2015, uma vez que, sabendo-se o tempo de vida desses barramentos é possível tomar atitudes preventivas no que diz respeito à geração e disposição dos rejeitos.

CONCLUSÃO

Os autores são gratos à FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais) e à VALE pelo financiamento da pesquisa por meio do projeto TEC - RDP-00186-10. Agradecemos também a Ronie Amorim e Edgar Sepúlveda pelo apoio gerencial, e à Rachel Jardim Martini, Fernanda Cristina Resende Ramos, Lucas Thadeu da Silva Ramos e Charles Silva de Souza pelo apoio operacional.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA (2005). *Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Doce: Diagnóstico*. Agência Nacional de Águas. Brasília.

CARVALHO, N.O. (2008). *Hidrossedimentologia prática*. Editora Interciência, 2 ed. Rio de Janeiro, 600 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. (2006) Relatório de Impacto Ambiental da Execução dos Serviços de Elaboração de Estudos Técnicos, Econômicos, Financeiros e Ambientais do Trecho Norte da BR-381. In: *Projeto de Ampliação de Capacidade e Modernização da Ligação Rodoviária entre Belo Horizonte e Governador Valadares – MG*. 79 p.

FARIAS, C.E.G. (2002). *Mineração e meio ambiente no Brasil*. Relatório preparado para o CGEE. PNUD – Contrato 2002/001604. 2002. Disponível em: <
http://www.em.ufop.br/ceamb/petamb/cariboost_files/miner_c3_a7_c3_a3o_20e_20meio_20ambiente.pdf >
Acesso em 31 jan. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO - IBRAM (2013). *Gestão para a Sustentabilidade na Mineração: 20 anos de história*. Instituto brasileiro de Mineração. Brasília. 168 p.

MARTINI, R.J. (2014). *Aplicação do ground penetrating radar em estudos para disposição de rejeitos de minério de ferro*. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Belo Horizonte. 144 p.

MARTINI, R.J.; CAETANO, T.R.; SANTOS, H.A.; ARANHA, P.R.A (2016). Deposição de rejeitos de minério de ferro em reservatórios: uma aplicação do método GPR. *Rev. Ambient. Água* vol. 11 n. 4. Taubaté, pp. 878 – 890.

MINAS GERAIS. (2004). *Deliberação Normativa COPAM nº 74*, de 09 de Setembro de 2004. Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, de empreendimentos e atividades modificadoras do meio ambiente passíveis de autorização ou de licenciamento ambiental no nível estadual, determina normas para indenização dos custos de análise de pedidos de autorização e de licenciamento ambiental, e dá outras providências. Diário do Executivo de Minas Gerais, Belo Horizonte.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. *Plano de Manejo*. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/unidades-de-conservacao/plano-de-manejo> > Acesso em 29 mar. 2017.

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE REGULARIZAÇÃO AMBIENTAL DO LESTE MINEIRO - SUPRAMLM. (2011). *Parecer Único*. Protocolo 0234796/2011.

SÁNCHEZ, L.E. (1994). Gerenciamento Ambiental e a Indústria da Mineração. *Revista de Administração*. Vol 29 n. 1. São Paulo, pp. 67 – 75. Disponível em: < https://www.researchgate.net/profile/Luis_Sanchez39/publication/256088315_Gerenciamento_ambiental_e_a_industria_de_mineracao/links/0046352190094762f0000000.pdf > Acesso em 15 de maio de 2017.