

II Seminário dos Estudantes de Pós-graduação

Biorremediação por bactérias em rejeitos despejados da barragem de uma empresa mineradora no Rio Doce: uma revisão bibliográfica

Márcia Aparecida Silva⁽¹⁾; Thiago Augusto da Costa Silva⁽²⁾; Camila Flávia Pereira Silva⁽²⁾; Marcos de Paula Júnior⁽²⁾; Sylvia Karla Candêa⁽²⁾; Ricardo Sousa Cavalcanti⁽³⁾

⁽¹⁾Mestranda do Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental Instituto Federal de Educação e Tecnologia de Minas Gerais/Campus Bambuí; ⁽²⁾Alunos da Disciplina de Microbiologia Ambiental do Mestrado do Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental/ Instituto Federal de Educação e Tecnologia de Minas Gerais/Campus Bambuí. marciabrasilmg@gmail.com; thacs2011@gmail.com; camila fla@gmail.com; prof.marcosbiologo@gmail.com; sylviakarla@gmail.com; ⁽³⁾Professor Orientador, Instituto Federal de Educação e Tecnologia de Minas Gerais, Endereço para correspondência: Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Bambuí. ricardo.cavalcanti@ifmg.edu.br Endereço para correspondência: IFMG/Campus Bambuí Faz. Varginha-Rodovia Bambuí/Medeiros-Km 05-Caixa Postal: 05-Bambuí/MG. CEP: 38900-000.

RESUMO - Os microorganismos desempenham diversas ações, são integrantes dos ambientes, naturais e alterados por ações antrópicas. Processos provenientes da mineração liberam no ambiente xenobióticos de difícil reciclagem. A literatura científica aponta a utilização de bactérias como biorremediadoras em recuperação de áreas degradadas. Com este estudo, ficou evidenciada a possibilidade de uso de bactérias como a *Pseudomonas sp.* e o *Bacillus sp.*, para remediar três metais: cobre, ferro, manganês, em áreas atingidas pelo rompimento de toneladas de rejeitos de uma empresa mineradora, na Bacia Hidrográfica do Rio Doce, no acidente da barragem de Fundão, em Mariana-MG, classificado como desastre de muito grande porte.

Palavras-chave: bactérias; biorremediação; mineração; Mariana-MG; Rio Doce.

INTRODUÇÃO

Segundo Gaylarde *et al* (2005, p. 46), “a biorremediação é um processo no qual organismos vivos, normalmente plantas ou microrganismos, são utilizados tecnologicamente para remover, reduzir e remediar poluentes no ambiente”. O processo biológico de biorremediação é uma alternativa ecologicamente mais adequada e eficaz para o tratamento de ambiente contaminados com moléculas orgânicas de difícil degradação, os recalcitrantes, e os metais tóxicos.

Gaylarde *et al*(2005, p. 51), aponta que “o sistema metabólico que se tem mostrado mais apto para biodegradar moléculas xenobióticas recalcitrantes, [...] é o microbiano, uma vez que os microrganismos desempenham a tarefa de reciclar a maior parte das moléculas da biosfera”. A ação de inúmeras bactérias com ação biorremediadora por seu metabolismo, e descrita por Silver, “muitos gêneros bacterianos encontrados no solo atuam nos processos de biomineralização e

II Seminário dos Estudantes de Pós-graduação

biorremediação, principalmente os acidófilos com potencial oxirredutor, como *Cidithiobacillus ferrooxidans*, *Sulfobacillus sp.* e *Acidithiobacillus caldus*”, Silver (1996, p. 39). Além destes, gêneros outros são destaque, como aponta Silver, “*Pseudomonas*, *Burkholderia*, *Bacillus* e *Rhizobium*, esses microrganismos apresentam metabolismo oxidativo de minerais atuando de maneira importante na biorremediação de cobre, crômio, níquel e zinco” (SILVER, 1996).

O cobre é um dos metais cuja concentração é controlada pela legislação brasileira nos corpos hídricos, o qual se situa em um limite de 5 mg L-1(BRASIL, 1974). Em relação à mineração, Pereira informa que,

a produção brasileira de minério de ferro em 2003 atingiu 234,5Mt, com um acréscimo de 9,3% em relação ao ano anterior. Essa produção está dividida entre 31 empresas que operaram 48 minas (todas a céu aberto) e utilizaram 37 usinas de beneficiamento. A produção está concentrada principalmente na região do chamado Quadrilátero Ferrífero (QF) de Minas Gerais (Imagem 1). [...] a região comporta enormes reservas de minérios de ferro, exploradas por grandes conglomerados industriais e inúmeras minerações de pequeno e médio porte, gerando enormes quantidades de resíduos que exigem, assim, projetos específicos para a sua disposição final. (PEREIRA, 2005, p.67).

A localização do quadrilátero ferrífero, é apontada na imagem 1:

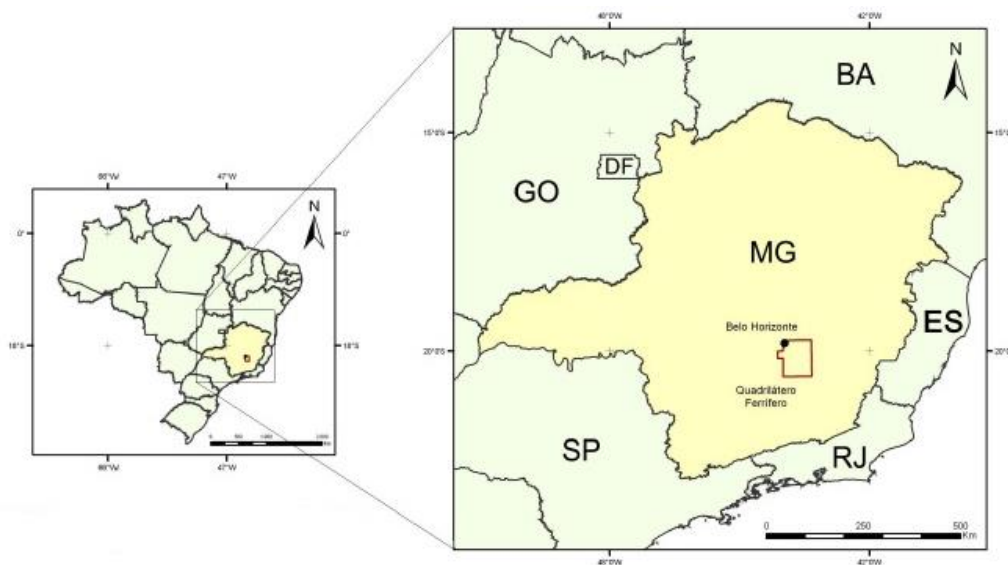


Imagem 1: Imagem simplificada do Quadrilátero Ferrífero. Fonte: PEREIRA(2005, p. 71)

Cabe ressaltar que, além da exploração de minério de ferro pela empresa Samarco S/A, com início no ano de 1973 em Mariana/MG, a região é marcada pela forte presença de garimpo de ouro desenvolvido ao longo de séculos, e, embora grande parte esteja desativada, a atividade ainda é observada no Rio do Carmo, atingido pela lama de rejeito de Fundão. Segundo Costa, “os elementos ferro e manganês e os metais pesados porventura oriundos de atividades de extração,

II Seminário dos Estudantes de Pós-graduação

quando entram na dinâmica do sistema hídrico, apresentam riscos consideráveis de contaminação porque não se degradam e permanecem solubilizados ou precipitados aos sedimentos de fundo” (COSTA, 2001, p. 10).

MATERIAL E MÉTODOS

O propósito desta revisão bibliográfica foi identificar e comparar como filtro, tema, título e palavras-chaves como itens definidos. Houve a utilização de três bancos de dados: SciELO, Google Acadêmico e Capes/periódicos. Foi realizada a leitura de 130 títulos, 26 resumos e 16 publicações completas, pelos autores, com arquivo e registro de itens relevantes.

A sistematização dos resultados obtidos revelou informações, dados e propostas metodológicas para seis etapas fundamentais: o isolamento das áreas com possíveis contaminações; seleção e isolamento das bactérias; testes para multiplicação das bactérias; determinação de pontos para inoculação das bactérias nos pontos determinados ao longo do Rio Doce; atividades de monitoramento ao longo do período de seis meses e observação aos critérios de biossegurança durante todo o desenvolvimento do projeto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A mineração, causa impactos ambientais consideráveis, pois altera intensamente a área minerada e as áreas vizinhas, onde são feitos os depósitos de estéril e de rejeito. Como objetivo geral, o presente trabalho se propõe elaborar proposta para mitigar impactos ambientais gerados do derramamento de rejeitos da barragem de mineração no solo das margens do Rio Doce através de técnicas de biorremediação utilizando bactérias.

De acordo com o tipo de processo industrial e do mineral explorado, os rejeitos encontram-se com variadas características geotécnicas, físico-químicas e mineralógicas (PEREIRA, 2005).

Como resultado da pesquisa bibliográfica, sobre o tema abordado de biorremediação, definiu-se atuar no Rio Doce, isto pela gravidade e intensidade do acidente ocorrido na cidade de Mariana em Minas Gerais com o rompimento da barragem da empresa mineradora Samarco S/A, este fato causou impactos agudos de contexto regional, como a destruição direta de ecossistemas, prejuízos a fauna, flora e socioeconômicos que afetaram todo o ecossistema da Bacia Hidrográfica do rio Doce.

Em relação ao acidente, IBAMA (2015) informa que:

No dia 05/11/2015 ocorreu o rompimento da barragem de Fundão, pertencente ao complexo minerário de Germano, no município de Mariana/MG. A barragem continha 50 milhões de m³ rejeitos de mineração de ferro. Trata-se de resíduo classificado como não perigoso e não inerte para ferro e manganês conforme NBR 10.004. A barragem continha 50 milhões de m³

II Seminário dos Estudantes de Pós-graduação

de rejeitos de mineração contendo metais como ferro e manganês, desse volume 34 milhões de m³ aproximadamente foram despejados no rio.(IBAMA, 2015, p. 31)

A intensidade de um desastre depende da interação entre a magnitude do evento e o grau de vulnerabilidade do sistema receptor afetado IBAMA(2015 *apud* CASTRO, 1990 *in* TOMINAGA, SANTORO e AMARAL, 2009 – p. 14). As imagens 2 e 3 apontam a área atingida pelo acidente.



IMAGEM 2: Área da barragem da Samarco antes do rompimento. Fonte: Google Earth. Acesso em: 8/julho/2015.



IMAGEM 3: Imagem aérea da barragem da Samarco depois do rompimento. Fonte: Google Earth. Acesso em: 06/ junho/2016.

Biolixiviação ou lixiviação bacteriana é o processo pelo qual bactérias, [...]. Esse processo é uma alternativa viável para a extração de cobre, pois requer poucos gastos com insumos (ácidos e agentes oxidantes), apresenta reduzido gasto energético, baixo investimento de capital, baixo custo operacional e reduzida mão de obra especializada na operação. (RIBEIRO NETO, 2007, p 75).

CONCLUSÕES

Chegou-se a definição da utilização de biorremediação com uso das bactérias *Pseudomonas sp.* e *Bacillus sp.* e três metais especificamente: manganês, ferro e cobre, delimitados com base na revisão bibliográfica.

II Seminário dos Estudantes de Pós-graduação

Pela gravidade e amplitude do desastres ocorrido na Bacia Hidrográfica do Rio Doce, o que reforça a importância de efetivos estudos para a implantação de biorremediação por bactérias em rejeitos de mineração despejados da barragem da empresa Samarco Mineração S/A no Rio Doce e em outras áreas impactadas com parâmetros semelhantes a este.

A aplicabilidade dos procedimentos de biorremediação demonstra-se uma metodologia eficiente em experimentos *in vitro* que deverão ser acompanhadas e controladas levando-se em consideração a recuperação ambiental das áreas degradadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREAZZA, Robson et al. **Biorremediação de áreas contaminadas com cobre**. Revista de Ciências Agrárias, v. 36, n. 2, p. 127-136, 2013.

BARRETO, Maria Laura (2001). **Mineração e Desenvolvimento Sustentável: Desafios para o Brasil**. CETEM/MCT, Rio de Janeiro, RJ.

COSTA, M. R. M e FIGUEREDO, R. C. (2001). Manganês. **Balanco Mineral Brasileiro**, DNPM.

GAYLARDE, Christine Claire; BELLINASSO, M. D. L.; MANFIO, Gilson Paulo. **Biorremediação. Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, v. 34, p. 36-43, 2005.

HAROLD A. e TAYLOR JR. (1994). **Manganese minerals**. In: **Industrial Minerals and Rocks**, 6th Edition, D. D. Carr (Senior Editor), Society of Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. Littleton, Colorado, 1196p., p. 655-660.

Histórico - Prefeitura Municipal de Mariana/MG. Disponível em: <http://www.pmmariana.com.br/historico>. Acesso em em 04 de maio de 2016.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais- Laudo Técnico Preliminar**. DIPRO. Brasília, nov. 2015. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/phocadownload/noticias_ambientais/laudo_tecnico_preliminar.pdf>

Acesso em: 15 de junho de 2016.

MÁRTIRES, R. A. C. e SANTANA, A. L. (2007). **Sumário Mineral**, DNPM.

PARALES, R. E. et al. **Biodegradation, biotransformation, and biocatalysis (B3)**. Applied and environmental microbiology, v. 68, n. 10, p. 4699-4709, 2002.

RIBEIRO NETO, Wilson Alves. **Bioliqüidação de minério de cobre da mina de Sossego, PA - Companhia Vale do Rio Doce**. 2007. 54 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Química, 2007.

SILVER, S. (1996). **Bacterial resistances to toxic metal ions - a review**. Gene 179, 9-19. doi:10.1016/S0378-1119(96)00323-X.