

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

APLICAÇÃO DE PARTÍCULAS SOLÚVEIS ALCALINIZANTES, COAGULANTES E FLOCULANTES PARA CONTROLE DA TURBIDEZ A MONTANTE DE BACIAS DE SEDIMENTAÇÃO: ESTUDO DE CASO EM CANAÃ DOS CARAJÁS - PA

Clint Almeida da Veiga¹; Thomaz Veloso de Alencar²; José Sousa Filho³; Ana Paula de São José³; Carina Ribeiro da Cunha³; Wemerson dos Santos³; Kátia Neves³; Maria Silva³; Ivo de Souza³; Hestanuander Alves³; Alison Lazarini³; Jéssica Souza³; Demerson Silva³; Benilson Nogueira³

Abstract: This study presents the results of a pilot project aimed at evaluating the effectiveness of a chemical treatment system applied to sediment containment in a mining area in the state of Pará, a key region in Brazil's mineral sector. The research was conducted at Sump E20, a structure integrated into the site's macro-drainage network, designed to mitigate the impacts of surface runoff and water turbidity caused by intense rainfall events. Three types of chemical tablets—alkalizing, coagulant, and flocculant—were installed upstream of the sediment control structure. Comparative analysis between raw and treated water samples revealed a significant reduction in turbidity levels, notably from values exceeding 1000 NTU to 54.2 NTU. Continuous monitoring over a 30-day period confirmed the system's consistent performance, even under variable weather conditions, with turbidity levels remaining largely within the limits established by Brazilian environmental regulation (CONAMA Resolution No. 357/2005). The results indicate that chemical treatment is an effective alternative for sediment control in mining environments. This project serves as a pilot study, with plans to expand the treatment to other sumps and extend the monitoring period to assess performance under diverse hydrological and operational conditions. Future comparisons with other treatment technologies are also expected to identify more efficient and sustainable solutions for water management in the mining sector.

Resumo: O presente trabalho apresenta os resultados de um projeto piloto voltado à avaliação da eficácia de um sistema de tratamento químico aplicado à contenção de sedimentos em área de mineração no Estado do Pará, região de destaque no setor mineral brasileiro. A pesquisa foi conduzida no Sump E20, estrutura integrante da rede de macrodrenagem da área operacional, com o objetivo de mitigar os impactos do escoamento superficial e da turbidez da água decorrentes de eventos de precipitação intensa. Foram utilizadas pastilhas alcalinizantes, coagulantes e floculantes, instaladas a montante da estrutura de contenção. A análise comparativa entre amostras de água bruta e tratada demonstrou significativa redução nos níveis de turbidez, com destaque para a queda de valores superiores a 1000 NTU para 54,2 NTU. O monitoramento contínuo por 30 dias reforçou a consistência do desempenho do sistema, mesmo diante de variações climáticas, mantendo-se em grande parte dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Os resultados

1) Mestrado em Engenharia de Barragem e Gestão Ambiental da Universidade Federal do Pará (UFPA). E-mail: clintalmeida94@gmail.com

2) Departamento de Implantação de Projetos. E-mail: thomaz.alencar@vale.com

3) Departamento de Implantação de Projetos. E-mail: Jose.sousa.filho1@vale.com

obtidos indicam que o tratamento químico é uma alternativa eficaz para o controle de sedimentos em áreas mineradas. A continuidade do projeto prevê a expansão da aplicação para outros sumps e a ampliação do período de monitoramento, além da comparação com outras tecnologias de tratamento, visando à identificação de soluções mais eficientes e sustentáveis para a gestão hídrica no setor mineral.

Palavras-Chave – Controle de sedimentos; Tratamento químico; Gestão hídrica.

INTRODUÇÃO

Segundo o Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM, 2024), em 2024 o faturamento do setor mineral foi de R\$ 270,8 bilhões, um aumento de 9,1% em relação a 2023. O Estado do Pará teve 36,1% do faturamento total do setor, ficando atrás somente do Estado de Minas Gerais, evidenciando sua importância estratégica. Neste contexto, a gestão hídrica deve ser discutida para além do seu papel como recurso, mas também como protagonista no gerenciamento de resíduos e nos potenciais impactos gerados por essa interação (ANA, 2024).

Dedicando-se à mineração de superfície, onde o escoamento superficial e o carreamento de sedimentos são alterados, conhecer o ciclo hidrológico, aspectos geomorfológicos do terreno, de uso e ocupação do solo e topografia são fundamentais para elaboração de projetos que disciplinem corretamente as águas. Embora o escoamento superficial na mineração seja destaque na literatura, representando cerca de 70% dos trabalhos analisados por SPLETOZER (2022), o monitoramento de campo é pouco explorado, sendo o elemento fundamental para embasar o dimensionamento de estruturas.

O transporte de sedimentos nos canais fluviais resulta de uma cadeia de processos iniciada pela precipitação sobre a bacia hidrográfica. Esses processos se desenvolvem ao longo das encostas, interagindo com diversos fatores, como a cobertura vegetal, as características do solo e das rochas, além do uso e ocupação do solo. A intensa intervenção humana na bacia tem provocado alterações significativas na quantidade de sedimentos em suspensão nos cursos d'água (RATHA e AGRAWAL, 2015). Práticas como o desmatamento, a agricultura e a mineração tendem a aumentar essa carga suspensa, enquanto a construção de barragens e a urbanização podem reduzir sua concentração. Níveis elevados de sedimentos em suspensão podem comprometer ou restringir o uso da água para diferentes finalidades (COSTA, 2012).

Os níveis de turbidez observados em um curso d'água podem funcionar como um indicador ambiental dos processos que ocorrem dentro da bacia de drenagem, considerando que esta funciona como um sistema integrado, no qual modificações internas geram impactos em diferentes partes do seu território (DANELON, 2012).

As impurezas da água são tipicamente classificadas como suspensas, dissolvidas ou coloidais. Sólidos suspensos são partículas que não se dissolvem na água e são capturadas pela análise gravimétrica em um filtro de 0,45 micra. Isso inclui lama, argila, poeiras e material microbiológico. Sólidos suspensos são visíveis a olho nu ou através de um microscópio tradicional e contribuem para a turbidez e opacidade da água. Estas partículas são grandes o suficiente para serem removidas por precipitação, flotação ou filtração. (HELLER, 2010).

MATERIAIS E MÉTODOS

Localização da área de Estudo

Figura 01: Localização área de estudo.



Fonte: Autor (2025).

O estudo foi conduzido na estrutura de contenção de sedimentos denominada **Sump E20**, localizada na área operacional de mineração em Canaã dos Carajás (PA). Essa estrutura integra a rede de macrodrenagem do complexo minerador, sendo estrategicamente posicionada para interceptar grandes volumes de escoamento superficial provenientes de eventos pluviométricos intensos. A atuação preventiva do sistema visa evitar o carreamento de sedimentos para corpos hídricos a jusante, especialmente na microbacia do igarapé Sossego.

Instalação das gaiolas com pastilhas

Para o tratamento da água, foram utilizadas pastilhas químicas de três tipos: alcalinizantes, coagulantes e floculantes. Essas pastilhas foram acondicionadas em gaiolas metálicas e instaladas na entrada do Sump E20, permitindo que o fluxo de água entrante fosse submetido ao processo de tratamento antes de alcançar a estrutura de contenção. A escolha dos reagentes seguiu critérios de compatibilidade com os parâmetros físico-químicos da água local e com os objetivos de redução da turbidez. A metodologia adotada está alinhada com práticas recomendadas por estudos como Silva e Passos (2022), que destacam o uso de coagulantes e floculantes como alternativas eficazes para o controle de sedimentos em ambientes de mineração e reservatórios.

Figura 2: Instalação do tratamento químico a montante da estrutura de controle de sedimentos.



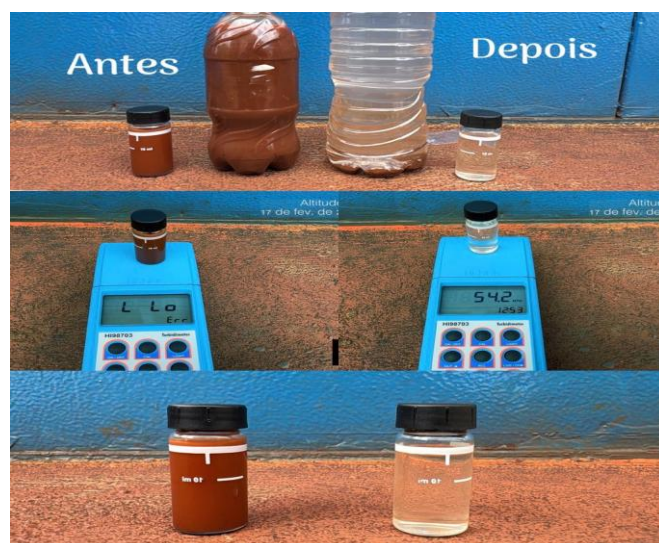
Fonte: Autor (2025).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comparativo do tratamento (antes e depois)

A efetividade do processo de tratamento foi evidenciada por meio da análise comparativa entre amostras de água bruta e tratada (Figura 3), coletadas em sequência imediata a um evento de precipitação intensa. A amostra inicial, representada na imagem à esquerda, apresentou turbidez superior a 1000 NTU, ultrapassando o limite de detecção do equipamento utilizado, o que indica uma elevada concentração de sólidos suspensos e matéria particulada.

Figura 3: Coleta de amostra antes e após passagem pelo tratamento/pastilhas.

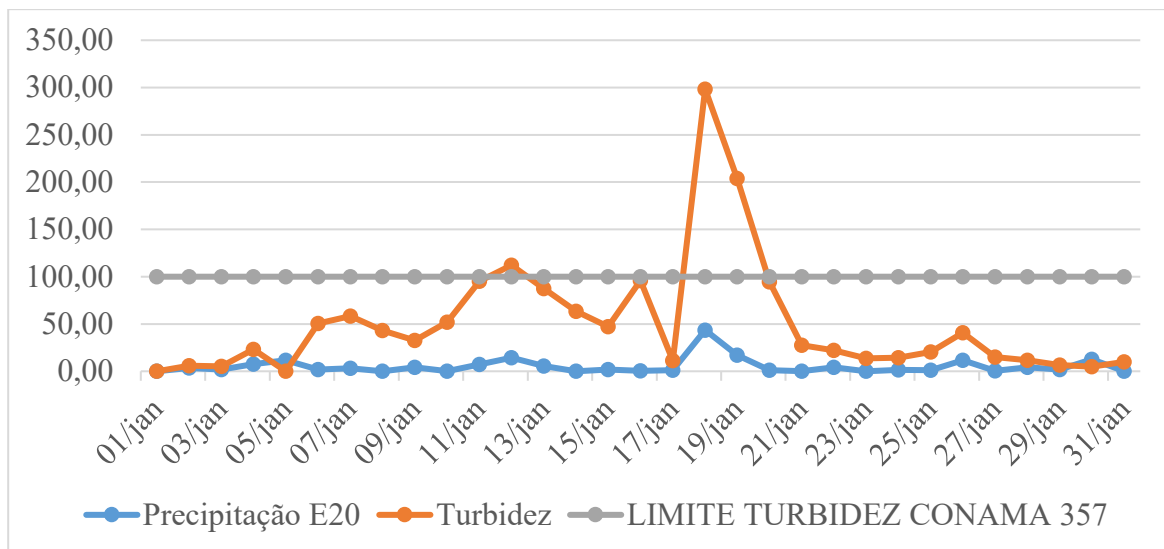


Fonte: Autor (2025).

Após a aplicação do tratamento, observou-se uma redução significativa da turbidez, com a amostra final (imagem à direita) registrando um valor de **54,2 NTU**. Essa redução expressiva demonstra a eficiência do sistema de tratamento empregado, mesmo diante de condições adversas de entrada, e reforça a capacidade do processo em remover partículas responsáveis pela turbidez da água.

Durante um período de 30 dias, foi realizada a verificação da eficácia do tratamento das pastilhas no ponto de monitoramento Sump E20 (Figura 4). Conforme apresentado no gráfico, observou-se uma tendência geral de redução nos valores de turbidez ao longo do tempo, mesmo diante de episódios de precipitação intensa. O desvio pontual no dia 18 de janeiro coincide com pico de chuva, os quais resultaram em aumento temporário nos níveis de turbidez. No entanto, mesmo nesses eventos críticos, o sistema de tratamento demonstrou capacidade de atenuar significativamente os impactos, reduzindo os valores de turbidez em relação às condições iniciais. A presença da linha de referência da Resolução CONAMA nº 357/2005 permite visualizar que, apesar dos desafios impostos pelas chuvas, o desempenho do sistema manteve-se dentro de padrões aceitáveis em grande parte do período analisado.

Figura 4: Gráfico de monitoramento da turbidez no sump E-20.



Fonte: Autor (2025).

CONCLUSÃO

A partir da análise realizada, foi possível comprovar a eficácia do sistema de tratamento químico aplicado na estrutura de contenção de sedimentos Sump E20. A utilização combinada de pastilhas alcalinizantes, coagulantes e floculantes demonstrou ser uma estratégia eficiente para a redução da turbidez da água, mesmo em cenários de elevada carga de sólidos suspensos provocada por eventos de precipitação intensa. A comparação entre amostras brutas e tratadas evidenciou reduções significativas nos níveis de turbidez, com destaque para a queda de valores superiores a 1000 NTU para 54,2 NTU após o tratamento. Além disso, o monitoramento contínuo ao longo de 30 dias reforçou a consistência do desempenho do sistema, que se manteve, em grande parte do período, dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

Este projeto configura-se como um estudo piloto, com o objetivo de validar a aplicação do tratamento químico em campo. A partir dos resultados positivos obtidos, pretende-se expandir a aplicação para outros sumps da área operacional, estendendo também o período de monitoramento para avaliar a eficiência em diferentes condições hidrológicas e operacionais. Futuramente, comparações com outras tecnologias e métodos de tratamento também deverão ser conduzidas, a fim de identificar soluções ainda mais eficazes e sustentáveis para o controle de sedimentos em áreas mineradas.

A abordagem adotada neste estudo piloto demonstra que o uso de reagentes químicos em estruturas de contenção pode ser uma solução viável e escalável para o controle de sedimentos em áreas mineradas. A integração do sistema à rede de drenagem e sua atuação preventiva são pontos fortes que contribuem para a sustentabilidade hídrica da operação.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Gestão da água. In: **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2021**. Brasília: ANA, 2021. Disponível em: <https://relatorio-conjuntura-ana-2021.webflow.io/capitulos/gestao-da-agua>. Acesso em: 23 jun. 202

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450. Acesso em: 15 de março de 2025.

DANELON, J. R. B.; RODRIGUES, S. C. Análise dos níveis de turbidez na bacia hidrográfica do Córrego do Glória, Uberlândia/MG. **Revista Geonorte**, Edição Especial 4, v. 10, n. 1, p. 123–126, 2014. ISSN 2237-1419.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO (IBRAM). Setor mineral 2024: **sumário executivo**. Brasília: IBRAM, 2025. Disponível em: <https://ibram.org.br>. Acesso em: 18 de maio de 2025.

SILVA, J. S. e. Estudo da utilização de polímeros naturais como auxiliares de floculação no tratamento de água para fins industriais. 2012. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Belém, 2012.

SILVA, R. L.; PASSOS, C. J. S. Controle de sedimentos em rios e reservatórios. In: **XV Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos**, 03 a 06 de outubro de 2022. Anais [...]. Brasília: ABRHidro, 2022.

SETE. Projeto Ferro Carajás S11D. **Atualização do Plano de Gestão Ambiental**. Canaã dos Carajás/PA. 2022