

O TRATAMENTO DOS EFLUENTES LÍQUIDOS E A SUSTENTABILIDADE DA ATIVIDADE MINERÁRIA

Renata Vicente Maia ¹

Emanuel Martins Simões Coelho ²

RESUMO

A preocupação com o impacto das atividades de mineração sobre o meio ambiente tem incentivado estudos para a utilização racional dos recursos hídricos nas atividades minerárias. O monitoramento de recursos hídricos é necessário para que seja possível identificar e avaliar qualquer tipo de anormalidade. No presente trabalho foram apresentados parâmetros de monitoramento ambiental de uma determinada mineradora, que como outras estão buscando desenvolver processos que minimizam os impactos ambientais. Soluções como recirculação da água nos processos, novas tecnologias, mineração a seco e o reaproveitamento de rejeito do minério, mostram que a atividade minerária pode ser conduzida de maneira sustentável.

Palavras-chave: Mineração, Sustentabilidade, Monitoramento Ambiental.¹

Artigo apresentado para conclusão do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do Centro Universitário UNA Belo Horizonte, MG.

¹ Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária. UNABH, 2016, MG. E-mail: revimaia@yahoo.com.br

² Graduado em Geologia pela UFMG com especialização em Metalogenia Geral pela UFMG e Avaliação em projetos de Mineração pela Escola de Minas de Projetos. Geólogo do Departamento Nacional de Produção Mineral e Professor do Centro Universitário UNA. Belo Horizonte, MG. E-mail: emanuel.coelho@prof.una.br

1. INTRODUÇÃO

A mineração é, provavelmente, a atividade organizada mais antiga da humanidade. Antes mesmo de realizar a agricultura, grupos de caçadores já mineravam o sílex para produzir a pedra lascada. As diversas etapas do desenvolvimento histórico da Humanidade estão intimamente ligadas à mineração, como, por exemplo, a Idade da Pedra, do Ferro, do Bronze, etc. Também nos períodos recentes, a mineração foi fator determinante na formação das culturas. Basta lembrar, a ocupação dos sertões brasileiros pelos mineradores com a criação das cidades hoje consideradas patrimônio histórico, como Ouro Preto, ou mesmo o nome do Estado de Minas Gerais e de seus habitantes, “mineiros”. Na verdade, a sociedade atual continua dependendo da mineração, seja para atender as demandas de produção de alimentos ou para a construção de moradias, obras de infraestrutura, veículos e máquinas, seja para a produção de equipamentos eletrônicos de alta tecnologia (MPMG, 2012).

No Brasil mais recentemente, a partir dos anos 1960, a mineração foi um dos setores econômicos escolhidos como estratégicos e uma das principais alavancas para dinamizar o crescimento nacional (Fernandes et al. 2011).

Na mineração a rigidez locacional, é uma peculiaridade que os recursos minerais apresentam, significa que eles só ocorrem onde os processos geológicos assim o permitiram. Podendo ser encarado como um aspecto complicador, uma vez que pode gerar conflitos com outros usos da terra (Viana, 2012). De modo geral, a mineração causa impacto significativo ao meio ambiente, pois quase sempre o desenvolvimento dessa atividade implica supressão de vegetação, exposição do solo aos processos erosivos com alterações na quantidade e qualidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, além de causar poluição do ar, entre outros aspectos negativos (Mechi, 2010).

A questão da água merece destaque, tendo em vista que se trata de um recurso essencial para a atividade mineradora, mas fundamental, também, para a manutenção da vida na Terra (Bichueti, 2013). Desta forma monitoramento de

recursos hídricos faz se necessário para que através de processos de coleta de dados, estudo e acompanhamento contínuo e sistemático das variáveis ambientais, seja possível identificar e avaliar - qualitativa e quantitativamente - as alterações de sua qualidade, elaborar previsões de comportamento, desenvolver, instrumentos de gestão e fornecer subsídios para ações saneadoras (Ageitec/EMBRAPA).

O Licenciamento Ambiental, instrumento de gestão instituído pela Política Nacional do Meio Ambiente, de utilização compartilhada entre a União e os Estados da federação, o Distrito Federal e os Municípios em conformidade com as respectivas competências, objetiva regular as atividades e empreendimentos que utilizam os recursos naturais e podem causar degradação ambiental no local onde se encontram instalados. Esse poderoso instrumento proporciona ganhos de qualidade ao meio ambiente e à vida das comunidades numa melhor perspectiva de desenvolvimento (TCU). A Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005 é a mais recente atualização da resolução CONAMA nº 20 de 18 de junho de 1986, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes (Gonçalves, 2009).

Será visto neste trabalho como é feito o monitoramento do efluente líquido e sua conformidade com a legislação ambiental e soluções de reabilitação de áreas impactadas pela mineração. Mineradoras comprometidas com a sustentabilidade e o meio ambiente estão buscando desenvolver processos e novas tecnologias que minimizam ao máximo esses impactos com diversas soluções que vão além do cumprimento de condicionantes estabelecidas na licença ambiental.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A mineração pode ser definida como a extração de minerais de valor econômico existentes nas rochas e/ou subsolo (Gil, 2014). Segundo o DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral a mineração pode ser compreendida como uma atividade de natureza fundamentalmente econômica. O objetivo desta atividade é descobrir os recursos existentes, transportar o mineral extraído da jazida através de operação de lavra, quer seja a céu aberto ou subterrânea, até diferentes

pontos de descarga, deixando o material extraído em condições próprias para ser utilizado pelas indústrias de beneficiamento dos mesmos (DNPM).

Os registros iniciais da mineração brasileira remontam ao final do século XVII com a descoberta do ouro de aluvião em Minas Gerais. Atualmente a mineração é um dos setores básicos da economia do Brasil, representa 9% do PIB e gerando aproximadamente 500 mil empregos diretos. O Brasil se destaca pelas grandes reservas de minério, ocupa uma posição dominante, para uma diversificada gama de minerais metálicos e não metálicos (ANA, 2006).

A atividade da mineração provoca como outras atividades econômicas, problemas ambientais. Varias etapas envolvidas durante o processo de extração e beneficiamento do minério interfere direta ou indiretamente com o meio ambiente, em particular com os recursos hídricos, provocando modificações na qualidade e/ou quantidade do recurso (ANA, 2006). A preocupação crescente com o impacto das atividades de mineração sobre o meio ambiente tem acarretado estudos visando tanto à utilização racional dos recursos hídricos, quanto tratamento de águas descartadas durante o processo de beneficiamento mineral (Folle, 2010).

Segundo a ANA – Agencia Nacional de Aguas, a partir da segunda metade da década de 1970, quando se firmaram as discussões relacionadas à questão ambiental, o setor mineral buscou o aprofundamento de estudos voltados ao gerenciamento de ambiental com enfoque nos recursos hídricos, ganhando relevância o conhecimento sobre a origem da água, em especial a natureza das fontes responsáveis pelo seu abastecimento, as que podem ser classificadas em subterrâneas, superficiais e águas de reuso (ANA, 2006).

A preocupação ambiental também esta presente no que se refere à recuperação de áreas degradadas, com referencias na Constituição de 1988, entretanto, a mesma não prevê uma regulamentação especifica para o fechamento de minas. O fechamento de minas deve ser encarado como mais uma etapa do projeto de mineração, planejado de acordo com o projeto de lavra, e suas atividades e custos, na medida do possível, devem estar previstos desde o inicio do empreendimento. No Brasil atualmente existe a exigência de que todos os empreendimentos de mineração apresentem um Plano de Recuperação de Áreas

Degradadas – PRAD ao órgão ambiental. Também foi elaborado pelo governo um manual técnico para a recuperação de áreas degradadas pela mineração (IBRAM, 2012).

Para se verificar se as medidas adotadas no acondicionamento de áreas atingidas pela mineração estão sendo eficazes, ou conferir se as medidas condicionantes estão sendo atendidas é necessário o monitoramento ambiental, que consiste na realização de medições e/ou observações específicas, dirigidas a alguns poucos indicadores e parâmetros, com a finalidade de verificar se determinados impactos ambientais estão ocorrendo, podendo ser dimensionada sua magnitude e avaliada a eficiência de eventuais medidas preventivas adotadas (Bitar & Ortega, 1998).

3 METODOLOGIA E COLETA DE DADOS

Para o presente trabalho foi realizada revisão bibliográfica com foco na pesquisa qualitativa para desenvolvimento do conteúdo, quantitativa considerando a necessidade de realizar análises comparativas e encontrar informações sobre empresas que prezam pela mineração sustentável e por fim estudos de caso de mineradoras que estão buscando a readequação da água no processamento mineral e soluções para efluentes e rejeito. Damos ênfase à Mineradora A, assim chamada para preservar sua identidade.

Foram realizados trabalhos de campo em mineradoras situadas no Quadrilátero Ferrífero MG a fim de se coletar água para o monitoramento ambiental e cumprimento de condicionantes, conforme o Art. 36 capítulo VI da Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH Nº 1, de 05 de maio de 2008(COPAM/CERH, 2008), dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. As amostras foram coletadas de acordo com a norma NBR-9898/1997(NBR 9898, 1997), que dispõe sobre Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores, e enviados ao laboratório para análises químicas segundo o Standard Methods for the Examination of water and wastewater, 22th edition (House, 2012).

As amostras de água foram coletadas utilizando-se um caneco de inox primeiramente foi feito ambiente (3 vezes) no mesmo com a água a ser amostrada e em seguida coletou-se a amostra que foi transferida para os frascos de coleta esterilizados. Os efluentes bruto e tratado coletados nos sistemas de fossa séptica foram coletados com caneco acoplado a um braço extensor após fazer ambiente e depositados em frascos esterilizados. Os frascos contendo as amostras foram acondicionadas em uma caixa de isopor para que não houvesse mudanças significativas na temperatura das amostras durante o transporte ate o laboratório, que foi feito no mesmo dia logo após as coletas.



Figura 1 – A- Fossa séptica sistema antigo; B- Fossa séptica sistema novo; C- coleta de amostras sem degradação aparente; D- anotação das coordenadas do ponto visitado e tomada de nota da descrição geral do ponto.

Os dados analisados no presente estudo foram tratados através do software Microsoft Excel© para se verificar sua adequação segundo os valores que constam na DN Conjunta COPAM/CERH N° 1, de 05 de maio de 2008(COPAN/CERH, 2008), que dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências.

O monitoramento hídrico e de efluentes líquidos tem por finalidade descrever e analisar o trabalho de monitoramento ambiental, implantado na mineração,

solicitado através das condicionantes ambientais, da Licença de Operação - LO. As coletas são realizadas de acordo com a frequência estipulada na LO. (SEMAD)

Para o presente trabalho optou-se pelas amostras mais representativas dos parâmetros de qualidade hídrica e de efluentes líquidos, coletadas de uma das mineradoras que vem buscando melhorar os resultados das análises. A análise contemplou a apreciação dos resultados coletados em campo por um laboratório certificado. Os dados obtidos na coleta de campo foram apresentados juntamente com os dados de monitoramentos anteriores em forma de gráficos, para se acompanhar a qualidade das águas superficiais, sistema de tratamento de efluentes oleosos (caixa separadora de água-óleo), Sistema de tratamento de esgoto sanitário (Fossa séptica/filtro anaeróbio/sumidouro).

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados a serem discutidos no presente trabalho se referem a alguns parâmetros de qualidade hídrica e de efluentes líquidos em três (3) pontos de coleta monitorados por uma empresa de mineração A ilustrado pelos anexos A, B, C, estão as tabelas os resultados das análise laboratoriais.

Parâmetros de qualidade de água analisados:

- pH: Representa a concentração de íons H⁺ (em escala logarítmica) dando uma noção de acidez, neutralidade ou alcalinidade. A faixa de pH varia de 0 a 14. O pH influencia diretamente na fisiologia de diversas espécies animais e vegetais aquáticos (Sperling,1996) (Oberdá,1996).

- Cor: A cor da água e dada pela reflexão da luz em partículas de dimensões inferiores a 1µm denominadas coloides, finamente dispersas de origem orgânica ou mineral. Sua unidade e medida em miligramas por litro de platina, mgPt.L-1 (Sperling,1996) (Oberdá,1996).

- Sólidos totais: Corresponde à soma dos sólidos passíveis de retenção por filtração e dos sólidos que permanecem em solução, mesmo após filtração presentes no corpo d'água.

Conductividade Elétrica: É uma expressão numérica da capacidade da água conduzir corrente elétrica. Enquanto águas naturais apresentam teores de condutividade na faixa de 10 a 100 milisimens por centímetro ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais os valores podem chegar até $1000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. (Sperling,1996) (Oberdá,1996).

- Ferro e Manganês: Nas águas superficiais, o nível de ferro aumenta nas estações chuvosas devido ao carreamento de solos. Também poderá ser importante a contribuição devida a efluentes industriais, pois muitas indústrias metalúrgicas desenvolvem atividades de remoção da camada oxidada (ferrugem) das peças antes de seu uso, que normalmente é procedida através da passagem da peça em banho ácido. Basicamente, o ferro pode se apresentar nas águas nos estados de oxidação Fe^{+2} e Fe^{+3} . O íon ferroso (Fe^{+2}) é mais solúvel do que o férrico (Fe^{+3}). Portanto, os inconvenientes que o ferro traz às águas devem ser atribuídos principalmente ao ferro “ferroso”, que, por ser mais solúvel, é mais frequente. O comportamento do manganês nas águas é muito semelhante ao do ferro em seus aspectos os mais diversos, sendo que a sua ocorrência é mais rara. O manganês desenvolve coloração negra na água, podendo-se se apresentar os estados de oxidação Mn^{+2} (forma mais solúvel) e Mn^{+4} (forma menos solúvel). Os elementos ferro e manganês não apresentam inconvenientes à saúde nas concentrações normalmente encontradas nas águas naturais, entretanto, eles podem provocar problemas de ordem estética (manchas em roupas) ou prejudicar determinados usos industriais da água. (Sperling,1996) (Oberdá,1996)

- DBO: A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é medida, em geral, em miligramas por litro ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) e traduz indiretamente a quantidade de matéria orgânica presente no corpo de água. A matéria orgânica é formada por inúmeros componentes, como compostos de proteína, carboidratos, ureia, surfactantes (detergentes), gordura, óleos, fenóis, pesticidas, etc (Sperling,1996) (Oberdá,1996).

- DQO: A demanda química de oxigênio é quantidade de oxigênio consumido na oxidação química da matéria orgânica existente na água, medida em teste específico. Não apresenta necessariamente correlação com a DBO. É expressa em miligramas de oxigênio por litro de água. (Sperling,1996) (Oberdá,1996)

- Coliformes Termotolerantes: Segundo a DN Conjunta COPAM/CERH 1/2008, os coliformes termotolerantes são bactérias gram-negativas, em forma de bacilos, oxidase-negativas, caracterizadas pela atividade da enzima β -galactosidase. Podem crescer em meios contendo agentes tenso-ativos e fermentar a lactose nas temperaturas de 44° - 45°C, com produção de ácido, gás e aldeído. Além de estarem presentes em fezes humanas e de animais homeotérmicos, ocorrem em solos, plantas ou outras matrizes ambientais que não tenham sido contaminados por material fecal. (Sperling,1996) (Oberdá,1996)

- Óleos e graxas: Os óleos e graxas são substâncias orgânicas de origem mineral, vegetal ou animal. Estas substâncias geralmente são hidrocarbonetos, gorduras, ácidos graxos, ésteres, sabões, ceras, óleos minerais, etc. (Sperling,1996) (Oberdá,1996)

- ABS (substâncias tensoativas): Analiticamente, detergentes ou surfactantes são definidos como compostos que reagem com o azul de metileno sob certas condições especificadas. Estes compostos são designados “Substâncias Ativas ao Azul de Metileno” (MBAS - Methilene Blue Active Substances) e suas concentrações são relativas ao sulfonato de alquil benzeno linear (LAS) que é utilizado como padrão na análise (Sperling,1996) (Oberdá,1996).

- Fenóis: São definidos como os hidróxidos derivados do benzeno. Os fenóis provêm da decomposição de folhas e matéria orgânica, ácidos húmicos e fúlvicos. Provêm da decomposição no solo e na água de vegetais (principalmente de madeiras). Os fenóis e seus derivados aparecem nas águas naturais através das descargas de efluentes industriais. Indústrias de processamento da borracha, de colas e adesivos, de resinas impregnantes, de componentes elétricos (plásticos) e as siderúrgicas, entre outras, são responsáveis pela presença de fenóis nas águas naturais (Sperling,1996) (Oberdá,1996).

O ponto de amostragem 1 situa-se a jusante de uma barragem para contenção de rejeitos ultrafinos do beneficiamento do minério de ferro, a qual se encontra em operação desde o final de abril de 2006. Sua bacia de contribuição também está inteiramente inserida na mina. Recebe contribuição da estrada principal de acesso à barragem e parte das drenagens da área de lavra.

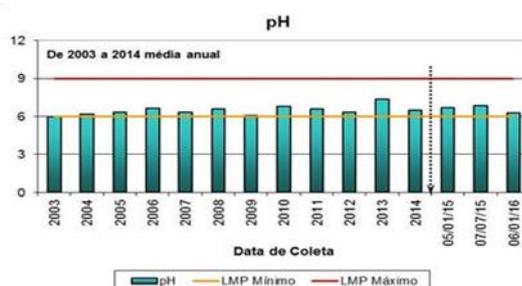
(Sperling,1996) (Oberdá,1996)

As águas do ponto 1 foram enquadradas como Classe 2, ou seja, “Águas destinadas: a - ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional; b - à proteção das comunidades aquáticas; c - à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho); d - à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e - à aquicultura e à atividade de pesca”, conforme o Art. 4º da Seção I – das águas doces da DN CONJUNTA COPAM/CERH 1/2008 (COPAN/CERH, 2008).

A qualidade das águas superficiais verificada nas duas últimas amostragens (07/07/15 e 06/01/16) no ponto 1 pode ser considerada como satisfatória, tendo apresentado todos os parâmetros analisados em conformidade com os limites máximos permitidos estabelecidos para as águas naturais de Classe 2.

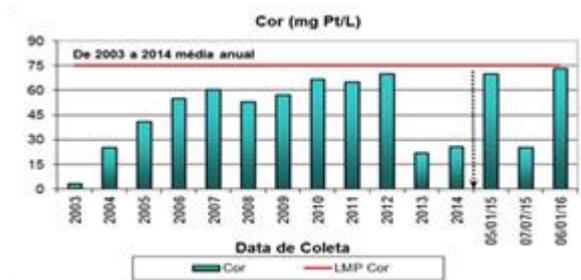
O pH apresentou nas duas amostragens supracitadas os resultados respectivos de 6,30 e 6,83, ou seja, dentro da faixa limite de 6 a 9, caracterizando as águas neste período como levemente ácidas. As médias anuais (2003 a 2014) oscilaram de 5,99 a 7,34, caracterizando as águas amostradas neste período como ácidas a ligeiramente alcalinas.

Gráfico 1 – Resultados de pH Obtidos no P1 no Período de 2003 a Janeiro de 2016.



A cor apresentou nas últimas amostragens os valores de 25 a 73 mgPt.L-1, quando o limite máximo permitido exigido pela DN COPA/CERH 01/2008 é de 75 mgPt.L-1. As médias anuais também apresentaram valores inferiores ao limite máximo permitido.

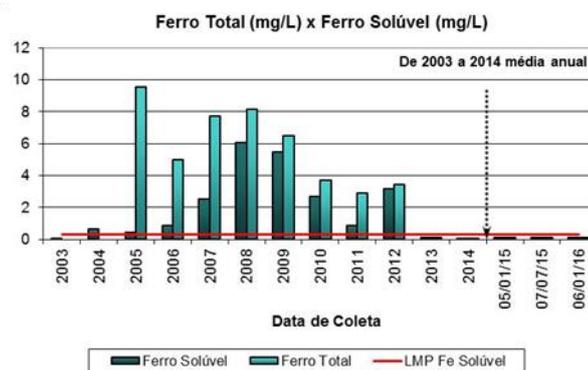
Gráfico 2 – Resultados de Cor (mgPt.L-1). Obtidos no P1 no Período de 2003 a janeiro de 2016.



Quanto aos parâmetros que interferem na cor da água, ferro e manganês, assim como os sólidos dissolvidos, tem-se que o manganês total e ferro solúvel apresentaram valores inferiores aos respectivos limites de detecção dos métodos de análise e inferiores aos limites máximos permitidos nas duas últimas datas de coleta avaliadas. Quanto aos sólidos dissolvidos, estes apresentaram baixos teores e foram inferiores ao limite máximo permitido nas duas datas de amostragem. Os baixos teores detectados para ferro, manganês e sólidos dissolvidos contribuíram para os baixos índices detectados para a cor. Observa-se através dos resultados de cor ao longo do histórico de monitoramento que, os valores vêm sofrendo uma redução significativa nos seus valores.

Os resultados de ferro total e solúvel nas duas últimas amostragens acusaram teores inferiores ao limite de detecção do método de análise (<0,102 mg.L-1), sendo inferiores ao limite máximo permitido de 0,3 mg.L-1. O manganês total apresentou valores inferiores ao limite de detecção do método de análise (<0,049 mg.L-1), sendo também inferiores ao limite máximo permitido de 0,1 mg.L-1.

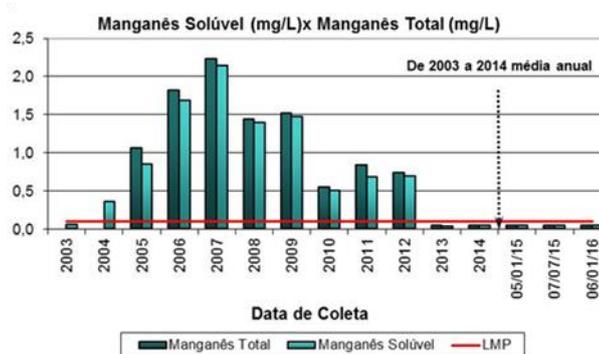
Gráfico 3 – Resultados de Ferro Solúvel e Ferro Total (mg.L-1). Obtidos no P1 no Período de 2003 a janeiro de 2016.



Os elementos ferro e manganês não apresentam inconvenientes à saúde nas concentrações normalmente encontradas nas águas naturais, entretanto eles podem provocar problemas de ordem estética (manchas em roupas) ou prejudicar determinados usos industriais. Cabe ressaltar que, o empreendimento está localizado no Quadrilátero Ferrífero, os teores de ferro e são naturalmente mais elevados e por consequência o background das concentrações destes elementos nas águas superficiais é mais alto que em outras regiões, além do fato da barragem está recebendo efluente do beneficiamento de minério de ferro.

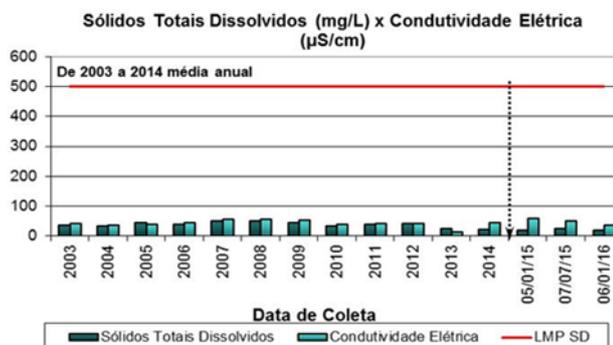
A alteração dos parâmetros ferro e manganês ocorrida no ponto P1, ao longo do histórico do monitoramento pode estar relacionada à lixiviação dos materiais contidos na barragem pela água da nascente sobre a qual ela está instalada. O ferro presente nos materiais depositados na barragem se apresenta na forma predominantemente solúvel. A presença de água da nascente atua como solvente lixiviando esses materiais favorecendo um aumento na exposição dos seus níveis de ferro e manganês nas águas amostradas anteriormente.

Gráfico 4 – Resultados de Manganês total obtidos no P1 no período de 2003 a janeiro de 2016.



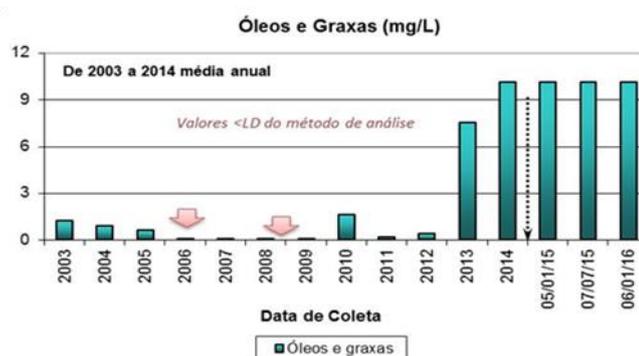
Os parâmetros indicativos do controle ambiental no que tange à contenção de sólidos erodidos apresentaram números bastante reduzidos, notadamente os sólidos em suspensão, que resultam em baixa turbidez. As concentrações de sólidos dissolvidos nas duas últimas amostragens variaram de 18,1 a 24,2 mg.L-1, ou seja, bem inferiores ao limite de 500 mg.L-1. Os sólidos em suspensão acusaram nas duas últimas análises um valor inferior ao limite de detecção do método de análise (<9,6 mg.L-1), sendo inferior ao limite máximo permitido de 100 mg.L-1. Já os sólidos sedimentáveis acusaram nas duas últimas datas de coleta valores oscilando de inferior ao limite de detecção do método de análise (<0,3 mL.L-1) a 0,8 mL.L-1. Estes resultados indicam que a barragem vem realizando de maneira eficiente a sua função de reter os sólidos.

Gráfico 5 – Resultados de Sólidos Dissolvidos (mg.L-1) e condutividade elétrica (µS.cm-1) obtidos no P1 no período de 2003 a janeiro de 2016.



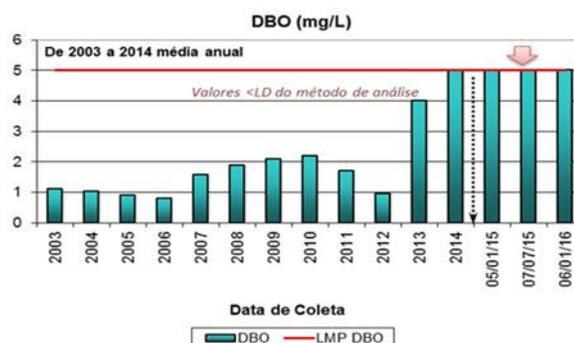
As concentrações de óleos e graxas nas duas últimas datas de amostragem acusaram um valor inferior ao limite de detecção do método de análise (<10,1 mg.L-1). Os resultados obtidos para óleos e graxas ao longo do histórico do monitoramento vêm acusando índices baixos, demonstrando que o aperfeiçoamento do controle ambiental exercido neste trecho da mina surtiu o efeito desejado.

Gráfico 6 – Resultados de Óleos e Graxas (mg.L-1) obtidos no P1 no período de 2003 a janeiro de 2016.



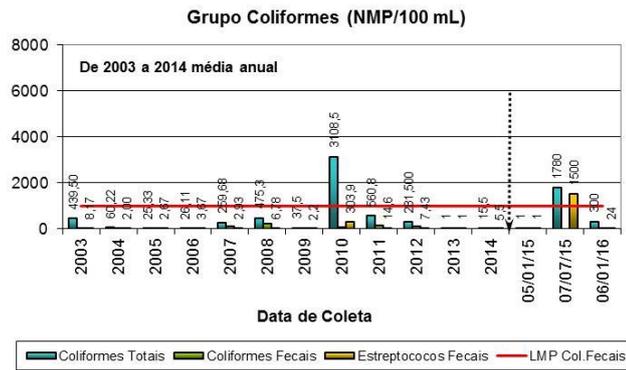
A carga orgânica presente na água é reduzida como atesta a DBO verificada nas duas últimas amostragens, onde apresentou um valor <5 mg.L-1, quando o limite é de 5,0 mg.L-1. As médias anuais de 2003 a 2015 variaram de 0,80 a 4,0 mg.L-1, sendo inferiores ao LMP.

Gráfico 7 – Resultados de DBO (mg.L-1) obtidos no P1 no período de 2003 a janeiro de 2016.



No que se refere à qualidade sanitária das águas no ponto 1, nas duas datas de amostragem, atestou-se que as concentrações dos coliformes fecais foram bem inferiores ao limite estabelecido para águas de classe 2 (1000 NMP.100 mL-1) e obtiveram em ambas as datas <1,0 NMP.100 mL-1. Os coliformes totais e os Estreptococos fecais também acusaram um valor <1,0 NMP.100 mL-1.

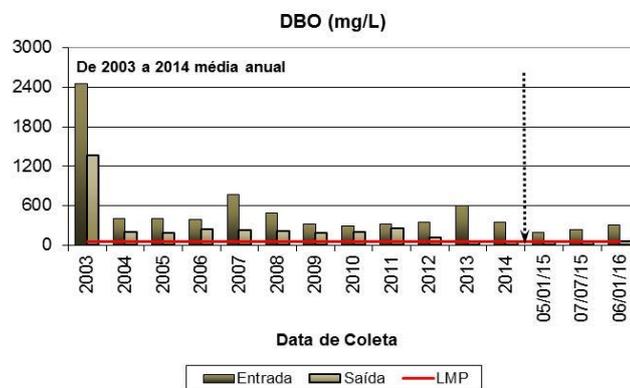
Gráfico 8 – Resultados de Grupo Coliformes (NMP. 100 mg.L-1) obtidos no P1 no período de 2003 a janeiro de 2016.



No ponto P2, foram coletadas amostras no novo sistema de tratamento de esgoto doméstico a jusante do refeitório. Os resultados das amostragens realizadas nas datas 07/07/15 e 06/01/16 evidenciam que o sistema de tratamento de esgoto sanitário composto por fossa séptica e filtro anaeróbio apresentou um desempenho satisfatório em termos de eficiência do sistema em reduzir a carga de DBO nas duas datas de coleta supracitadas. A eficiência foi de 73 e 83%, sendo superiores ao mínimo exigido de 60%.

Quanto aos valores de DBO na saída do sistema, também apresentou valores em conformidade nas duas datas de coleta e foi de 56 e 53,0 mg.L⁻¹, quando o limite máximo permitido é de 60 mg.L⁻¹, conforme a DN Conjunta COPA/CERH 1/2008.

Gráfico 9 – Resultados de DBO (mg.L⁻¹) obtidos no P2 no período de 2003 a janeiro de 2016.



Em síntese, o sistema atendeu a legislação em termos de DBO nas datas de coleta analisadas, pois além de ter acusado valores de DBO abaixo do LMP, acusou

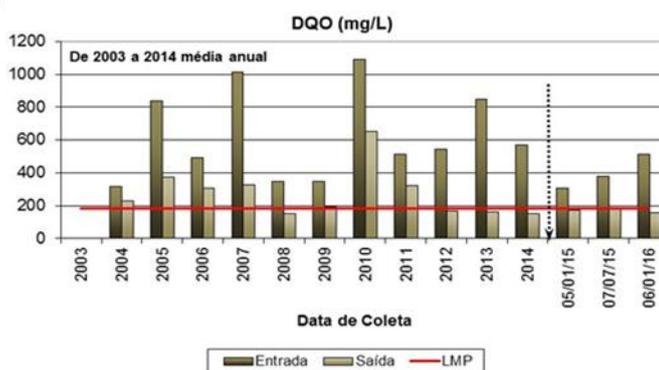
resultados de eficiência acima do mínimo exigido de 60% nestas datas.

Em termos da Resolução CONAMA 430/11, o sistema também atendeu em termos de DBO na saída na data avaliada supracitada, quando acusou os valores respectivos de 56 e 53 mg.L-1 e o limite máximo é de 120 mg.L-1. Em termos de eficiência a Resolução estabelece o mesmo valor da DN Conjunta COPAM/CERH 1/2008 que é de 60%. Em síntese, em termos da Resolução CONAMA 430/2011 o sistema também atendeu nas datas avaliadas.

Em termos de DQO, os resultados obtidos na saída do sistema estiveram abaixo do limite de 180 mg.L-1 na data avaliada e foi de 177,1 e 156,9 mg.L-1. Já em termos de eficiência o sistema apresentou valores superiores ao mínimo exigido de 55% também nas datas de coleta que foi de 55 e 70%.

Para a DQO a DN Conjunta COPAM/CERH 1/2008 no seu Art. 29 (§ 4º - Item VIII) estabelece um limite de 180 mg.L-1 ou a) tratamento com eficiência de redução de DQO em no mínimo 55% e média anual igual ou superior a 65% para sistemas de esgotos sanitários e de percolados de aterros sanitários municipais.

Gráfico 10 – Resultados de DQO (mg.L-1) obtidos no P2 no período de 2003 a janeiro de 2016.



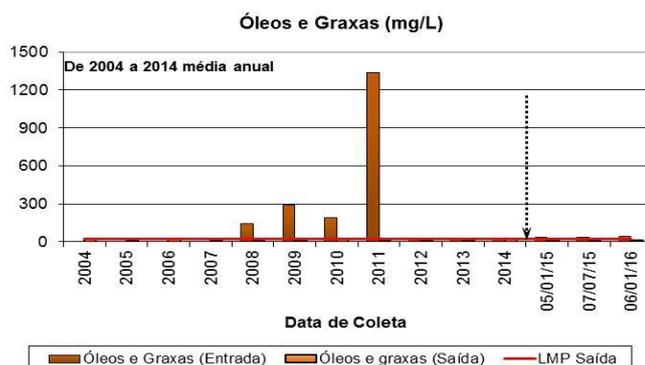
Em síntese, o sistema atendeu a DN Conjunta COPAM/CERH 1/2008 em termos de DQO nas duas datas de coleta avaliadas, pois acusou valores inferiores ao LMP de 180 mg.L-1 e obteve em termos de eficiência valores superiores ao mínimo exigido de 60% a partir de 06/01/2016.

Ressalta-se que, os efluentes são lançados em um sumidouro, em local topograficamente elevado, distante do nível freático, não representando, portanto, risco elevado de contaminação das águas subterrâneas.

O ponto de coleta P3 se refere ao efluente tratado de uma caixa separadora de óleos e graxas. Os resultados das análises físico-químicas são referentes às amostras do efluente tratado no ponto P3, nas datas 07/07/15 e 06/01/16. Através dos resultados obtidos nas duas últimas amostragens (07/07/15 e 06/01/16), observa-se que a caixa separadora apresentou um desempenho satisfatório quanto aos óleos e graxas, principal parâmetro analisado no sistema de separação água-óleo nas duas datas de coleta, apresentando valores inferiores ao LMP de 20 mg.L⁻¹. Os resultados apresentados na saída do sistema foram 12,0 e <10,1 mg.L⁻¹.

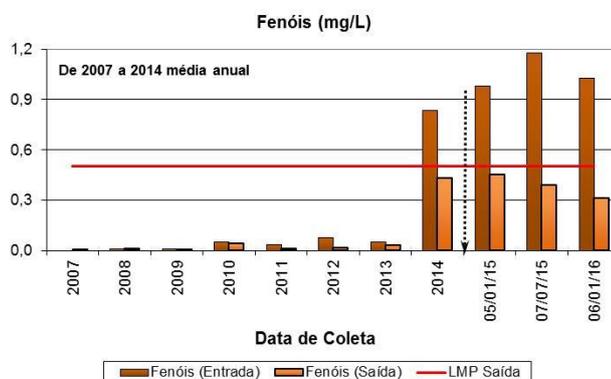
Observa-se através dos resultados obtidos ao longo de todo o período de monitoramento, ou seja, de 2005 a 2014 (médias), que os resultados estiveram abaixo do LMP, com exceção das médias anuais de 2006 (22,1 mg.L⁻¹) e 2010 (23,5 mg.L⁻¹).

Gráfico 11 – Resultados de Óleos e Graxas (mg.L⁻¹) obtidos no P3 no período de 2007 a janeiro de 2016.



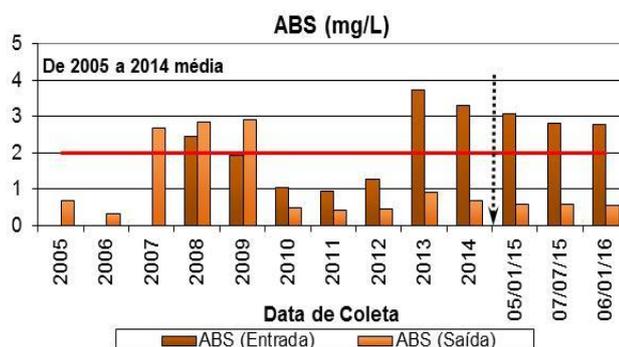
Os fenóis também apresentaram nas duas últimas coletas concentrações inferiores ao limite máximo permitido de 0,5 mg.L⁻¹ na saída do sistema, quando apresentaram os valores de 0,39 e 0,31 mg.L⁻¹. Ao longo de todo o período de monitoramento os resultados de fenóis estiveram abaixo do LMP.

Gráfico 12 – Resultados de Fenóis (mg.L-1) obtidos no P3 no período de 2007 a janeiro de 2016.



Quanto ao ABS este também apresentou resultados inferiores ao limite máximo permitido de 2,0 mg.L-1 nas duas datas de coleta. Os resultados variaram de 0,610 a 0,573 mg.L-1.

Gráfico 13 – Resultados de ABS (mg.L-1) obtidos no P3 no período de 2007 a janeiro de 2016.



Os valores de ABS sofreram uma queda significativa se comparados com as médias anuais de 2007 e 2008.

Cabe informar que, segundo a Mineradora A, o resíduo contaminado com óleo da caixa é recolhido por uma empresa licenciada para este tipo de atividade.

Ressalta-se que, os limites adotados são para o lançamento direto do efluente em corpo hídrico, o que de fato não ocorre, uma vez que estes, atualmente, são conduzidos superficialmente até a bacia do Dique 8 ou até a caixa de bombeamento e recirculados para o tratamento de minério.

Outras mineradoras comprometidas com a sustentabilidade e o meio ambiente estão buscando desenvolver processos que minimizam ao máximo impacto ambiental. Diversas soluções que vão além do cumprimento de condicionantes estabelecidas na licença ambiental, estão sendo adotadas. Soluções como recirculação da água para o tratamento de minério, reaproveitamento de rejeito do minério para fabricação de tijolos e reabilitação de áreas impactadas pela mineração.

Alguns processos e medidas de reaproveitamento da água utilizada foi observado em uma das mineradoras visitada, como o sistema de drenagem com bacias ou barragens de decantação de sólidos; barragens de rejeito e de contenção de sólidos e diques filtrantes. Foi possível conhecer o funcionamento e o local onde parte das águas subterrâneas oriundas de rebaixamento do lençol são contidas em tanques e utilizadas para aspersão das vias internas de circulação da mina, e também recirculadas no processo de beneficiamento, sendo que a parte excedente desta água é disponibilizada para a Copasa.

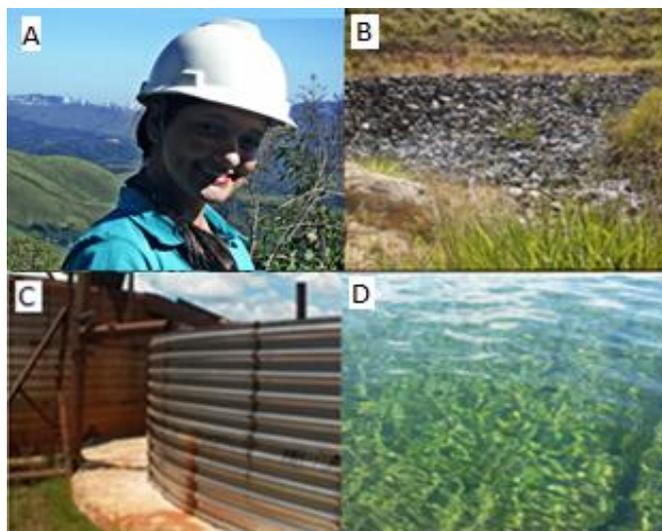


Figura 2: (A) Equipamento de segurança durante a visita (B) Dique filtrante, (C) Tanque de armazenamento da água do lençol, (D) Vista de dentro do tanque desta água. Fonte: Dados da Mineração A

A mineradora Vale uma das maiores empresas produtora de minério de ferro do mundo, tem seu próprio plano de gestão de recursos hídricos que tem por

objetivo diminuir o consumo de água, diminuir a produção de efluentes e aumentar o percentual de reuso. Segundo informações obtidas no site da empresa (VALE) desde 2009 a empresa discute novas tecnologias para o tratamento de efluentes e oportunidades de reuso de água.

Na unidade de Carajás, uma nova tecnologia de tratamento de minério a humidade natural proporcionou uma redução de 63% de captação de águas novas nas barragens e aumentou a taxa de reuso na planta. Projetos de substituição de águas novas por água de reuso foram implementados, e em 2009 o percentual de reutilização de água atingiu 76%.

A empresa Minerita faz o reaproveitamento dos rejeitos de seu processo de beneficiamento na fabricação de artefatos para a construção civil, como tijolos. Esta boa prática reduz a quantidade de rejeito a ser disposta em barragens e rendeu a empresa o prêmio Bom Exemplo 2014 na categoria Meio Ambiente (Rede Globo Minas, 2014).

O desenvolvimento de soluções inovadoras que proporcionem benefícios ambientais é de grande importância para as futuras gerações. Na busca de novas tecnologias para o beneficiamento de minério de ferro a empresa brasileira New Steel obteve patentes no Brasil e nos EUA pelo desenvolvimento do que diz ser o primeiro método de beneficiamento de finos de minério de ferro totalmente a seco do mundo. O processo envolve a instalação de plantas de beneficiamento que não utilizam água para beneficiar minério de ferro de baixa especificação, e pode beneficiar rejeitos de minério de ferro e minério de pilhas de rejeitos, convertendo-os em produtos economicamente viáveis, com altos teores de ferro e baixos níveis de contaminantes. No Brasil, o Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) concedeu a ela, a chamada Patente Verde. Uma patente similar foi concedida nos EUA, e há pedidos de patentes em outros 26 países, segundo a New Steel. Em 2015, a New Steel foi a vencedora do Global Metals Awards, concedido pela Platts, na categoria inovação. Segundo a New Steel a técnica pioneira de beneficiamento tem o potencial de transformar a mineração em atividade mais ecologicamente sustentável, no momento em que a água é um recurso escasso e o preço do minério de ferro está baixo. A empresa iniciou os testes da nova tecnologia em 2010,

quando inaugurou a planta experimental de beneficiamento a seco, no estado de Minas Gerais. Os resultados positivos na planta levaram a New Steel a assinar contratos de fornecimento da tecnologia para grandes mineradoras em todo o mundo, informou a empresa. Agora, novas plantas industriais utilizando a tecnologia da New Steel estão sendo licenciadas no Brasil. Nos EUA, estão em andamento às negociações para implantar a tecnologia em novas unidades. O novo método de concentração facilitará o uso de rejeitos de baixa especificação provenientes das barragens e pilhas de rejeitos de minério de ferro, as quais oferecem risco ambiental e que já registraram vários acidentes no Brasil nos últimos anos. A empresa informou que a ideia é processar o rejeito, separando o minério da sílica, e concentrar o minério de baixa qualidade, a fim de obter um produto com teores entre 58% e 68% de Fe para venda no mercado. "Antes, a única tecnologia disponível no mercado para elevar o teor de partículas muito finas de minério de ferro era a flotação, mas que, além do uso intensivo de água tem custo elevado (Platts,2016).



Figura 4: Planta industrial para o beneficiamento de minério de ferro a seco. Fonte: Revista Minérios, 2016.

Esta tecnologia é boa para o meio ambiente e também para o setor, pois essa nova técnica é capaz de transformar rejeitos de exploração mineral – com baixo teor de ferro e sem valor comercial – em um produto economicamente viável, com altos índices de ferro e baixos contaminantes. (Revista Minerios,2016).

Nesta inovação, a New Steel criou em 2013 o Centro Tecnológico de Soluções Sustentáveis (CTSS) com o objetivo de fomentar o desenvolvimento científico e tecnológico de produtos e serviços sustentáveis nas áreas mineral, metalúrgica, mecânica e de resíduos sólidos. O CTSS fica no polo industrial de Xerém, no município de Duque de Caxias (RJ), e conta com moderno laboratório e com equipe de pesquisadores e técnicos altamente qualificados, além de um parque fabril de última geração. Todos voltados a projetos sustentáveis minerosiderúrgicos, para processamento de diferentes tipos de minério(Ipesi,2016).

Vale observar, entretanto, considerando tratar-se de uma mudança de paradigma no tratamento e beneficiamento de minério de ferro, como será o comportamento e rendimento deste novo método em grande escala, afinal o processamento de enormes volumes de minério e de rejeitos, inerente à mineração de ferro, envolverá grande custo energético, além, é claro, no caso do rejeito, o percentual que, de fato, pode ser aproveitado.

5 CONCLUSÃO

Considerando-se a posição específica de cada um dos pontos monitorados e com base nas últimas amostragens efetuadas em julho de 2013 e janeiro de 2014, pode-se concluir que o controle ambiental na mina vem sendo conduzido de modo satisfatório pela Mineradora A. Tal fato pode ser evidenciado através dos parâmetros que permitem avaliar o aporte de sólidos para as coleções hídricas locais que acusaram valores reduzidos em todos os pontos de coleta.

As águas superficiais nas áreas de influência do empreendimento nas últimas amostragens e em todos os pontos apresentaram baixas concentrações de sólidos, sendo que os sólidos suspensos totais acusaram no ponto P1 um valor <9,6 mg.L-1 nas duas datas de coleta, frente a um limite de 100 mg.L-1 para águas classe 2. Os sólidos sedimentáveis apresentaram um valor <0,3 mL.L-1. Também foram acusadas concentrações reduzidas de matéria orgânica, onde a DBO acusou um valor <5 mg.L-1.

Da mesma forma, estas águas acusaram concentrações desprezíveis de óleos e graxas nas duas últimas datas de amostragem, sendo que a concentração máxima de óleos e graxas encontrada foi de $<10,1 \text{ mg.L}^{-1}$.

Nas últimas amostragens os parâmetros manganês total e ferro solúvel no ponto P1 também apresentaram resultados em conformidade com seus respectivos limites estabelecidos para a classe 2 e foram inferiores aos respectivos limites de detecção dos métodos analíticos utilizados. Quanto ao parâmetro pH, este também obteve resultados satisfatórios em nas duas últimas coletas e caracterizaram as águas como ligeiramente ácidas.

O pH é muito influenciado pela quantidade de matéria morta a ser decomposta, sendo que quanto maior a quantidade de matéria orgânica disponível, menor o pH, pois para haver decomposição desse material, muitos ácidos são produzidos (como os ácidos húmicos). Em todos os pontos de coleta há presença de matéria orgânica.

O pH de um corpo d'água também pode variar, dependendo da área (no espaço) que este corpo recebe as águas de chuva, os esgotos e a água do lençol freático. Quanto mais ácido for o solo da bacia, mais ácidas serão as águas deste corpo d'água. Mais um bom motivo para se estudar todas as características da Bacia Hidrográfica antes de recolher amostras, pois a variável em questão, o pH, é muito influenciável pelo espaço e no tempo.

Observa-se através dos resultados obtidos no presente relatório uma melhora significativa nos resultados dos parâmetros analisados, indicando eficiência do controle destes parâmetros realizado pela Mineradora A.

Já no que diz respeito à qualidade sanitária, todos os parâmetros acusaram valores inferiores aos limites máximos permitidos em todos os pontos de coleta.

Ressalta-se que, a empresa com o objetivo de melhorar o desempenho do sistema de tratamento de efluentes oleosos, realiza treinamentos junto aos funcionários sobre o funcionamento do sistema e o uso correto de detergentes e desengraxantes substituiu os mesmos por produtos com uma menor quantidade de

substâncias tensoativas nas suas formulações para serem utilizados na oficina.

Um novo sistema de tratamento de esgoto sanitário composto por fossa séptica e filtro anaeróbio, foi implantado para melhor dimensionamento com o objetivo de alcançar melhores resultados. Os resultados das amostragens realizadas nas datas 07/07/15 e 06/01/16 evidenciam que o novo sistema de tratamento de esgoto sanitário composto por fossa séptica e filtro anaeróbio, apresentou um desempenho satisfatório em termos de eficiência do sistema em reduzir a carga de DBO nas datas supracitadas, onde acusou valores oscilando de 90 a 92% nas duas datas de coleta.

As boas práticas ambientais como a diminuição da captação de água nova através de novas tecnologias de beneficiamento e o estímulo à recirculação de água no processo, o reaproveitamento dos rejeitos para a diminuição do passivo ambiental, a recuperação de áreas impactadas por processos minerários e o constante monitoramento e adequação dos efluentes mostram que a atividade mineraria pode ser conduzida de maneira sustentável.

6 AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ser essencial em minha vida, autor de meu destino, meu guia, socorro presente na hora da angústia. Ao meu professor orientador técnico Emanuel Martins e ao meu professor orientador metodológico Gilson Lemos de Carvalho por terem transmitido, conhecimento, sugestões e acompanhamento. A todos os professores que contribuíram para o meu aprendizado e formação profissional. Ao José Domingos Pereira, pela oportunidade de realização do presente trabalho através dos dados e informações, a Sandra Oberdá que contribuiu para meu aprendizado juntamente com Raquel. Agradeço principalmente ao meu esposo, Raphael Martins Coelho, pela força e coragem, me apoiando e ajudando nos momentos de dificuldades, quero agradecer também a minha filha Alice, meu incentivo a seguir em frente. E não poderia deixar de agradecer de forma grata e grandiosa aos meus pais, Divino Maia e Dora Vicente, aos meus irmãos,

Luciana, Sonia e Cristiano e todos familiares e amigos, pela compreensão e paciência em tolerar a minha ausência, e a todos que contribuirão direta ou indiretamente para esta conquista.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA-Agência Nacional de Águas (Brasil). “A gestão dos recursos hídricos e a mineração”. / Agência Nacional de Águas, Coordenação-Geral das Assessorias; Instituto Brasileiro de Mineração; organizadores, Antônio Félix Domingues, Patrícia Helena Gambogi Boson, SuzanaAlípaz. Brasília, 2006

Ageitec Agencia EMBRAPA de informação tecnológica. Monitoramento Ambiental. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_73_711200516719.html> Acesso em: 29 mar. 2016.

BICHUETI Roberto Schoproni, GOMES Clandia Maffini, KNEIPP Jordana Marques, ROSA Luciana Aparecida Barbieri da, ZAMBERLAN João Fernando. Gestão Estratégica do Uso da Água em Indústrias do Setor Mineral. Vi Encontro de Estudos Estratégicos; Bento Gonsalves/RS Maio de 2013.

BITAR; O.Y, & ORTEGA; R.D.. “Gestão Ambiental”. In: OLIVEIRA, A.M.S. & BRITO, S.N.A. (Eds.). Geologia de Engenharia. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), 1998.

COPAM/CERH . Deliberação Normativa Conjunta Nº 1, de 05 de maio de 2008 disponível em <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNo_rma=8151> Acesso em: 7 /05/ 2016 as 18:40.

DNPM. Mineração. Disponível em : <<http://www.dnpmpe.gov.br/Geologia/Mineracao.php>> Em: 23/04/2016 as 17:00.

FERNANDES, Francisco Rego Chaves ; ENRÍQUEZ, Maria Amélia Rodrigues da Silva ; ALAMINO, Renata de Carvalho Jimenez (Eds.). Recursos Minerais & Sustentabilidade Territorial: grandes minas – Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2011. V.I 343p.: II.

FOLLE; Daiane. A atividade de mineração e o uso dos recursos hídricos: situação atual e desafios. III Seminário Regional sobre Usos Múltiplos da Água e Gestão Integrada de Recursos Hídricos, Passo Fundo/ RS 2010.

GIL; Rodrigo. Avaliação da Expansão do Complexo de Carajás através da Teoria de Opções Reais. Dissertação de Mestrado PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2014.

GONÇALVES Elano Mário. Avaliação da qualidade da água do rio Uberabinha – Uberlândia – MG. Dissertação de Mestrado UFRJ 2009 135p.

HOUSE; C. D., "Standard methods for the examination of water and wastewater", Lewis Publishers, Chelsea, (2012)

IBRAM. Gestão para a sustentabilidade na mineração: 20 anos de história. Brasil, 2012. Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00002130.pdf>> Em: 23/04/2016 as 19:00.

Ipesi-Revista-Digital. Disponível em: <<http://newsteel.com.br/wp-content/uploads/2016/05/Ipesi-Revista-Digital.pdf>> Acesso em: 08/06/ 2016 as 15:35

MECHI, Andréa, & SANCHES, Djalma Luiz. (2010). Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo. Estudos Avançados, 24(68), 209-220. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142010000100016> acessado em 29 mar. 2016.

MPMG-Ministério público de Minas Gerais. Guia técnico para atuação do ministério público no licenciamento ambiental de atividades de mineração. Revista MPMG Juridico CGB Artes Gráficas Ltda. Belo Horizonte - 2012 Tiragem 3.500 exemplares.

NBR 9898: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro, 1997

OBERDÁ, S.M. Estudo de Metais Pesados Presentes na Bacia do Rio Piracicaba e Sugestão Biotecnológica de Descontaminação. -Belo Horizonte: UFMG/ICEx/DQ, 1996. 106p.:il.

Platts McGraw Hill Financial em português. Disponível em: <<http://newsteel.com.br/wp-content/uploads/2016/05/Platts-Portugues.pdf>> Acesso em: 08/06/ 2016 as 8:35

Rede Globo Minas Disponível em: <<http://redeglobo.globo.com/globominas/noticia/2014/03/minerita-ganha-categoria-meio-ambiente-do-premio-bom-exemplo.html>> Acesso em: 22/05/ 2016 as 19:50

Revista Minerios. Disponível em:
<http://www.revistaminerios.com.br/EdicoesInt/1676/47/Tecnologia_de_beneficiamento_a_seco_e_premiada.aspx> 08/06/ 2016 as 16:35

SEMAD -Secretária Estadual de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
PORTAL meioambiente.mg. Informações sobre as Superintendências Regionais de Regularização Ambiental. Disponível em: <<http://www.meioambiente.mg.gov.br/suprams-regionais>>. Acesso em: 7 /05/ 2016 as 19:40.

SPERLING; M.V. Introdução à Qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte: DESA - UFMG, 1996.

TCU-Tribunal de contas da União. Cartilha de Licenciamento Ambiental. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/cart_tcu.PDF> Acesso em: 29/03/2016 as 10:20.

VALE. Disponível em: <<http://www.vale.com>> Acesso em: 22/05/ 2016 as 19:40

VIANA, Mauricio Boratto. Avaliando Minas: índice de Sustentabilidade da Mineração. Tese de Doutorado. Centro de desenvolvimento sustentável. Universidade de Brasília. Brasília 2012, 372p.

Anexo A

Tabela 1 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do ponto P1.

Mineradora A		P1							EXPLOTAÇÃO E BENEFICIAMENTO DE MINÉRIO DE FERRO		
Tipo de ponto: Córrego			Tipo de amostra: Água superficial				Classe: 2		Ano: 2015 - 2016		
Data de Coleta	pH	Cor (mgPt.L ⁻¹)	Turbidez (UNT)	Condutividade elétrica (µS.cm ⁻¹)	DBO (mg.L ⁻¹)	Sólidos em suspensão (mg.L ⁻¹)	Sólidos sedimentáveis (mL.L ⁻¹)	Sólidos totais (mg.L ⁻¹)	Sólidos totais dissolvidos (mg.L ⁻¹)	Óleos e graxas (mg.L ⁻¹)	
05/01/15	6,76	9	0,64	32,06	<5	<9,6	<0,3	28	16	<10,1	
07/07/15	6,90	13	3,2	37,8	<5	<9,6	<0,3	30	18,1	<10,1	
06/01/16	6,44	<5	1,0	31,82	<5	<9,6	<0,3	30	16,1	<10,1	
Média 2003	6,37	1,67	1,28	29,3	1,07	3,29	0,1	30,97	27,72	2,47	
Média 2004	6,78	2,17	1,5	30,02	0,79	1,12	0,10	30,24	29,17	0,49	
Média 2005	6,94	3,42	2,0	30,23	0,73	2,37	0,10	32,62	30,28	0,13	
Média 2006	7,29	1,88	1,48	31,78	0,83	1,22	0,1	30,87	29,68	0,10	
Média 2007	6,93	2,08	1,88	34,33	0,92	2,12	0,10	31,97	29,87	0,10	
Média 2008	7,15	1,54	2,62	35,28	1,52	3,48	<0,1	35,15	31,82	<0,1	
Média 2009	6,65	3,0	2,3	41,1	0,9	1,8	0,1	38,7	36,9	<0,1	
Média 2010	7,07	5,2	2,12	38,2	1,7	2,3	0,1	29,6	28,7	0,6	
Média 2011	7,28	1,73	2,28	37,5	1,21	1,03	<0,2	33,0	32,0	<0,1	
Média 2012	6,97	1,28	1,38	32,3	0,83	6,8	0,2	34,3	27,5	0,4	
Média 2013	7,27	7,5	0,55	31,3	4	7,8	<0,3	36	19	7,55	
Média 2014	6,81	8	0,715	33,79	<5	<9,6	<0,3	32	18	<10,1	
Limites	6 a 9	75	100	-	5	100	-	-	500	VA	
Mínimo	6,44	<5	0,64	31,82	<5	<9,6	<0,3	28	16	<10,1	
Média	6,64	8	1,37	33,38	<5	<9,6	<0,3	29	16,55	<10,1	
Máximo	6,9	13	3,2	37,8	<5	<9,6	<0,3	30	18,1	<10,1	
Data de Coleta	Ferro total (mg.L ⁻¹)	Ferro solúvel (mg.L ⁻¹)	Manganês total (mg.L ⁻¹)	Manganês solúvel (mg.L ⁻¹)	Coliformes totais (NMP.100 mL ⁻¹)	Coliformes fecais (NMP.100 mL ⁻¹)	Estreptococos fecais (NMP.100 mL ⁻¹)				
05/01/15	<0,102	<0,102	<0,049	<0,049	<1	<1	<1				
07/07/15	<0,102	<0,102	<0,049	<0,049	4800	10	400				
06/01/16	<0,102	<0,102	<0,049	<0,049	160	2	74				
Média 2003	NA	0,05	NA	0,05	728,33	104,50	288,67				
Média 2004	NA	0,08	NA	0,04	951,56	388,22	160,67				
Média 2005	0,23	0,04	0,02	0,02	1025,00	301,67	330,33				
Média 2006	0,12	0,03	0,03	0,02	1099,17	333,75	270,00				
Média 2007	0,25	0,14	0,03	0,03	1184,75	586,63	191,02				
Média 2008	0,26	0,16	0,03	<0,03	1274	619	448				
Média 2009	0,33	0,09	0,03	0,03	1263	499	383				
Média 2010	0,13	0,06	0,04	0,04	1757,9	288,7	648,6				
Média 2011	0,09	0,05	0,03	0,03	898	266	448				
Média 2012	0,12	0,06	0,04	0,04	1430	290,8	530,8				
Média 2013	0,12	0,11	0,057	0,015	<1	<1	<1				
Média 2014	0,116	0,116	0,049	0,049	25,5	15,5	5,5				
Limites	-	0,3	0,1	-	-	1000	-				
Mínimo	<0,102	<0,102	<0,049	<0,049	<1	<1	<1				
Média	<0,102	<0,102	<0,049	<0,049	1240,5	3,5	119				
Máximo	<0,102	<0,102	<0,049	<0,049	4800	10	400				

