II-547 - USO DE ESGOTO SANITÁRIO TRATADO NA INDÚSTRIA DA MINERAÇÃO: ESTUDO DE CASO DA MINERAÇÃO DE FERRO NO ALTO RIO DAS VELHAS

Fernando José Gonzaga Pimenta [(1)]
Engenheiro Civil pela UFMG. Analista de Meio Ambiente na Anglo American Brasil.
Cesar Rossas Mota Filho [(2)]
Doutorado em *Civil and Environmental Engineering* pela *North Carolina State University*, Estados Unidos, Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais.
Carlos Augusto de Lemos Chernicharo [(3)]
Doutorado em *Environmental Engineering* pela *Newcastle University*, Inglaterra, Professor Titular do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais.
Lucas de Almeida Chamhum Silva [(4)]
Engenheiro Ambiental e Sanitarista pela UFJF. Mestrando em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela UFMG.
Fábio José Bianchetti [(5)]
Engenheiro Civil pela UFMG. Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela UFMG. Pesquisador do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Estações Sustentáveis de Tratamento de Esgoto – INCT ETEs Sustentáveis.

Endereço[(1)]: Rua Tomé de Souza, 1292/302 - Belo Horizonte - MG - CEP: 30140-138 - Brasil - Tel: +55 (31) 99111-8693 - e-mail: fernandojpimenta@gmail.com

RESUMO

Os usos de água na mineração representam cerca de 11% da demanda hídrica total outorgada no estado de Minas Gerais. Uma possível solução para diminuir o impacto do consumo da água na indústria extrativa mineral seria o uso de efluentes domésticos tratados. O objetivo deste trabalho foi avaliar a possibilidade de utilização de esgoto sanitário tratado em minerações de ferro, considerando os requisitos quali-quantitativos dos processos industriais e a disponibilidade de efluentes tratados. No trabalho é apresentado um estudo de caso sobre a possibilidade de uso de efluentes nas minerações de ferro na bacia hidrográfica do Rio das Velhas, considerando-se dados de oferta de efluentes tratados, demanda por água e distância de transporte. Foram consideradas na análise as quantidades de água demandadas nos processos de extração e beneficiamento de minério, além de outros tipos de uso nessa indústria. São apresentadas as vazões totais das ETEs (em operação, capacidade instalada e em projeto) contidas em um raio de 25 km de cada mina da região, assim como a localização de cada estação. Como conclusão, propõe-se o uso de efluente como alternativa viável, especialmente para a umectação de vias, e demonstra-se que a expansão do volume de efluente tratado na região poderá ser importante para a expansão do efetivo reúso de água.

PALAVRAS-CHAVE: Água, Mineração, Reúso, Efluentes, Rio das Velhas.

INTRODUÇÃO

A mineração é uma das atividades industriais mais importantes de Minas Gerais, a qual chega a representar 7,5% do Produto Interno Bruto do estado e cerca de 50% de suas exportações, sendo que o minério de ferro é o principal produto exportado (IBGE, 2013). Neste trabalho, a atividade minerária em foco é a extração de ferro na bacia hidrográfica do Rio das Velhas que, conforme será relatado, supera 100 milhões de toneladas por ano, sendo uma das mais importantes regiões para a mineração de desse metal no Brasil.

A indústria extrativa mineral consome água de forma bastante considerável: segundo o Plano Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais (IGAM, 2011), a vazão outorgada para as atividades de mineração em MG é superior a 29 m³/s, o que representa 11% do total demandado no estado.

As atividades que mais consomem água dentro dessa indústria são a lavra e o beneficiamento, além de usos difusos, como umectação de vias, lavagem de caminhões e máquinas, e abastecimento humano dentro das unidades industriais. Ademais, em alguns casos específicos, é relevante o uso de água no transporte de minério através de mineroduto.

Assim, ponderando-se o intenso consumo de recursos hídricos e a importância deste para o desenvolvimento das atividades minerárias, no presente estudo avaliou-se o potencial de reúso de efluente doméstico tratado gerado na bacia do Rio das Velhas como oportunidade para a diminuição do consumo de água nova na mineração.

METODOLOGIA UTILIZADA

Seleção das minas de extração de ferro

Para a definição das áreas degradadas pela mineração de ferro, acessou-se o ranking das maiores minas do Brasil, dos três últimos anos divulgados, disponibilizado pela revista Minérios & Minerales (2014; 2015; 2016), e selecionou-se, dentre as elencadas nas três edições, aquelas que estão inseridas na área de estudo, resultando em 13 minas de extração de ferro. Ainda na revista Minérios & Minerales foram obtidos os valores mais recentes de minério bruto movimentado em cada mina, denominado *Run of Mine* – ROM, que em última análise possibilitou a determinação da quantidade de minério beneficiado e, por conseguinte, a demanda de água nova no empreendimento.

Para os casos de minas que, em conjunto, formam um complexo de mineração, as edições mais recentes da revista (a partir da edição de 2015, a qual apresenta os valores de 2014) dispõem os valores de ROM apenas de todo o complexo, não sendo possível acessar a produção individual de cada unidade. Estes casos compreendem as minas de Segredo/João Pereira e Sapecado/Galinheiro (Complexo Itabiritos), Abóboras, Capitão do Mato e Tamanduá (Complexo Vargem Grande), além das minas Capão Xavier e Mar Azul (Complexo Paraopeba), todos empreendimentos da Vale.

Entretanto, como o objetivo consistiu em avaliar a demanda por efluente considerando-se as distâncias de transporte, foi necessário determinar a quantidade de minério beneficiado por mina. Para isto, utilizou-se os dados de ROM do ano de 2013, apresentados por Minérios & Minerales (2014), haja visto que esta foi a edição mais recente em que foram apresentados os valores de cada mina separadamente. Assim, admitiu-se que a proporção de contribuição de cada mina em 2013 em relação ao complexo em que está inserida se manteve constante até 2015, cujos valores foram apresentados no Relatório de Sustentabilidade de 2015 (VALE, 2016). O cálculo aplicado segue apresentado na equação 1.

$$Prod.2015 = \frac{Total\ do\ complexo\ 2015 * Prod.Rev.Min.2013}{\sum Minas\ do\ complexo\ Rev.Min.\ 2013} \quad \text{Equação 1}$$

Em que,

- Prod. 2015: quantidade estimada de minério beneficiado em determinada mina inserida em um complexo no ano de 2015;
- Total do complexo 2015: quantidade de minério beneficiado no ano de 2015 em todo o complexo, conforme informado em Vale (2016);
- Prod. Rev. Min. 2013: valor de ROM da mina avaliada referente ao ano de 2013, conforme informado na revista Minério & Minerales (2014);
- ∑ Minas do complexo Rev. Min. 2013: somatório do valor de ROM de todas as minas inseridas em um complexo no ano de 2013, conforme informado na revista Minérios & Minerales (2014).

Cumpre ressaltar que, para as minas da empresa Vale, os valores de minério beneficiado foram obtidos por meio da equação 1, cujo ano de referência foi 2015. Por outro lado, para as demais minas não foi possível obter diretamente o quantitativo de minério beneficiado, logo foram considerados os valores de ROM mais recentes disponibilizados pela revista Minérios & Minerales. Contudo, o valor ROM indica a movimentação total de minério bruto nos empreendimentos, então para se determinar a produção de minério beneficiado,

considerou-se uma recuperação mássica média de 72% (COLTURATO, FERREIRA e ARAÚJO, 2002). Os quantitativos de produção calculados referente às minas na área de estudo serão apresentados no item referente aos resultados obtidos.

Delimitação da área das minas e das vias de tráfego

Apuradas as minas de extração de ferro na área de estudo, prosseguiu-se com a determinação da área associada à cada uma. A demarcação dos limites das minas seguiu o método de interpretação visual, por meio da digitalização em tela de imagens de satélite disponibilizadas pelo programa *Google Earth Pro*, versão 7.1. Destaca-se que as informações disponibilizadas no programa citado advêm de uma ampla gama de fontes, sendo que as imagens são coletadas ao longo do tempo e, portanto, não refletem, necessariamente, a condição em "tempo real". Ademais, a data de coleta das imagens pode variar de acordo com a região devido ao fato de que, geralmente, há formação de mosaico de várias imagens, visando à melhor composição visual (GOOGLE, 2017).

De forma similar à definição de áreas, procedeu-se à identificação das feições das imagens de satélites correspondentes às vias de tráfego interno. Assim, foi traçado o contorno das linhas e atribuído um valor médio de largura para as vias de cada mina – os valores adotados para cada mina situaram-se na faixa entre 15 e 25 m, conforme larguras observadas nas imagens de satélite - obtendo-se a área estimada de vias por empreendimento. Esta análise possibilitou o cálculo do volume de água para aspersão de vias, demanda prevista na Portaria do Ministério do Trabalho n° 1.894 de 2013, que alterou a Norma Regulamentadora n°22 – Saúde e Segurança Ocupacional na Mineração (BRASIL, 2013).

As localizações das minas objeto deste estudo, bem como os respectivos quantitativos de área total do empreendimento e área de vias serão apresentados no item referente aos resultados obtidos.

Aproveitamento de efluentes das ETEs

O aproveitamento dos efluentes tratados nas ETEs foi avaliado em três cenários distintos de vazão de efluentes, a saber: i) Cenário 1, vazão média de operação no ano de 2016; ii) Cenário 2, vazão correspondente à capacidade instalada nas ETEs existentes e; iii) Cenário 3, vazão prevista com o incremento das ETEs em projeto e em implantação. Todas estas vazões foram informadas pelos responsáveis pela operação dos sistemas. Destaca-se que, dentre as ETEs levantadas, forma considerados sistemas com a prestação realizada pelos próprios municípios e sistemas concedidos à companhia estadual – COPASA MG.

Para os três cenários foram selecionadas as ETEs distantes até 25 km do ponto central de cada mina, distância mínima observada neste estudo a partir da qual haveria efetivo suprimento das demandas envolvidas. Esta etapa de análise espacial foi realizada no ambiente de sistema de informação geográfica *ArcGIS for Desktop 10.4.1*, cujos resultados serão apresentados a seguir.

RESULTADOS OBTIDOS

Substituição da água em usos menos exigentes em atividades minerárias de extração de ferro existentes na bacia do Rio das Velhas

Com base na metodologia apresentada no item anterior, foi confeccionada a Figura 1, a qual ilustra a distribuição das ETEs, os pontos centrais das minas, assim como o polígono de demarcação da área total das mesmas.

Vale destacar que as minas de extração de ferro estão localizadas, majoritariamente, na região do Alto Rio das Velhas, com apenas uma mina no Médio Rio das Velhas. De forma contrária, observa-se que as ETEs, em especial as em operação, estão localizadas na região limítrofe entre as subdivisões indicadas. Assim, gerando-se o raio de 25 km a partir do ponto central de cada mina, verifica-se que, no total, 20 ETEs aderiram a este critério, sendo 15 em operação, 4 em implantação e 1 em projeto. Faz-se necessário ressalvar que a Estação de Tratamento de Águas Fluviais - ETAF - da Pampulha, de operação da COPASA MG, embora tenha sido mapeada nas circunscrições de algumas minas, não foi incorporada como potencial fonte de subprodutos em decorrência de o efluente ser direcionado à manutenção do curso d'água no trecho a jusante da estação.

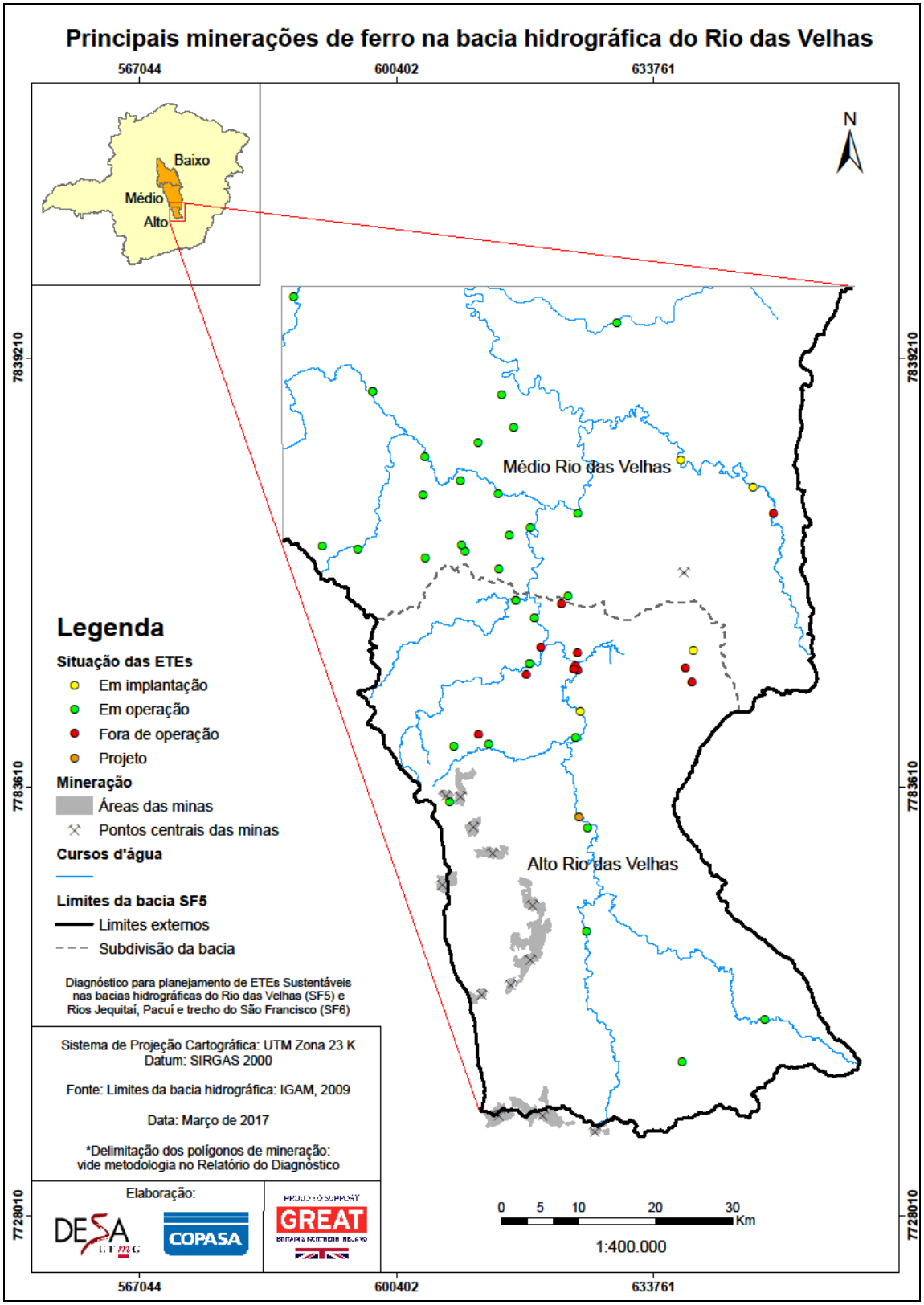

Figura 1. Distribuição espacial das áreas de mineração de ferro e das ETEs na bacia do Rio das Velhas (alto e médio).

Em termos de vazão, o somatório das vazões das ETEs utilizadas equivale a 4,3 m³/s, 5,7 m³/s e 6,0 m³/s, para os cenários 1, 2 e 3, respectivamente. Cumpre ressaltar, que estes valores representam o potencial total de geração de efluente tratado, porém é fundamental a análise das minas separadamente a fim de identificar a demanda e a oferta de efluente a partir das ETEs inseridas em cada circunscrição, visto que podem haver casos de determinada mina com elevada demanda hídrica, mas com baixa oferta de efluente tratado e vice-versa.

Para propiciar tal análise individual das minas na área de estudo, foram determinados os respectivos quantitativos de produção, conforme metodologia apresentada, os quais estão consolidados na Tabela 1.

Tabela 1: Listagem das minas e respectiva produção de minério beneficiado.

MINA	MUNICÍPIO	EMPRESA	MINÉRIO BENEFICIADO (t/ano)
Abóboras[1]	Nova Lima	Vale	6.130.182
Capão Xavier[1]	Nova Lima	Vale	9.651.010
Capitão do Mato[1]	Nova Lima	Vale	13.815.614
Casa de Pedra[2]	Congonhas	CSN	21.600.000
Mar Azul[1]	Nova Lima	Vale	3.838.470
Miguel Burnier[2]	Ouro Preto	Gerdau Açominas	308.160
Pau Branco[2]	Brumadinho	Vallourec Mineração	4.320.000
Ponto Verde[3]	Itabirito	SAFM Mineração	1.080.000
Posse[2]	Caeté	Crusader do Brasil	423.510
Sapecado/Galinheiro[1]	Itabirito	Vale	20.023.546
Segredo/João Pereira[1]	Ouro Preto	Vale	11.576.454
Tamanduá[1]	Nova Lima	Vale	9.354.204
Várzea do Lopes[2]	Itabirito	Gerdau Açominas	6.519.600
Total	**-**	**-**	**108.640.749**

1. Minério beneficiado calculado conforme equação 1;
2. Minério beneficiado calculado a partir da recuperação mássica de 72% do minério bruto - ROM – (MINÉRIOS & MINERALES, 2016);
3. Minério beneficiado calculado a partir da recuperação mássica de 72% do minério bruto - ROM – (MINÉRIOS & MINERALES, 2014).

Os usos da água nas atividades minerárias podem ocorrer em três etapas principais, sendo elas, lavra, processamento mineral e usos difusos. Na primeira etapa, a água pode ser aplicada no desmonte hidráulico e transporte de materiais. Na etapa de processamento mineral a água pode ser empregada nos processos de separação a úmido (gravítica, magnética, flotação, floculação, aglomeração esférica, lixiviação, entre outros) e transporte do minério. Por fim, os usos difusos contemplam água para consumo humano, umectação de vias para controle de emissão de material particulado e lavagem de equipamentos (ANA, 2006; PIMENTA, 2016).

De forma geral, a água utilizada na mineração é oriunda de três fontes principais: subterrânea, superficial e aquela recirculada no próprio empreendimento, denominada água de reciclagem. Esta última representa uma importante parcela, pois reduz a demanda por captação de águas superficiais e subterrâneas, podendo atingir cerca 80% do total de recursos hídricos utilizados na planta de beneficiamento (VALE, 2016). Já a parcela restante, representa a demanda por água nova, ou seja, a água que será captada de fontes subterrâneas ou superficiais para garantir o desenvolvimento da atividade.

Além da vasta gama de aplicações de água na indústria minerária, nota-se um elevado consumo, variando desde 0,4 até 20 m³ de água para cada tonelada de minério, que mesmo considerando a recirculação interna no empreendimento não extingue a demanda por água nova. Ademais, os requisitos qualitativos são cada vez mais observados, visando à maior eficiência do processo (ANA, 2006).

Nesse sentido, ponderando que o objetivo deste estudo é motivar o uso de subprodutos do tratamento de efluentes sanitários de forma sustentável, deve-se considerar a viabilidade econômica, e não somente o apelo ambiental e social. Por conseguinte, o uso proposto do efluente tratado visa a suprir a demanda de água para umectação de vias em virtude do menor requisito qualitativo, enquanto que os demais usos devem ser avaliados particularmente em função da exigência de cada processo, de forma a não comprometer o desempenho dos mesmos.

Segundo Pimenta (2016), a demanda por água nova nas atividades minerárias de extração de ferro pode variar de acordo com os processos empregados em cada empreendimento. Em estudo desenvolvido pelo referido autor, estimou-se que a demanda por água nova seja de 1,18 m³/tonelada de minério beneficiado para empreendimentos que possuem minerodutos, enquanto que, para aqueles que não realizam este tipo de transporte, o consumo estimado foi de 0,66 m³/tonelada de minério beneficiado. Já a demanda específica para umectação de vias varia de acordo com o tipo de solo da região, existência ou não de pavimentação, intensidade de tráfego de veículos na mina, entre outros, de forma que o quantitativo de água pode atingir desde 35 até 205 m³/h (PINHEIRO, 2011; DINIZ, 2009; IGAM, 2015; MCA, 2011). O cálculo da estimativa de água para esta finalidade considerou um consumo médio de 4 l/dia por m² de via (*AUSTRALIAN MINING*, 2010).

Na Tabela 2 estão apresentados os valores estimados de área total, incluindo áreas de vias, beneficiamento, lavra, depósito de estéril, entre outras, além das áreas de vias, isoladamente.

Tabela 2: **Áreas totais e de vias mapeadas por mina.**

MINA	ÁREA TOTAL (ha)	ÁREA DE VIAS (ha)
Abóboras	630,9	66,9
Capão Xavier	147,8	11,0
Capitão do Mato	435,8	53,3
Casa de Pedra	632,3	14,4
Mar Azul	477,5	35,3
Miguel Burnier	147,1	14,4
Pau Branco	414,2	21,5
Ponto Verde	116,8	10,6
Posse	12,1	3,1
Sapecado/Galinheiro	1.700,4	69,1
Segredo/João Pereira	1.176,3	95,2
Tamanduá	280,5	15,6
Várzea dos Lopes	193,1	30,5
Total	**6.364,5**	**440,9**

Assim, retomando os valores de minério beneficiado (Tabela 1) e as áreas totais e de vias de cada empreendimento (Tabela 2), aplicou-se as demandas unitárias apresentadas neste tópico, gerando a Tabela 3, que indica a demanda de água nova total para o empreendimento, a demanda apenas para umectação de vias e a oferta de efluente calculada para os três cenários definidos.

Destaca-se, no entanto, que os valores apresentados na Tabela 3 foram calculados com base na análise de cada mina individualmente, ou seja, considerou-se o potencial de destinação, para uma determinada mina, do efluente tratado de todas as ETE num raio de 25 km. Desta maneira, como uma mesma ETE pode estar no raio definido de duas ou mais minas, os valores de oferta apresentados em cada linha da Tabela 3 podem levar a uma distorção da real oferta, caso sejam analisadas mais de uma mina conjuntamente, resultando em valores superestimados.

Tabela 3: Demanda de água e oferta de efluente tratado por mina.

MINA	DEMANDA DE ÁGUA (L/s)		OFERTA DE EFLUENTE TRATADO (L/s)[1]		
	TOTAL DE ÁGUA NOVA	UMECTAÇÃO DE VIAS	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3
Abóboras	128,3	31,0	267,3	256,3	281,4
Capão Xavier	202,0	5,1	2.407,3	3.431,3	3.505,2
Capitão do Mato	289,1	24,7	2.607,3	3.631,3	3.705,2
Casa de Pedra	452,1	6,7	2,5	2,5	2,5
Mar Azul	80,3	16,3	2.607,3	3.631,3	3.705,2
Miguel Burnier	6,4	6,6	2,5	2,5	2,5
Pau Branco	90,4	10,0	266,3	255,3	280,4
Ponto Verde	22,6	4,9	207,5	207,5	232,6
Posse	8,9	1,4	4.019,2	5.480,8	5.699,4
Sapecado/Galinheiro	419,1	32,0	224,4	217,5	242,6
Segredo/João Pereira	242,3	44,1	202,5	202,5	202,5
Tamanduá	195,8	7,2	2.607,3	3.631,3	3.705,2
Várzea do Lopes	136,4	14,1	200,0	200,0	200,0
Total[2]	**2.273,7**	**204,1**	-	-	-

1. Oferta total, em cada cenário, considerando-se todas as ETEs em um raio de 25 km da respectiva mina, podendo a vazão de uma mesma ETE constar em mais de uma linha;
2. As vazões totais de todas as ETEs são da ordem de 4,3 m³/s, 5,7 m³/s e 6,0 m³/s para os cenários 1, 2 e 3, respectivamente.

Neste contexto, para apresentação do valor total de oferta de efluente tratado para os cenários 1, 2 e 3 (conforme nota 2 da Tabela 3) foi apurado o potencial máximo de oferta real das ETEs, da ordem de 4,3 m³/s, 5,7 m³/s e 6,0 m³/s para cada cenário, respectivamente, e não o somatório das colunas. Conforme mencionado, como uma mesma ETE pode estar no raio de até 25 km de mais de uma mina, o simples somatório das colunas poderia superestimar a realidade. Não obstante, os valores reais de oferta para os três cenários de estudo demonstram a autossuficência da região caso adotado o reúso da água na mineração.

As análises de hierarquização de minas a serem atendidas por cada ETE e do efeito da sobreposição de ofertas não foram contempladas no presente trabalho devidos a outros fatores intervenientes que não puderam ser avaliados, como forma e custo de transporte, qualidade do efluente, vida útil da mina, estratégia de negócios de cada empreendimento, dentre outros.

CONCLUSÕES

No presente trabalho foi avaliada a viabilidade da utilização de efluentes tratados para a diminuição da demanda por água nova em minerações de ferro da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas.

Avaliando-se cada mina separadamente, em apenas quatro (Casa de Pedra, Miguel Burnier, Sapecado/Galinheiro e Segredo/João Pereira) não há, em um raio de 25 km, oferta de efluente tratado suficiente para a demanda de água nova. Em relação à umectação de vias somente nas minas de Casa de Pedra e Miguel Burnier a demanda foi superior à oferta. Nos demais casos, já no cenário 1 a oferta seria capaz de suprir a demanda.

Todavia, o raio de 25 km foi definido para este estudo considerando-se a localização e capacidade das ETEs, podendo-se, em um estudo específico para as minas citadas que apresentaram demandas superiores às ofertas, serem adotadas distâncias maiores de transporte em função de suas especificidades como, por exemplo, distâncias dos mananciais de obtenção de água nova.

Embora a disponibilidade de efluentes tratados seja, na maioria dos casos, suficiente para sanar todas as demandas das minerações na área de estudo, esta análise não pode ser realizada apenas com base em critérios quantitativos, uma vez que, a eficiência de diversos processos de uma mina pode ser influenciada por aspectos qualitativos.

Diferentemente da água empregada nos processos de beneficiamento do minério, a água destinada à umectação de vias dificilmente pode ser recirculada em vista dos fenômenos de evaporação e infiltração e percolação no solo. Assim, a utilização do efluente tratado como insumo para a supressão de material particulado pouparia a captação de água para este fim, mesmo que seja a água recirculada, pois esta por sua vez poderia ser aplicada em outros processos.

Vale destacar que, mesmo com as ressalvas apontadas, observa-se o potencial para suprir a demanda por água nova e para umectação de vias já no primeiro cenário. Logicamente, para se viabilizar este potencial deve-se proceder a uma análise aprofundada, incorporando características específicas de cada mina, ETEs envolvidas e região em que estão inseridas. Este último fator pode representar um ponto crucial na análise, especialmente nos casos de regiões com baixa disponibilidade hídrica e conflito pelo uso da água.

A utilização de efluentes tratados em indústrias como a mineração ofertará uma dupla vantagem, a citar: diminuirá a pressão sobre os recursos hídricos e agregará valor aos efluentes.

Por fim, destaca-se que a entrada em operação das ETEs em implantação e projetadas, bem como a operação de todas as unidades em sua capacidade plena, proporcionará na área de estudo um incremento da ordem de 40% na disponibilidade atual de efluente tratado, fato que, somado ao valor agregado ao efluente pelo seu uso, poderá ser um incentivo adicional para a universalização do tratamento de esgotos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio e financiamento por parte do Governo do Reino Unido, através do *Foreign & Commonwealth Office* e da Embaixada Britânica no Brasil, à COPASA MG pela parceria no desenvolvimento do trabalho e colaboração na disponibilização de dados, e aos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas pelas informações fornecidas que possibilitaram a execução do presente trabalho no âmbito do projeto *Minas Gerais Sustainable Sewage Treatment*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. 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, Suzana Alípaz. Brasília: ANA, 2006. 334 p.: il. ANA - Agência Nacional de Águas (Brasil). Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/cobrancaearrecadacao/cobrancaearrecadacao.aspx>. Acesso em: 01 dez 2016.
2. ARIZONA BUREAU OF MINES. *Utilization of municipal wastewater for froth flotation of copper and molybdenum sulfides. By Walter W. Fisher, Assistant Metallurgist and Samuel Rudy, Assistant Metallurgist.* 1976.
3. AUSTRALIAN MINING. *Wasting water on dust control*. September 15, 2010. Disponível em: <https://www.australianmining.com.au/features/wasting-water-on-dust-control/>. Acesso em: 14 nov 2016.
4. BRASIL. Ministério do Trabalho. Portaria n 1.894, de 9 de dezembro de 2013. Altera a Norma Regulamentadora n.º 22. Brasília, 2013.Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/diarios/62858164/dou-secao-1-11-12-2013-pg-151>. Acesso em: 13 mar. 2017
5. COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS VELHAS – CBH RIO DAS VELHAS. Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Das Velhas. Belo Horizonte, 2015.
6. COSTA, Maria A. M. Reflexões sobre a política participativa das águas: o caso CBH Velhas/MG 2008 134f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.
7. GOOGLE. Como entender as imagens do Google Earth. 2017. Disponível em: <https://support.google.com/earth/answer/176147?hl=pt-BR>. Acesso em: 13mar. 2017.

8. MINÉRIOS & MINERALES. Ranking Geral por Produção Anual em Toneladas (ROM) – Ano base 2013. São Paulo, n. 365. 2014.
9. MINÉRIOS & MINERALES. Ranking Geral por Produção Anual em Toneladas (ROM) – Ano base 2014. São Paulo, n. 375, 2015. 49 p.
10. MINÉRIOS & MINERALES. Ranking Geral por Produção Anual em Toneladas (ROM) – Ano base 2015. São Paulo, n. 384, 2016. 68 p.
11. OLIVEIRA, S. M. A. C.; VON SPERLING, M. Avaliação de 166 ETEs em operação no país, compreendendo diversas tecnologias. Parte 1 - análise de desempenho. Eng. Sanit. Ambient. vol.10 no.4. Rio de Janeiro. Oct./Dec, 2005.
12. QUEIROZ, D. S. B.; VIEIRA, M. G.; JÚNIOR, M. S. Redução do consumo específico de água na Samarco. Samarco Mineração S.A. Mariana – MG. 2003.
13. SAMARCO. Relatório de Sustentabilidade 2014.
14. VALE. Relatório de Sustentabilidade, 2015.