

## CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE DA ETAPA DE FILTRAGEM DE UM CONCENTRADO DE MINÉRIO DE FERRO\*

Larissa Carolina Ferreira<sup>1</sup>

Érica Linhares Reis<sup>2</sup>

Neylor Makalister Ribeiro Vieira<sup>3</sup>

### Resumo

O impacto das atividades do setor de mineração sobre o meio ambiente tem levado a estudos visando, tanto à utilização racional dos recursos naturais, quanto o tratamento de efluentes gerados durante os processos. A caracterização de efluentes é uma etapa importante, podendo apontar erros nos processos de beneficiamento, parâmetros em desacordo com a legislação ambiental e guiar etapas de desenvolvimento de técnicas do tratamento. Este trabalho consiste na caracterização de um efluente da etapa filtragem de uma mineradora de minério de ferro do quadrilátero ferrífero comparando os valores encontrados com as exigências da norma CONAMA 357/2005 e 430/2011, de forma a enquadrá-los na categoria de águas doces classe 1 e de lançamento de efluentes. O pH encontrado (9,8), turbidez (2133 NTU) e sólidos sedimentáveis (28mL/L), estão fora dos padrões permitidos e mostram grandes problemas em relação aos sólidos presentes na amostra. O diâmetro médio das partículas (8,54µm), indicou a predominância de partículas ultrafinas de difícil sedimentação. Os elementos majoritários Al, Fe, P e S, 0,296; 1,6; 0,218 e 26,5 mg/L, respectivamente, também apresentaram valores acima do permitido para água doce classe I. As análises indicaram que o efluente necessita de tratamento prévio para posterior descarte.

**Palavras-chave:** Efluentes; Minério de ferro; Caracterização.

### CHARACTERIZATION THE EFFLUENT FROM THE FILTERING STEP OF A IRON ORE CONCENTRATE

#### Abstract

The characterization of effluents is an important step of treatment and may point out mistakes in the processing, parameters in disagreement with environmental legislation and also guide the stages of development of the technical of treatment. This work is the characterization of an effluent from the filtering step of an iron ore mining company in the ferriferous quadrangle, comparing the values found with the requirements of standard CONAMA 357/2005, in order to fit them into the category of fresh water class 1 and of effluent discharge. The pH found (9.8), turbidity (2133 NTU), and settleable solids (28 ml/L), carried out by physical-chemical analysis, are out of the allowed standards and show big problems in relation to solids present in the sample. The middle diameter of particle (8.54 microns) obtained through granulometry, indicated the presence of ultrafine particles of difficult sedimentation. The majority elements Al, Fe, P e S, 0.296; 1.6; 0.218 and 26.5 mg/L, respectively, also show values above the permitted for the fresh water class I. The analyzes indicated that the effluent needs pretreatment for later disposal.

**Keywords:** Wastewater; Iron ore; Characterization.

<sup>1</sup> Graduanda em Engenharia de Minas, Departamento de Engenharia de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil.

<sup>2</sup> Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>, Departamento de Engenharia de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil.

<sup>3</sup> Mestrando em Tratamento de Minérios, Engenheiro Mecânico, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil.

## 1 INTRODUÇÃO

O rejeito da mineração de minério de ferro é uma polpa com significativa porcentagem de sólidos, onde o teor de ferro pode chegar a 32% [1]. Deste modo, o tratamento de rejeitos de minério de ferro para a recuperação de ferro, reaproveitamento da água ou adequação a parâmetros de descarte de efluentes é de suma importância.

Para uma completa caracterização e entendimento do efluente é importante se conhecer os processos que o geraram e as características dos minérios que o originaram o que permite então generalizações racionalizadas e válidas [1].

A caracterização do efluente é de grande importância na seleção e avaliação de técnicas de tratamento. A legislação brasileira na forma da resolução CONAMA n°357 do ano de 2005 e n°430 do ano de 2011 aponta valores limites de diversos parâmetros para descarte de efluentes e classificação das águas que podem variar a dependendo da salinidade e da classe. As águas doces (com salinidade até 0,5%) são classificadas em especiais, classe I, II, III e IV.

Para os usos mais nobres, há um maior rigor nos parâmetros exigidos que conferem aos recursos hídricos melhor qualidade [2].

Deste modo, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar o efluente proveniente da etapa de filtração do concentrado de um minério de ferro de uma mineradora localizada no Quadrilátero Ferrífero. Após a caracterização do efluente em questão, pôde-se classificá-lo de acordo com a resolução CONAMA 357/2005 e 430/2011 e propor medidas para o seu tratamento e posterior aproveitamento e/ou descarte em locais adequados.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O efluente caracterizado é proveniente da etapa de filtração do concentrado de minério de ferro de uma usina de beneficiamento de uma mineradora da região do Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais. Foram realizados testes de quantificação de sólidos (totais, sedimentáveis, dissolvidos, em suspensão, fixos e voláteis), análise de cor, turbidez, temperatura, pH, oxigênio dissolvido e teor dos elementos majoritários. Os sólidos totais (SS), sedimentáveis (SP), dissolvidos (SD), suspensão (SS), voláteis (SV) e fixos (SF) foram determinados conforme metodologia extraída de [3].

O pH foi medido com o peagâmetro (DIGIMED DM-22) previamente calibrado com soluções tampão de pH 4, 7 e 10. A temperatura foi medida com termômetro (Incoterm 188.715/14 cod. 5111).

A turbidez foi medida pelo turbidímetro (ALFAKIT), previamente calibrado. Devido o limite de quantificação do equipamento a amostra foi diluída. As amostras foram diluídas em 100 e 500 vezes em água destilada para que as medidas fossem conferidas.

Foi utilizado o colorímetro (QUIMIS modelo Q406COR) previamente calibrado para medida de cor. A amostra, entretanto, necessitou ser diluída para que não se atingisse o limite superior de detecção do equipamento, para a medida de cor aparente. Foram feitas medidas de cor para diluições de 100 e 500 vezes em água destilada. Para a medida de cor verdadeira a amostra foi submetida a filtração em papel quantitativo faixa azul.

Os elementos arsênio, bário, cobalto, cádmio, cromo, cobre, lítio, níquel, estrôncio, vanádio, zinco, manganês, alumínio, ferro, cálcio, potássio, magnésio, sódio, chumbo, fósforo, enxofre e titânio, dissolvidos no efluente, foram determinados por

Espectrometria de Emissão Ótica com Plasma Acoplado Indutivamente, em um equipamento da marca Agilent 725.

O oxigênio dissolvido foi avaliado por três medidas do efluente utilizando-se um oxímetro (QUIMIS modelo Q758P), devidamente calibrado.

A determinação de alcalinidade e cloreto foram efetuadas através de procedimentos titulométricos através de metodologia retirada de [3].

A granulometria foi efetuada através do granulômetro a laser de (Cilas 1064).

Para identificação das fases minerais presentes que compõe os sólidos, partículas dispersas na água, foi utilizado o difratômetro de raios x da marca pananalytical modelo empyrean.

A quantificação de amina foi realizada através de titulometria, retirada de [4].

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados os valores de parâmetros de caracterização do efluente da etapa de filtragem de um concentrado de minério de ferro de uma usina de beneficiamento localizada no Quadrilátero Ferrífero e valores dos parâmetros exigidos pela legislação CONAMA [5].

**Tabela 1** – Parâmetros de características do efluente da mineradora de ferro estudada e valores estabelecidos pela legislação CONAMA.

| PARÂMETRO                | VALOR MÉDIO EFLUENTE ESTUDADO    | VALOR MÁXIMO ÁGUA DOCE CLASSE I | VALOR MÁXIMO LANÇAMENTO DE EFLUENTE |
|--------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| Temperatura              | 22 °C                            | -                               | ≤ 40 °C                             |
| pH                       | 9,8                              | 5 a 9                           | 5a9                                 |
| Cor verdadeira           | 66 mg Co/L                       | -                               | -                                   |
| Turbidez                 | 2133 NTU                         | ≤ 40                            | -                                   |
| Sólidos totais           | 1229 mg/L                        | -                               | -                                   |
| Sólidos dissolvidos      | 479 mg/L                         | 500                             | -                                   |
| Sólidos suspensos        | 750 mg/L                         | -                               | -                                   |
| Sólidos sedimentáveis    | 28 mL/L                          | -                               | ≤ 1,0 mL/L                          |
| Sólidos Fixos            | 1159 mg/L                        | -                               | -                                   |
| Sólidos voláteis         | 70 mg/L                          | -                               | -                                   |
| Oxigênio dissolvido (OD) | 9,2 mg/L                         | ≥ 6                             | -                                   |
| Alcalinidade             | 141,52 mg/L<br>CaCO <sub>3</sub> | -                               | -                                   |
| Cloreto                  | 0,003 mg/L                       | 250                             | -                                   |
| Amina                    | 2,1 mg/L                         | -                               | -                                   |

Os parâmetros pH, turbidez, SP e cor para água doce classe 1 pela legislação CONAMA 357/2005 estão acima dos estabelecidos.

O pH encontrado para o efluente 9,8, pode ser atribuído ao meio básico em que é realizada a etapa de concentração por flotação do minério de ferro (aproximadamente 10).

A presença de amina no efluente (2,1mg/L), é devido a utilização da mesma como reagente coletor, durante a flotação do minério de ferro. A legislação não cita limites de concentrações para a amina, porém vale ressaltar que elas são substâncias de

difícil degradação e que também reduzem a taxa de absorção de oxigênio, diminuindo a velocidade de autodepuração dos rios.

O valor de turbidez não é o mesmo que sólido em suspensão, mas sim a medida que especifica o simples efeito causado por tais materiais. O valor de turbidez do efluente é cerca de 50 vezes maior que o permitido pela legislação brasileira para águas doces classe I. Os sólidos dissolvidos estão acima dos parâmetros estabelecidos devido a alta quantidade de finos presentes no efluente. Isso pôde ser comprovado através da análise granulométrica onde foram encontrados os seguintes dados: 50 % das partículas estão abaixo de 4,37  $\mu\text{m}$ . O diâmetro médio dessas partículas é de 8,54  $\mu\text{m}$ , o que comprova que o efluente apresenta partículas ultrafinas [6]. A quantidade de SP também ultrapassa os valores da norma, demonstrando que há grande quantidade de sólidos em suspensão classificados como grosseiros que pode sedimentar por decantação simples, mas que se despejados em cursos de água sem tratamento, por exemplo, poderiam formar facilmente bancos de lodo. O valor de cor verdadeira encontrada para o efluente, está próximo ao máximo permitido pela norma, porém esse valor não se mostra tão elevado quanto a turbidez, isso se deve ao fato de a cor verdadeira estar associada principalmente à presença de matérias orgânicas dissolvidas ou coloidais e não devido as partículas em suspensão, como é o caso da cor aparente.

O SV pode ser atribuído aos compostos orgânicos residuais que provenientes da etapa de flotação e talvez, em menor porção, a decomposição da fase mineral hidratada identificada no efluente.

O efluente apresenta grandes problemas quanto à alta concentração de sólidos, ficando clara a necessidade de tratamento.

**Tabela 2:** Elementos majoritários que constituem o efluente da etapa de filtragem do concentrado de minério de ferro

|   | Ba    | Sr    | Mn    | Al    | Fe    | Ca    | Na   | Pb    | P     | S    | Ti   |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|------|
| Unidade   | mg/L  | mg/L  | mg/L  | mg/L  | mg/L  | mg/L  | mg/L | mg/L  | mg/L  | mg/L | mg/L |
| <b>Efluente bruto</b>                           | 0,004 | 0,002 | 0,141 | 0,296 | 1,6   | 0,296 | 77,9 | 0,012 | 0,218 | 26,5 | 0,01 |
| <b>Parâmetros CONAMA Águas doce classe 1</b>    | 0,700 | 0,025 | 0,180 | 0,100 | 0,100 | 0,300 | -    | -     | 0,010 | 1,4  | -    |
| <b>Parâmetros CONAMA lançamento de efluente</b> | 5,0   | 2,0   | 5,0   | 1,0   | -     | 15,0  | -    | -     | 0,500 | -    | -    |

Analisando a tabela 2, é possível observar que o efluente estudado apresenta valores para o Al, Fe, P e S acima do estabelecido pela legislação CONAMA 357/2005 para águas doce classe I, são eles 0,296; 1,56; 0,218 e 26,48 mg/L, respectivamente. A amostra apresenta um forte odor característico de enxofre, que foi comprovado pela análise química. O valor encontrado para o enxofre é quase 19 vezes maior do que o permitido, isso ocorre devido a presença de compostos sulfetados.

Os elementos As, Cd, Co, Cr, Cu, Li, Ni, V, Zn, K e Mg, ficaram abaixo do limite de quantificação, ou seja eles possuem concentrações abaixo do menor valor que pode ser quantificado na amostra com exatidão e precisão aceitáveis. Os valores limites de quantificação para esses elementos, estão abaixo das concentrações estabelecidas pela legislação, portanto se enquadram na norma.

Por difratometria de raios X foram identificadas as fases minerais: hematita, goethita e quartzo. Esse resultado está dentro do esperado, já que a amostra se trata de um efluente proveniente do processo de beneficiamento da mineração de ferro. O processo de sedimentação das partículas parece precisar de agentes auxiliares, devido o tamanho das mesmas estarem majoritariamente entre ultrafinas e coloidais e o comportamento de fases minerais como a goethita.

De maneira geral, o efluente necessita de tratamento antes da disposição em corpos de água naturais como classe 1. A alta concentração de sólidos dificulta a reutilização desse efluente como água de reciclo, mostrando a grande importância de etapas de separação sólido-líquido com adição de agentes auxiliares.

#### 4 CONCLUSÕES

Após a realização desse trabalho, pôde-se concluir que:

- O efluente estudado não está de acordo com as normas contidas na legislação CONAMA 357/2005, para águas doces classe I, já que apresenta valores de pH, turbidez, cor, sólidos dissolvidos alumínio, ferro, fósforo e enxofre acima dos parâmetros estabelecidos.
- O efluente apresenta grande carga de sólidos que podem ser classificados como finos, ultrafinos e coloidais o que pôde ser comprovado com as análises de turbidez, granulometria, ST, SS, SD e SP.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), a Fundação Gorceix e a Universidade Federal de Ouro Preto.

#### REFERÊNCIAS

- 1 Ghose, M. K.; Sen, P. K. Characteristics of the Iron Ore Tailing Pond Effluent in India and its management. *Journal of Scientific & Industrial Research*, v. 59, p. 822-828
- 2 Domingues, A. F., Boson, P. H. G., Alópaz, S. A gestão dos recursos hídricos e a mineração, Brasília, Agência Nacional das Águas, 2006.
- 3 Eaton, A. D.; Clesceri, L. S.; Rice, E. W.; Greenberg, A. E.; Standard Methods: For the examination of water e wasterwater, 21º ed., 2005.
- 4 Procedimento Operacional Padrão, Laboratório PBC Indústria Química, revisão nº 3, 07/05/12.
- 5 Brasil. 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, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, 18 mar. 2005.
- 6 Wellenkamp, F. J. Moagem Fina e Ultrafina de Mineraiis Industriais: uma revisão, CETEM, Rio de Janeiro, 1999