



APLICAÇÃO DE TECNOLOGIA DE ORE SORTING PARA APROVEITAMENTO DE MINÉRIOS DE BAIXO TEOR DE ZINCO EM VAZANTE/MG

VALENTE, B.A.¹, BECHIR, J.L.C.¹, SILVA, T.A.V.D.¹
PINA, P.D.S.¹, SOUZA, A.D.D.¹, MAZZINGHY, D.B.²

¹Nexa Resources, Gerência Geral de Tecnologia.

²Departamento de Engenharia de Minas, UFMG.

RESUMO

A queda natural do teor médio de zinco na mina de Vazante/MG despertou o interesse no estudo de maneiras para aproveitamento econômico de minérios marginais (entre 3 e 4% de zinco). O Ore Sorting foi a tecnologia escolhida para realizar a pré-concentração dessa fração de minério pobre para viabilizar seu processamento na usina de beneficiamento da unidade. O presente trabalho teve como finalidade demonstrar a viabilidade da inserção do Ore Sorter em Vazante. Para alcançar o objetivo, foram realizados testes preliminares em uma planta piloto. Posteriormente, com resultados positivos, ocorreu o aluguel do equipamento para a realização de testes industriais. Com teores de zinco mais baixos na alimentação entre 4 e 8%, a planta industrial de Ore Sorting alcançou ótimos resultados. O equipamento produziu rejeito com teor de zinco de 1,38%, recuperação metalúrgica em torno de 89,5% e a ejeção de massa alcançou os 42,36%. A performance alcançada viabilizou a compra do equipamento. Com isso, estima-se o aumento da capacidade produtiva de zinco em 615 toneladas/ano, equivalente a um incremento em média de 0,5% da produção.

PALAVRAS-CHAVE: Ore Sorting, Zinco, Pré-Concentração.

ABSTRACT

The natural decay in the average zinc content in the Vazante/MG mine sparked interest in the study of ways for economic use of marginal ores (between 3 and 4% of zinc). Ore Sorting was the technology chosen to pre-concentrate this poor ore fraction to enable its processing at the beneficiation plant. The present work aimed to demonstrate the feasibility of inserting the Ore Sorter in Vazante. To achieve the goal, preliminary tests were performed at a pilot plant. Later, with positive results, the equipment was rented for industrial tests. With lower feed zinc content between 4 and 8%, the Ore Sorting plant achieved excellent results. The equipment produced tailings with 1.38% zinc content, metallurgical recovery around 89.5% and mass ejection reached 42.36%. The performance achieved enabled the purchase of equipment. As a result, it is estimated that zinc production capacity will increase by 615 tons per year, equivalent to an average increase of 0.5% in production.

KEYWORDS: Ore Sorting, Zinc, preconcentration

1. INTRODUÇÃO

O zinco é um metal de fundamental importância no desenvolvimento econômico do Brasil e nos demais países do mundo. Sua maior aplicação se refere ao processo de galvanização, que consiste no revestimento de ligas metálicas com uma camada superficial de zinco que protege o metal da corrosão e melhora sua aparência. As principais reservas conhecidas de zinco do Brasil pertencem à Nexa Resources e se encontram nos municípios de Vazante e Paracatu, localizados em Minas Gerais.

O zinco presente na mina de Vazante é predominantemente proveniente do mineral Willemita (Zn_2SiO_4), porém também podem ser encontrados minerais como Esfalerita, Franklinita e Gahnita, sempre em baixas quantidades. A usina contempla operações unitárias de britagem, moagem, flotação, espessamento e filtragem, até que o produto final possa ser expedido para a metalurgia localizada na Unidade Três Marias, no município de mesmo nome.

Atualmente, o teor de corte da mina de Vazante é de 4% de zinco. Em busca de viabilizar o aproveitamento de minérios de baixo teor de zinco (entre 3% e 4%), foi estudada a tecnologia de ore sorting para complementar o processo produtivo da unidade Vazante.

O Ore Sorting é um tipo de tecnologia de pré-concentração de minérios, que consiste na utilização de sensores capazes de detectar uma ou mais propriedades diferenciadoras entre minerais, permitindo separá-los em minério e estéril.

O equipamento possui uma correia, conforme exemplificado na Figura 1, por onde passa o material a ser classificado. Sobre essa correia é posicionado uma fonte de emissão de sinal. O sinal emitido através do material é reconhecido por um sensor que opera com um ou mais princípios de identificação de característica do mineral. O sinal do sensor é enviado ao processador, que decide se a partícula contém o elemento de interesse e se está em quantidade economicamente recuperável. Essa decisão é enviada ao atuador, que separa esse material do restante.

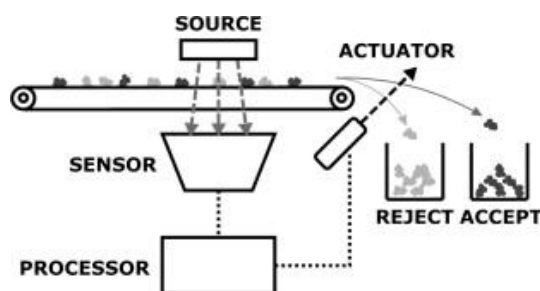


Figura 1 - Simplificação de Ore Sorter, apresentando fonte, sensor, processador, atuador e as pilhas de material aceito/rejeitado. (E Gülcan, 2017)

Características dos minerais como tamanho, forma, composição química, cor, transparência, brilho, condutividade elétrica ou densidade atômica podem ser utilizadas para classificação por ore sorting. Alguns dos tipos de sensores que estão no mercado são os sensores radiométricos, TRX (Transmitância de Raio-X), sensores laser, FRX (Fluorescência de Raio-X), sensores óticos que identificam as cores, sensores de fluorescência UV e sensores eletromagnéticos que identificam a magnetismo do mineral.

A transmissão de raios-X (TRX) é aplicável na classificação de minério devido às diferenças na absorção atômica exibidas por diferentes elementos. Elementos mais densos são capazes de absorver mais energia quando bombardeados por raios-X e, por isso, menos raios X são transmitidos através da amostra para o sensor (Strydom, 2010). Portanto, elementos mais pesados podem ser diferenciados de elementos mais leves em uma amostra com base em sua transmissão relativa de raios-X.

A vantagem inerente do TRX sobre outras tecnologias de detecção, como a fluorescência de raios-X (FRX), é a capacidade do TRX em amostrar toda a massa de uma partícula (Strydom, 2010). Técnicas como FRX, espectroscopia de ruptura induzida por laser (LIBS), etc., são técnicas de superfície e, como tal, são capazes apenas de identificar metais ou minerais presentes nos primeiros micrômetros da superfície da amostra. A transmissão por raios-X, por outro lado, permite que o classificador enxergue toda partícula. Portanto, o sinal processado pelo classificador de minério torna-se uma projeção bidimensional da rocha, o que permite uma análise mais simples dos dados para determinar se ali contém ou não valor econômico de metal.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a aplicação da tecnologia de Ore Sorting para recuperação do minério de baixo teor de zinco da unidade Vazante/MG da Nexa Resources.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O material proveniente do desenvolvimento das galerias de acesso e da diluição dos realces lavrados na mina subterrânea de Vazante/MG, com um baixo teor de zinco, era considerado como estéril por não atender às especificações de alimentação da usina de beneficiamento. A estimativa acerca da produção deste material varia em cerca de 40 a 60 mil toneladas por ano, a um teor médio de 3% de zinco, como demonstrado na Figura 2.

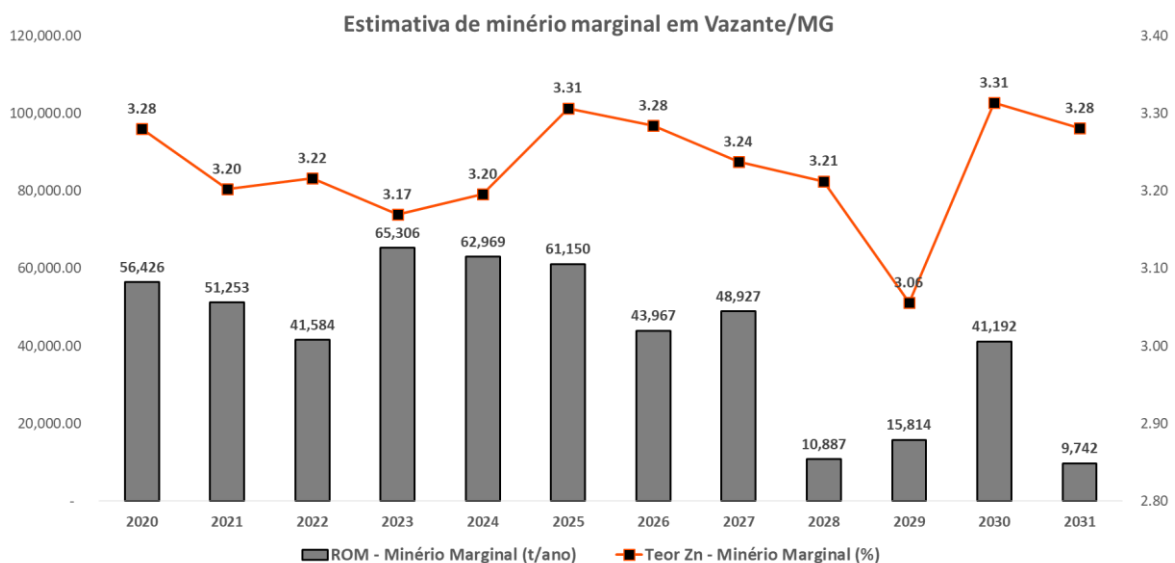


Figura 2 - Estimativa de minério marginal (com baixo teor de zinco) não aproveitado em Vazante/MG

Esse material já é transportado da mina subterrânea para a superfície e, anteriormente, era depositado em pilha de estéril. Todavia, essa quantidade significativa de metal zinco contido despertou o interesse pela busca de tecnologias de pré-concentração. Esse processamento inicial deveria elevar o teor do material para atender às especificações da usina de beneficiamento. Foram analisadas algumas tecnologias como concentração magnética, concentração gravítica e o Ore Sorting. A tecnologia de Ore Sorting apresentou a melhor performance técnica e foi selecionada para solucionar o problema.

O minério de Vazante, a Willemita, é um silicato de zinco (Zn_2SiO_4) com densidade entre 3,89 e 4,20 g/cm^3 (NAVARRO & al., 2017). Já como estéril, tem-se a dolomita ($CaMg(CO_3)_2$) com densidade entre 2,87 g/cm^3 (SAMPAIO, 2005) e o filito ($Si_2Al_2O_5(OH)_4, KAl_2(Si_3Al)O_{10}(OH,F)_2$) com densidade entre 2,16 e 2,78 g/cm^3 .

A densidade do minério é superior aos minerais e rochas de estéril, como exemplificado na Tabela 1.

Tabela 1 – Densidades dos principais minerais e rochas presentes na mina de Vazante (NAVARRO & al., 2017)

Material	Densidade (g/cm^3)
Willemita	3,89 - 4,20
Dolomita	2,87
Filito	2,16 - 2,78

Quando observada em maior resolução, a densidade atômica dos elementos químicos presentes na matriz rochosa da mina de Vazante evidencia uma oportunidade ainda maior de diferenciação entre minério e estéril. Conforme observado na Tabela 2, o elemento zinco, apresenta densidade atômica de 7140 kg/m^3 , quase três vezes maior que a densidade do segundo elemento mais pesado presente, o alumínio, com 2697 kg/m^3 ,

Tabela 2 - Densidades atômicas dos principais elementos químicos presentes na matriz rochosa da mina de Vazante (RUSSELL, 1994)

Elemento químico	Densidade atômica (kg/m^3)
Zn	7140
Al	2697
Si	2330
C	2267
Mg	1738
F	1696
Ca	1550
O	1141
K	856

Essa diferença de densidade atômica permitiu o uso do sensor TRX (Transmitância de Raio-X) para classificar o material que não era aproveitado anteriormente.

2.1. EQUIPAMENTO

Foram realizados testes preliminares com o material pela empresa Fragminas com o suporte da fornecedora Steinert e da equipe de tecnologia da Nexa. Estes testes comprovaram a eficiência de separação entre minério e estéril por esse tipo de tecnologia, através dos gráficos de transmissão de energia obtidos, na Figura 3. Esse teste compara a quantidade de energia transmitida pelo minério, representado em verde, e pela energia transmitida pelo estéril, representado em vermelho.

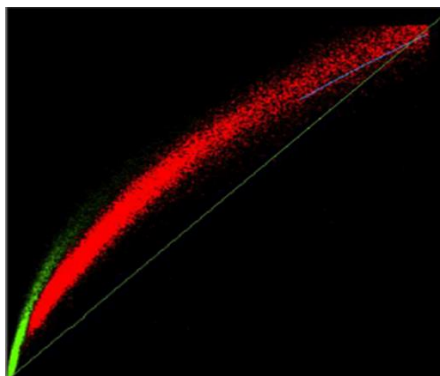


Figura 3 - Recepção de energia no sensor do Ore Sorter. Em verde, está representado o que foi identificado como minério e em vermelho o que foi representado como estéril.

Esses testes comprovaram a diferenciação minério/estéril através de sua absorção atômica. Após o sucesso desses testes preliminares, foi realizado um contrato de aluguel do equipamento STEINERT XSS T, que utiliza o sensor TRX, analisando a propriedade diferenciadora de densidade atômica. A operação teve início em outubro de 2018 e os resultados mostrados nesse trabalho têm referência até a data de maio de 2019.

Este equipamento possui performance adequada na faixa granulométrica entre 12 e 150 mm. Dados coletados durante a operação do equipamento mostraram que a taxa de produção média alcança 40 t/h para a fração grossa e 15 t/h para a fração mais fina. Para classificação por tamanho do minério, também foi alugada uma peneira móvel de 2 decks, com capacidade de processar 50 t/h de material. É possível visualizar a disposição da peneira móvel e do Ore Sorter na Figura 4.



Figura 4 - Foto da área de instalação da peneira móvel e do Ore Sorter na unidade Vazante/MG

Anteriormente ao aluguel da planta de Ore Sorter, o processo produtivo de Vazante é representado pelo fluxograma da Figura 5.

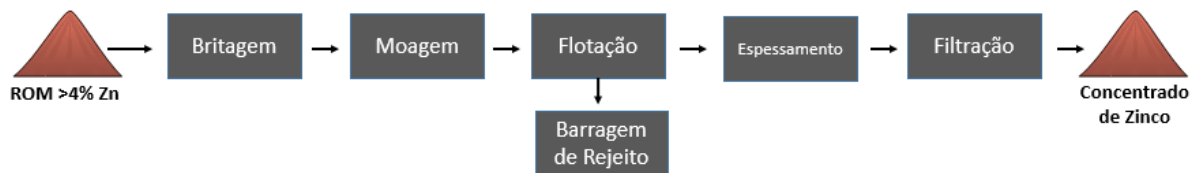


Figura 5 - Fluxograma simplificado do processo produtivo de Vazante antes da entrada do Ore Sorting

O circuito de peneiramento móvel e Ore Sorting é disposto no processo após a etapa de britagem, e anterior à etapa de moagem. Essa disposição está exemplificada no fluxograma da Figura 6.

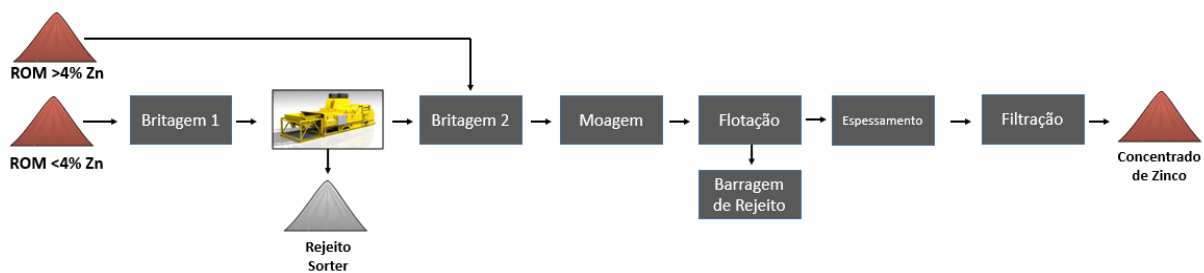


Figura 6 - Fluxograma simplificado do processo produtivo de Vazante após entrada do Ore Sorting

O detalhamento do circuito do Ore Sorting é exemplificado na Figura 7.

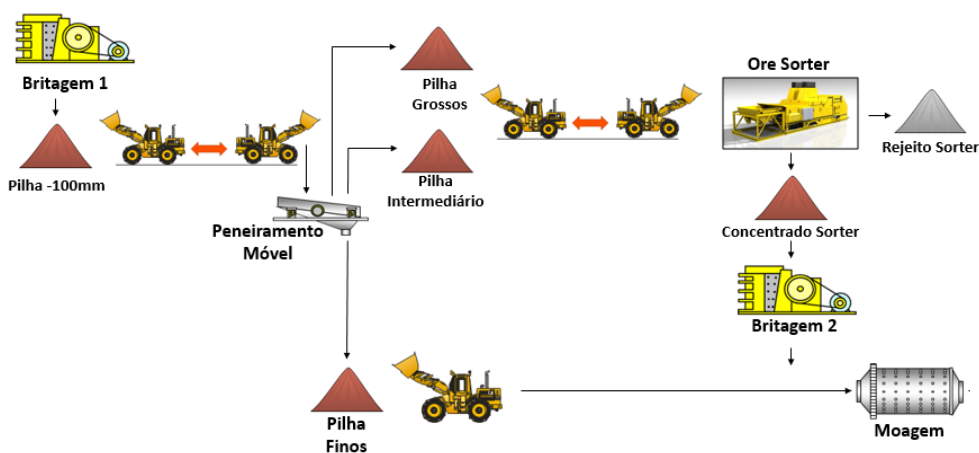


Figura 7 - Fluxograma detalhado do circuito do Ore Sorting em Vazante

O produto da “Britagem 1” alimenta uma peneira de um deck com abertura de 100mm. O percentual retido neste deck retorna à alimentação da britagem e o percentual passante forma uma pilha de produto. Esta pilha é retomada por carregadeira e alimenta o “Peneiramento Móvel”. Neste, a peneira de dois decks separa o material em três pilhas com diferentes faixas granulométricas: os finos (-12mm), o intermediário (+12-35mm) e os grossos (+35-100mm).

Os finos representam em média 40% do material. Por possuírem baixo desempenho no Ore Sorter, esses finos são separados para alimentar diretamente no moinho. Os materiais grossos e intermediários alimentam o Ore Sorter em momentos diferentes pois foi observado que a produtividade e seletividade do equipamento melhoram com faixas granulométricas

mais restritas. Esse fato se deve pela distribuição mais homogênea de material na correia e pela dificuldade do equipamento em ejetar uma partícula grossa sem carrear uma partícula fina próxima. O concentrado do Ore Sorter se junta ao material fino do peneiramento, alimentando circuito de moagem, que posteriormente segue para as etapas de flotação. O rejeito do Ore Sorter é disposto em pilha de estéril.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes industriais realizados com alimentação na classe de teor de zinco entre 4 e 8%, semelhante a que viabilizará o projeto com o aproveitamento de minério marginal, obtiveram resultados extremamente satisfatórios, como observado no gráfico de performance da Figura 8.

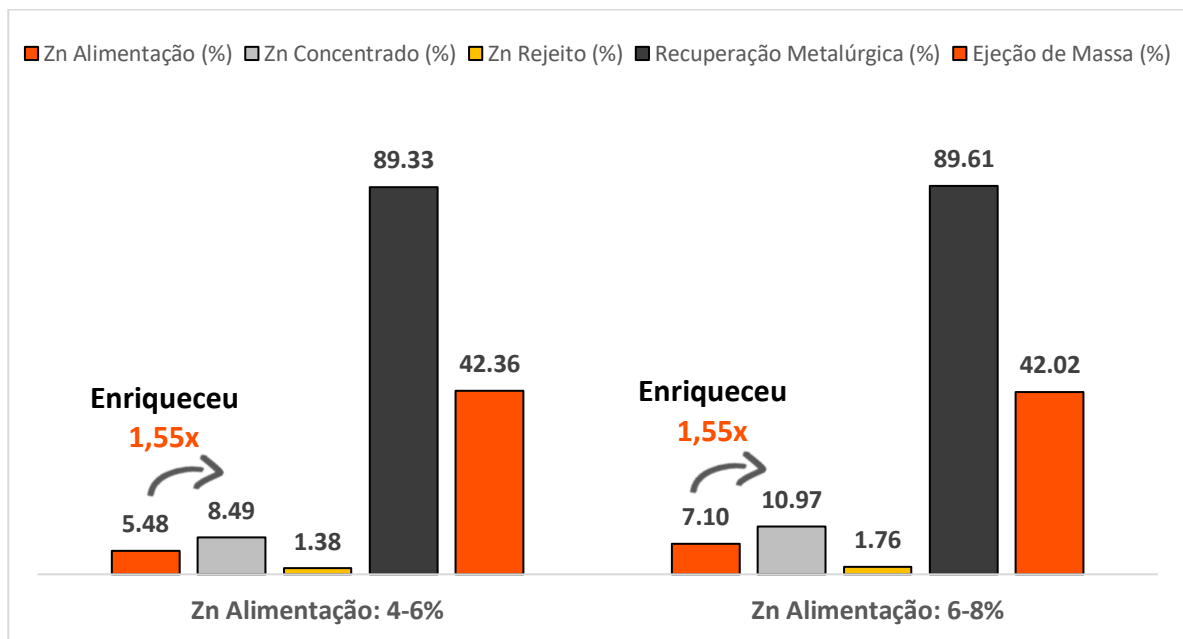


Figura 8- Performance do Ore Sorter em Vazante/MG com teor de zinco na alimentação entre 4 e 8%

O gráfico da Fig. 8 demonstra o desempenho médio dos testes industriais realizados durante 4 meses na planta de Vazante/MG, no período de fevereiro a maio de 2019.

Com os teores de zinco entre 4 e 6% na alimentação, segundo a Fig. 8, o rejeito foi obtido com teor de zinco de 1,38%, algo extremamente relevante por ser menor que o teor de zinco no rejeito da flotação de Vazante. Esse é um dos parâmetros que comprovam a viabilidade dessa etapa de pré-concentração mineral. A recuperação metalúrgica alcançada foi de 89,33%, também superior ao desempenho da flotação. A ejeção de massa alcançou os 42,36%. Essa porcentagem representa a quantidade de material que será disposta em pilha de estéril e deixa de alimentar a moagem e a flotação.

Nos teores de zinco entre 6 e 8%, segundo a Fig. 8, o rejeito possui teor de zinco de 1,76%, também menor que o teor de zinco no rejeito da flotação. Recuperação metalúrgica alcançada de 89,61%. Ejeção de massa em 42,02%. Em ambas faixas de teores de alimentação o Ore Sorter enriqueceu o material num fator de 1,55 vezes. Estes resultados aplicados no cenário de produção de Vazante viabilizam o aumento de produção de zinco em aproximadamente 615 t/ano, conforme pode ser observado na Figura 9. Este aumento

permitiu que a Nexa realizasse a compra da planta de Ore Sorting que havia sido alugada e colocasse esta nova etapa dentro de seu processo produtivo.

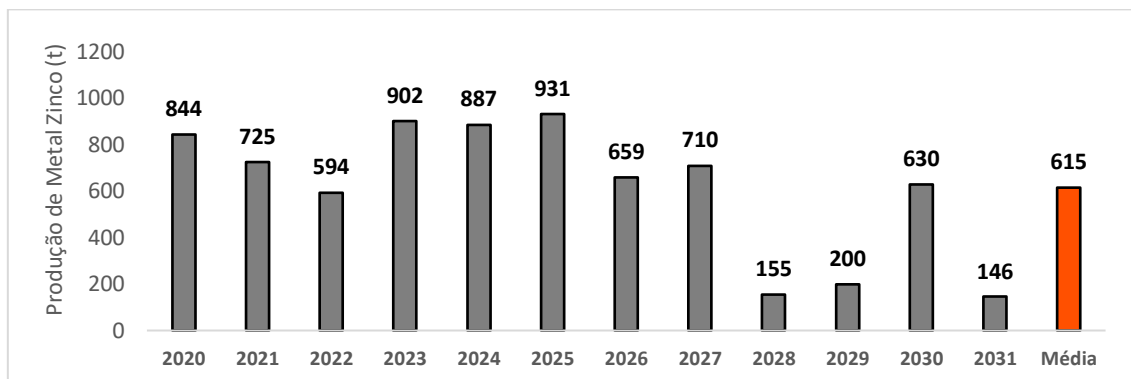


Figura 9 - Acréscimo estimado de produção do metal zinco com a tecnologia de Ore Sorting

4. CONCLUSÕES

Os testes industriais comprovaram a viabilidade de uso dessa tecnologia, trazendo diversos benefícios à Nexa Resources. Entre os benefícios estão: a viabilização do aproveitamento de minério de zinco de baixo teor que antes era considerado estéril, a redução de energia na etapa de moagem e diminuição do uso de reagente na flotação, devido à redução de material que entra na usina. A antecipação desse material estéril reduz a produção de rejeitos para barragens, pois permite-se que seja disposto em pilhas de estéril.

Considerando a recuperação mássica global do equipamento, estima-se que ocorra a ejeção de 5% da massa *run-of-mine* total para a pilha de estéril. A aplicação dos resultados obtidos com o minério de baixo teor presente na mina de Vazante permitirá um aumento de produção médio estimado em 615 toneladas por ano. Esse metal representará 0,5% da produção de Vazante em 2020.

6. REFERÊNCIAS

BCS, I. (2007). Mining industry bandwidth study. U.S. Department of Energy, Industrial Technologies Program Report, p. 47.

de Bakker, J. (2014). Energy use of fine grinding in mineral processing. *Metall. Mater.*, E 1E, 8–19.

E Gülcan, Ö. G. (2017). Performance evaluation of optical sorting in mineral processing—A case study with quartz, magnesite, hematite, lignite, copper and gold ores. *International Journal of Mineral Processing*, p. Elsevier.

LESSARD, J. . (15 de October de 2014). Development of ore sorting and its impact on mineral processing economics. *Minerals Engineering*, pp. Volume 65, Pages 88-97.

NAVARRO, G., & al., e. (2017). Livro de referência de Minerais Comuns e Economicamente Relevante: Nesossilicatos.

RUSSELL, J. (1994). *Química Geral vol.1*. São Paulo: Pearson Education do Brasil, Makron Books.

SAMPAIO, J. (2005). *Rochas e Minerais Industriais*. CETEM.

Strydom, H. (2010). The application of dual energy x-ray transmission sorting to the separation of coal from torbanite. University of the Witwatersand, Johannesburg, South Africa, p. 98.