

OTIMIZAÇÃO DE SEPARAÇÃO MAGNÉTICA UTILIZANDO SISTEMA SUPER-WHIMS E BIGFLUX PARA CONCENTRAÇÃO DE LAMAS*

André Nogueira ⁽¹⁾

Bruno Cesar Baia de Paula ⁽²⁾

Resumo

Este trabalho se baseia na apresentação do estudo em escala piloto, realizado pela Mineração Usiminas S.A. (MUSA), para otimização da rota de separação magnética da instalação de tratamento de minérios (ITM) Oeste. A proposta idealizada contempla uma melhor utilização da capacidade instalada das máquinas existentes, através da variação de GAP para as etapas Rougher, Cleaner e Scavenger em apenas dois equipamentos, permitindo assim a inserção de lamas, até então depositadas em barragens de contenção de rejeitos, devido sua faixa granulométrica restrita nas frações mais finas, no circuito de separação magnética, através do sistema Super-WHIMS[®] e Matriz Big Flux[®], desenvolvido pela empresa GaustecMagneticThecnology. Após a realização dos testes puderam ser evidenciados os ganhos em recuperação em massa em relação aos valores historicamente praticados em escala industrial, em concordância com a qualidade química necessária para o atendimento da necessidade do negócio. Além disto, a redução do volume de sólidos para a barragem de contenção de rejeitos permite uma maior longevidade das operações.

Palavras-chave: Separação Magnética, Lamas, Otimização.

MAGNETICSEPARATION OPTIMIZATION USING SUPER-WHIMS AND BIGFLUX SYSTEMS FOR SLIMES CONCENTRATION

Abstract

This work is based on the presentation of the pilot scale study carried out by MineraçãoUsiminasS.A. (MUSA) to optimize the magnetic separation route of the West Mine. The idealized proposal contemplates a better utilization of the installed capacity of the existing machines, through the GAP variation for the Rougher, Cleaner and Scavenger stages in only two equipment, thus allowing the insertion of tailings, until then deposited in tailing dams, due to its narrow grain size range in the finer fractions in the magnetic separation circuit, through the Super-WHIMS[®] system and the Big Flux[®] Matrix developed by Gaustec Magnetic Technology. After the tests, the gains in mass recovery in relation to the values historically practiced on an industrial scale, in accordance with the chemical quality required to meet the business need, could be evidenced. In addition, the reduction of the volume of solids to the tailing dams allows a greater longevity of the operations.

Keywords: Magnetic Separation, Slimes, Optimization.

¹ Engenheiro de Minas, Engenheiro de Processos Sênior, Gerência de Beneficiamento, Mineração Usiminas S.A., Itatiaiuçu, Minas Gerais, Brasil.

² Engenheiro de Produção, Supervisor de Processos, Gerência de Beneficiamento, Mineração Usiminas S.A., Itatiaiuçu, Minas Gerais, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Os empreendimentos de Mineração no Brasil cada dia mais tem demandado de forma vital, a necessidade de baixar seus custos operacionais, aumentando sua capacidade produtiva. Devido margens cada vez menores, dissolvidas pelos elevados custos associadas à atividade, restrições rígidas por parte dos órgãos ambientais, modais logísticos deficientes, variações cambiais, cenário político econômico mundial e jazidas cada vez mais pobres, faz-se necessária à busca de novas tecnologias que permitam uma melhora da produtividade dos processos existentes sem grandes investimentos, de forma rápida e assertiva.

A operação unitária de separação magnética tem se mostrado como opção atrativa e a cada dia mais vem sendo estudadas opções de utilização destes, no processamento de finos, através de campos cada vez mais elevados e gap's cada vez menores antes não contemplados neste tipo de operação. Além do fato de se tratar de investimentos atrativos se comparado à atividade flotação para minério de ferro no que tange CAPEX e OPEX nas duas operações.

O trabalho consiste em apresentar os ganhos projetados pelo estudo em escala piloto realizado na empresa GAUSTEC, onde além de se avaliar a atual rota do processo MUSA, foi idealizado um novo arranjo produtivo, onde dois circuitos foram idealizados, sendo o primeiro responsável pelo tratamento de grossos e o segundo dedicado ao tratamento de lamas utilizando a tecnologia Super-WHIMS® e Matriz Big Flux® que mostraram como fator preponderante para o ganho de produtividade das operações em função da potencialização do campo magnético para o processamento das lamas.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Descritivo de processo ITM Oeste

A Instalação de tratamento de minérios (ITM) Oeste é composta por circuitos de britagem primária e secundária, concentração de Sinter-feed por meio de espirais, jigues, tambores magnéticos tipo WDRE – (WetDrumRare Earth) e separadores magnéticos de alta intensidade tipo WHIMS-WHC (WethighIntensityMagneticSeparator).

Os finos gerados no processo de concentração de Sinter-feed são enviados para um circuito de concentração magnética.

A rota é composta por quatro separadores INBRAS tipo carrossel, sendo dois do modelo WHC-600 TLX com três rotores e dois do modelo WHC-150D com dois rotores. Toda polpa alimentada neste circuito passa por uma classificação por meio de peneiras para retirada de partículas maiores que 2mm, logo em seguida por uma etapa de deslamagem por meio de bateria de hidrociclones, onde o under-flow alimenta o circuito magnético e o over-flow é direcionado para um espessador de lamas.

As máquinas WHC-600 fazem as etapas Rougher e Cleaner onde o concentrado rougher alimenta a etapa cleaner e o concentrado da etapa cleaner é desaguado por meio de peneiras e empilhado como produto final. Com objetivo de melhorar a qualidade dos rejeitos da etapa rougher uma etapa scavenger é feita com estes rejeitos por meio de separadores modelo WHC-150 onde o concentrado gerado recebe mais uma limpeza em um dos três rotores do separador WHC-600 da etapa cleaner e se junta ao concentrado final.

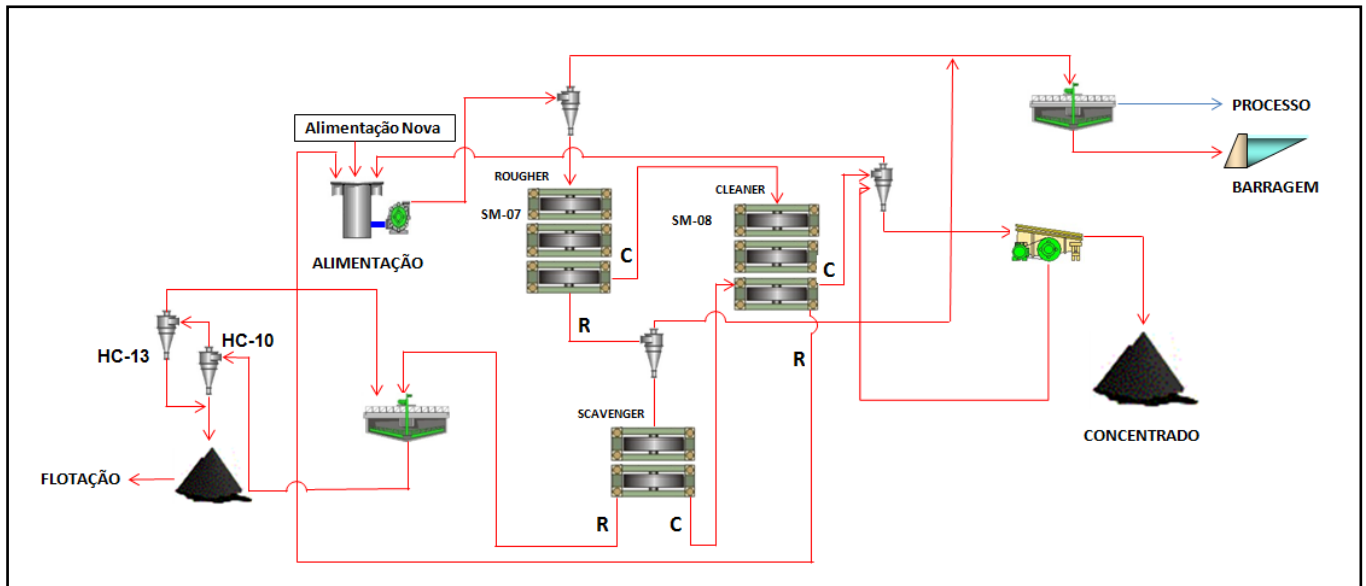


Figura 1. Fluxograma simplificado Processo ITM Oeste.

2.1.2 Características do material alimentado

A tabela abaixo apresenta uma média com as características químicas e granulométricas da alimentação da separação magnética da ITM Oeste.

Tabela 1. Qualidade e granulometria alimentação da separação magnética

%Fe	%SiO2	% P	% MN	Al2O3	PPC	%Fe3O4	% >0,15	% <0,045
55,72	12,44	0,096	0,37	2,02	5,12	2,28	30,97	35,33

2.1.3 Histórico de produção.

O gráfico a seguir apresenta o volume mensal de produção realizado.

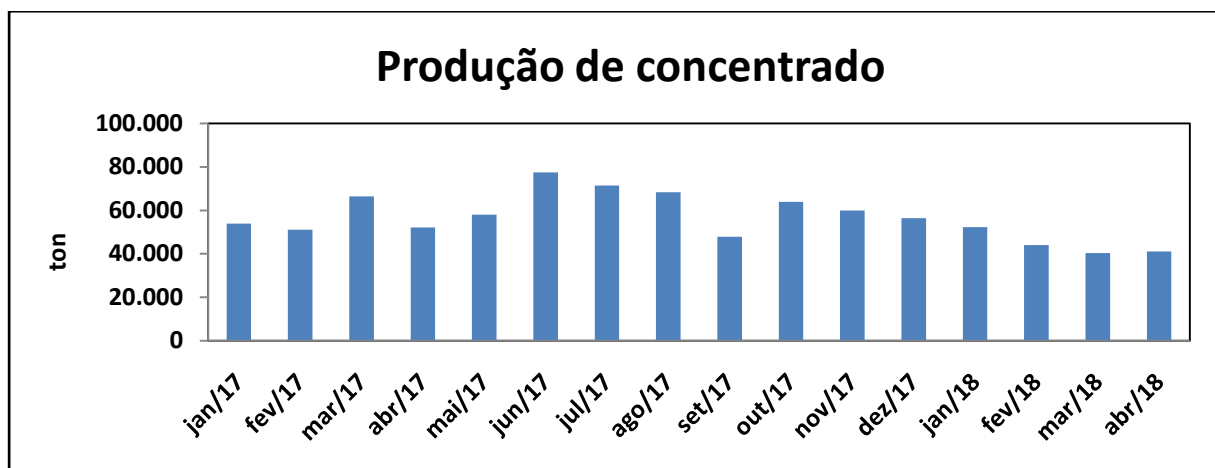


Figura 2. Histórico de produção do concentrado.

Tabela 2. Qualidade média do concentrado

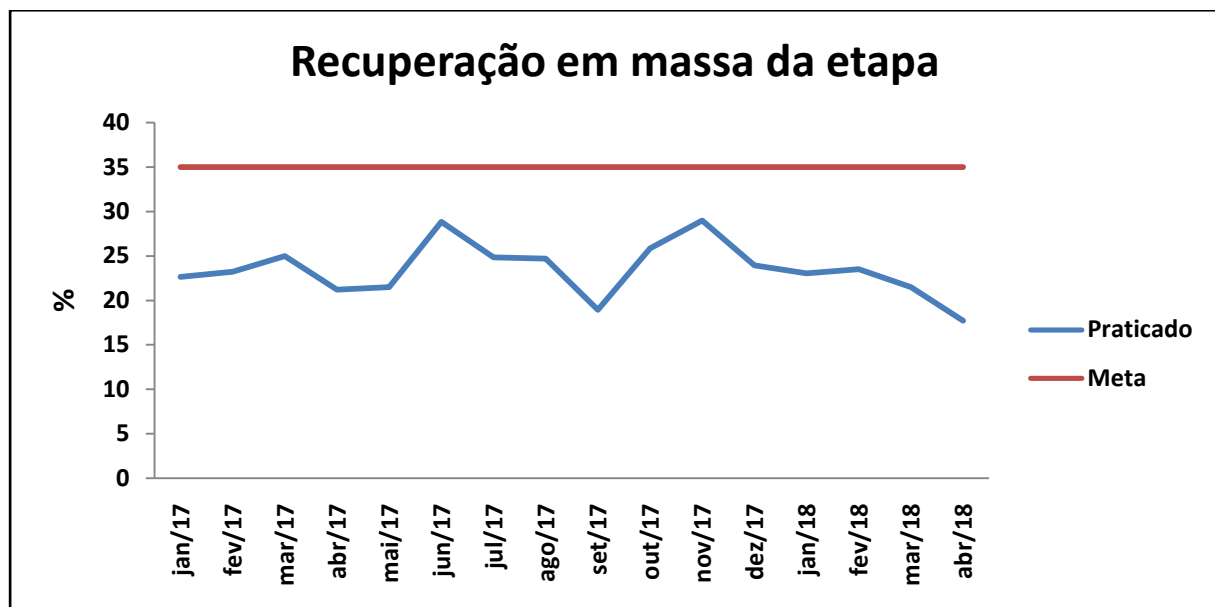
%Fe	%SiO ₂	% P	% MN	Al ₂ O ₃	PPC	%Fe ₃ O ₄	% >0,15	% <0,045
65,92	3,19	0,045	0,14	0,52	1,92	2,20	31,00	14,00

Apesar do teor de Fe próximo de 66%, os teores de Fe no rejeito final também se apresentam elevados, justificando a necessidade de um melhor desempenho em toda a etapa.

Tabela 3. Qualidade média do Rejeito

%Fe	%SiO ₂	% P	% MN	Al ₂ O ₃	PPC	%Fe ₃ O ₄	% >0,15	% <0,045
42,09	30,35	0,108	0,32	2,51	6,12	-	35,00	31,00

A recuperação em massa do sistema não apresenta níveis satisfatórios em relação à proposta idealizada pela MUSA.

**Figura 3. Recuperação mássica do circuito.**

2.1.4 Nova rota idealizada.

Com objetivo de elevar a recuperação em massa do circuito, a nova rota de processo foi pensada, com intuito de maior aproveitamento da capacidade instalada das máquinas nas etapas rougher e cleaner, utilizando os separadores do modelo WHC-600 TLX, batizado como circuito de grossos, fazendo as etapas Rougher, Cleaner e Scavenger somente em duas máquinas como apresentado no fluxograma abaixo.

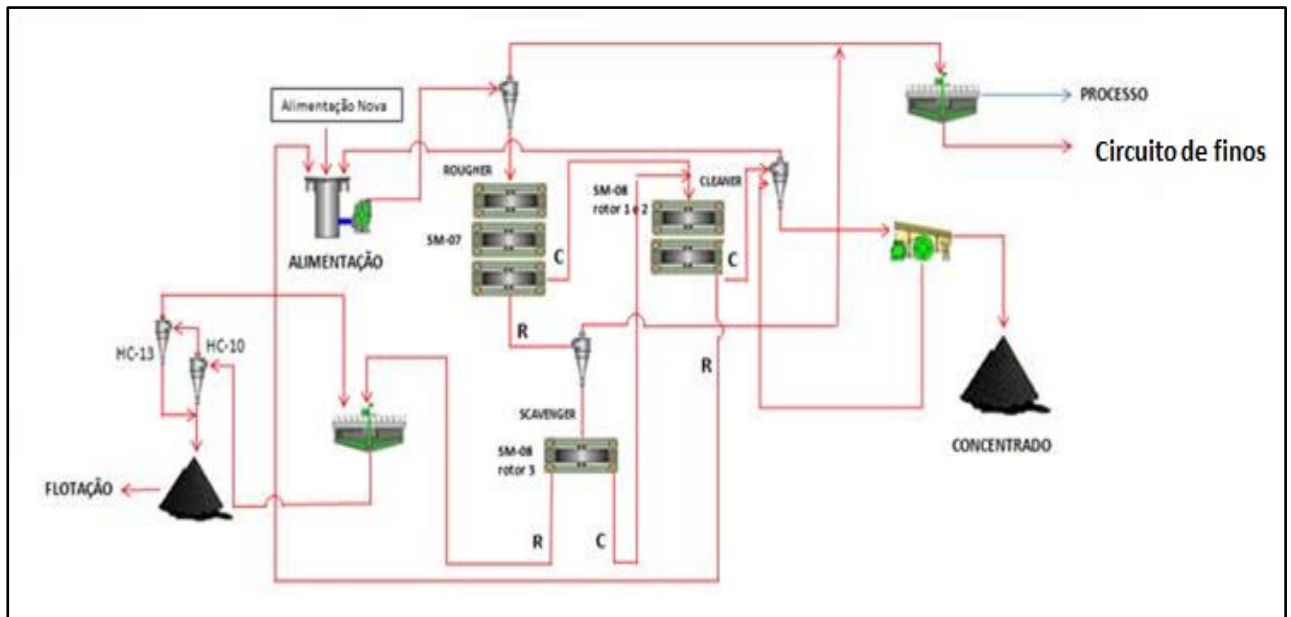


Figura 4. Fluxograma simplificado Processo Circuito de Grossos.

Com essa modificação foram disponibilizadas duas máquinas modelo WHC-150, onde foi possível instituir um novo circuito, batizado como circuito de lamas, conforme ilustrado abaixo.

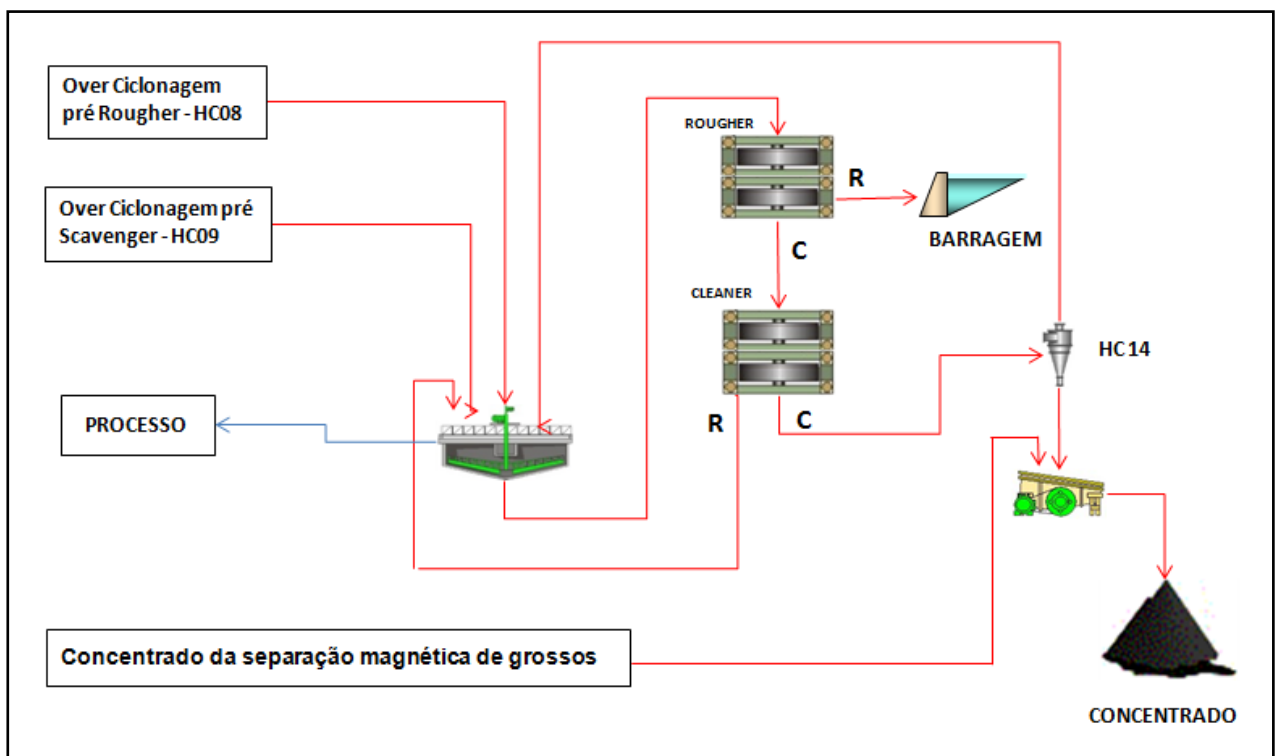


Figura 5. Fluxograma simplificado Processo Circuito de Finos

Para o circuito de finos foi utilizada a tecnologia Super-WHIMS® e Matriz Big Flux®. Este sistema permitiu a elevação do campo magnético de 10000 G, para 18000 G, fazendo uso de matrizes com GAP de 1,1 mm.

Segundo Ribeiro [1], o sistema super-WHIMS consiste na utilização de calços complementares, que remetem ao uso de matrizes com uma menor largura, concentram mais energia nas bobinas e potencializam o campo magnético.

Rocha [2] explica a diferença entre a matriz convencional e o sistema utilizado nos testes:

“Em uma matriz convencional a distância entre as cristas, ou passo, é de 3,175 mm, e fornece uma área de passagem efetiva de polpa, para gap de 1,5mm, de aproximadamente 468.720 mm². Há um desenvolvimento de matriz denominada BigFLUX que tem o passo de 4,5 mm resultando em uma área efetiva de 637.800 mm² aproximadamente, um aumento de 36% da área de passagem de polpa, sendo constituída por 5,6 ranhuras por polegada.”

Na figura abaixo podem ser verificadas as diferenças mencionadas entre a matriz convencional e matriz BigFLUX.

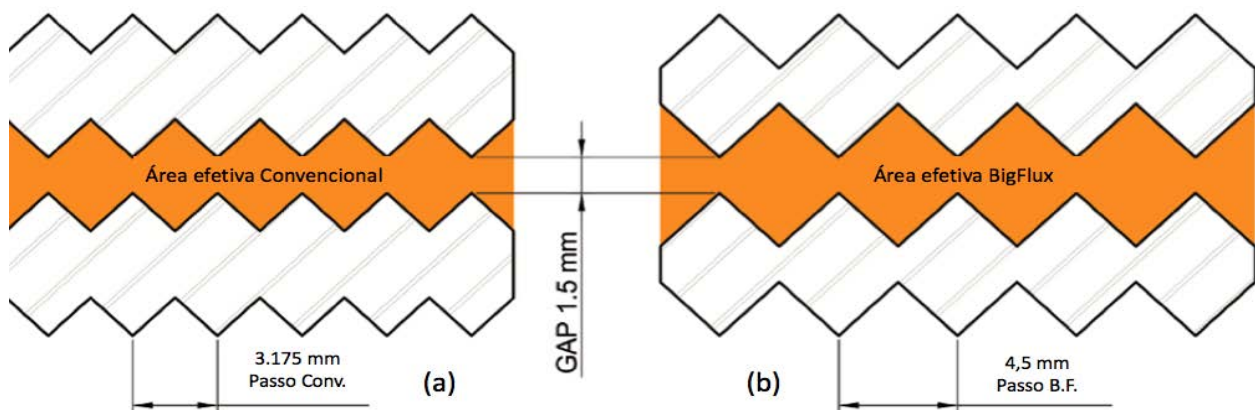


Figura 6. Matriz convencional x Matriz BigFLUX.

Representação da matriz convencional (a) em comparação com a matriz BigFLUX(b).[Adaptado de RIBEIRO, 2017].

Para o tratamento de lamas com elevado teor de Fe, faz-se necessário o incremento de campo magnético para níveis acima dos padrões convencionais de trabalho, para que o material não seja retirado do interior da matriz devido ao arraste hidráulico gerado pelo fluxo de alimentação da polpa e também da pressão dos médios até o momento do descarregamento.

A elevação da área de passagem de polpa favorece a condição operacional em relação ao entupimento, devido as aberturas muito reduzidas do gap de 1,1 mm.

3 Resultados

A proposta de mudança no circuito tinha como objetivo a elevação da recuperação em massa, além de priorizar um concentrado com 64,0 % de Fe, tendo em vista o atendimento às demandas de mercado interno e também para exportação deste produto. Chegou-se a conclusão que o melhor teste Rougher foi o com gap de 2,5mm, matriz convencional e com campo de 9.000G, pois este teve uma boa recuperação em massa e um teor razoável de ferro no rejeito.

A partir desse teste, constatou-se que o médio poderia ser incorporado ao rejeito, uma vez que os teores são próximos e sua massa muito pequena. Sendo

assim, a escolha do melhor ensaio Scavenger foi o com gap de 2,5mm com campo de 13.000G, pois ao utilizar o mesmo gap das etapas anteriores, poderá ser utilizada em uma mesma máquina, caso haja capacidade, tornando assim uma alternativa economicamente viável à indústria. Houve também a necessidade de se realizar um ensaio Rougher com gap de 3,0mm para avaliar se a seletividade aumentava com essa abertura, sem comprometer o rendimento em massa. Pode-se observar que o estágio Rougher com gap de 3,0mm é mais seletivo, uma vez que o teor de ferro no concentrado foi maior, em contrapartida a recuperação em massa foi menor. Dessa forma, optou-se pela continuação do gap de 2,5mm para o estágio Rougher, para maior recuperação em massa. Novamente não foi alcançado o objetivo de 64% de ferro no concentrado no estágio Cleaner, porém com ajustes industriais esse teor poderá ser alcançado.

Tabela 4. Melhores resultados obtidos para o circuito magnético de grossos

Teste	Etapa	Descrição da Amostra	Fe	SiO ₂	PPC	Rec. Massa	Rec. Metal
Rougher		Alimentação	54,35	14,77	4,72		
		Concentrado	58,55	10,31	4,2	71,81%	77,36%
		Rejeito	43,65	28,62	6,17		
Cleaner		Alimentação	58,55	10,31	4,2		
		Concentrado	62,37	5,87	3,3	59,58%	63,46%
		Rejeito	52,92	16,21	5,47		
Scavenger		Alimentação	43,65	28,62	6,17		
		Concentrado	61,55	3,75	6,36	30,19%	42,57%
		Rejeito	35,91	38,79	6,42		

Os testes com as lamas foram conduzidos seguindo os seguintes parâmetros operacionais:

Tabela 5. Variáveis operacionais para ensaio com lama

Teste	Etapa	Gap (mm)	Tipo de Matriz	Campo (G)	Rotação (rpm)
1	Rougher	1,1	BigFLUX	18.000	5
2	Rougher	1,1	BigFLUX	18.000	4
	Cleaner	1,1	BigFLUX	18.000	4

Realizando somente uma etapa Rougher, conforme o teste 1 descrito na Tabela 5, não foi alcançado um teor de Fe satisfatório, porém a recuperação em massa elevada permitiu a realização de mais uma etapa Cleaner, conforme apresentado na tabela 6.

Tabela 6. Resultados obtidos para o circuito de magnético de finos

Teste	Etapa	Descrição da Amostra	Fe	SiO ₂	PPC	Rec. Massa	Rec. Metal
		Alimentação	52,09	13,79	7,71		
	Rougher	Concentrado	59,14	6,02	6,5	52,24%	59,31%
		Rejeito	44,38	22,47	8,69		
		Alimentação	59,14	6,02	6,5		
	Cleaner	Concentrado	61,76	3,68	5,57	69,46%	72,54%
		Rejeito	53,18	11,34	8,19		

Após a etapa Cleaner, o teor de Fe superou os 61%, além de apresentar um baixo teor de SiO₂.



Figura 7. Concentrado final do circuito de lamas.

Após secagem do concentrado final do circuito de lamas, os resultados surpreenderam as expectativas pelo aspecto do material, além da recuperação mássica obtida.

4 CONCLUSÃO

Com a alteração das matrizes alocadas nos equipamentos atualmente em operação, há o potencialamento de recuperação em massa da usina, sendo necessária avaliação de alguns parâmetros operacionais como água de lavagem de médio e velocidade de alimentação que influenciarão nos resultados industriais. A recuperação em massa no estágio Rougher foi cerca de 70%, sendo maior do que esperada para a execução de todos os ensaios primeiramente propostos, dessa forma foi realizado apenas um Cleaner e Scavenger, que tiveram recuperações de 59% e 30% respectivamente. Considerando o circuito aberto (sem recirculação do rejeito Cleaner) a recuperação em massa para esse material foi de 51,3% com um teor final de ferro de 62,2% e 5,5% de sílica. A recirculação do rejeito Rougher e

outras variáveis em campo devem ser observadas para aumento do teor de ferro no concentrado.

Quanto ao circuito de recuperação de lamas idealizado, os testes se mostraram bastante satisfatórios, por se tratar de um material atualmente descartado como rejeito em barragens, se tornou um potencial incremento de produção como apresentado nos testes onde a recuperação mássica alcançou 36% com um teor de Fe de 61,8% e 3,7% de SiO_2 .

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. RIBEIRO, J. P.; RIBEIRO, C. H. T.; PINTO, P. F.; ROCHA, R. B. D. **The Challenge to Scavenge Iron from Tailings Produced by Flotation. A New Approach: The Super-WHIMS & the BigFLUX Magnetic Matrix.** Revista Escola de Minas, v. 70, n. 3, jul/set, 2017. p. 357-363.
2. ROCHA, R. B. D. **Concentração de rejeito de flotação e lamas de minério de ferro por concentração magnética.** Dissertação de Mestrado ao Departamento de Engenharia de Minas – Programa de Pós de Graduação em Engenharia Mineral – PPGEM. 2018