

PRÉ-CONCENTRAÇÃO DE UM MINÉRIO DE ZINCO E SUA INFLUÊNCIA NA FLOTAÇÃO

Júlia Guimarães Sanches¹
Mauricio Guimarães Bergerman²
Dimas Jose Neto³
Daniela Gomes Horta⁴

Resumo

A pré-concentração consiste no descarte prévio de material com pouco ou nenhum conteúdo de metal antes da alimentação da usina. Tal prática pode levar a uma série de benefícios nas operações subsequentes, como aumento do teor de alimentação e descarte de um rejeito grosseiro; redução do consumo de energia por tonelada de metal produzido; diminuição do desgaste dos circuitos a jusante; além de aumento de recuperação na concentração por flotação e eliminação de flutuações no teor de alimentação. Neste sentido, a pré-concentração diminui custos operacionais, aumenta a rentabilidade da usina e permite o aproveitamento de minérios marginais. Para quantificar a influência da pré-concentração em uma usina de beneficiamento, foram realizados ensaios de flotação com amostras de minério de zinco willemítico, que passaram por etapa de pré-concentração em comparação com amostras que não foram pré-concentradas. A pré-concentração da willemita foi realizada por jigagem com material grosseiro (-12,7 +1,18 mm) e foi responsável por um descarte de aproximadamente 47% da massa com um teor de zinco de apenas 3,6% e um conteúdo de 72% do MgO da amostra, principal contaminante deste minério. Os resultados de flotação da amostra pré-concentrada indicam aumento da recuperação global de zinco (de 93,4 % para 96,5%), aumento da massa de concentrado (de 40,6% para 63,9%) e um consumo 18% menor de amina por tonelada de metal alimentado na usina.

Palavras-chave: Flotação, jigue, pré-concentração, zinco

PRECONCENTRATION OF A ZINC ORE AND ITS INFLUENCE IN FLOTATION

Abstract

Pre-concentration consists in the prior disposal of material with low or no metal content before the concentrator feed. Such practice causes a number of impacts on subsequent operations, such as: reduction of the energy consumption per ton of metal produced; reduction of the abrasive wear; increasing the flotation recovery and eliminating fluctuations in feed grade. In this sense, the pre-concentration reduces operating costs, increases the profitability of the plant and allows the use of marginal ores. In order to quantify the influence of the preconcentration in mineral processing plants, this paper evaluated the flotation results of a Willemitic Zinc ore, which went through the pre-concentration stage in comparison with samples of the same ore that were not preconcentrated. The preconcentration of Willimite was performed by jigging separation of the gross material (-12,7 +1,18 mm) and it was responsible for a discard of approximately 47% of the mass with a zinc content of 3,6% and a content of 72% of MgO, the main contaminant. The results indicate an increase in the overall recovery of zinc (from 93,4% to 96,5%), increase in the concentrate mass (from 40,6% to 63,9%) and a 18% in the amine consumption per ton of metal feed at the plant.

Keywords: pre-concentration, jig, zinc, flotation.

- ¹ *Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Graduanda em Engenharia de Minas, Departamento de Engenharia de Minas e Petróleo, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.*
- ² *Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Doutor em Engenharia Mineral, Departamento de Engenharia de Minas e Petróleo, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.*
- ³ *Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Mestrando em Engenharia Mineral, Departamento de Engenharia de Minas e Petróleo, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.*
- ⁴ *Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal de Alfenas, Doutora em Engenharia Mineral, Poços de Caldas, MG, Brasil.*

1 INTRODUÇÃO

Atualmente tem-se encontrado cada vez mais minérios com baixo teor que exibem uma complexidade de associações mineralógicas, granulometria de liberação mais fina e alta diluição. O tratamento destes minérios requer operações de cominuição mais elaboradas com intensivo consumo energético e várias etapas de concentração, aumentando custos de instalação e operação da usina [1]. Nestes casos, a adoção de uma estratégia de pré-concentração que elimina parte da ganga previamente, diminui custos e maximiza a produção, pode viabilizar projetos até então inviáveis. Já no caso de projetos existentes, esta prática pode ainda aumentar a vida útil do empreendimento por transformar minérios marginais em ROM [2,3].

A pré-concentração do minério antes das etapas dispendiosas, como moagem e flotação, consiste em descartar-se uma fração da ganga liberada, ou parcialmente liberada, com pouca ou nenhuma quantidade do metal de interesse, reduzindo a massa a ser alimentada no concentrador. Isto traz uma série de benefícios para as operações subsequentes, como redução do consumo de energia por tonelada de metal produzido, nos casos em que o material rejeitado apresentar WI elevado; diminuição do desgaste abrasivo em tubulações, rotores de bombas e revestimento de moinhos, quando o rejeito exibir AI alto; além de impactos na flotação, como aumento de recuperação e eliminação de flutuações no teor de alimentação [4,5].

O aumento da recuperação global com a adoção de etapa de pré-concentração é ilustrado com os resultados observados na planta de CastlemaineGoldfield – Lion Gold Corp (Austrália). Nesta operação, 48% da alimentação foi rejeitada como ganga, quase dobrando o teor da alimentação da planta de processamento. Embora apenas 92,6% do ouro tenha sido recuperado na pré-concentração, a recuperação global aumentou 3,8% devido ao aumento no teor da alimentação da planta de beneficiamento. Assim, o consumo de energia para o ouro produzido, em MWh/oz, diminuiu 30% com a utilização da pré-concentração [6].

Na mina de Pirquitas (Argentina) da Silver Standard Resources, um circuito de pré-concentração por jigagem (*InlinePressureJig* - IPJ) foi instalado depois da britagem terciária. Em termos de desempenho, o IPJ fornece uma alimentação mais concentrada para os processos posteriores, com teores variando de 300 a 400 g de Ag/t em comparação com um ROM de 180 g de Ag/t. Também foram observados aumentos em torno de 10 a 20% na recuperação da flotação e aumento na produção do metal [5].

A pré-concentração não é uma estratégia nova e tem sido praticada por meio de tecnologias consolidadas capazes de tratar partículas grosseiras. Tais tecnologias podem ser separação em meio denso (Ciclone de meio denso, tambor de meio denso, *DynaWhirpool* e *triflo*), jigagem, *ore sorting* e separação magnética.

Tendo em vista os impactos da pré-concentração na usina, o objetivo deste trabalho foi verificar a aplicabilidade da pré-concentração, por meio de jigagem, para um minério de zinco silicatado, além de avaliar como a pré-concentração pode influenciar na flotação deste minério.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Materiais e métodos

Uma amostra de minério de zinco silicatado foi coletada no circuito de britagem de um empreendimento mineiro brasileiro e já apresentava granulometria passante em $\frac{1}{2}$ polegada. A amostra totalizou uma massa inicial de aproximadamente 73 kg que foi homogeneizada em pilha alongada, de onde se retirou uma alíquota de 3,64 kg para análise granulométrica e química nas malhas 12,7; 6,35; 3,35 e 1,18 mm. Com a massa restante, separou-se 25,36 kg como amostra tal qual, que não passou pela etapa de pré-concentração, e 44,2 kg que foi preparado e submetido à pré-concentração por jigagem. O fluxograma da Figura 1 ilustra as etapas que a amostra submetida à pré-concentração passou, bem como as etapas para a amostra tal qual.

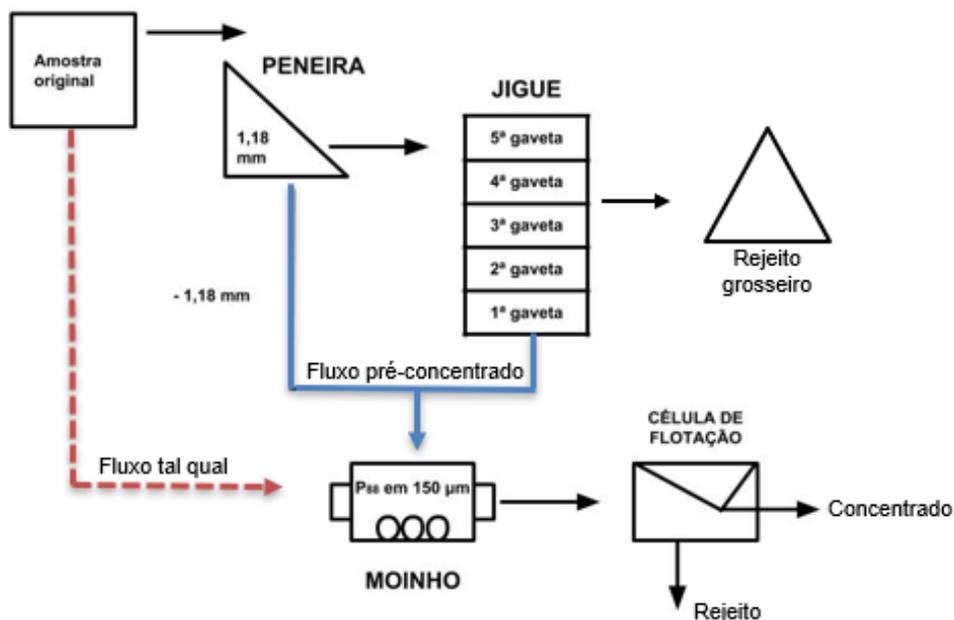


Figura 1. Fluxograma das etapas desenvolvidas para a amostra pré-concentrada e para a amostra tal qual.

Para que se pudesse realizar a jigagem o material fino (-1,18 mm) foi removido por peneiramento (Figura 1), uma vez que os finos interferem na operação do jig, ou seja, alteram a reologia do meio de separação.

Utilizou-se o jig de estratificação semi-piloto (AllMineralMinijig) fabricado pela Alljig mostrado na Figura 2. Este equipamento permite a coleta das camadas estratificadas, mediante a retirada das gavetas justapostas. O ensaio foi realizado com aproximadamente 40 kg de minério com as seguintes condições operacionais: a válvula de admissão de ar foi aberta em 50%, a válvula de pressão que controla a amplitude do pulso foi aberta em 60% e a rotação do motor foi estabelecida em 74 rpm. O material previamente escalpado em 1,18 mm foi depositado por cima do crivo, situado sob as gavetas (Figura 2). Então, o equipamento foi preenchido com água até que todo o leito de partículas ficasse imerso e operou durante 30 min. Após a estratificação, o material foi retirado das gavetas, encaminhado à estufa e posteriormente pesado e submetido a análise química.



Figura 2. Jigue utilizado no programa de testes.

Em seguida, os estratos (gavetas) considerados como pré-concentrado foram britados até totalmente passantes em 1,18 mm e então homogeneizados com o *bypass* da jigagem em pilha alongada, da qual se retirou alíquotas de 857 gideais para a etapas seguintes de moagem e flotação. Para a amostra tal qual, também foi separado alíquotas de mesma massa com o material britado em 1,18 mm.

As moagens para ambas as amostras, pré-concentrado e tal qual, foram realizadas a úmido com 60% de sólidos objetivando definir o tempo de operação necessário para obter a granulometria de liberação da willemita (Zn_2SiO_4) definida em 88% passante em 150 μm (valor praticado industrialmente pela empresa que cedeu a amostra). Foram conduzidos testes com tempos de moagem de 10, 25, 35 e 45 minutos, utilizando-se moinho de bolas de laboratório. As condições utilizadas na moagem foram: velocidade de rotação do moinho de 66 rpm (que corresponde a 70 % da velocidade crítica), jarro de 8 x 10" e carga de bolas com 127 esferas variando de 20 a 40 mm de diâmetro. O produto de cada moagem foi peneirado a úmido manualmente nas malhas de 425, 212, 150 e 75 μm .

Após a determinação do tempo de moagem, foram realizados ensaios de flotação em escala de bancada utilizando-se uma célula Denver modelo 533000. O material era moído e na sequência transferido para uma cuba de 2 litros, fazendo-se o controle da quantidade de água usada na lavagem para obter o percentual de sólidos na flotação de 30%.

A flotação da willemita foi realizada com uma etapa *rougher* e duas *scavengers*. A rotação da célula foi mantida em 1.600 rpm e a vazão de ar não foi controlada, apenas abria-se a válvula em sua totalidade. Utilizou-se sulfeto de sódio como regulador de pH e sulfetizante, AGLP como dispersante, amina(heteramina) como coletor de Zn_2SiO_4 e MIBICOL como espumante.

Devido ao fato do material pré-concentrado conter maior quantidade de willemita a ser flotada, foram conduzidos testes com diferentes quantidades de amina, como mostrado na Tabela 1, visando encontrar uma dosagem que maximize a recuperação de zinco e que proporcione menores níveis de contaminantes no

concentrado. Tais testes foram designados como AI, dosagem padrão praticada no concentrador da empresa que forneceu as amostras; AII, dosagem intermediária 30% maior que AI, e AIII, dosagem alta 60% maior que AI. Para a flotação da amostra tal qual utilizou-se a dosagem de amina padrão.

Tabela 1. Dosagens de amina usadas nos testes de otimização

Ensaio	Dosagem de coletor amina (g/t)		
	Rougher	Scavenger I	Scavenger II
AI (padrão)	70	31	31
AII (intermediária)	92	41	41
AIII (Alta)	114	51	51

As condições das etapas *rougher*, *scavenger 1* e *scavenger 2* como dosagens e tempos de condicionamento podem ser observadas na Tabela 2 na ordem do procedimento.

Tabela 2. Dosagens e parâmetros da flotação

Etapa	Procedimento	Condicionamento (min)
Rougher	Ajuste de pH para 10,5 com Sulfeto de Sódio	3
	Dosagem de 320 g/t de AGLP	
	Dosagem de Amina. 70 g/t na tal qual e 92 g/t na Pré-concentrada	2
	Dosagem de MIBICOL 24 g/t	
Flotação por 2 min		
Scavenger 1	Ajuste de pH para 10,5 com Sulfeto de Sódio	3
	Dosagem de 80 g/t de AGLP	
	Dosagem de Amina. 31 g/t na tal qual e 41 g/t na Pré-concentrada	2
	Dosagem de MIBICOL 17 g/t	
Flotação por 2 min		
Scavenger 2	Ajuste de pH para 10,5 com Sulfeto de Sódio	3
	Dosagem de Amina. 31 g/t na tal qual e 41 g/t na Pré-concentrada	2
	Dosagem de MIBICOL 17 g/t	
	Flotação por 2 min	

Seguindo os parâmetros mostrados na Tabela 2, realizaram-se ensaios de flotações em triplicata para amostra tal qual e em duplicata para a amostra pré-concentrada.

2.2 Resultados e Discussão

A Tabela 3 mostra os resultados encontrados na análise granuloquímica.

Tabela 3. Valores da análise granuloquímica do material tal qual

Fração (mm)	QUÍMICA POR FAIXA			Teores (%)				Distribuição nos ensaios (%)				
	Massa			Zn	Fe	Pb	CaO	MgO	Zn	Fe	Pb	MgO
	Retido (Kg)	Retido simples (%)	Passante Acumulado (%)									
12,7	0	0	100									
-12,7+6,35	2,03	55,77	44,23	19,53	2,87	0,29	17,32	12,05	57,12	57,31	54,80	55,26
-6,35+3,35	0,77	21,15	23,08	18,87	2,59	0,31	17,80	12,70	20,93	19,62	22,22	21,54
-3,35+1,18	0,51	14,01	9,07	18,17	2,67	0,29	17,79	12,56	13,35	13,40	13,77	14,26
-1,18	0,33	9,07	0	18,07	2,98	0,30	17,24	12,36	8,59	9,67	9,22	8,94
Total calculado*	3,6			19,07	2,79	0,30	17,48	12,29	100,00	100,00	100,00	100,00
Total analisado**				19,73	2,90	0,27	16,34	11,90				
Total calculado* (+1,18)	3,3			19,17	2,77	0,29	17,50	12,28				

* Calculado a partir da média ponderada de cada fração

** Valor da análise química da amostra cabeça

Esta análise mostrou como a granulometria do material pouco interfere nos teores dos elementos de interesse. Além disso, pode-se observar uma compatibilidade entre os teores de alimentação calculados e os analisados o que mostra uma análise química consistente e sem eventuais problemas de preparação de amostras.

Os resultados obtidos na estratificação em jigge podem ser visualizados na Tabela 4. O produto pré-concentrado foi composto pelas gavetas 1 e 2. O rejeito grosseiro foi uma composição das gavetas 3, 4 e 5 (Figura 2).

Tabela 4. Resultados da jigagem e composição do pré-concentrado

Produto	JIGAGEM (-12,7 +1,18mm)											
	Massa (kg)	Massa (%)	Teores					Distribuição (%)				
			Zn (%)	Pb (%)	Fe (%)	CaO (%)	MgO (%)	Zn	Pb	Fe	CaO	MgO
1ª gaveta	12,00	27,47	46,02	0,31	5,52	3,66	2,41	65,20	32,70	49,72	5,55	5,30
2ª gaveta	8,88	20,33	17,41	0,27	2,98	19,09	12,56	18,25	21,00	19,85	21,40	20,44
3ª gaveta	8,18	18,73	3,78	0,23	1,80	26,77	19,45	3,65	16,48	11,05	27,64	29,16
4ª gaveta	7,96	18,22	3,81	0,21	1,44	27,00	19,05	3,58	14,64	8,60	27,13	27,79
5ª gaveta	2,64	6,04	2,39	0,20	0,91	28,63	16,96	0,74	4,62	1,80	9,54	8,21
Total jigue calculado*	39,66	90,80	19,53	0,26	3,06	18,23	12,50	91,42	89,44	91,01	91,25	90,89
Total jigue analisado**			19,17	0,29	2,77	17,50	12,28					
Cabeça jigue***			19,07	2,79	0,30	17,48	12,29					
Pre-concentrado (G1+G2)	20,88	47,80	33,85	0,29	4,44	10,22	6,73	83,45	53,70	69,57	26,94	25,74
Rejeito (G3+G4+G5)	18,78	42,99	3,60	0,22	1,52	27,13	18,93	7,98	35,74	21,45	64,31	65,16
Bypass (1,18mm)	4,02	9,20	18,07	0,30	2,98	17,24	12,36	8,58	10,56	8,99	8,75	9,11
Pré-concentrado + By-pass	24,90		31,30	0,29	4,21	11,36	7,64	92,02	64,26	78,55	35,69	34,84
Total calculado*	43,68	100,00	19,39	0,26	3,05	18,14	12,49	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Cabeça***			19,73	0,27	2,90	16,34	11,90					

* Calculado a partir da média ponderada de cada gaveta

**Extraído da química por faixa (Total calculado sem -1,18)

*** Cabeça (Total calculado extraído da química por faixa)

Quando considerada apenas a massa de alimentação do jigue, foi obtido um descarte de aproximadamente 47% da massa como rejeito, com um teor de zinco de apenas 3,6% e um conteúdo de 72% de MgO e 70% de CaO, principais contaminantes. Em contrapartida, recupera-se no pré-concentrado 91% do Zn em apenas 53% da massa alimentada.

Os teores de Fe, MgO e CaO sem a pré-concentração (alimentação da jigagem) são de 3,06%; 12,50% e 18,23%. Após a pré-concentração os teores destes mesmos componentes ficaram 4,44%; 6,73% e 10,22% respectivamente.

Opré-concentrado foi blendado ao *bypass*(Tabela 4), com a composição do concentrado do jigue com os finos material, a recuperação metalúrgica do zinco

passou a ser de 92%. O teor do Zinco subiu de 19% na amostra original, sem pré-concentração, para 31,29% na amostra final blendada.

Mesmo havendo uma pequena queda no teor de zinco de 33 para 31% quando acrescentado o *bypass* nas gavetas de concentrado do jigge, a composição ainda é vantajosa para o concentrado final devido ao aumento da recuperação mássica do zinco. Quando consideramos apenas o material do jigge como concentrado, a recuperação do zinco é de cerca de 83% e quando acrescentamos o material fino (-1,18 mm) ao concentrado final, essa recuperação passa a ser 92%. Além disso, também há um pequeno aumento na quantidade da ganga, não interferindo negativamente no resultado final pois o teor ainda é menor do que o da amostra original. Assim, na parte tal qual o teor de MgO é de 11,9% enquanto na pré-concentrada + *bypass*, é de 7,64 e para o CaO, os números são 16,34% na alimentação original contra 11,36% após o jigge e o blend (Tabela 4).

Com este aumento do teor de zinco, a quantidade de coletor da flotação também precisou ser aumentada para que não houvessem perdas para o rejeito. Foram conduzidos três testes com dosagens diferentes de coletor conforme explicitado na Tabela 1. Os resultados dos testes de otimização da amina para a amostra pré-concentrada estão ilustrados nas Tabelas 5, 6 e 7.

Tabela 5. Resultados do ensaio de flotação para amina na condição AI (padrão).

FLOTAÇÃO CONDIÇÃO AI						
Produto	Massa (kg)	Massa (%)	Teores (%)		Recuperação (%)	
			Zn	Mg O	Zn	MgO
Alimentação	857,00	100,00	31,29	7,64	100,00	100,00
Concentrado	323,87	37,79	45,93	3,06	55,47	15,13
Rejeito	533,13	62,21	22,40	10,42	44,53	84,87

Tabela 6. Resultados do ensaio de flotação para amina na condição AII.

FLOTAÇÃO CONDIÇÃO AII						
Produto	Massa (kg)	Massa (%)	Teores (%)		Recuperação (%)	
			Zn	Mg O	Zn	MgO
Alimentação	857,00	100,00	31,29	7,64	100,00	100,00
Concentrado	516,05	60,22	47,24	4,81	90,91	37,91
Rejeito	340,95	39,78	7,15	11,92	9,09	62,09

Tabela 7. Resultados do ensaio de flotação para amina na condição AIII.

FLOTAÇÃO CONDIÇÃO AIII						
Produto	Massa (kg)	Massa (%)	Teores (%)		Recuperação (%)	
			Zn	Mg O	Zn	MgO
Alimentação	857,00	100,00	31,29	7,64	100,00	100,00
Concentrado	561,29	65,54	46,18	9,05	96,73	77,66
Rejeito	295,31	34,46	2,97	4,95	3,27	22,34

Com os resultados pôde-se observar que se a dosagem de amina se mantivesse como no ensaio da amostra tal qual (condição AI – Tabela 1), mais de 40% do zinco seria perdido no rejeito. Porém, se a concentração de amina se tornasse muito alta (condição AIII – Tabela 1), 77% em massa do MgO seria levado com o concentrado, ou seja, o concentrado da flotação seria contaminado. Sendo assim, considerando tanto o mineral de interesse como o mineral contaminante, a condição II proporcionou resultado mais satisfatório com uma recuperação de 90% do zinco no concentrado e descarte de mais de 60% do MgO no rejeito.

A partir da condição II de dosagem de amina procedeu-se então, os ensaios de flotação do pré-concentrado. Para as amostras tal qual manteve-se a dosagem como mostrada na condição I. A Tabela 8 mostra a média dos resultados obtidos nas flotações realizadas com as amostras tal qual e pré-concentrada.

Tabela 8. Resultados dos ensaios de flotação

FLOTAÇÃO TAL QUAL MÉDIA (n = 3 ensaios)												
Produto	Massa (g)	Massa (%)	Teores (%)					Recuperação (%)				
			Zn	Pb	Fe	CaO	MgO	Zn	Pb	Fe	CaO	MgO
Concentrado acum. (rg + sc 1 + sc 2)	348.41	40.63	43.77	0.27	2.41	4.54	3.68	93.40	42.79	33.02	10.70	12.10
Rejeito	509.05	59.37	2.12	0.25	3.35	25.94	18.29	6.60	57.21	66.98	89.30	87.90
Alim. Calculada	857.46	100	19.04	0.26	2.97	17.25	12.35	100	100	100	100	100
Alim. Analisada*			19.73	0.27	2.9	16.34	11.9					
FLOTAÇÃO PRÉ-CONCENTRADA MÉDIA (n = 2 ensaios)												
Concentrado acum. (rg + sc 1 + sc 2)	548.51	63.89	44.58	0.29	3.40	4.16	3.35	96.54	63.67	50.93	22.49	25.26
Rejeito	310.06	36.11	2.83	0.29	5.80	25.39	17.55	3.46	36.33	49.07	77.51	74.74
Alim. Calculada	858.57	100	29.50	0.29	4.27	11.83	8.48	100	100	100	100	100
Alim. Analisada**			31.3	0.29	4.21	11.36	7.64					

* Cabeça (Total calculado extraído da química por faixa)

** Pré-concentrado + bypass (Tabela 4)

Comparando-se as flotações tal qual com a pré-concentrada, nota-se um aumento na recuperação global de zinco, passando de 93,4%, na flotação sem pré-concentração, para 96,5% na flotação com etapa prévia de jigagem. Com relação ao teor de carbonatos (CaO e MgO) no concentrado, verificou-se que para ambas as estratégias não houve grandes variações, mantendo-se em torno de 3 a

4%. Também foi observado um aumento significativo da massa de concentrado, passando de 40,6%, na flotação sem pré-concentração, para 63,9% na flotação com o material advindo da pré-concentração. Isto indica a possibilidade de aumento de produção de concentrado com uma qualidade superior em termos de recuperação de zinco.

A necessidade do aumento de dosagem de amina para o material que passou por pré-concentração já era esperada, uma vez que houve aumento da massa de willemita a ser flotada devido ao enriquecimento proporcionado pela etapa de pré-concentração. Sendo assim, é mais interessante comparar o consumo de coletor em termos de zinco contido na alimentação da flotação e não em termos de massa desta alimentação. A Figura 3 ilustra o comparativo do consumo de amina, convertido em g/t de zinco contido na alimentação da flotação, para ambas as flotações realizadas. Verifica-se que o consumo total de amina é 17,68% menor para a flotação com o material pré-concentrado.

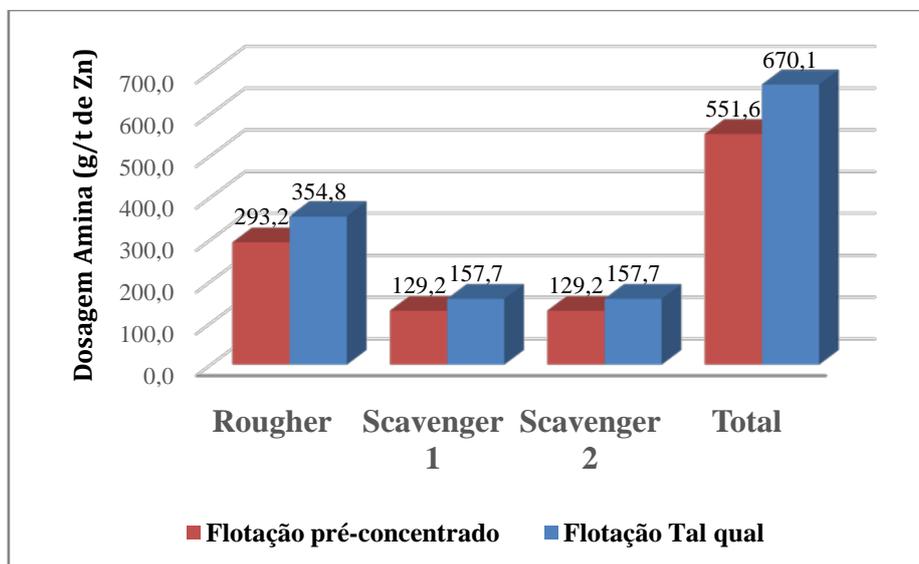


Figura 3. Consumo de amina para as flotações realizadas.

3 CONCLUSÃO

Com base nos resultados apresentados concluiu-se que a jigagem como método de pré-concentração para o minério testado mostrou-se eficaz com um descarte de aproximadamente 47% da massa como rejeito, contendo um teor de zinco de apenas 3,6% e um conteúdo de 72% de MgO e 70% de CaO, principais contaminantes. Em contrapartida, recupera-se no pré-concentrado 91% do zinco em apenas 53% da massa alimentada.

Na flotação, a recuperação global de zinco foi maior para a amostra pré-concentrada, passando de 93,4%, na sem pré-concentração, para 96,5%. A recuperação mássica de concentrado também aumentou variando de 40,6%, na flotação sem pré-concentração, para 63,9% na flotação com o material advindo da pré-concentração. Já, a dosagem de amina, considerando g/t de zinco contido na alimentação da flotação, foi quase 18% menor para a flotação com o material que passou por pré-concentração. Isto indica a possibilidade de aumento de produção de concentrado com uma qualidade superior em termos de recuperação de zinco.

Agradecimentos

Os autores agradecem a NexaResources pela doação das amostras, realização das análises químicas e bolsa de estudos em parceria com o CNPq (Projeto Inova Talentos), para o segundo autor deste trabalho. Ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo pelo apoio com a realização dos ensaios de jigagem e ao Laboratório de Tratamento de Minérios da EPUSP pelo apoio para a realização dos ensaios de britagem, moagem e flotação. Agradecemos também ao CNPq pelo apoio por meio do edital Universal, processo 449932/2014/1 e bolsa produtividade, processo CT2016 – 308767/2016-0 e a Pró-reitoria de Graduação da USP pela bolsa de iniciação científica do autor principal do presente estudo. Por fim, agradecemos ao Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo da USP pelo apoio financeiro para que os autores participassem do evento.

REFERÊNCIAS

- 1 BERGERMAN, M.; NETO, D.; et al. “Redução do consumo de energia de circuitos de moagem com a utilização de pré-concentração de minerais sulfetados.” *Holos*, Ano 30, Vol. 3 2014.
- 2 BAMBER, A S. Integrated mining, pre-concentration and waste disposal systems for the increased sustainability of hard rock metal mining. 2008. 331p. Tese (Doutorado) - The Faculty of Graduate Studies (Mining Engineering), University of British Columbia, Vancouver, 2008.
- 3 MURPHY, B; VAN ZYL, J; DOMINGO, G. Underground Preconcentration by Ore Sorting and Coarse Gravity Separation. In: *NARROW VEIN MINING CONFERENCE*, Perth. 2012.
- 4 CRESWELL, G. M. Pre-concentration of base metal ores by dense medium separation. In: *SAIMM cooper, cobalt, nickel and zinc recovery conference*, 2001, Joanesburgo: SAIMM, 2001. p. 1-10.
- 5 GRIGG, N. J.; DELEMONTX, G. J. The Pre-Concentration Of Precious And Base Metal Deposits Using The Inline Pressure Jig (IPJ); Higher Feed Grades And More Metal. 2015. Disponível em: <<http://www.ceecthefuture.org/wp-content/uploads/2015/06/IMPC-2014-Pre-concentration-Paper-Revision-CEEC-150825.pdf>>. Acesso em: 25 Out. 2015.
- 6 GRIGG, N. Implementing Eco-Efficient Comminution Strategies, In *8TH INTERNATIONAL MINERAL PROCESSING SEMINAR*, Santiago, Chile, 2011.