

## ESTUDO DO MELHOR EQUIPAMENTO DE FLOTAÇÃO DA GALENA NA ETAPA RECLEANER: COLUNA CONVENCIONAL X CÉLULAS MECÂNICAS

Douglas Nunes de Almeida<sup>1</sup>  
Gaspar Junior Rodrigues<sup>2</sup>  
Leandro de Vilhena Costa<sup>3</sup>

368

**Resumo:** O presente trabalho foi realizado em uma empresa de mineração que está localizada no Noroeste de Minas Gerais. O principal objetivo do estudo piloto é identificar o melhor equipamento de flotação, a ser utilizado na etapa recleaner, que obterá o melhor aproveitamento do teor de concentrado de Chumbo. O minério de chumbo está em fase de exaustão, têm sido realizados estudos visando o aumento do concentrado de chumbo no processo de flotação. Foi preparado amostras para realização de testes piloto com o objetivo de definir condições que permitam a obtenção de um concentrado de Galena com teor de chumbo na especificação desejada. Concluiu-se que a troca da célula mecânica pela coluna convencional na etapa recleaner proporcionou um ganho considerável no teor de concentrado de chumbo aproximando da expectativa desejada do estudo.

**Palavras chaves:** Chumbo, recleaner, flotação, tratamento de minério

**Abstract:** The present work was carried out in a mining company that is located in the Northwest of Minas Gerais. The main objective of the pilot study is to identify the best flotation equipment, to be used in the recleaner stage, which will obtain the best use of lead concentrate content. Lead ore is in the exhaust phase, studies have been carried out to increase lead concentrate in the flotation process. Samples were prepared to perform pilot tests in order to define conditions that allow obtaining a Galena concentrate with lead content in the desired specification. It was concluded that the exchange of the mechanical cell by the conventional column in the stage recleaner a considerable gain in the concentrate content of approaching lead from the expectation of the study expectation

**Keywords:** Lead, recleaner, flotation, ore treatment

---

<sup>1</sup> Engenheiro de minas graduado pela Faculdade FINOM.

<sup>2</sup> Engenheiro de Minas formado pela Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP

<sup>3</sup> Doutor em Engenharia Mineral pela Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP- MG, Ouro Preto - email: minas.leandro@gmail.com

Recebido em 17/02/2020

Aprovado em 05/03/2020

## 1. INTRODUÇÃO

O chumbo é um mineral encontrado na natureza, normalmente associado com a prata, zinco e pirita. É um metal azulado brilhante, sua estrutura de cristalização é formada de cubos perfeitos (CIPRIANO, 2012).

Sua utilização é decorrente da alta resistência a radiações e por ser um metal maleável. Porém de maior densidade em relação aos demais minerais associados. O uso mais amplo do chumbo é na fabricação de baterias e capacitores, quase 80% do metal consumido no mundo. Outras aplicações importantes são: munições, inibidor de ondas de raios-X e radiações nucleares. (MONTERROSO, 2005).

O chumbo raramente é encontrado no seu estado natural, mas sim, em combinações com outros elementos. A Galena (PbS), Cerussita (PbCO<sub>3</sub>) e Anglesita (PbSO<sub>4</sub>) são os principais minerais de chumbo encontrados na natureza. A Galena, um sulfeto de chumbo (PbS), contendo cerca de 85% de chumbo e 15% de sulfeto, é o mineral mais importante (ABRIL, MORA; LUCÍA, ENMITA, 2014).

Para produção de chumbo, a Galena é normalmente concentrada através do processo de flotação e metalúrgico. Este é reduzido em alto forno através da adição de coque e fundente. O produto obtido, chamado chumbo bruto, é separado dos demais elementos (escória), em função da diferença de densidade e, em seguida, é submetido à purificação para remoção das impurezas metálicas através de refinação ou destilação, obtendo-se um produto com elevado grau de pureza (MORAIS, 2009).

Embora o chumbo obtido a partir da Galena seja produzido em diversos países do mundo, no Brasil, a única empresa produtora de concentrado de chumbo tem sua unidade industrial de concentração localizada no noroeste de Minas. Nesta unidade é realizada a extração cominação e flotação de Galena seguida da flotação de Esfalerita. A jazida é formada por rochas dolomíticas. Os minerais de interesse que compõem o minério são Galena (PbS) e Esfalerita (ZnS) e, secundariamente, pirita (FeS<sub>2</sub>). O teor médio lavrável na mina é de 1,20% de Pb e 3,50% de Zn, sendo a lavra do minério subterrânea. O processamento do minério lavado envolve as etapas de britagem, moagem, classificação em hidrociclone e flotação em coluna e células mecânicas.

Considerando que atualmente o minério de chumbo está em fase de exaustão, têm sido realizados estudos visando o aumento do concentrado de chumbo no processo de flotação. Nesse contexto, foi preparada amostra para realização de testes piloto com o objetivo de definir

condições que permitam a obtenção de um concentrado de Galena com teor de chumbo na especificação desejada. Para realização desses testes foi utilizado um circuito semelhante ao da unidade industrial onde foi realizado o estudo para flotação de Galena, porém avaliando a utilização de coluna ou célula mecânica na etapa recleaner. Considerando a possibilidade de obtenção de resultados melhores utilizando coluna na etapa recleaner foi incluído, neste trabalho, o dimensionamento dessa coluna.

O artigo tem como objetivo identificar se a utilização da coluna convencional, na etapa recleaner do circuito de flotação de chumbo é mais eficaz que a célula mecânica; promover teste de caracterização da amostra, distribuição granulométrica e composição química para confiabilidade do teste; promover testes pilotos na coluna convencional e célula mecânica na etapa recleaner para comprovar viabilidade e descrever os níveis de recuperação e teor do chumbo após testes piloto de flotação da galena.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 CHUMBO

A 3800 anos a.C foi relatado a existência da primeira peça de chumbo apresentada no Museu Britânico. Na história Chinesa, à 3000 a.C existem relatos de produção e extração de chumbo na forma metálica. Já os fenícios apresentam relatos desde 2000 a.C na Espanha, por explorarem depósitos minerais. (PANTAROTO, 2010).

Embora existam vários relatos de extração de minérios pelos povos acima citados as formas utilizadas não são bem descritas, porém várias evidências de fornos primitivos feitos de pedras são relatadas onde ocorriam as retiradas dos minerais (PANTAROTO, 2010).

As reservas de chumbo no Brasil não são muitas, devido ao baixo teor de concentração das jazidas. Este fato tornar a extração inviável economicamente. Outros fatores importantes é o controle ambiental, pois o chumbo representa risco ambiental por ser um metal pesado e não se decompor facilmente na natureza. (SILVA, 2010).

### 2.2 FLOTAÇÃO

Flotação é uma técnica de separação de mistura por indução de bolhas de ar a uma superfície de partícula, fazendo com que as partículas aderem a bolhas através de espuma tornado a hidrofóbica. Já as partículas que tem afinidade com a superfície de contato da água seguiram o mesmo princípio básico da sedimentação tornando as hidrofílicas seguindo o fluxo

inverso das bolhas de ar no interior do equipamento de flotação (SANTOS, EDVÂNIA DA SILVA, 2015).

Como no processo de flotação explica que nos parâmetros de superfície, algumas partículas aderem a bolha de ar em relação as outras. A explicação está no fato que a superfície dessa partícula é hidrofóbica, fazendo com que a tensão superficial da água expulse essa partícula do liquido e promova adesão dessa partícula na superfície da bolha de ar. O que não ocorrem com outros componentes hidrofílicos que tem o ângulo de contato pequeno, fazendo com que permaneça no meio líquido em vez de aderir as bolhas de ar (VENDITTI, 2004), conforme a (a)



Figura 1- superfície hidrofílicas a) apresentam ângulo de contato menores que  $90^\circ$ , enquanto superfície hidrofóbica b) apresentam ângulos maiores que  $90^\circ$ .

A concepção básica do processo de flotação em coluna foi desenvolvida no início da década de 60 por Boutin e Tremblay, que registraram, no Canadá, a primeira patente sobre essa tecnologia. A partir de então, foram realizados os primeiros programas experimentais em escala de laboratório (WHEELER E BOUTIN, 1966/1967) e desenvolvidas concepções alternativas por outros pesquisadores (DELL E JENKINS, 1976).

Principalmente com base nos trabalhos de Wheeler e Boutin, a primeira implantação industrial usando essa nova tecnologia ocorreu em 1980, em Les Mines Gaspé, Canadá, onde uma coluna, operando no estágio de flotação cleaner de concentração de molibdenita, substituiu com sucesso um banco de células mecânicas convencionais. Posteriormente, uma segunda coluna foi instalada nessa mesma usina substituindo todo o circuito de células mecânicas. As colunas de Les Mines Gaspé foram também utilizadas para vários estudos (DOBBY, 1984, YIANATOS, 1987) que contribuíram notavelmente para o desenvolvimento desta tecnologia (SANTOS, 2010).

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área analisada é uma mineração de Zinco, Chumbo e Calcário agrícola, numa cidade do estado de Minas Gerais, chamada Paracatu a uma distância média de 200 quilômetros do Distrito Federal (Brasília), situada na região do Noroeste de Minas, mostrado na figura 2. Segundo o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) no ano de 2016 a população

estimada era de 91.724 pessoas (IBGE, 2016). A empresa está em atividades nessa região desde o ano de 1988, a mina fica cerca de 46 quilômetros de Paracatu, sendo 30 km de pela rodovia BR-040 e 16km de estrada de chão pela região morro agudo.



Figura 2 – Localização do município onde foi realizado o estudo

Para realização deste trabalho foram coletadas e transportadas para um laboratório três amostras. A primeira amostra composta com 90% de minério e 10% de material da bacia de rejeito foi britada abaixo de 1/4".

Essa amostra com teor da ordem de 0,30% de Pb (chumbo) foi utilizada para realização dos dois primeiros testes piloto MA-01 e MA-02. Utilizando essa amostra foram obtidos concentrados finais com baixos teores de chumbo. Isto foi atribuído a oxidação da Galena (minério de chumbo) proveniente do material da bacia de rejeito devido a sua secagem durante o período de estocagem. Em função dos resultados obtidos com a primeira amostra, os testes piloto foram paralisados e providenciada uma segunda amostra, constituída somente do material extraído da mina, similar ao utilizado anteriormente para compor a primeira amostra. Utilizando essa amostra procurou-se realizar o terceiro teste piloto, porém não foi possível obter um concentrado final com teor elevado de chumbo. Isto foi atribuído novamente a oxidação da Galena (minério de chumbo) em função da amostra ter sido estocada por um período longo, ou seja, mais de trinta dias. Ressalta-se que o teor baixo de chumbo na amostra facilita a oxidação da Galena (minério de chumbo) e, conseqüentemente, dificulta a sua flotação. Em virtude de não ter sido possível continuar os testes piloto com a segunda amostra foi coletada a terceira amostra de minério fresco, com baixo teor de chumbo, ou seja, da ordem de 0,20%, extraída da mina e enviada imediatamente para o teste piloto. Utilizando essa amostra foi concluído o estudo de flotação da Galena (minério de chumbo) através da realização dos testes piloto MA-03 a MA-06.

### 3.2. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

Considerando que os principais testes piloto foram realizados com a terceira amostra será apresentada a seguir somente a caracterização granulométrica e química referente a essa amostra. A distribuição granulométrica da terceira amostra recebida está apresentada na Tabela 1 e Gráfico 1 e mostra que o material está abaixo de 1/2", ou seja, um pouco mais grosso do que a primeira amostra recebida e utilizada para realização dos testes MA-1 e MA-2 (< 1/4").

Tabela 1 – Distribuição granulométrica da terceira amostra

TAMANHO		% PESO	%ACUMULADA	
(MALHAS)	(MICRA)		RETIDA	PASSANTE
-	12.500	0,1	0,1	99,9
-	6.300	29,0	29,1	70,9
4	4.750	21,0	50,1	49,9
10	2.000	27,0	77,1	22,9
20	850	10,4	87,5	12,5
28	600	1,8	89,3	10,7
48	300	3,0	92,3	7,7
60	250	0,8	93,1	6,9
100	150	1,7	94,8	5,2
150	106	0,9	95,7	4,3
200	75	0,6	96,3	3,7
-200	-75	3,7	100	-
TOTAL	-	100		-

Fonte: Os Autores

#### 3.2.1. MOAGEM E CLASSIFICAÇÃO

Para realização dos testes piloto de flotação da Galena (minério de chumbo) a granulometria do minério foi previamente ajustada utilizando um circuito constituído das etapas de moagem/classificação constituído de dois moinhos e um classificador espiral. Tinha-se como objetivo obter um produto na moagem/classificação com 70% da massa abaixo de 325 malhas (44 µm). O minério era alimentado a uma taxa constante (~100,0 kg/h) no moinho de barras (16" x 32") em circuito aberto. O produto deste moinho era alimentado no classificador espiral (9"), cujo underflow alimentava o moinho de bolas (15" x 30") e o overflow constituía o produto

final da moagem. O produto do moinho de bolas era alimentado no classificador espiral com o objetivo de fechar o circuito. Durante a realização dos testes foram utilizadas rotações de 45 e 55 rpm nos moinhos de barras e bolas, respectivamente.

Ressalta-se que, para realização da moagem da primeira amostra com granulometria abaixo de 1/4" foram utilizadas as mesmas cargas de barras e bolas definidas no estudo de flotação. Para a moagem da segunda e terceira amostras foi necessário ajustar essas cargas, através da adição de barras de 2" e bolas de 1 1/2", uma vez que as distribuições granulométricas eram mais grossas (< 1/2") que a da primeira amostra.

Na Figura 3 tem-se o balanço de massa e metalúrgico do circuito piloto de moagem/classificação e na Tabela 2 e Gráfico 2 a distribuição granulométrica do produto da moagem/classificação e, conseqüentemente, alimentação do circuito de flotação da Galena utilizando a terceira amostra (Teste MA-04). Estes resultados mostram que o material apresenta a granulometria próxima da desejada, ou seja, 66,1% da massa abaixo de 325 malhas (44 µm).

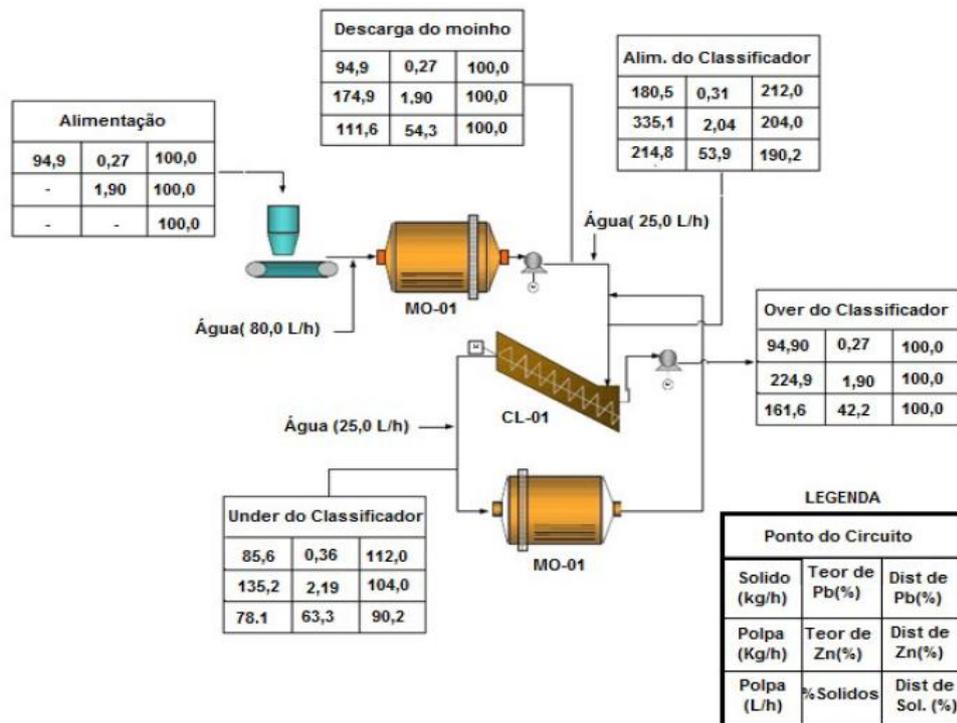


Figura 3 – Balanço de massa do circuito da moagem

### 3.3 ESTUDO DE FLOTAÇÃO

A flotação é o processo de concentração mais utilizado pela indústria mineral e tem como objetivo a separação do(s) mineral(is) útil(is) dos de ganga presentes em um dado minério. O processo baseia-se na diferença existente nas propriedades físico-químicas de

superfície dos diversos minerais. Uma partícula mineral é denominada hidrofóbica quando não tem afinidade com a água.

Normalmente, para concentração via flotação a hidrofobicidade dos minerais é induzida através da interação da polpa com agentes químicos específicos, uma vez que poucos minerais possuem hidrofobicidade natural. Por meio da passagem de bolhas de ar através da polpa em uma máquina de flotação, as partículas hidrofóbicas são coletadas e, portanto, separadas das partículas minerais hidrofílicas, que afundam (VENDITTI, 2004).

O grande avanço na utilização da flotação pela indústria mineral ocorreu a partir da introdução de alquil xantatos na flotação seletiva de sulfetos. Quanto à flotação dos sulfetos, os reagentes coletores caracterizam-se pela presença do enxofre divalente. São os denominados tio-coletores, normalmente utilizados em combinação com reagentes depressores, ativadores e espumantes. Cerca de 95% da produção mundial de concentrados de cobre, níquel, chumbo e zinco são processados através do processo de flotação. Estima-se também que aproximadamente dois bilhões de toneladas de minério são tratados anualmente através da flotação.

Neste trabalho foram realizados testes de flotação da Galena (minério de chumbo) em escala piloto, utilizando amostras do minério da mina onde foi realizado o estudo com baixo teor de chumbo (0,20 e 0,30%), com objetivo de obter um concentrado de Galena (minério de chumbo) com teor e recuperação de Pb (chumbo) de 50 e 56%, respectivamente. O estudo piloto foi realizado utilizando um circuito semelhante ao da unidade industrial da mina onde foi realizado o estudo que fica situado a 45 km da cidade de Paracatu - MG para flotação de Galena (minério de chumbo), porém com coluna ou célula mecânica na etapa recleaner.

Inicialmente foram ajustadas as condições operacionais da moagem e classificação, tomando como referência a granulometria utilizada na unidade industrial de flotação da mina onde foi realizado o estudo que fica situado a 45 km da cidade de Paracatu - MG (70% - 325 malhas), adequada ao processo de flotação da Galena e Esfalerita. Em seguida foram realizados testes para ajuste das condições operacionais da flotação de Galena (minério de chumbo), tomando como base.

Em função do baixo teor de chumbo contido nessa amostra, nesses testes foi necessário realizar ajustes nas condições operacionais da flotação, tais como: tipo e dosagem de coletor, vazão de ar nas colunas e tempo de residência da polpa na etapa scavenger. Na Figura 4 está apresentado o fluxograma do circuito piloto instalado no laboratório onde realizou os testes de moagem e flotação de Galena (minério de chumbo). Este circuito consiste na alimentação do

minério em um moinho de barras de 16"x 32" (polegadas), em circuito aberto. O produto era alimentado em um classificador espiral de 9" (polegadas) de diâmetro com adição de coletor, cujo underflow alimentava o moinho de bolas de 15" x 30" (polegadas), operando em circuito fechado, e o overflow constituía o produto final da moagem, com uma granulometria da ordem de 66% abaixo de 325 malhas (44 µm). O minério moído na granulometria desejada era alimentado no condicionador onde era adicionado o espumante metilisobutilcarbinol (MIBCOL) e, em seguida, alimentado na coluna de 4" (polegadas) de diâmetro para realização da etapa rougher de flotação da Galena (minério de chumbo). O concentrado rougher era alimentado em uma coluna de 2" (polegadas) de diâmetro, para realização da etapa cleaner, e o rejeito em duas ou quatro células mecânicas, com capacidade de 32,0 litros cada, para realização da etapa scavenger. O concentrado scavenger e rejeito cleaner eram recirculados na alimentação do condicionador. O rejeito da etapa scavenger constituía o rejeito final da Galena (minério de chumbo) e, conseqüentemente, a alimentação do circuito de flotação da Esfalerita (minério de zinco). O concentrado cleaner era alimentado em uma célula mecânica de 9,0 litros ou em uma coluna de 4,0 cm de diâmetro para realização da etapa recleaner. O flotado constituía o concentrado final de Galena (minério de chumbo) e o rejeito recirculava na alimentação da coluna cleaner. As figuras 3 e 4 mostram as condições e resultados dos testes piloto de flotação de Galena (minério de chumbo) correlacionando o teor e equipamento utilizado na etapa recleaner.

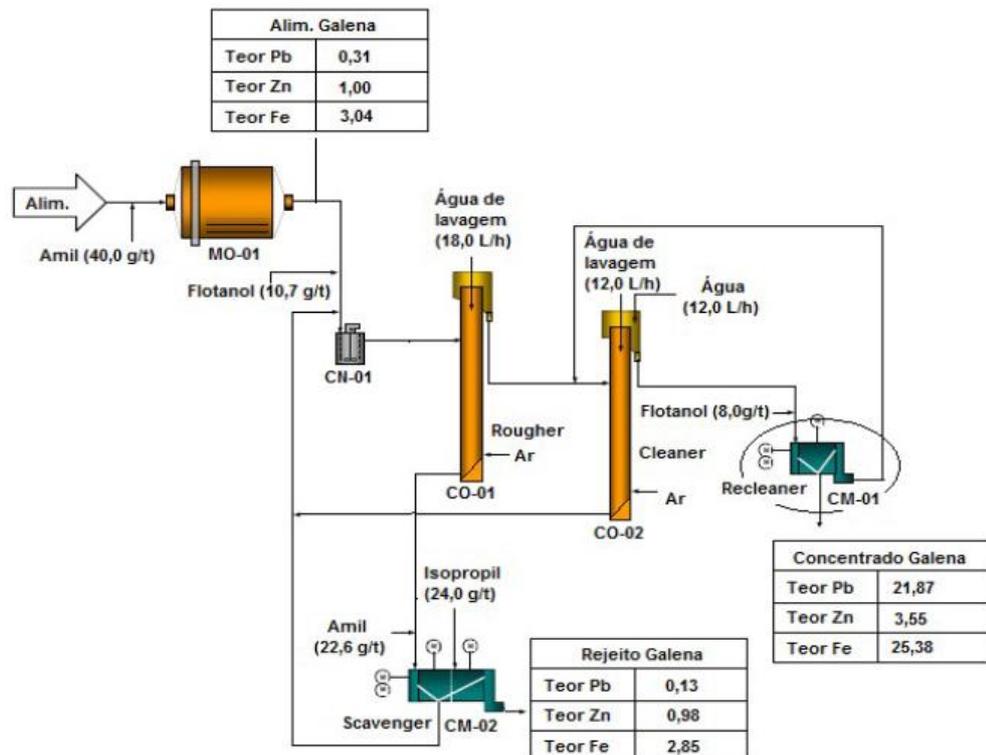


Figura 4 - Fluxograma do processo com célula mecânica na etapa recleaner MA - 01

Nas figuras 5 tem-se as condições e resultados dos testes piloto de flotação de Galena (minério de chumbo) correlacionando o teor e coluna utilizada na etapa recleaner do teste MA-02.

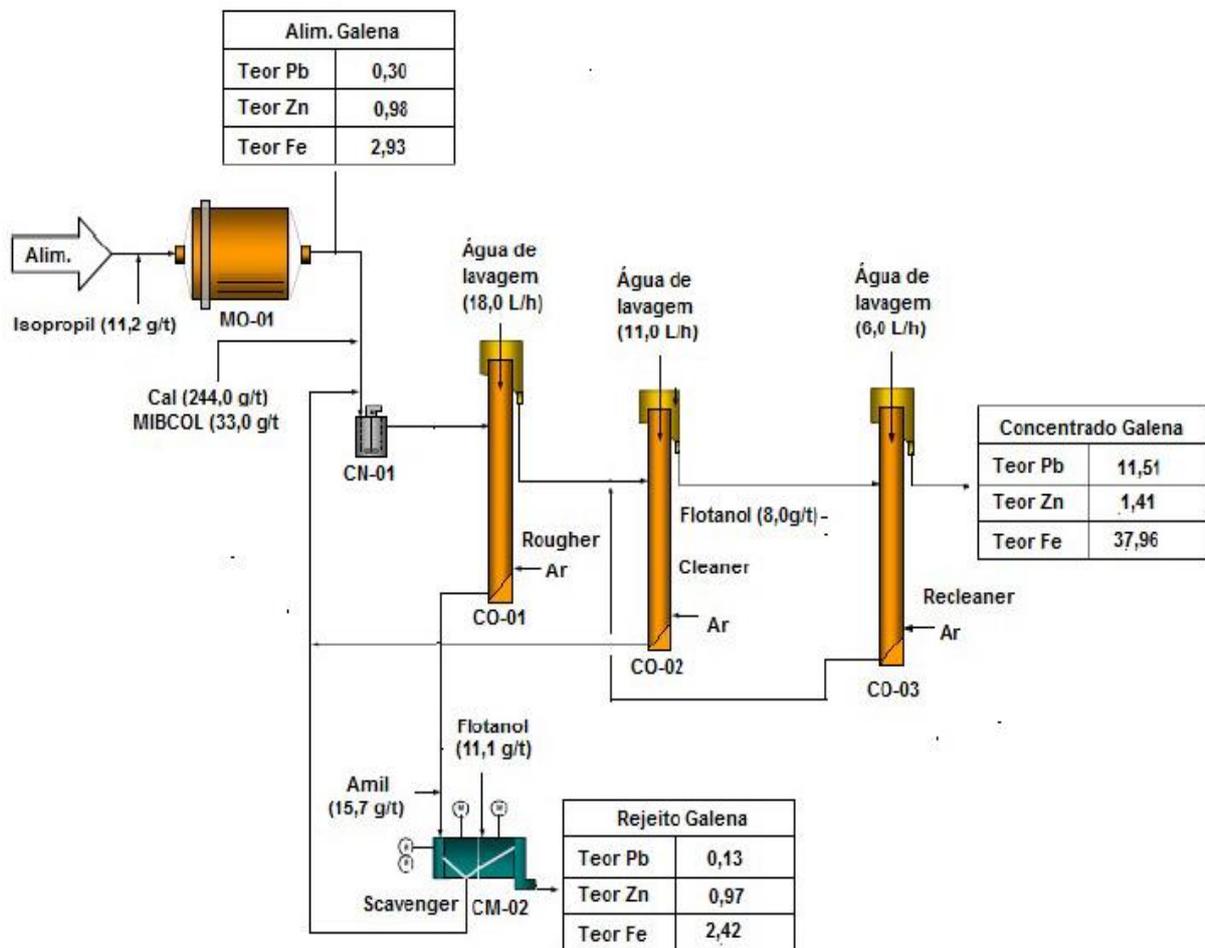


Figura 5 - Fluxograma do processo com coluna na etapa recleaner teste MA -02

Fonte: Os Autores

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos Testes MA-04 e MA-05, realizados com coluna e célula mecânica na etapa recleaner foram obtidos concentrados de Galena com teores de Pb de 49,8 e 29,9% e recuperações de 73,1 e 77,0%, respectivamente, demonstrando que a utilização de coluna na etapa recleaner é mais indicada para a concentração desse material.

Tabela 2 - Condições dos testes de flotação de galena

Teste	Reagente (g/t)				Tempo de residência (min)					pH		Tipo de célula
	Isopropil Xantato	Amil Xantato	MIBCOL	Flotanol	Condicionador	Rougher	Scavenger	Cleaner	Recleaner	Rougher	Recleaner	
MA-01	-	62,6	-	18,7	6,3	8,1	15,2	8,0	10,3	8,3	9,0	Célula mecânica
MA-02	22,3	15,7	33,0	18,2	6,3	10,9	17,8	17,8	7,5	9,3	9,2	Coluna
MA-03	-	21,6	35,0	27,0	5,8	7,7	26,3	26,3	19,6	8,7	10,5	Coluna
MA-04	20,0	14,4	30,7	23,5	6,8	8,2	28,4	28,4	10,4	8,6	10,3	Coluna
MA-05	16,5	12,0	27,1	24,1	6,1	7,9	26,5	26,5	10,8	8,6	10,8	Célula mecânica
MA-06	18,3	9,2	30,0	21,6	6,1	8,4	26,8	26,8	5,2	8,7	10,7	Coluna

Fonte: Os autores

Tabela 3 - comparações de resultados de teor e recuperação obtidos nos testes de 01 a 06 no estudo proposto.

TESTE	TEOR (%)			Recuperação (%)			
	Pb	Zn	Fe	Massa	Pb	Zn	Fe
MA-01	21,87	3,55	25,38	0,82	57,8	2,9	6,8
MA-02	11,51	1,41	37,96	1,45	56,1	2,1	18,7
MA-03	25,66	3,62	20,38	0,79	84,2	1,4	4,0
MA-04	49,80	1,26	8,19	0,35	73,1	0,2	0,9
MA-05	29,88	1,38	5,73	0,61	77,0	0,4	1,2
MA-06	42,12	1,30	8,33	0,34	65,2	0,2	1,1

A figura 6 representa os resultados de teor e recuperação referente aos 06 testes no decorrer do estudo. Confirmando melhor resultado obtido no teste MA-04.

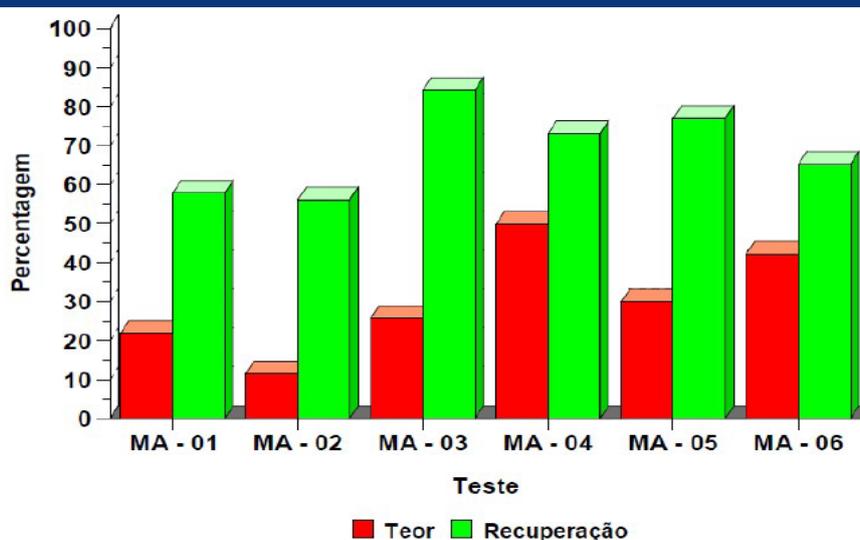


Figura 5 - Comparação de resultados teor e recuperação nos testes Fonte: Os autores

Tabela 4 -Condições utilizadas para obtenção dos resultados do teste MA-04

ETAPA	EQUIPAMENTO	VARIÁVEL	VALOR
MOAGEM	Moinho de Barras	- Dimensões (pol) - Rotação (rpm) - % Sólidos	16x32 45 54,3
	Moinho de Bolas	- Dimensões (pol) - Rotação (rpm) - % Sólidos - Isopropil Xantato de Sodio (g/t)	15x30 55 63,3 20,0
CLASSIFICAÇÃO	Classificador Espiral	- Diâmetro (pol) - % Sólidos na alimentação - % Sólidos no overflow	9,0 5,3 42,2
CONDICIONAMENTO	Condicionador	-Tempo de Residência - % Sólidos - MIBCOL (g/t) -pH	6,2 32,4 30,7 8,6
FLOTAÇÃO ROUGHER	Coluna	- Diâmetro (cm) -Altura: aerador - transbordo (cm) - Velocidade superficial do ar (cm/s) - Veloc. Superf. da água de lavagem (cm/s) - Veloc. Superf. da polpa (cm/s). - % Sólidos na alimentação - Altura da camada d espuma (cm) - Tempo de residência da polpa (min) - Hold up do ar (%)	10,16 510,00 1,03 0,07 0,86 60,0 7,6 0,92 13,6

## 5. CONCLUSÃO

De acordo com os ensaios realizados (MA-01, MA-02, MA-03, MA-04 e MA-05) do teste piloto de flotação da galena aumentou a recuperação do teor de chumbo com a mudança do método. Portanto, é possível concluir que a utilização da célula mecânica se mostrou mais eficiente do que a utilização da coluna convencional na etapa recleaner do circuito de flotação.

## REFERÊNCIAS

- ABRIL, M.; LUCÍA, E. **Remoção de chumbo via flotação iônica com xantato**. 2014. Dissertação de Mestrado. Recife: Universidade Federal de Pernambuco.
- BRASIL, 2016. IBGE Instituto Brasileiro de geografia e estatística. **População de Paracatu**. 2016.
- CIPRIANO, M.J.; FALDINI, S. B.; NETO, R. M. L. Cementação de chumbo em ferro: Avaliação de um processo alternativo para reciclagem de baterias automotivas. **Revista Mackenzie de Engenharia e Computação**, v. 11, n. 1, 2012.
- DE AQUINO, J. A. et al. **Estudo de flotação em coluna convencional, agitada e de recheio**. 1998.
- DE OLIVEIRA, M. L. M.; DE AQUINO, J. A. Aspectos relevantes das colunas de flotação. **HOLOS**, v. 1, p. 44-52, 2007.
- LIMA, O. A. de. et al. Distribuição de tempos de residência da polpa em células mecânicas de flotação. **Rem: Revista Escola de Minas**, v. 58, n. 3, p. 213-218, 2005.
- MARTINS, M. A. S. et al. Uma nova geração de sistemas de aeração em colunas de flotação e sua aplicação na mina de Timbopeba da CVRD. **XX Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa**, Florianópolis, Brasil, v. 2, p. 149-156, 2004.
- MONTE, M. B. M.; PERES, A. E. C. Química de superfície na flotação. **Tratamento de Minérios**, p. 339-407, 2002.
- MONTERROSO, P. A. C. Distribuição e comportamento do cádmio, chumbo, cobre e zinco nos sedimentos e coluna de água da Ria de Aveiro. 2005.
- MORAIS, A. G. de. Estudo da Recuperação do Chumbo Proveniente de Escória Metalúrgica por Flotação com Lauril Sulfato de Sódio (LSS). 2009.
- NOGUEIRA, F. C. Agregação hidrofóbica na flotação seletiva de minério sulfetado de zinco-chumbo. 2015.

PANTAROTO, H. L. UMA ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DO CHUMBO NA PRODUÇÃO DE BATERIAS E SUAS IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS.

PRADA, S. M.; OLIVEIRA, C. E. S. de. Chumbo no Brasil. **A importância do chumbo na história**. Acesso em: 03 mar. 2015.

RIBEIRO, M. J. P. M.; ABRANTES, J. C. C. Moagem em moinho de bolas: Estudo de algumas variáveis e otimização energética do processo. **Cerâmica Industrial**, v. 6, n. 2, p. 7-11, 2001.

SAMPAIO, J. A.; FRANÇA, S. C. A.; BRAGA, P. F. A. **Tratamento de minérios: práticas laboratoriais**. CETEM/MCT, 2007.

SANTOS, J. F. **Relatório Técnico 26: Perfil do Minério de Chumbo**. Brasília, DF: Ministério de Minas e Energia, Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, 2009.

SGS. LABORATÓRIO. Disponível em: <[www.sgsgroup.com.br/ptbr/mining/metallurgy-and-process-design/unit-operations-and-metallurgicalservices/flotation/column-and-contact-cell-flotation.aspx](http://www.sgsgroup.com.br/ptbr/mining/metallurgy-and-process-design/unit-operations-and-metallurgicalservices/flotation/column-and-contact-cell-flotation.aspx)>. Acesso em: 15 mai 2019.

SILVA, B. C. E.; Teixeira, J. A. A. B. O Chumbo. (2008).

SILVA, J. R. N. Lixo Eletrônico: Um Estudo de Responsabilidade Ambiental no Contexto do Instituto de Educação Ciência e Tecnologia do Amazonas–IFAM, Campus Manaus Centro. In: I Congresso brasileiro de gestão ambiental. 2010.

SILVESTRE, M. O. Estudo do estado de dispersão das partículas em polpa de minério sulfetado de chumbo-zinco. 2007.

VENDITTI, R. A. A simple flotation de inking experiment for the recycling of paper. **Journal of Chemical Education**, v.81, n.5, p.693, 2004.