

ANÁLISE DAS MELHORIAS OBTIDAS COM A IMPLANTAÇÃO DE UM CIRCUITO GRAVIMÉTRICO EM UMA PLANTA CONCENTRADORA DE OURO

Jéssica Neiva Pereira¹
Leandro de Vilhena Costa²

253

Resumo: Este trabalho tem como objetivo avaliar a otimização e a maximização do ganho na produção de ouro, através do método gravimétrico, utilizando um circuito de gravimetria composto por três concentradores Knelson. O principal objetivo desta busca foi projetar um circuito eficiente empregando processos gravimétricos. Para este efeito, a aplicação de técnicas ambientalmente amigáveis como concentradores de gravidade centrífugos são preferencialmente utilizadas em plantas de recuperação de ouro antes ou no lugar da cianetação. Neste estudo, a recuperação das partículas de ouro acumuladas no circuito de flotação de uma planta foi investigada utilizando o concentrador centrífugo Knelson. Foram instalados três concentradores Knelson, modelo QS48, em uma mina de ouro no interior de Minas Gerais. Os concentradores foram operados recebendo os concentrados mais ricos das primeiras células de flotação rougher. Esse trabalho apresenta os ganhos na produção de ouro, antes e após a implantação do circuito gravimétrico, a partir da implantação e acompanhamento do circuito de concentradores centrífugos Knelson. Pode-se concluir que houve um acréscimo na produção advinda do circuito de gravimetria (78,3%) e um decréscimo na produção advinda do circuito de lixiviação (17,5%).

Palavras - chave: Gravimetria, Concentrador Knelson, Cianetação.

Abstract: This work aims to evaluate the optimization and the maximization of the gain in the gold production, through the gravimetric method, using a gravimetric circuit composed of three Knelson concentrators. The main objective of this search was to design an efficient circuit employing gravimetric processes. For this purpose, the application of environmentally friendly, as centrifugal gravity concentrators are preferably used in gold recovery plants prior to or in place of cyanidation. In this study, the recovery of gold particles accumulated in the flotation circuit of a plant was investigated using the Knelson centrifugal concentrator. Three Knelson concentrators, model QS48, were installed in a gold mine in the interior of Minas Gerais. The concentrators were operated by receiving the richest concentrates from the first rougher flotation cells. This work presents the gains in gold production, before and after the implantation of the gravimetric circuit, from the implantation and monitoring of the circuit of centrifugal concentrators Knelson.

Keywords: Gravimetry, Knelson Concentrator, Cyanidation.

¹ Engenheira de Minas graduada pela Faculdade FINOM.

² Professor do Curso de Engenharia de Minas da Faculdade do Noroeste de Minas – Finom/ Faculdade Tecsoma – Paracatu-MG e Doutor em Engenharia Mineral – UFOP- MG. Email: minas.leandro@gmail.com

Recebido em 19/02/2020
Aprovado em 14/03/2020

1. INTRODUÇÃO

O aumento na demanda de recursos minerais não renováveis, a partir da inerente complexidade de processamento do mineral de interesse com baixo teor e da heterogeneidade do minério, tem exigido cada vez mais inovações nos métodos de processamento mineral que possam aperfeiçoar o processo produtivo e o aumento da recuperação do mineral. Frente a esta realidade, diversos métodos, tecnologias e ferramentas têm sido implementados a fim de melhorar o processo de operações unitárias do beneficiamento mineral.

Dentro dos processos de tratamento de minério, a gravimetria tem um importante papel por ser uma etapa de concentração, fazendo a separação do rejeito e do concentrado gravimétrico. Todas as etapas de beneficiamento anterior tais como britagem, moagem, classificação e flotação têm como objetivo a preparação dessa partícula mineral para a recuperação gravimétrica. A eficiência dessa recuperação é de suma importância para garantir menor perda no rejeito, maximizar um melhor concentrado e diminuir subsequentemente os custos de produção da mineração.

Segundo Lins (2010), a concentração gravítica é definida como um processo no qual partículas de diferentes tamanhos, densidades e formas são separadas uma das outras por ação de forças centrífugas ou por força de gravidade. É uma das formas mais antigas de processamento mineral e, apesar de tantos séculos de utilização, seus mecanismos ainda não são compreendidos perfeitamente.

Entende-se por recuperação gravimétrica como sendo um método de recuperação por gravidade, o que faz com que os corpos físicos se atraem um ao outro com uma força proporcional de sua densidade. A recuperação por gravidade faz uso das diferentes densidades dos minerais. Materiais mais densos recebem uma força gravitacional maior, separando-os dos minerais mais leves. O ouro possui uma densidade de $19,3 \text{ g/cm}^3$.

Segundo Luz (2010), Os equipamentos de concentração tem uma vantagem por receberem uma força centrífuga muito grande. O concentrador do tipo Knelson recebe uma força centrífuga de aproximadamente cinquenta vezes a força da gravidade, conseguindo uma melhor diferença entre a densidade dos diversos minerais. Esta força, aplicada aos minerais, faz com que as partículas mais pesadas sejam enclausuradas nos anéis localizados na parte interna do concentrador, enquanto que as partículas de minerais leves sejam deslocadas gradualmente para fora dos anéis.

A recuperação gravimétrica através do concentrador centrífugo Knelson faz

recuperação tanto do ouro tanto fino quanto do ouro grosseiro. Sua melhor recuperação se encontra na faixa grosseira, especialmente em minerais aluvionares. O período de operação depende do teor de minerais pesados na alimentação. Para minérios pobres, ele fica entre 6 e 8 horas. Porém o tempo de ciclo do equipamento varia de 10 a 40 minutos, variando de acordo com a necessidade de cada mineral. As variáveis operacionais são a vazão de alimentação, a porcentagem de sólidos da alimentação (20% a 40% em peso) e a pressão da água de fluidização (Lins et al., 1992).

O presente artigo visa apresentar o estudo realizado a partir do acompanhamento da implantação da recuperação gravimétrica, após o processo de flotação, em uma mineradora de ouro. A mina em questão apresenta alguns fatores de complexidade intrínsecos ao próprio depósito mineral, como minério heterogêneo e de baixo teor. Estes fatores são desafiantes para o controle da recuperação, pois ocasionam muitas variações e instabilidades, o que justifica a necessidade de maior eficiência de recuperação. Analisar o processo implantado de recuperação gravimétrica em uma planta concentradora de ouro, e apresentar as melhorias obtidas na recuperação do ouro gravimétrico através desse processo. Avaliar o aumento da recuperação de ouro gravimétrico. Analisar o ganho na produção. Avaliar o impacto entre o fluxograma antigo e o fluxograma atual na rota de processo de concentração mineral – alternativas de operação.

Segundo Luz (2010), para que haja uma liberação satisfatória do minério de interesse, é necessário que este seja reduzido a uma granulometria considerável fina. Nessas condições, seguem-se três estágios de desenvolvimento da granulometria, ou seja, grossa, intermediária e fina.

1.1 Flotação

Flotação é um método de separação de partículas de diferentes características superficiais, hidrofóbicas e hidrofílicas. Hidrofóbicas aderem as bolhas de ar, e as hidrofílicas seguem o fluxo da água.

Segundo Kelly e Spottiswood, (1982), a flotação é um processo de concentração que considera as diferenças entre as propriedades de superfície das partículas (características hidrofóbicas e hidrofílicas), para uma eficiente separação. Este método foi desenvolvido no último século, e tem sido economicamente utilizado em minerações com concentração de minérios com baixo teor, gerando bons rendimentos metalúrgicos.

Chaves et al (2010) nos dizem que a diferenciação entre os minerais ocorre devido a capacidade das partículas aderirem ou serem aderidas às bolhas de gás, normalmente o ar. Caso a partícula consiga capturar um número considerável de bolhas, a densidade da partícula-bolha

fica menor que a densidade da polpa, e este conjunto desloca-se ascendentemente para a superfície onde fica armazenado e é separado em uma espuma, e as outras partículas permanecem na polpa.

Para que ocorra o processo de flotação, são necessárias algumas condições básicas: diferenciabilidade, liberabilidade e separabilidade dinâmica. A diferenciabilidade está relacionada aos conceitos de hidrofiliicidade ou hidrofobicidade, e é a base da seletividade nos processos de flotação. A separabilidade dinâmica está relacionada aos equipamentos utilizados na flotação. As células de flotação apresentam mecanismos que permitem manter as partículas suspensas e são capazes também de realizar a areação da polpa. Já a liberabilidade é alcançada a partir da menor granulometria existente antes do circuito de flotação. (ARAÚJO E VALADÃO, 2007).

Naturalmente, uma grande maioria dos minerais é hidrofílica. Por isso, utilizam-se reagentes específicos que reagem seletivamente com a partícula do mineral de interesse que se deseja flotar, tornando-a hidrofóbica. Estas partículas hidrofobizadas que estão dispersas no meio aquoso são coletadas pelas bolhas de ar e são arrastadas até a superfície, onde são removidas na camada de espumas por transbordo ou mecanicamente. As partículas hidrofílicas continuam na fase aquosa (polpa). (CHAVES, FILHO E BRAGA, 2010).

A flotação acontece em equipamentos apropriados denominados células de flotação. As células de flotação são tanques projetados para receber, por uma das faces laterais, a polpa alimentada de maneira contínua e, posteriormente, descarregá-la pelo lado oposto, na maioria das vezes em outra célula subsequente. Podem-se utilizar células individualizadas, mas normalmente é utilizado um grupo de células. Este conjunto de células é conhecido como banco.

Desta forma, em uma extremidade do banco é instalado o compartimento de alimentação e na extremidade contrária é instalado o compartimento de descarga, onde existe algum tipo dispositivo para regular o nível de polpa no interior das células, normalmente são utilizadas válvulas automáticas. A espuma que está no topo da célula é descarregada ao transbordar sobre as calhas existentes nos bancos de células.

A polpa deprimida segue o fluxo de água e sai pelo fundo da célula passando pelas células seguintes até ser descarregada pela caixa de descarga. Assim, existem dois fluxos: um contendo o material deprimido, no sentido da caixa de alimentação para a caixa de descarga, e outro fluxo da espuma, que flui ascendentemente dentro das células e é coletado por meio das calhas. (CHAVES, FILHO E BRAGA, 2010).

Valadão e Araújo (2007) nos informa que as células de flotação são compostas pelo

dispersores, rotor e estator. O dispersor tem a função de fazer a quebra do jato de ar, injetado pelo eixo oco do rotor, visto que é necessário gerar bolhas de um tamanho considerável ao tamanho das partículas dos minerais. O rotor tem a função inicial que é agitar a polpa manter em suspensão. O movimento rotacional ocasionado pelo rotor gera uma região de pressão negativa no interior da célula. Já o estator é utilizado para mudar o regime de turbulento, na zona onde está o rotor, para uma região menos agitada a fim de estabilizar e permitir a colisão da partícula à bolha.

São usados diferentes tipos de células de flotação. As mais utilizadas são as máquinas de flotação, *tank cells* e as colunas de flotação.

• **Máquinas de Flotação:** são tanques projetados para receber a polpa de alimentação. A máquina de flotação é concebida para oferecer parâmetros dinâmicos de fluido otimizados, de modo a assegurar que os resultados de separação sejam satisfatórios para os materiais com densidade e tamanho de partículas variadas. Projetado com base em tecnologias avançadas, a máquina de flotação tem desempenho confiável e é conveniente para manutenção. A máquina de flotação foi concebida com impulsores otimizados e estator que são feitos de materiais altamente resistentes ao desgaste, aumentando sua vida útil. A figura abaixo nos mostra uma máquina de flotação detalhando os componentes descritos: A figura 1 representa a célula mecânica.

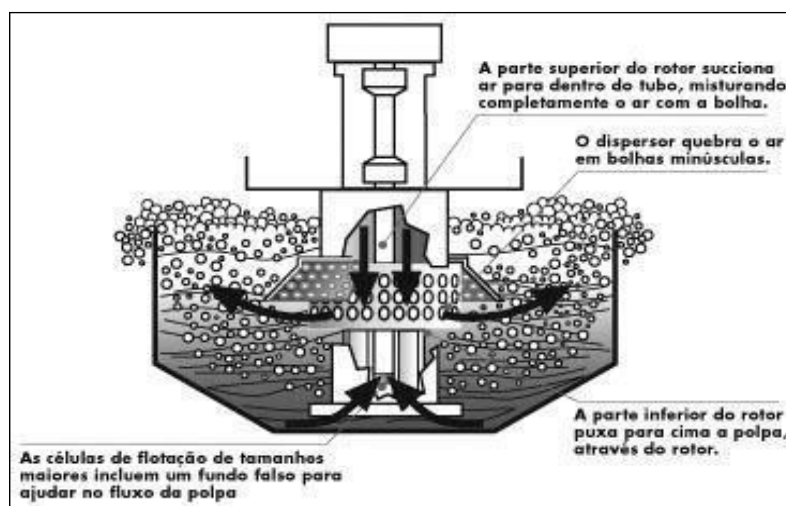


Figura 1 - Célula de Flotação - Mecânica.

Fonte: CETEM

• **Tank Cell:** é uma célula composta pelo rotor, dispersor e tudo de aspiração, o rotor faz a agitação da polpa, o dispersor é responsável pela quebra do ar em bolhas menores, e o tubo

de aspiração é responsável pela auto aspiração da célula. Esta célula possui maiores dimensões, o concentrado sai pelo método de transbordo na superfície da célula, o rejeito passa no interior da célula pela uma válvula, onde alimenta uma próxima célula. Esta célula possui algumas vantagens:

- Facilidade de operação com desempenho metalúrgico;
- A distância de deslocação da espuma melhorou a recuperação de partículas grossas;
- Redução da manutenção e maior disponibilidade;
- O rotor está posicionado perto do superior da célula, resultando em menos desgaste;
- Inversão e inversão do rotor estende a vida útil;
- Mecanismos podem ser alterados sem desligar ou drenando a linha de células;
- Sem ventilador e ar associado. A figura 2 representa a Tank Cells.

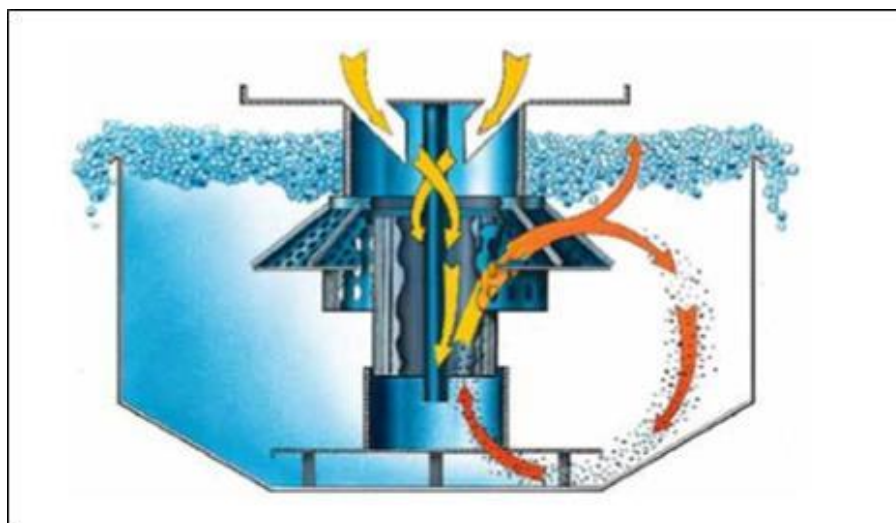


Figura 2 - Célula de Flotação - Tank Cells.
Fonte – Flsmidth - 2015

- **Coluna de Flotação:** desenvolvida no início da década de 60 por Boutin e Tremblay no Canadá, a coluna de flotação difere da célula mecânica em quatro aspectos:
 - Geometria (relação altura: diâmetro efetivo);
 - Água de lavagem;
 - Ausência de agitação mecânica;
 - Sistema de geração de bolhas.

O diâmetro efetivo de seção transversal das colunas industriais varia de 0,3 a 5,0 metros, podendo ser quadrada, retangular, ou circular. A altura dessas colunas industriais varia de 10

a 15 metros.

É alimentada pela polpa devidamente condicionada com reagentes a aproximadamente 2/3 da altura da coluna, a partir de sua base. Na seção de coleta, as partículas hidrofóbicas provenientes da alimentação são aderidas pelas bolas ascendentes, transportadas até a seção de limpeza, a camada de espuma e de aproximadamente de 1,0 m de espessura. As partículas não hidrofóbicas são removidas na base da coluna. A água de lavagem é introduzida por meio de dispersores; esta água é tão importante para a estabilização da camada de espuma quanto para eliminação de partículas de arraste pelo fluxo ascendente. A figura 3 representa a Coluna de Flotação.



Figura 3 - Coluna de Flotação.

Fonte - <http://www.snatural.com.br/Tratamento-Agua-Flotador.html> - 2014

1.2 Espessamento

Segundo França e Massarani, (2010), a sedimentação é uma separação sólido-líquido através da diferença entre as densidades dos constituintes em suspensão. A separação das partículas sólida em meio uma corrente líquida se dá pela ação do campo gravitacional, o que caracteriza uma operação de baixo custo e grande simplicidade operacional. Na literatura, classificam-se os sedimentadores em dois tipos: os classificadores e os espessadores.

O clarificador tem como produto de interesse o líquido, e se caracteriza pela baixa concentração de partículas sólidas. Os espessadores têm como produto de interesse as partículas sólidas, e se caracteriza pela produção de alta concentração de sólidos. Em indústrias são mais utilizados os espessadores e, geralmente, operam em regime contínuo.

Estes equipamentos podem ser constituídos por concreto armado ou aço. Os mais indicados possuem em diâmetros menores, devido ao custo. (Chaves et al., 2004).

Diz-nos França e Massarani, (2010) que nas indústrias da mineração, os espessadores são utilizados para as seguintes finalidades:

- ✓ Para obtenção de polpas com devidas concentrações, quando há processos subsequentes.
- ✓ Espessamento de rejeitos com elevada concentração de sólidos, visando transporte e descarga mais eficientes, denominado espessamento de rejeitos.
- ✓ Recuperação de água para reciclo industrial. Atualmente, os espessadores de rejeito e concentrado são usados também com a finalidade de se recuperar o fluxo de sobrenadante, como a água de recirculação, para retornar ao processo de beneficiamento de minérios. Esta aplicação, cada vez mais usada, decorre da aplicação dos conceitos de sustentabilidade (Chaves et al., 2004).

A operação de sedimentação está baseada em fenômenos de transporte, em que está sujeita à ação da força da gravidade, do empuxo e de resistência ao movimento, todas as partículas sólidas em suspensão (França e Massarani In memoria, 2010). A figura 4 representa o espessador.



Figura 4 - Espessador
Fonte: CETEM

1.3 Concentração gravimétrica

Segundo Luz (2010), a concentração gravimétrica pode ser compreendida como sendo um processo no qual as partículas do mineral de diferentes formas, tamanhos e densidades, são separadas através de forças centrífugas ou por forças da gravidade. É uma das práticas mais antigas de processamento mineral, e mesmo com tantos anos de utilização, seus mecanismos ainda não foram perfeitamente compreendidos. Dentre os seus mecanismos, os

mais atuantes no processo gravimétrico são:

- 1.3.1 Aceleração diferencial;
- 1.3.2 Velocidade diferencial em escoamento laminar;
- 1.3.3 Consolidação intersticial;
- 1.3.4 Sedimentação retardada;
- 1.3.5 Ação da força cisalhante.

Stewart (1984) nos informa também que o método menos prejudicial ao meio ambiente e mais econômico para a recuperação do ouro é por concentradores de gravidade. Essas partículas são classificadas em relação a sua diferença de densidade específica na concentração da gravidade. A gravidade específica do ouro varia de 15,0 – 19,3 g/cm³, e um minério típico tem uma gravidade específica usualmente de 2,6 g/m³ (outros exemplos são o feldspato 2,6, magnetite 5,3, quartzo 2,7 e pirita é 5. Somente as partículas de ouro livres poderão ser recuperadas pela concentração da gravidade. Essas partículas deverão ser cominuídas por uma moagem eficiente antes do processamento por gravidade.

O concentrador centrífugo de gravidade Knelson é uma das máquinas mais eficientes para se alcançar um melhor desempenho metalúrgico, em relação aos demais concentradores de gravidade úmidos, por ter um melhor desempenho de recuperação do ouro fino e grosseiro, a partir de depósitos primários. (Stewart, 1990, Coulter e Subasinghe, 2005).

O autor nos ressalta que, “Knelson tem um cone de concentração que transporta os orifícios de injeção de água dentro dos anéis que gira em torno de um eixo vertical e desenvolve uma força gravitacional melhorada.” (Knelson & Jones, 1994; Coulter e Subasinghe, 2005; Knelson, 2009).

A água de processo é introduzida no cone através das aberturas de injeção de água e a alimentação feita através do tubo no cone. A alimentação é submetida a uma força para fora e para cima nas paredes do cone através da influência da força centrífuga. A alimentação enche os anéis do cone e cria a concentração, que é fluidizada pela água aplicada através dos orifícios no interior de cada anel.

As partículas mais pesadas são extraídas no cone de concentração e as demais partículas leves são retiradas do cone pela a água do processo. (Knelson e Jones, 1994; Coulter e Subasinghe, 2005; Knelson, 2009).

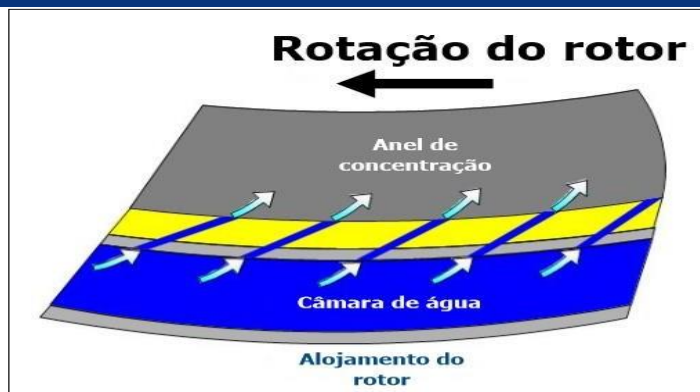


Figura 5 - Rotação do rotor- Knelson

Fonte- KC_QS48_Maintenance_Presentation_2015_Portuguese_Translation

Informa-nos também Knelson (2009), que os concentradores centrífugos Knelson são utilizados comumente nas indústrias de ouro por sua capacidade de recuperação do ouro de depósitos primários e aluviais, pré-concentradores ou rejeitos. Podem ser empregados em operações de mineração em pequena escala, em plantas de processamento por gravidade ou em circuitos de moagem de plantas de recuperação de ouro para recuperar ouro ou outros minerais pesados. (Knelson, 2009, Knelson e Edwards, 1990, Burt, 1995, Burt, 1999, Chernet et al, 1999).

Segundo Lins (1992), o Knelson foi desenvolvido para a recuperação do ouro fino, principalmente em minérios coluvionares e aluvionares. Ele é constituído por cesto tronco-cônico vertical, que gira em 600 RPM de rotação. Atualmente, o concentrador centrífugo Knelson tem sido bastante usado também para a recuperação do ouro grosseiro.

Com essas condições a força centrífuga atinge até aproximadamente 60 vezes mais que o peso da partícula, o que se é expresso como 60 G (o G é referência da aceleração da gravidade, $9,8 \text{ m/s}^2$). Tanto a descarga quanto a alimentação de rejeitos são contínuas.

A descarga do concentrado é periódica, e para que seja feita a descarga do concentrado o equipamento deverá se parado ao fim do seu ciclo, determinado em seu painel de controle.

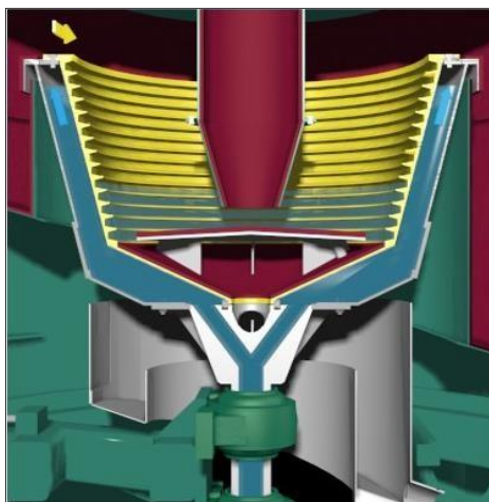


Figura 6 - Knelson

Fonte- Flsmidht. KC_QS48_Maintenance_Presentation_2015_Portuguese_Translation

Desde a última década são feitas buscas constantes por métodos que aumentem a recuperação do ouro, com resultados mais satisfatórios e tecnologias mais limpas, com menos efeitos agressivos ao meio ambiente e menores custos.

Segundo Watson, (2010) o uso da concentração pelo método de gravidade está entre os primeiros processos escolhidos para recuperação do ouro. Na maioria das mineradoras é escolhido o método de gravidade associado com os processos contínuos de adsorção em carvão ativado em tanques agitados, denominados carvão em polpa (CIP) e carvão em lixiviação (CIL).

Ainda nos diz Watson, (2010) que os benefícios em relação ao método gravimétrico, estão bem estabelecidos. “O custo de recuperação do ouro através de um circuito de gravidade foi encontrado para ser normalmente AUD \$ 90/kg de ouro, em comparação com AUD \$ 200/kg de ouro para recuperação via CIL/CIP.” (Barrie Watson, 2010). Ressalta-nos ainda Watson, (2010) que segundo os dados ditos anteriormente de custo para recuperação do ouro/CIL, a recuperação do ouro pelo método gravimétrico, teve uma melhora entre 0,5 e 3%.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

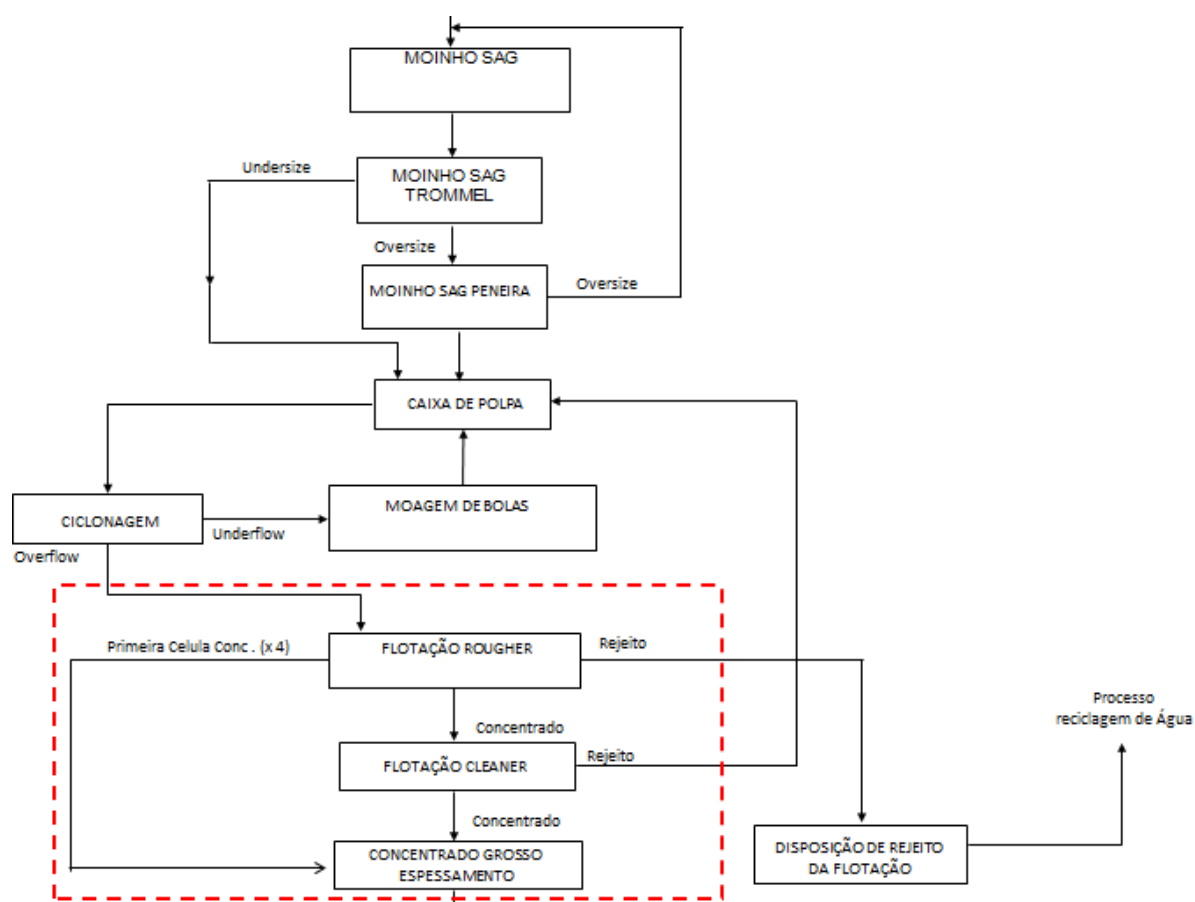
Este artigo foi realizado a partir do estudo de caso da implantação da recuperação gravimétrica para a maior produção de ouro em uma usina de beneficiamento de Minério. O desenvolvimento deste estudo foi dividido nas seguintes etapas:

- I. Pesquisa de referências bibliográficas, para o referencial teórico que defende o tema proposto de maior produção de ouro pelo método de gravimetria.
- II. Análise dos resultados de produção diária de ouro através do método de recuperação gravimétrica pelo equipamento Knelson.

2.1 área de estudo

A Mina em estudo está localizada no Estado de Minas Gerais, onde a produção teve início no ano de 1987. O processo produtivo é composto basicamente pela lavra a céu aberto de minério de baixo teor – o teor médio de ouro corresponde a 0,4 g/t, planta de beneficiamento e planta de hidrometalurgia. Foram utilizados, para a realização da análise deste estudo, os dados coletados do KPI (*Key Performance Indicator* - Indicador Chave de Desempenho), que tem como função principal mensurar todos os parâmetros que se elegem como essenciais para avaliação do processo. Também foi utilizado o *software* para tratamento dos dados, Excel, para análise dos dados e resultados, e posterior avaliação do desempenho, via gráficos. Foi feito o acompanhamento das máquinas (concentradores Knelson) para avaliar o desempenho, e feito à comparação de resultados de produção de ouro entre o fluxograma anterior e fluxograma atual. A Figura 7 apresenta o fluxograma anterior à mudança.

Figura 7 - Fluxograma



Fonte: O Autor

O retângulo em vermelho mostra o concentrado das primeiras células da flotação

rougher que seguia alimentando diretamente o espessador. O equipamento utilizado nesse novo circuito foi os três concentradores centrífugo Knelson do modelo QS48. Este concentrador recupera:

- 2.1.1 Ouro solto, a substância “amarela”;
- 2.1.2 Prata solta;
- 2.1.3 Ligas de prata/ouro;
- 2.1.4 São chamadas de “ouro recuperável por gravidade” ou GRG.

O ouro solto recuperado na trituração e despejado em uma barra de minério e gera os seguintes benefícios posteriores:

- 2.1.5 Aumento na recuperação geral
- 2.1.6 Aumento no pagamento do ouro
- 2.1.7 Menor dimensão das instalações posteriores
- 2.1.8 Maior segurança

Este equipamento tem as seguintes aplicações:

Segundo Flsmidht (2015), recuperação de metais e minerais pesados de um material de base mais leve através do uso da força 'centrífuga'.

A principal aplicação é a recuperação do ouro livre de circuitos de trituração de laminação de ouro. Também usados na recuperação de minerais pesados de circuitos de trituração de metais de base para platina, prata, cobre, etc. Ideal para retratamento de rejeitos.

Outras aplicações: recuperação de estanho, limpeza de carvão, recuperação de minério de ferro, minerais industriais, concentrados flutuantes. O princípio de funcionamento do equipamento é especificado através da figura 8.

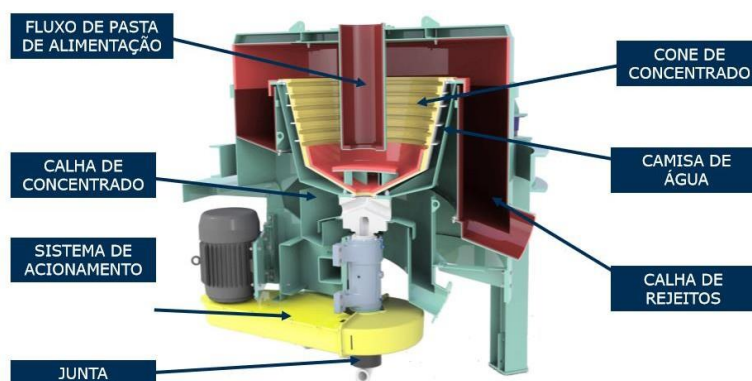


Figura 8 - Funcionamento do Knelson

Fonte - Flsmidht. KC_QS48_Maintenance_Presentation_2015_Portuguese_Translation

Um concentrador Knelson pode ser mais bem descrito como uma centrífuga de alta rotação que usa um avançado processo de fluidização para recuperar o ouro fino e grosseiro. Durante a

operação, o conjunto do rotor inteiro gira no sentido horário a uma rotação predeterminada para criar uma força centrífuga de 60 a 200 vezes a força da gravidade. É importante perceber que o concentrador funciona em um “ciclo” repetitivo de lotes como mostrado na figura 9.

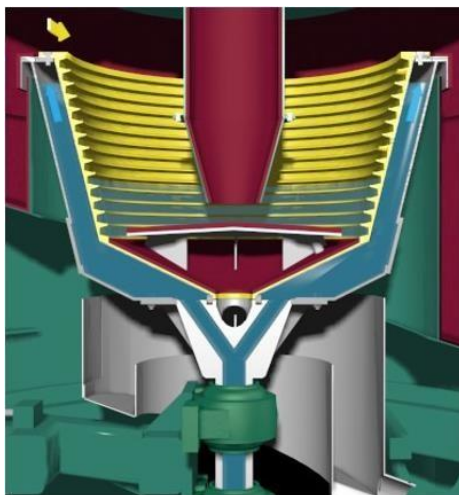


Figura 9 - Concentrador Knelson

Fonte - Flsmidht. KC_QS48_Maintenance_Presentation_2015_Portuguese_Translation

A água de fluidização escoar para dentro da cavidade de água através do eixo do rotor. A pressão força a água através dos furos de fluidização nos anéis de concentração. O concentrador é ativado e atinge a força g operação.

A injeção de água de fluidização é tangencial e para a esquerda em relação à rotação do cone. A pasta de alimentação entra na unidade e é distribuída pelo suporte do defletor. A força centrífuga a direciona para fora para a parede do cone. Começando na parte inferior, os sólidos preenchem cada anel. Quando os anéis atingem a capacidade máxima, é formado um leito de concentração. A água de fluidização se expande no leito, permitindo que finas partículas de ouro “afundem” no leito de concentrado poroso.

A concentração de partículas pesadas continuará, enquanto as partículas leves serão rejeitadas. A duração do ciclo de concentração varia dependendo da aplicação. Na conclusão do ciclo de concentração o material do leito é lavado para fora da calha de concentrado. A abertura máxima da tela para a alimentação de pasta é de ~6 mm ou 1/4 de polegada. (Recomenda-se 2 mm). O concentrador pode recuperar partículas de 25 microns. O Knelson aceita pasta de alimentação com densidade de até 75% de sólidos. O mais comum é de 50 a 70 %.

Na empresa do estudo o material que alimenta os concentradores Knelson, tem as seguintes características:

2.1.9 Teor: 11 g/t

2.1.10 Porcentagem de sólidos: 15 a 30%

2.1.11 Vazão: 300m³/h, baseados na rotação da bomba

2.1.12 Ciclos de alimentação: 25 minutos

Os concentradores Knelson trabalham com as seguintes condições:

2.1.13 Força G: 120

2.1.14 Água: 50m³/h

2.1.15 Ciclos: 20 Minutos

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

267

O concentrador centrífugo Knelson é responsável pela recuperação do ouro gravimétrico fino e grosseiro vindo da flotação, ouro este que não seria recuperado em outros processos operacionais.

O sistema de recuperação gravimétrica, composto por três concentradores centrífugos Knelson, foi instalado em fevereiro de 2015. A partir de março de 2015, foi feito o acompanhamento do desempenho dos equipamentos e as variáveis mais importantes da Planta, como produção, recuperação e teor de ouro no rejeito. Através deste acompanhamento, avaliou-se o desempenho dos concentradores Knelson.

No período de janeiro de 2014 até fevereiro de 2015, os concentrados das primeiras células da flotação rougher seguiam para o espessador, que alimentava a lixiviação (CIL), no qual era feita a recuperação do ouro. A partir março de 2015, estes mesmos concentrados das primeiras células da flotação rougher alimentam os concentradores centrífugos Knelson, nos quais é feita a recuperação do ouro gravimétrico.

O KPI utilizado para análise de comparação entre os períodos pré- mudança (janeiro de 2014 a fevereiro de 2015) e pós-mudança (março de 2015 a dezembro de 2016) foi à produção média de ouro, em quilos produzidos por dia, do concentrado advindo da gravimetria e do concentrado advindo da lixiviação.

A produção de concentrado gravimétrico, de janeiro de 2014 a fevereiro de 2015, é composta somente pelo concentrador Knelson antigo. A partir de março de 2015, a produção de concentrado gravimétrico é composta pelo concentrador Knelson antigo e pelo novo circuito composto por três concentradores novos.

A produção de concentrado lixiviado é composta pelo concentrado da flotação cleaner, em ambos os períodos.

O retângulo mostra a mudança realizada no fluxograma operacional. O concentrador das primeiras células da flotação rougher segue alimentando o novo circuito de gravimetria, composta por três concentradores Knelson. A figura 10 mostra a análise da produção da

gravimetria antes e depois da mudança no fluxograma operacional.

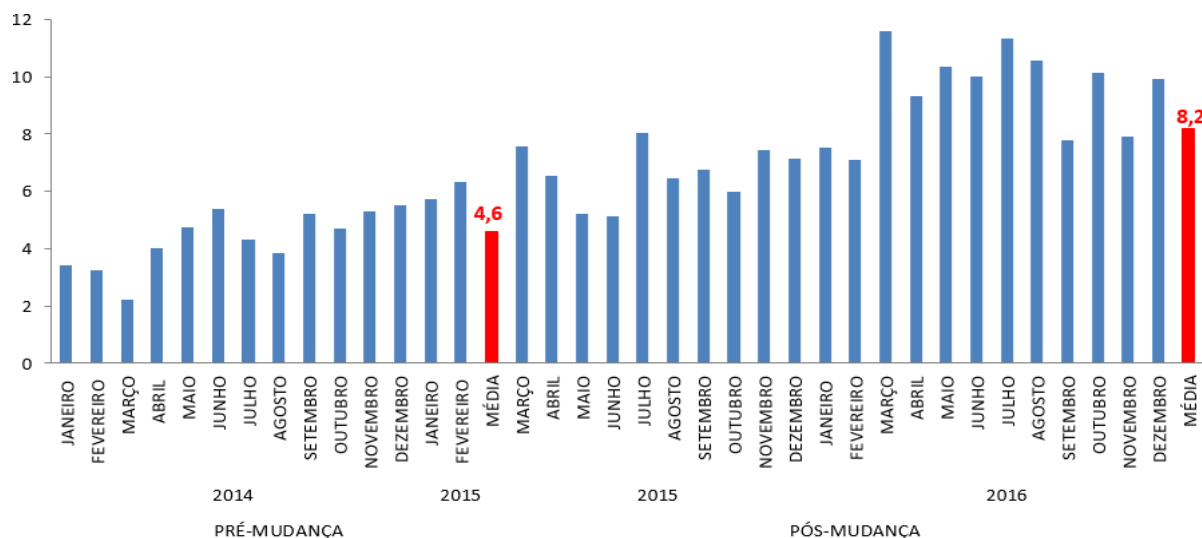


Figura 10 - Produção da gravimetria: pré e pós-mudança.

Fonte: autor.

Comparando-se as médias entre os períodos analisados, percebe-se que houve um acréscimo de aproximadamente 78,3% na produção advinda da gravimetria (de 4,6 Kg/dia para 8,2 Kg/dia). A figura 11 mostra os resultados da produção da lixiviação antes e depois da mudança.

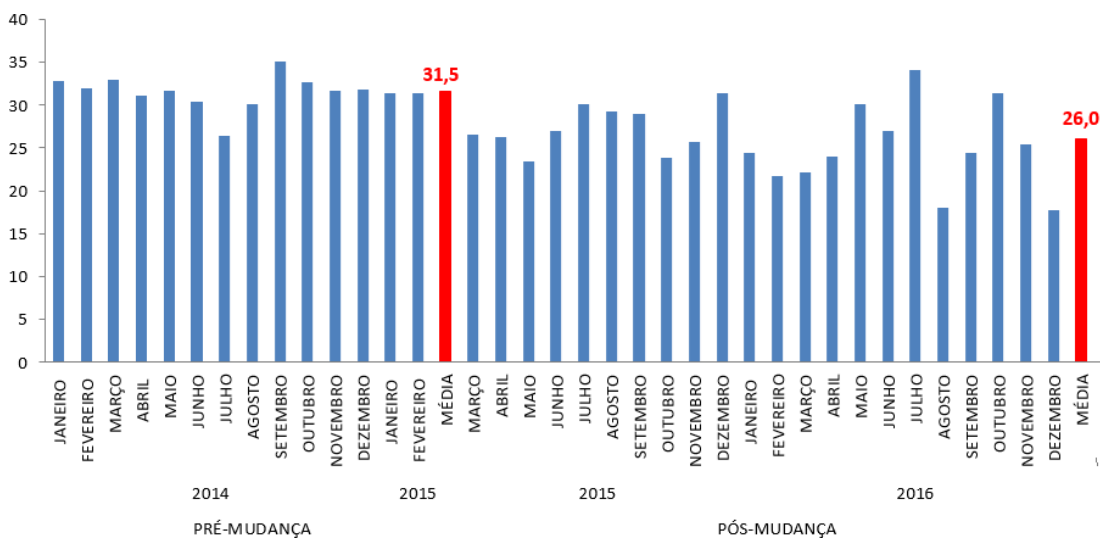


Figura 11 - Produção da lixiviação: pré e pós-mudança.

Fonte: autor.

Comparando-se as médias entre os períodos analisados, percebe-se que houve um decréscimo de aproximadamente 17,5% na produção advinda da lixiviação (de 31,5 Kg/mês para 26,0 Kg/mês).

Este tipo de comportamento era esperado, uma vez que o concentrado das primeiras

células da flotação rougher (mais rico), que antes alimentava diretamente a lixiviação, agora alimenta o novo circuito de gravimetria.

A figura 12 mostra os resultados da produção total (gravimetria mais lixiviação) antes e depois da mudança.

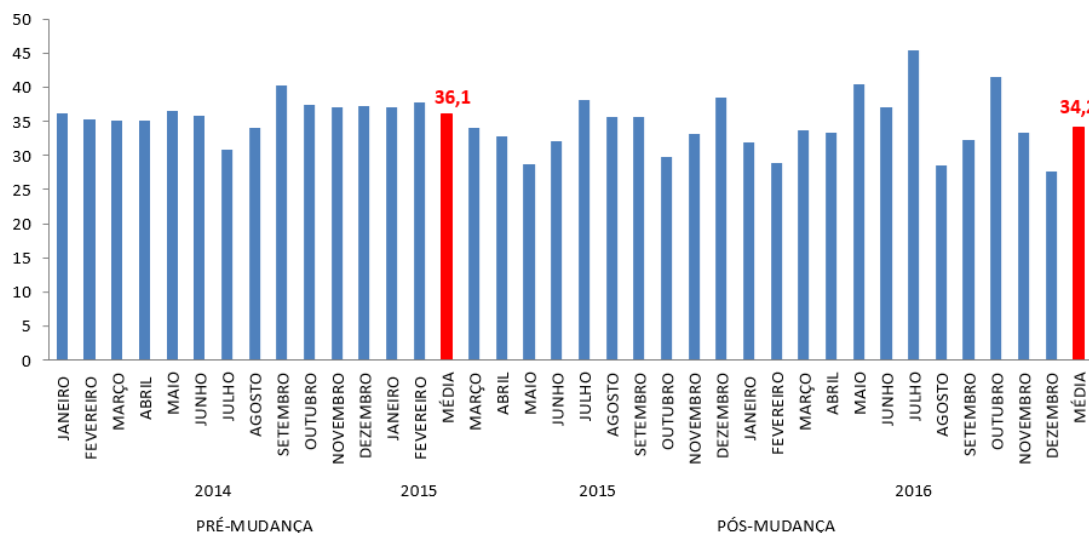


Figura 12 - Produção total (gravimetria mais lixiviação): pré e pós-mudança. Fonte: autor.

Comparando-se as médias entre os períodos analisados, percebe-se que houve um decréscimo de aproximadamente 5,3% na produção total (de 36,1 Kg/dia para 34,2 Kg/dia).

4 - CONCLUSÃO

Pela análise do KPI escolhido, produção média de ouro em quilos por dia, entre os períodos analisados, pré-mudança (janeiro de 2014 a fevereiro de 2015) e pós-mudança (março de 2015 a dezembro de 2016), pode-se concluir que houve um acréscimo na produção advinda do circuito de gravimetria (78,3%) e um decréscimo na produção advinda do circuito de lixiviação (17,5%).

Este resultado já era esperado, uma vez que o concentrado das primeiras células da flotação rougher, mais rico, que alimentava o circuito CIL, agora está alimentando o novo circuito de concentradores Knelson.

No entanto, a queda de produção total entre os períodos (5,3%) mostra que o ganho na produção da gravimetria não foi suficiente para compensar a perda na produção da lixiviação. Há, neste ponto, uma oportunidade de melhoria e otimização de ambos os circuitos, de modo que a produção total produzida aumente.

REFERÊNCIAS

- ALTINKAYA, P, CELEP O, YAICI E, DEVECI, H. **Recovery of Silver From an Arsenical Silver Ore By Knelson Concentrator and Cyanide Leaching**. Proceedings of the 24 th International Mining Congress of Turkey, April 14 -17. Turquia, 2015.
- ARAUJO, A.C.; GALERY, R.; VALADÃO, G.E.S.; VIANA, P.R.M. Fragmentação. In: ARAUJO, A.C.; VALADÃO, G.E.S. *Introdução ao Tratamento de Minérios*. 1 ed. Belo Horizonte: UFMG, 2007. cap.5. p.85-103.
- BRAGA, P.F.A.; **Tratamentos de Minérios – Práticas Laboratoriais**. Rio de Janeiro: CETEM/MTC, 2007.
- BURT, R., *Gravity Concentration Technology*, 1984.
- CHAVES, A. P.; PERES, A. E. C.; ARAÚJO, A. C. A. **Teoria e Prática no Tratamento de Minérios: Flotação: o estado da arte no Brasil**. 1ª Ed. São Paulo: Signus, 2006.
- CHAVES, A. P.; LEAL FILHO, L. S.; BRAGA, P.F.A. Flotação. In: *Tratamento de minérios*, 5.ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010. Cap.11. p.465-512.
- CHAVES, A.P.; FILHO, R.C.C. **Teoria e Prática do Tratamentos de Minerios v 6- Separação Densitaria**. São Paulo: Signos, 1999.
- COUTER, T. SUBASINGHE, G.K.N. **A mechanistic approach to modelling knelson concentrators**. *Minerals Engineering*. Volume 18, Issue, January 2005, Pages 9-17.
- FRANÇA, S. C. A.; MASSARANI, G. Separação sólido-líquido. In: *Tratamento de minérios*, 5.ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010. Cap.15. p.637-678
- KELLY, E.G., SPOTTISWOOD, D.J. *Introduction to mineral processing*. Nova York: Wiley Interscience Inc., 1982. cap. 17, p. 327-342.
- KNELSON, B., JONES, R, A new generation of Knelson concentrators: a totally secure system goes on line. *Minerals Engineering*, 1994, 7 (2/3), 201-207.
- KNELSON Gravity Solutions. Knelson concentrators. <http://www.knelsongravitysolutions.com>, 2009.
- KNELSON B., EDWARDS, R. *Development and economic application of Knelson concentrators in low grade alluvial deposits*. The AusIMM Annual Conference, New Zealand, p. 123-128, 1990.
- LINS, F.F., *Concentração Gravítica*, In: *Tratamento de Minérios*, ed. por A.B. Luz, M.V. Possa e S.L. Almeida, 2ª edição, 1998, CETEM, Rio de Janeiro.
- ROENICK, F.S.F; **Extração de Ouro Contido em Minério de Baixo Teor Empregando Pilhas de Lixiviação com Cianeto**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais Escola de Engenharia, 2013.

SAMPAIO, J. A.; FRANÇA, S. C. A. **Tratamento de minérios**. 5.ed. Rio de Janeiro: CETEM/MTC, 2010.

SAMPAIO, J. A. FRANÇA, S. C.A. SILVA, A. O. **Ensaio em jigsaw**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2007.

STEWART, A.L. Gold Ore Processing Today-Part I. *International Mining*, n. 4, p. 21-31, 1984.

WATSON, J.H.P. **The effect of the matrix shape on vortex magnetic separation**. *Miner. Eng.* 2010.