

A GESTÃO DE INSUMOS UTILIZADOS NO PROCESSO DE FLOTAÇÃO DE UMA USINA DE BENEFICIAMENTO DE MINÉRIO DE FERRO EM ITABIRA

Priscila Mara Cota

priscila.maracota@gmail.com

Sinara Paula Cota de Freitas Cassoli

sinaracassoli@hotmail.com

Wellington Marcelo

wmrs@oi.com.br



O processo de flotação reversa de uma usina de beneficiamento de minério de ferro é um dos métodos utilizados na concentração de minérios com baixo teor. O objetivo desta pesquisa foi identificar de que forma são gerenciados os insumos utilizados no processo de flotação de uma usina de beneficiamento de minério de ferro de Itabira-MG. Primeiramente descreveu-se o processo e os insumos de flotação em uma usina de beneficiamento de minério de ferro, para posteriormente analisar os controles dos insumos utilizados no processo de flotação da usina de beneficiamento da empresa em estudo. A metodologia da pesquisa teve uma abordagem qualitativa e quantitativa sendo utilizada pesquisa descritiva, através do método de estudo de caso. Para coleta de dados foi utilizada a técnica de observação e a documental a partir da utilização de documentos internos da empresa: planilhas, procedimentos e manuais de operação, aplicadas a uma amostra não probabilística pelo critério de acessibilidade. Evidenciou-se que as etapas que compõem o processo da usina de beneficiamento da empresa em estudo estão em conformidade com os mencionados na literatura. Com relação aos controles dos insumos verificou-se que a empresa controla o consumo e o estoque desses. No entanto os valores calculados dos parâmetros de ressurgimento do estoque de cada insumo, a análise, apontou desequilíbrio nos níveis de estoque em relação à demanda. Esse desequilíbrio gerou acúmulo de estoque dos insumos amina e soda cáustica

Palavras-chave: Compra, Estoque, flotação, Gestão de Materiais, Usina de beneficiamento

A GESTÃO DOS INSUMOS UTILIZADOS NO PROCESSO DE FLOTAÇÃO DE UMA USINA DE BENEFICIAMENTO DE MINÉRIO DE FERRO EM ITABIRA

SINARA PAULA COTA DE FREITAS CASSOLI (FUNCESI)

sinaracassoli@hotmail.com

PRISCILA COTA (FUNCESI)

Priscila.cota@funcesi.br

WELLINGTON MARCELO RODRIGUES DE SOUZA (FUNCESI)

wmrs@oi.com.br

O presente estudo possui como principal premissa discorrer a respeito do processo de flotação reversa em uma usina de beneficiamento de minério de ferro. Mesmo porque esse processo cuida-se de um dos métodos mais utilizados pelas ditas usinas no que tange aos minérios de baixo teor. Nesse sentido, definiram-se alguns objetivos por meio dos quais o presente estudo se desenvolverá. Primeiramente, objetiva-se descrever o processo por meio do qual os insumos de flotação são realizados numa usina de beneficiamento de minério de ferro; identificar a maneira como ocorre o processo de aquisição ocorre, além de discorrer a respeito dos controles dos insumos utilizados durante a flotação. Quanto aos critérios metodológicos aplicados na realização do estudo aplicou-se a abordagem qualitativa e quantitativa, além da pesquisa descritiva, mediante utilização de estudo de caso. Já no que tange ao tratamento dos dados do estudo, esses foram analisados por meio de técnica de análise de conteúdo. Com o estudo, percebeu-se que a empresa analisada desenvolve um controle de consumo dos insumos, além dos estoques do mesmo. Entretanto, verificou-se ainda que pode haver um desequilíbrio nos níveis de estoque quando traçado um comparativo com a demanda. Desse modo, ocorreu um acúmulo de estoque.

Palavras-chave: flotação, beneficiamento, minério de ferro

1. Introdução

O beneficiamento do minério caracteriza-se como um conjunto de processos pelo qual o material é submetido para adequar o minério bruto proveniente das minas às características especificadas pelo consumidor.

Dentro deste tratamento, há o processo de concentração, o qual consiste na separação e recuperação dos minerais de valor econômico contidos no minério. E para realizar este procedimento, o método mais aplicado na separação de minérios de ferro de baixo teor é a flotação reversa. A flotação reversa é realizada em uma suspensão em água e visa à separação de sólidos finamente divididos explorando diferenças de características de superfícies entre as espécies minerais presentes, por meio da utilização de insumos.

Logo, para assegurar a manutenção do processo produtivo, sem que haja paralisação da produção, realiza-se aquisições de insumos em larga escala. Portanto, a gestão adequada desta grande quantidade de insumos é um fator desafiador nas usinas de beneficiamento de minério de ferro.

Assim, o presente artigo analisa a gestão dos insumos aplicados no processo de flotação de uma usina de beneficiamento de minério de ferro de Itabira. Para isso, buscou-se conhecer intimamente o processo e os insumos de flotação, identificando os processos de aquisição. Desta forma, a presente pesquisa configura-se como um estudo de caso e aborda de forma quantitativa e qualitativa as informações e dados oriundos da técnica de observação e a documental a partir da utilização de documentos internos da empresa: planilhas, procedimentos e manuais de operação.

2. Metodologia

A Abordagem ou estratégia de pesquisa utilizada foi qualitativa e quantitativa, pois além de descrever o processo, a pesquisa analisou dados estatísticos sobre o tema abordado. O método da pesquisa adotado foi o estudo de caso. Gil (2010) afirma que o estudo de caso é utilizado em estudos exploratórios e descritivos. Consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento. Assim, esta pesquisa foi

caracterizada como um estudo de caso, pois apresentou um estudo detalhado sobre a gestão dos insumos utilizados no processo de flotação de uma usina de beneficiamento de minério de ferro, universo da pesquisa.

A operação da nova usina de beneficiamento iniciou-se a partir de julho de 2015 com objetivo de beneficiar itabiritos compactos, um minério com baixo teor de ferro, com capacidade de produzir 12 milhões de toneladas anual. A amostra adotada na pesquisa foi o processo de flotação que utiliza os insumos Amido, Amina e Soda cáustica, tendo como foco a gestão dos mesmos. Os dados foram coletados na Supervisão de Programação e Controle de Processo, da Gerencia de Tratamento de Minério em uma mina da empresa estudada.

3. Fundamentação teórica

Para melhor compreensão sobre o tema, torna-se importante referenciar alguns conceitos sobre administração de materiais, tratamento mineral e gestão de estoques antes de adentrar ao objetivo principal desta pesquisa.

3.1. Administração de materiais

Francischini e Gurgel (2002) relatam o acompanhamento realizado por ambos em diversas empresas. Eles observaram empresas que apresentaram dificuldades financeiras, até mesmo casos de falência, que tinha como causa a má administração de materiais. Os autores enfatizam que uma administração deficiente compromete o resultado financeiro das empresas.

Neste cenário Gonçalves (2004) utiliza-se de uma pesquisa publicada pela Gazeta Mercantil em 1991, para demonstrar a importância e os impactos nos custos no âmbito empresarial. Verificou-se que mais de 50% dos custos são representados pelos investimentos em materiais e serviços destinados ao andamento da produção. O Quadro 1 traz a representação dos principais procedimentos de administração de materiais utilizados de acordo com a explicação da necessidade de utilização dos mesmos:

Quadro 1 – Processos de administração de materiais

PROCEDIMENTO	ESCLARECIMENTO
O que deve ser comprado	Implica a especificação da compra que traduz as necessidades da empresa.
Como deve ser comprado	Revela o procedimento mais recomendável.
Quando deve ser comprado	Envolve a identificação da melhor época.
Onde deve ser comprado	Implica conhecer os melhores segmentos do mercado.
De quem deve ser comprado	Implica em conhecer os fornecedores da empresa.
Por que o preço deve ser comparado	Demonstra o conhecimento da evolução dos preços de mercado
Em que quantidade deve ser comprado	Estabelece a quantidade ideal, por meio da qual haja economia na compra.

Fonte: Adaptado de VIANA, 2002, p.40.

Nota-se, com base no Quadro 1, que a gestão de materiais possui como principal premissa realizar a coordenação dos suprimentos necessários para a produção, a fim de garantir que somente sejam utilizados materiais realmente necessários, na hora e local em que seja necessário. Desse modo, o custo da produção é reduzido.

Nesse sentido, pode-se dizer que o setor de Planejamento Programação e Controle da produção (PCP) é capaz de coordenar toda a movimentação de recursos, possuindo ao mesmo tempo função de articulação e integração. Mesmo porque a PCP também atua com o propósito de redução de conflitos que estejam ligados às funções de finanças, produção, vendas e marketing empresarial (LUSTOSA *et al*, 2008)

3.2. Estoques e modelos de reposição

Conforme foi dito anteriormente, para que as empresas tenham um funcionamento de maneira regular, elas precisam adquirir e manter uma quantidade determinada de material que permita o andamento da produção. Dessa forma, os processos internos irão funcionar de maneira adequada, sem excessos ou faltas.

Segundo Lustosa *et al*. (2008) modelos de reposição de estoque estabelecem regras que permitem decidir quando e quanto repor o estoque. Antes de descrever os modelos de reposição, é essencial a apresentação de alguns conceitos necessários ao entendimento do tema. De acordo com Lustosa *et al*. (2008), tempo de espera (*lead time*), corresponde ao tempo gasto na reposição do estoque. O ponto de pedido segundo Lustosa *et al*. (2008) é o nível que depois de atingido é disparado uma ordem de reposição do estoque. E o estoque de segurança segundo

Corrêa, Giansesi e Caon (2008), é certa quantidade de estoque que se deve manter para que não haja falta de material decorrente de variações na demanda, após a emissão do pedido de compra.

O ponto de reposição pode ser calculado utilizando uma abordagem simples (CORRÊA; GIANESI; CAON, 2008).

$$PR = D \times LT + E_{seg} \quad (\text{Eq.1})$$

Sendo: PR = Ponto de ressuprimento, D = Demanda por unidade de tempo, LT = Tempo de ressuprimento, laed time, (na mesma unidade de tempo da demanda), ES = Estoque de segurança.

Para o cálculo do estoque de segurança segundo Corrêa, Giansesi e Caon (2008) haverá situações em que tanta a demanda quanto o *lead time* de ressuprimento, sofre variabilidade, neste caso considera-se:

$$\sigma_{\text{demanda durante o LT}} = \sqrt{D^2 \times \sigma_{LT}^2 + LT \times \sigma_D^2} \quad (\text{Eq.2})$$

Onde: σ_D = Desvio padrão dos desvios da demanda em relação à previsão, σ_{LT} = Desvio padrão dos desvios do *lead times* em relação à medida, $\sigma_{\text{demanda durante o LT}}$ = Desvio-padrão da demanda durante o período do *lead time*.

Em resumo tem-se:

$$E_{seg} = FS \times \sigma_{\text{demanda durante o LT}} \quad (\text{Eq.3})$$

Sendo que FS é o fator de serviço, esse representa o número de desvio padrão (dos erros de previsão) que se deve ter em estoque de segurança para garantir o correspondente nível de serviço. Na Tabela 1 é demonstrado o fator de segurança. Esse corresponde a vários possíveis níveis de serviço.

Tabela 1 - Fator de segurança

Fatores de segurança	
Nível de serviço	Fator de serviço
50%	0
60%	0,254
70%	0,525
80%	0,842
85%	1,037
90%	1,282
95%	1,645
96%	1,751
97%	1,880
98%	2,055
99%	2,325
99,9%	3,100
99,99%	3,620

Fonte: Adaptado de (CORRÊA; GIANESI, 2008, p. 45).

Pode-se concluir que estoque de segurança será maior quanto o nível de serviço requerido. Corrêa, Gianesi e Caon (2008) afirmam que um aumento do nível de serviço ao cliente só pode ser alcançado pela elevação dos níveis de estoque.

3.3. Beneficiamento do minério de ferro: processo de flotação

As instalações que realizam o processamento dos diversos minérios são denominadas de usinas de tratamento ou usinas de beneficiamento de minérios. Luz *et al.* (2010) define tratamento ou beneficiamento de minérios como um conjunto de operações que visam à adequação do minério bruto proveniente das minas ROM (*Run-of-mine*), as características previamente especificadas pelo cliente consumidor, tais como: granulometria, teor e das substâncias contaminantes, sem, contudo, alterar sua característica química e física.

Dultra (2011) ressalta que para escolha da melhor rota do processo de beneficiamento, devem-se considerar certas propriedades dos minerais como densidade, magnéticas, condutividade elétrica e propriedades químicas.

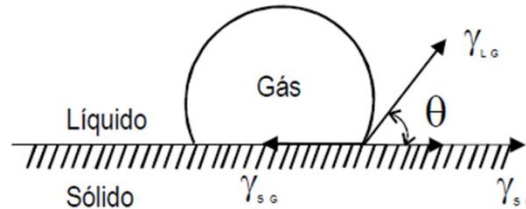
Portanto conclui-se a partir dos pensamentos dos autores, que o objetivo do beneficiamento é a obtenção de um mineral de valor econômico. Para isso faz-se necessário que o minério passe por várias etapas. O número de etapas aplicadas ao minério está condicionada a qualidade do mesmo.

Em uma usina de beneficiamento, o minério percorre diversos processos, tais como o estágio de britagem, peneiramento e classificação, moagem, concentração, espessamento e filtragem, além do processo de flotação. Para fins deste estudo, tem-se como foco principal de análise a flotação e os reagentes utilizados no processo de beneficiamento do minério de ferro.

A flotação é uma etapa de concentração que tem como objetivo a separação de partículas de granulometria fina e que faz uso das propriedades superficiais das mesmas. Ocorre em meio aquoso (polpa + água). A seletividade do processo de flotação se baseia de que a superfície de diferentes espécies minerais pode apresentar distintos graus de hidrofobicidade (aversão à água) que as espécies minerais possuem (CHAVES; PERES, 2012).

Segundo Wills, Napier e Munn (2007) conforme observa-se na Figura 1, no processo de flotação há três fases da matéria: gasosa, líquida e sólida.

Figura 1 - Fase sólido x fase líquida x fase gás

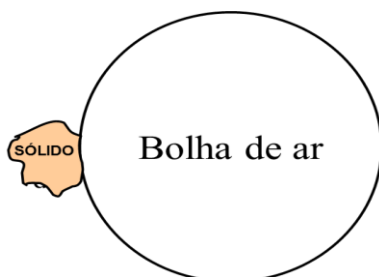


Fonte: CHAVES; LEAL; FILHO, 2004, p. 356.

Observa-se na Figura 1, que os minerais são as partes sólidas, com superfície apolar ou polar, a água é a fase líquida cujas moléculas apresentam um dipolo permanente, portanto são polares, por fim a fase gasosa é representada pelo ar, composta de moléculas apolares.

Luz et al. (2010) afirmam que os coletores são reagentes químicos que fazem com que a superfície de determinada espécie mineral presente na polpa de minério tenha maior afinidade com as bolhas de ar tornando-as hidrofóbicas. Nas Figuras (Fig. 2A; Fig.2B) exemplifica a afirmação dos autores.

Figura 2A – Adesão de sólido à bolha de ar.



Fonte: IETEC, 2009, p 27.

Figura 2B – Bolhas mineralizadas.



Fonte: IETEC, 2009, p 18.

Observa-se na Figura 2A, a parte sólida (partícula mineral) unida a bolha de ar após o recobrimento da superfície mineral por reagentes químicos. Na Figura 2B observa-se uma situação real de bolhas mineralizadas.

Os espumantes são compostos tenso-ativos heteropolares, não ionizáveis, que apresentam um grupo polar e uma cadeia hidrocarbônica, sendo capazes de se adsorverem na interface água/ar.

Os modificadores são reagentes orgânicos ou inorgânicos que possuem como objetivo melhorar a seletividade e/ou recuperação durante o processo de flotação. São classificados segundo a função que exercem no processo de flotação. Moduladores de pH – possuem a função de regular o pH da polpa. Dispersantes e agregantes – Controlam o estado de agregação da polpa; Ativador – tornam mais eficaz e/ou seletiva a ação dos coletores. Depressor – Inibem a ação do coletor de forma a aumentar a sua afinidade pela água (CHAVES; PERES, 2012).

Segundo Luz *et al.* (2010) os minérios de ferro são constituídos de hematita e quartzo e a flotação é denominada de reversa, pois flota os minerais de quartzo, e deprime os minerais de ferro. Os principais reagentes utilizados na flotação do quartzo (conhecido como SiO₂, sílica) são: reagente coletor, Amina, reagentes Modificadores, amido e soda cáustica. Segundo Luz *et al.* (2010) a concentração de minérios de ferro é feita mediante a flotação catiônica reversa da ganga, o quartzo, utilizando as aminas como coletor e o amido como depressor dos óxidos de ferro.

Em resumo conforme os autores pesquisados, a flotação de minérios de ferro ocorre devido a diferenças de superfícies dos minerais de ferro e quartzo (sílica). Para que ocorra a separação utiliza-se a amina como coletor do quartzo. Percebe-se que o processo de flotação é bastante complexo. Envolve fenômenos físico-químicos. Utiliza-se de reagentes químicos que possuem a propriedade de alterar a superfície dos minerais para promover a separação das espécies minerais valiosa daquelas menos valiosas.

4. Análise de dados

Este capítulo teve por finalidade analisar os dados coletados por meio de uma pesquisa documental e observação. Através de planilhas, tabelas, fluxogramas, manuais de operação com conceitos e definições sobre o circuito de flotação e os insumos utilizados no mesmo de forma a atingir os objetivos do presente estudo. O período de análise foi entre 01/01/2016 a 31/12/2016. A análise dos dados coletados está dividida em dois objetivos específicos. Primeiramente descreve-se o processo e os insumos de flotação da usina de beneficiamento em estudo e posteriormente analisa-se os controles dos insumos utilizados no processo de flotação de uma usina de beneficiamento de mineração de ferro em Itabira, de forma a verificar se existe um controle dos estoques de matéria prima necessárias ao processo de flotação.

No Quadro 3 observa-se o resumo dos documentos de análise

Tabela 3 - Resumo dos documentos analisados

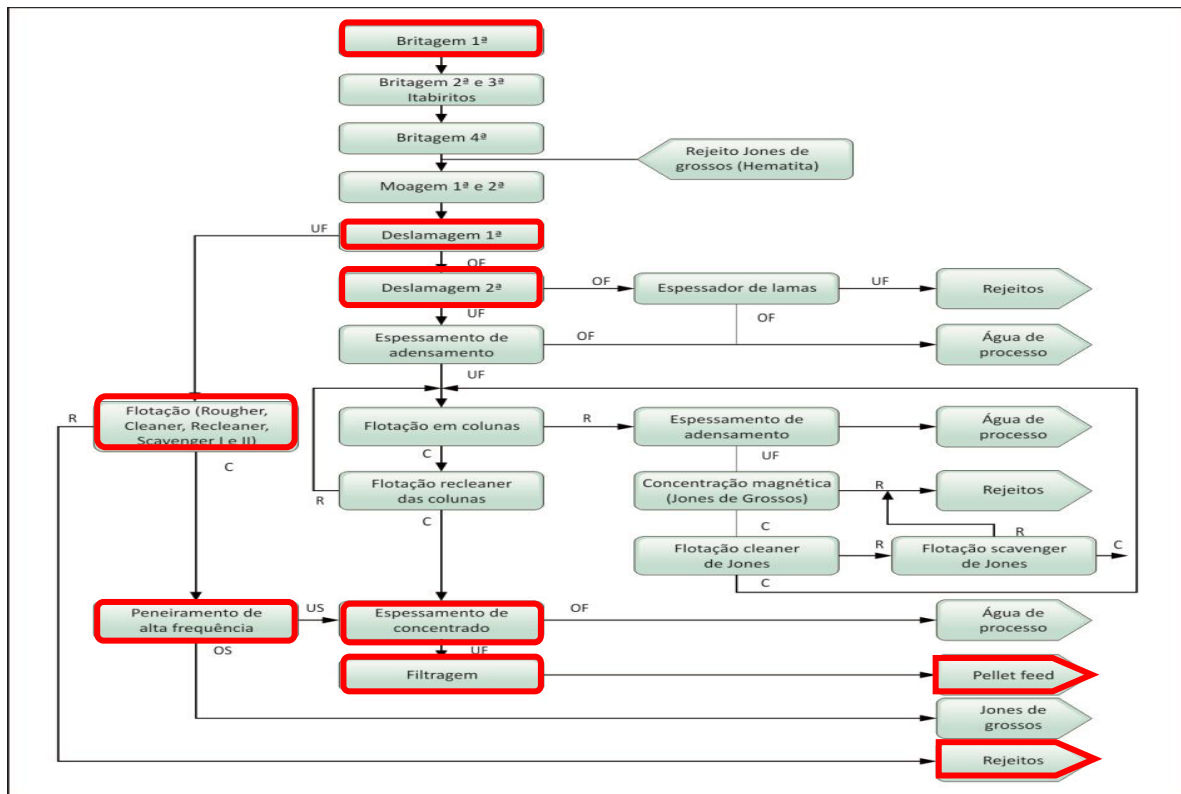
SIGLA	NOME
DOC 1	Fluxograma do processo de beneficiamento (visão geral).
DOC 2	Projeto básico geral - Memorial descritivo da mina de Conceição I.
DOC 3	Manual de operação da usina de tratamento de minério com foco no processo de flotação.
DOC 4	Planilha de levantamento de demanda de cada insumo.
DOC 5	Manual de aquisição dos insumos.
DOC 6	Procedimento de recebimento dos insumos.
DOC 7	Planilhas de controle de consumo, estoque .

4.1 Descrição do processo de beneficiamento do minério de ferro.

A operação da usina de beneficiamento da unidade desta pesquisa iniciou-se em 1978, e somente na década de 90 foi implementado o processo de flotação, isto devido à redução do percentual de ferro da reserva mineral da unidade. No primeiro momento foram instaladas as células mecânicas, no ano de 1995 as chamadas colunas de flotação. Em 2015 entrou em operação o chamado terceiro ciclo tecnológico da mineração. Quando foi instalada uma nova usina de beneficiamento para adequação ao ROM (*run of mine* - porção de minério proveniente da mina), que possui baixo teor de ferro.

A Figura 4 demonstra a rota da usina de beneficiamento da unidade da empresa estudada.

Figura 4 - Rota de processo



Fonte: Dados da empresa (2016).

A partir da técnica de pesquisa de campo foi possível ainda traçar a rota que o minério percorre na usina de beneficiamento da empresa estudada. Sendo assim, ocorrem os seguintes processos:

- a) Britagem;
- b) Moagem;
- c) Deslamagem;
- d) Flotação;
- e) Peneiramento de alta frequência;
- f) Espessamento, filtragem;

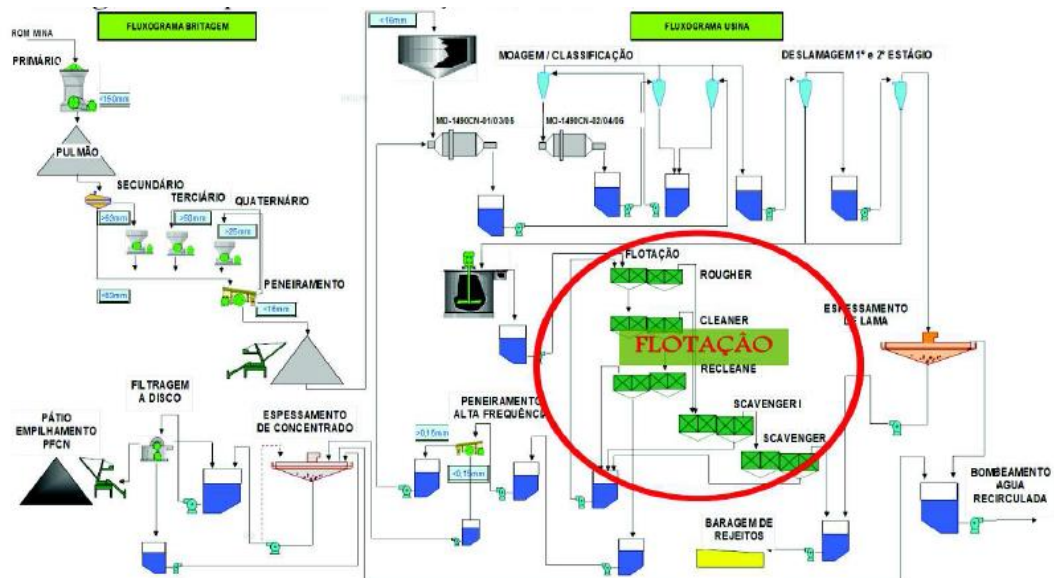
Uma vez descrito o caminho que o minério percorre na usina de beneficiamento de ferro da empresa estudada, o processo e os insumos de flotação serão estudados em mais detalhe.

4.1.1 Descrição do processo de flotação e seus insumos

O processo de flotação localiza-se após os processos de britagem e moagem. Estes processos são necessários para promover a quebra dos minerais extraídos da mina de forma atingir um tamanho adequado ao processo de flotação. Na Figura 5 observa-se à jusante do processo de

flotação estão os processos de separação do minério da água, utilizada no processo como um todo e por fim o processo de estocagem do produto final.

Figura 5 - Fluxograma simplificado da unidade



Fonte: DOC 1.

Nota-se no fluxograma da Figura 5, o processo de flotação acontece em etapas, sendo: A primeira é denominada *Rougher*, onde ocorre a retirada da maioria dos minerais de quartzo; Etapa *Cleaner*: etapa denominada de limpeza “final” onde se tem a continuidade de retirada dos minerais de quartzo e obtém-se o concentrado com alto de minerais de ferro; Etapa *Recleaner*: é a etapa que realiza mais uma limpeza no concentrado da etapa *cleaner* e por fim a etapa *Scavenger*, que visa recuperar o máximo de minerais de ferro que foram enviados para o rejeito.

O processo de flotação da usina alvo desta pesquisa é denominada de flotação reversa, pois flota-se as partículas de quartzo (minerais sem valor econômico) através da adição do coletor (amina) e deprime os minerais de ferro através do amido cáustico denominado de depressor. Os equipamentos utilizados são as células de flotação que mantém a polpa (minério + água) em suspensão, conforme Figura 6, que demonstra um conjunto de células utilizadas no circuito. O circuito é composto por três linhas, cada linha possui capacidade de alimentação que varia de 900 toneladas/hora a 1000 toneladas hora, e a produção diária do circuito é projetada para 35.000 toneladas.

Figura 6 - Célula de Flotação



Fonte: elaborado pelo autor.

As células possuem importância no processo destacada por Segundo Luz et al. (2010), os autores afirmam que as células de flotação são constituídas basicamente de um tanque com agitador que mantém a polpa de minério em suspensão. O eixo do agitador é feito de estrutura tubular, através da qual é introduzido ar na célula, criando bolhas de ar produzidas pela agitação mecânica. O teor de ferro da alimentação do circuito é em média de 43% e após passar pelas etapas de flotação espera-se a obtenção do produto final em torno de 68% de ferro e quartzo (sílica) em média de 1%.

Após descrever todo o processo de beneficiamento do minério de ferro da usina em estudo, conclui-se que a rota de processo possui várias etapas, cada qual com sua particularidade e importância. Para que ocorra o processo de flotação as partículas do minério devem ter um tamanho adequado e estarem liberadas, isso é possível devido aos processos de britagem e moagem. E por fim os reagentes são os fundamentos pelos quais é possível alcançar a separação entre os minerais de quartzo e ferro.

Para que os insumos citados anteriormente sejam considerados reagentes a usina de beneficiamento alvo desta pesquisa, esta possui uma instalação denominada de planta de reagentes, na qual os insumos passam por uma etapa de preparação antes de serem utilizados no processo de flotação. Os reagentes utilizados no processo possuem origens distintas. Para obter o reagente depressor são utilizados como insumo o amido de origem orgânica (mandioca ou milho), amina e a soda cáustica de origem inorgânica

4.2 Analisar os controles dos insumos utilizados no processo de flotação da usina.

Após o recebimento dos insumos é de fundamental importância o controle da utilização dos mesmos no processo de flotação de forma a garantir a operação da planta. Ficou evidente a existência de controle dos insumos na empresa estuada. No entanto apesar de evidenciado a existência de controle de consumo e estoque, os parâmetros adotados pela empresa estudada, são estabelecidos pela experiência do controlador de estoque. Isso pode levar a prática de nível de estoque acima ou abaixo do ideal. O que a pesquisa pretende analisar.

Com a finalidade de verificar se o nível de estoque dos insumos se encontram foram realizado os cálculos de estoque de segurança, estoque máximo, e também, o ponto de ressuprimento para cada insumo, com a finalidade de verificar de a empresa possui estoque a mais ou a menos que a quantidade necessária. O período analisado foi o ano de 2016. Considerou-se amostra de 52 demandas semanais passadas.

A Tabela 1 demonstra os valores da média da demanda, desvio padrão da demanda e do *lead time*, calculados a partir da Tabela 1A em anexo. A Tabela apresenta também o nível de serviço requerido e o fator de segurança. Pela relevância dos insumos para o processo de flotação identificada nos tópicos anteriores adotou-se o nível de serviço igual a 99% e fator de segurança de 2,33 para cada insumo.

Tabela 1 – Parâmetros de entrada referente a 2016.

Parâmetros de entrada	Amido	Amina	Soda
Demanda média (ton)	132	41	31
Desvio-padrão da demanda (ton)	34	8	7
<i>Lead time</i> médio (LT)	1,031	0,982	0,981
Desvio-padrão <i>Lead time</i> (LT)	0,07	0,14	0,11
Nível de serviço	99%	99%	99%
Fator de segurança	2,33	2,33	2,33

A Tabela 2, apresenta os valores de estoque de segurança, ponto de ressuprimento e estoque máximo obtidos para cada insumo analisado.

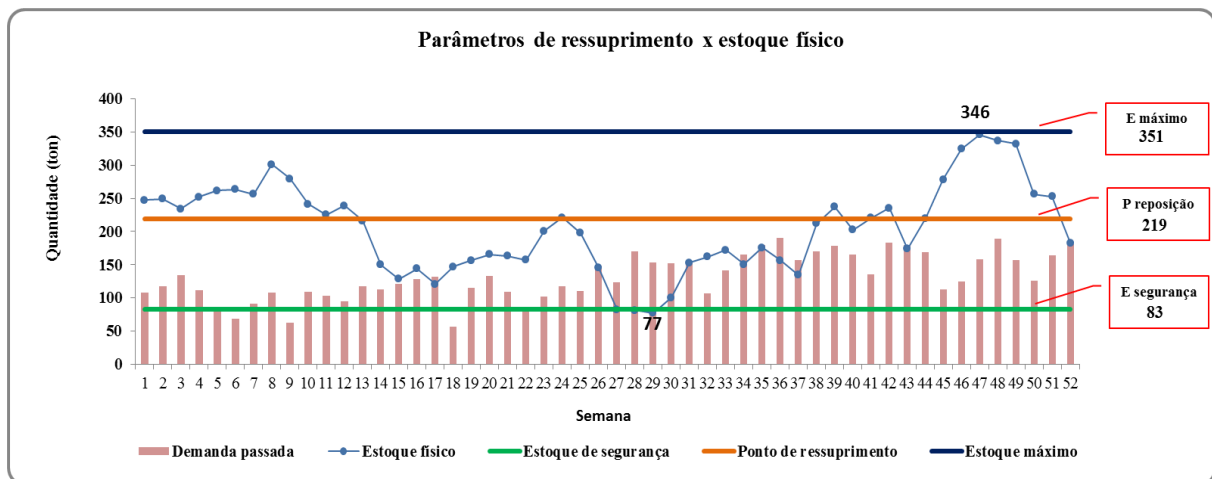
Tabela 2 - Parâmetros de ressuprimento de estoques

Parâmetros calculados	Amido	Amina	Soda
Estoque de segurança <i>lead time</i> variação LT (ton)	83	23	19
Ponto de ressuprimento - PR (ton)	219	64	57
Estoque máximo EM (ton)	351	104	88

Diante dos parâmetros calculados, faz se interessante comparar a pratica adotada pela empresa e a situação demanda pelo modelo de *lead time* e demanda variáveis. Para tal foram construído os gráficos de cada um dos insumos.

➤ Amido

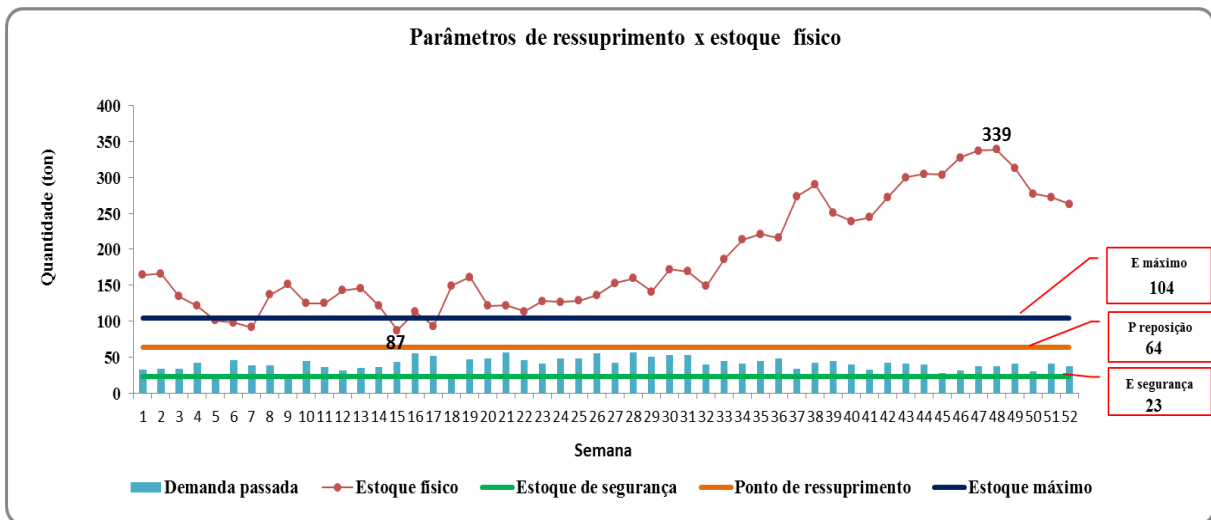
Gráfico 1 – Parâmetros de ressuprimento do amido



Análise do Gráfico 1 permitiu verificar o comportamento do nível de estoque no período. Observou-se que o nível mínimo atingiu 77 toneladas, abaixo do estoque de segurança calculado. No entanto não acarretou em falta do insumo. Observa-se oscilações do estoque físico em relação a demanda. Hora a demanda aumenta o estoque físico diminui em outros momentos a demanda diminui e o estoque físico aumenta. Outro fator observado foi que entre as semanas 15 e 43 em grande parte o nível do estoque não atingiu o ponto de ressuprimento calculado. Pode-se concluir que os níveis de estoque em relação aos parâmetros teve um comportamento de equilíbrio, pois não foi encontrado valores de estoque superior ao estoque máximo calculado. Por outro observou-se que entre as semanas 14 e 37 o nível de estoque permaneceu acima do estoque de segurança e abaixo do ponto de ressuprimento e somente três valores abaixo do estoque de segurança foi encontrado.

➤ Amina

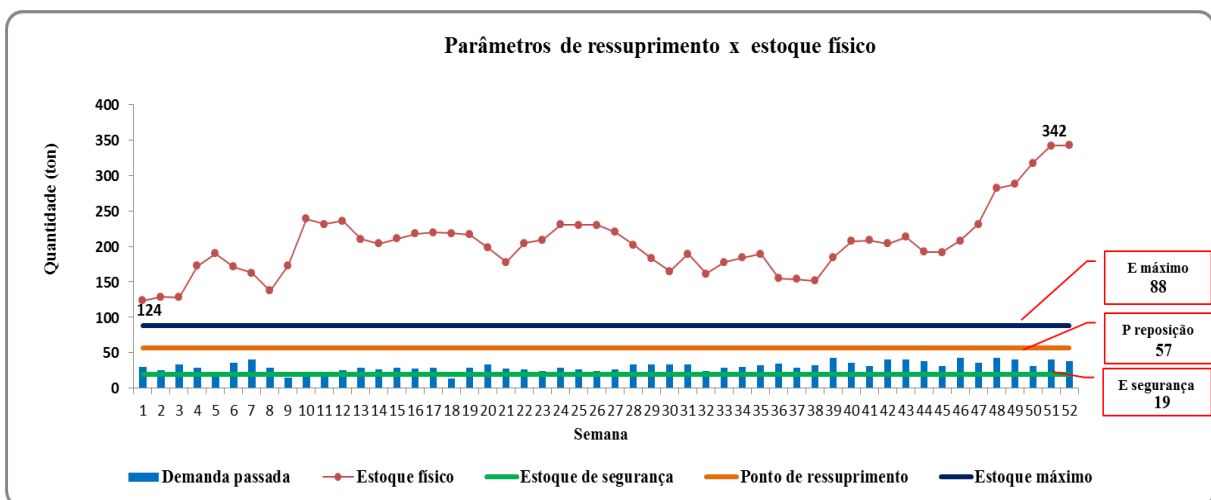
Gráfico 2 - Parâmetros de ressuprimento da amina



No caso da amina o Gráfico 2 demonstrou que o estoque físico chegou a 87 toneladas, acima do ponto de ressuprimento. Por outro lado o estoque físico ficou acima do estoque máximo praticamente em todas as semanas. Atingindo um pico de 339 toneladas. Pode-se observar que a reposição de estoque ocorreu de forma desequilibrada, ou seja, não acompanhou as variações da demanda. Essa condição não está em conformidade com a literatura, Francischini e Gurgel (2002), afirmam que o nível de estoque não deve ser alto a ponto de comprometer a rentabilidade da empresa, o desafio é encontrar equilíbrio no nível de estoque a ser praticado.

➤ Soda

Gráfico 3 - Parâmetros de ressuprimento da soda cáustica



Por fim o Gráfico 3 demonstrou que a reposição do estoque apresentou o mesmo comportamento da amina em vários momentos. Evidenciando o desequilíbrio do nível do

estoque em relação à variação da demanda. Esse desequilíbrio é claramente percebido a partir da semana 46, quando o nível de estoque teve uma evolução crescente até atingir o pico de 342 toneladas.

Portanto identifica-se que o comportamento entre os níveis de estoque e a demanda difere do recomendado pela literatura. Segundo Viana (2009), deve-se buscar o equilíbrio entre estoque e consumo. De acordo com Gonçalves (2004), estoque de materiais é indispensável para o processo produtivo, no entanto deve ser equacionado, pois ele possui um custo e representa capital imobilizado.

5. Considerações Finais

O processo de flotação da usina de beneficiamento da usina estudada utiliza-se de grandes volumes de insumos para promover a separação dos minerais de ferro e quartzo. O produto gerado no processo contém alta concentração de mineral valioso. A rota do processo é projetada segundo os conceitos e aplicações conhecidas pelas empresas do setor de mineração.

Constou-se que a etapa de flotação e os insumos utilizados no processo estão em conformidade com os autores pesquisados. A flotação é denominada de reversa, pois flota-se as partículas de quartzo (minerais sem valor econômico) através da adição do coletor (amina) e deprime os minerais de ferro através do amido cáustico denominado de depressor.

Foram calculados no o ponto de ressuprimento, estoque de segurança, considerando a variação do *lead time* e da demanda e estoque máximo. A análise gráfica possibilitou afirmar que os níveis de estoque do amido teve comportamento mais equilibrado em relação à variação da demanda. O nível de estoque não atingiu o nível máximo calculado, no entanto por três momentos o nível de estoque ficou abaixo do estoque de segurança. Por outro lado, os níveis de estoque da amina e soda cáustica em ambos os casos permaneceram acima do estoque máximo calculado. A reposição de estoque ocorreu de forma desequilibrada, ou seja, não acompanhou as variações da demanda, causando elevação dos níveis de estoque.

REFERÊNCIAS

CHAVES, A. P.; PERES, A. E. C. Teoria e Prática do Tratamento de Minérios. 5 ed., São Paulo: Signus Editora, 2012. Volume 3.

CHAVES, A. P., LEAL FILHO, L. S., BRAGA, P. F. A. Flotação. In: LUZ, A. B., SAMPAIO, J. A., FRANÇA, S. C. A. **Tratamento de minérios**. 5. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010.

CORRÊA, H. L.; GIANESII, G. N.; CAON, M. **Planejamento, Programação e Controle da Produção**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

DUTRA, Ricardo. **Beneficiamento de Minerais Industriais**. 2011.

FRANCISCHINI, P. **Administração de Materiais e do Patrimônio**. São Paulo: Pioneira 2002.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5 ed. São Paulo: Atlas 2010.

GONÇALVES, P.S. **Administração de Materiais**. Rio de Janeiro: Elsevier 2004.

LUSTOSA, L.; MESQUITA, MARCO A.; QUELHAS, O.; OLIVEIRA, R. **Planejamento e Controle da Produção**. Rio de Janeiro: Coleção ABEPRO, 2008.

LUZ, A. B et al. **Tratamento de Minérios**. 5 ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010.

VIANA, João José. **Administração de Materiais: um Enfoque Prático**. São Paulo: Atlas, 2002.

VIANA, João José. **Administração de Materiais: Um Enfoque Prático**. 1. ed. São Paulo: Atlas. 2009.

WILLS, B. A.; NAPIER-MUNN, T. **Mineral Processing Technology**. 7. ed. [S.l.]: Elsevier Science e Technology Books, 2007.

ANEXO

A Tabela 1A apresenta os dados semanais da demanda, *Lead time* e estoque de segurança de cada insumo correspondente ao ano de 2016.

Tabela 1A – Histórico das demandas passadas período 01/01/2016 a 31/12/2016

Semana	Amido			Amina			Soda		
	Demanda (ton)	Lead time (semana)	Estoque real (ton)	Demanda (ton)	Lead time (semana)	Estoque real (ton)	Demanda (ton)	Lead time (semana)	Estoque real (ton)
1	108	0,95	247	33	1,00	165	30	0,86	124
2	118	0,86	249	34	1,29	166	25	0,95	128
3	134	1,02	234	34	0,71	134	33	1,00	128
4	111	1,00	252	42	1,05	122	29	0,90	172
5	80	1,19	262	27	1,07	101	19	0,86	190
6	69	1,00	264	46	1,00	98	36	0,86	171
7	91	1,14	256	38	1,29	91	40	0,79	163
8	108	1,19	301	38	0,86	137	29	1,00	137
9	62	1,05	280	22	1,00	151	15	1,14	173
10	109	1,05	241	45	0,95	125	21	1,00	239
11	103	0,90	225	36	1,10	125	20	1,14	231
12	95	1,05	239	32	1,00	143	25	0,93	236
13	118	1,00	216	35	1,00	146	29	1,07	210
14	112	1,00	150	36	0,86	122	26	1,14	204
15	121	1,03	129	43	1,00	87	28	0,96	211
16	128	1,00	144	55	0,79	113	28	0,79	218
17	132	1,00	121	52	0,86	93	28	1,00	219
18	56	0,98	147	22	1,00	149	14	1,09	219
19	115	0,94	157	47	1,00	161	28	0,71	217
20	133	1,06	166	49	0,71	121	34	0,94	198
21	109	1,00	163	57	0,95	122	28	1,00	178
22	84	1,00	157	46	0,93	113	27	1,10	204
23	101	0,95	201	41	0,93	128	24	1,05	209
24	118	1,05	221	48	1,21	127	29	1,00	231
25	110	1,05	198	48	1,10	129	27	1,07	230
26	149	1,00	145	55	0,86	136	25	1,00	230
27	123	1,14	82	42	0,93	153	26	0,86	220
28	170	1,05	81	57	0,90	160	34	0,93	202
29	153	1,05	77	50	1,00	141	34	1,14	183
30	152	1,00	100	53	0,95	172	34	1,00	165
31	152	1,00	153	53	1,21	169	33	0,86	189
32	107	1,05	162	40	1,00	149	24	0,93	162
33	141	1,06	172	44	1,14	187	28	0,93	178
34	166	1,11	151	41	0,93	214	30	0,86	184
35	179	1,00	175	44	0,71	221	32	0,95	189
36	190	1,08	156	48	1,00	216	35	1,10	155
37	157	1,02	135	34	0,86	274	28	1,00	154
38	170	1,07	212	42	0,71	290	32	0,86	151
39	178	1,10	238	44	0,86	250	43	1,00	184
40	166	1,16	203	40	0,86	239	36	0,86	208
41	136	1,06	221	32	1,00	245	31	1,05	209
42	183	1,06	236	42	1,00	272	40	1,00	204
43	180	0,93	174	41	0,95	300	40	1,00	213
44	168	1,06	220	40	1,21	305	38	1,05	192
45	113	1,05	278	28	1,00	303	31	0,86	192
46	125	1,06	325	32	1,14	327	42	1,00	208
47	159	1,03	346	37	0,93	337	35	1,04	232
48	189	1,05	337	38	0,93	339	42	1,04	282
49	157	1,00	332	41	1,21	313	40	1,24	288
50	126	1,00	257	30	1,10	278	31	1,14	318
51	164	0,93	253	41	1,00	272	40	1,00	342
52	181	1,09	183	37	1,00	263	38	1,00	343

Fonte: elaborado pelo autor.