

# Estudo sobre a substituição de bombas pneumáticas e compressores por bombas elétricas na Mina MTL

**Maria Eduarda Araújo Sousa / Gabriel Teixeira de Vasconcelos**

mariaeduardaajsousa@gmail.com / gtvvasconcelos97@yahoo.com.br

**José Celso Alves Melgaço**

Coordenação de Curso de Engenharia Elétrica Una Bom Despacho

**Resumo** – O presente trabalho apresenta uma pesquisa em campo em análise da utilização atual de bombas pneumáticas com compressores na mina MTL e a pressuposta viabilidade de substituição para bomba elétrica. Inicialmente foi realizado levantamento dos dados com base em arquivos técnicos, pesquisa em campo e acompanhamento do funcionamento das duas bombas, e em seguida definida uma metodologia de abordagem para a pesquisa. Foram abordados aspectos técnicos e operacionais dos dois casos, sendo comparados custos e eficiência. Uma proposta de substituição foi realizada e os possíveis resultados mensurados. Os resultados obtidos apontam que a substituição da bomba pneumática é viável comparada a bomba elétrica, uma vez que a eficiência da bomba elétrica é maior.

**Palavras-chaves** – Estudo, substituição, bombas pneumáticas, bombas elétricas

## **1 INTRODUÇÃO**

Desde a pré-história, quando o homem extraia hematita para fazer suas pinturas e rituais, até os tempos atuais, com as poderosas tecnologias de extração em locais de difícil acesso, muito conhecimento foi descoberto para que novos limites fossem atingidos. Isto porque, quando compreende-se que os recursos naturais minerais são escassos, à medida que sua exploração aumenta, suas reservas diminuem e tornam o seu acesso e obtenção cada vez mais difícil, sendo portanto necessário desenvolver melhores técnicas para manter a mineração como uma atividade viável economicamente. (GERMANI, 2002).

O primeiro sistema de bombeamento utilizado no mundo foi a mais de 10000 mil anos atrás, por meio de parafuso de Arquimedes. Desde então as bombas sofrem mudanças acompanhando a evolução da tecnologia. (UFRGS / Novembro 2019).

O sistema de bombas pneumáticas, muito usado ainda nas indústrias, tem seu princípio de funcionamento por diafragma, sendo necessário compressores para o seu funcionamento, gerando assim uma sobrecarga energética.

Se, no início das atividades exploratórias, o ser humano encontrou na superfície facilmente os minerais que atendiam às suas demandas, hoje a crescente escassez de recursos torna necessária uma abordagem de exploração em profundidades cada vez maiores. Vale ressaltar que, a cada nova tecnologia desenvolvida como produto no mercado, novas necessidades de minerais são estabelecidas e isto soma à escassez para exigir que a otimização das técnicas seja sempre um objetivo central da atividade mineradora. (BRASIL, 2010).

Em relação a presença de água nestes sistemas, devido a algumas localizações abrangerem uma proximidade a zonas de acúmulos aquíferos, bem como outros fenômenos naturais que podem causar a insurgência de água nas minas, a bomba necessita ter grande eficiência, pois a remoção da água nestes ambientes é fundamental (BRADY, 2004)]. Para evitar o alagamento e interrupção das atividades além dos riscos com acidentes, é necessário que se tenham estruturas de bombeamento para elevar a água das elevadas profundidades até a superfície. Isto demanda um trabalho muito grande de bombas e compressores, sendo o seu consumo energético parte relevante dos gastos totais da operação.

Atualmente há um grande problema na Mina subterrânea MTL - Jaguar Mining que é com o uso de Bombas Pneumáticas e Compressores. Existem perdas de eficiência no processo, como o tempo com manutenções corretivas (que não garante o funcionamento no campo) e demanda de tempo para instalação no local onde vai ser utilizada (infraestrutura, linha de ar comprimido no local, dentre outros).

Devido ao uso das mesmas, deve ser mantida em funcionamento uma carga de 500 cv (cavalo-vapor), equivalente a 367,76 kW (quilo watt), em compressores industriais, pois os mesmos são necessários para manter uma certa pressão de ar comprimido na linha. Caso não seja atingida a pressão mínima de ar, o funcionamento das bombas não é eficiente.

## **1.1 Problema de pesquisa**

As Bombas pneumáticas são indicadas para serviços pesados de drenagem, principalmente drenagem de minas e barragens, construção e manutenção de represas, centrais hidrelétricas e serviços portuários, proporcionando drenagens em altura manométrica superior a 240 metros (HT). Devido às suas características físicas, o tipo da bomba se destaca como grande perda de processo devido a um curto período de MTTF (Tempo médio entre falhas), elevado custo de reparo, e baixa confiabilidade nos reparos a realizar.

Diante do exposto, buscou-se responder a seguinte questão: Para aumentar o MTTF, diminuir o tempo de reparo e aumentar a confiabilidade da bomba, a substituição da bomba pneumática por bombas elétricas, é realmente viável?

## **1.2 Hipóteses**

- i) Utilizar bomba elétrica na Mina Subterrânea pode evitar a quebra precoce.
- ii) A utilização da Bomba Elétrica, é economicamente mais viável que a bomba pneumática, e inibe a utilização de compressores.
- iii) Flexibilidade em manutenções, diminuindo o tempo com corretivas e dando mais confiabilidade às bombas.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo Geral**

O presente trabalho tem por objetivo geral analisar a viabilidade da substituição das bombas pneumáticas por bombas elétricas, na tentativa de eliminar os compressores da Mina, além de diminuir custos elevados com manutenções, sendo validado a eficiência da implantação se comparada à bomba pneumática.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

i) Pesquisar manuais de aplicação e vantagens relacionados à bomba, que possam agregar conhecimentos para elaboração do artigo e consequente análise da viabilidade.

ii) Realizar pesquisa em Campo e monitoramento da vida útil da bomba pneumática e elétrica, também custo com reparo.

iii) Analisar se a substituição é viável, mediante aos comparativos dentre as bombas.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Aplicação das bombas pneumáticas**

No início de uma operação de atividade minerária, a retirada da água é a chave para manter a produção, seja subterrânea ou a céu aberto. No momento em que o minério entra na planta de processamento, as lamas precisam ser transportadas. Mesmo no caso raro de moinhos de gravidade, onde o fluxograma corre sequencialmente em declive, haverá alguma necessidade de reciclagem de material, envolvendo tubulação e bombeamento. Dentro da planta, os reagentes devem ser manuseados, fluxos separados direcionados para a próxima etapa de tratamento apropriada e, ao final de todo o processo, rejeitos depositados e água de reaproveitamento reciclada. (CHAVES,2012).

Cada um dos componentes envolvidos no manuseio de fluidos que tanto podem ser corrosivos quanto abrasivos tem requisitos específicos em termos dos materiais usados em sua construção, enquanto o objetivo é sempre manter os custos de manutenção e reparo ao mínimo. Os fabricantes hoje oferecem bombas, tubulações e válvulas feitas de materiais adequados para a tarefa exigida, com pesados investimentos no desenvolvimento de uma nova metalurgia que pode fornecer um serviço melhor a um custo geral mais baixo (VINADÉ, PEREIRA, DE NEGRI,1999). Plásticos mais leves também estão desempenhando um papel cada vez mais importante, especialmente em tubulações, enquanto a confiabilidade das válvulas melhorou ao longo dos anos,

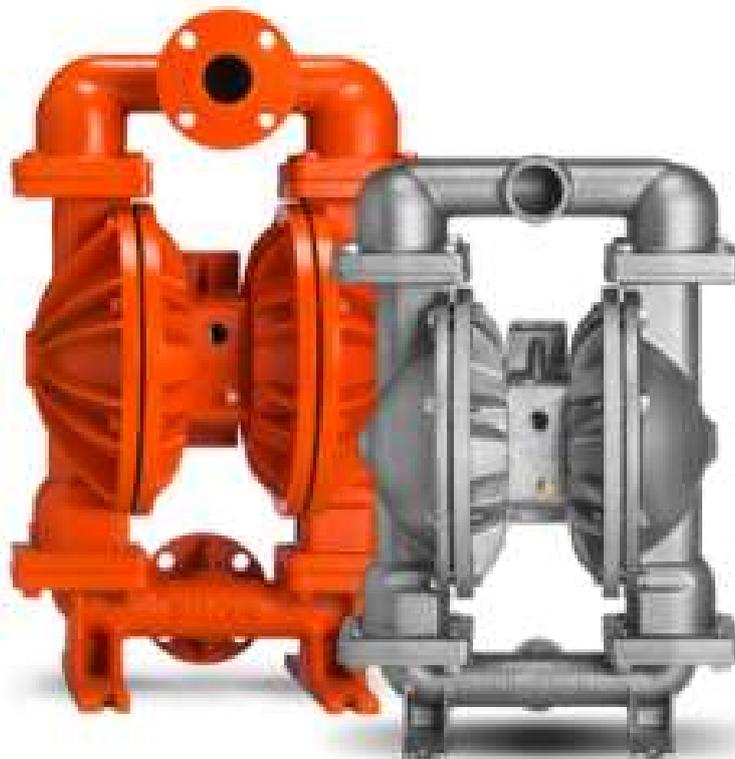
proporcionando um controle mais preciso sobre os fluxos de fluidos de todos os tipos.

As bombas pneumáticas de duplo diafragma (BPDD) são peças críticas do equipamento de mineração e são implantadas em vários locais de minas ao redor do mundo. Da mineração de carvão à rocha dura, as BDPP são usadas em uma ampla gama de aplicações para manter os processos de mineração produtivos e seguros (STEWART,2002).

As BPDD são usadas em praticamente todas as formas de mineração: subterrânea, a céu aberto, dragagem e *in-situ*. Dos quatro tipos de mineração, o subterrâneo usa a maioria das bombas BPDD, mas todas as utilizam regularmente. As figuras 1, 2, 3 e 4, apresentam uma BPDD e seu esquema de funcionamento, considerando que a bomba não contém nenhum fluido em seu interior no momento de acionamento.

**Figura 1:** Bomba Pneumática de Duplo Diafragma Wilden Modelo T15

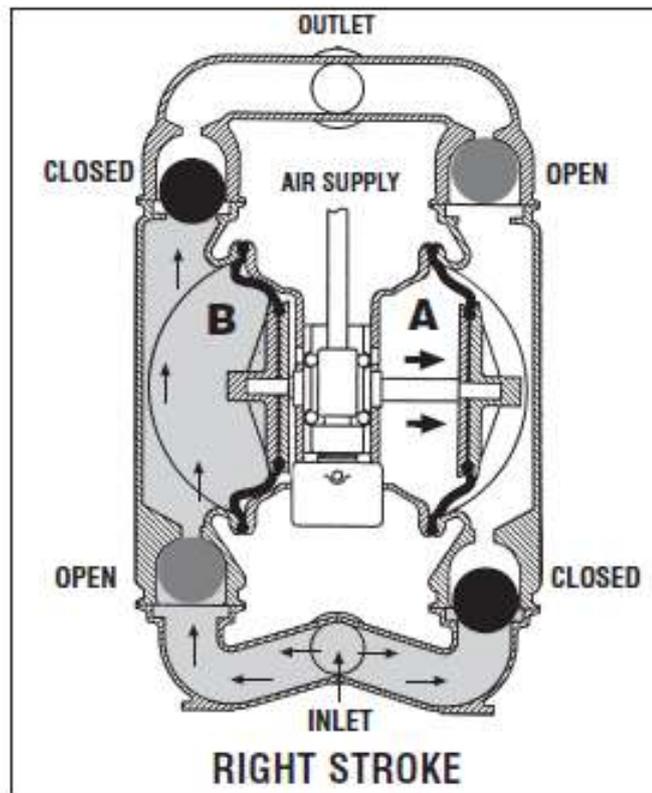
**WILDEN**



**Fonte:** WILDEN PUMP & ENGINEERING CO, 2021

Na figura 2, pode-se notar os dois lados da bomba e os dois diafragma A e B. No *right stroke* (avanço direito), a válvula de ar direciona a pressão de ar comprimido para trás do diafragma A, com isso o diafragma B se movimenta sentido ao bloco central, devido ao eixo conectado ao diafragma A. Nesse momento cria-se uma diferença entre a pressão atmosférica interna e externa na câmara B, fazendo com que o fluido seja forçado para dentro do coletor. (WILDEN PUMP & ENGINEERING CO,2021).

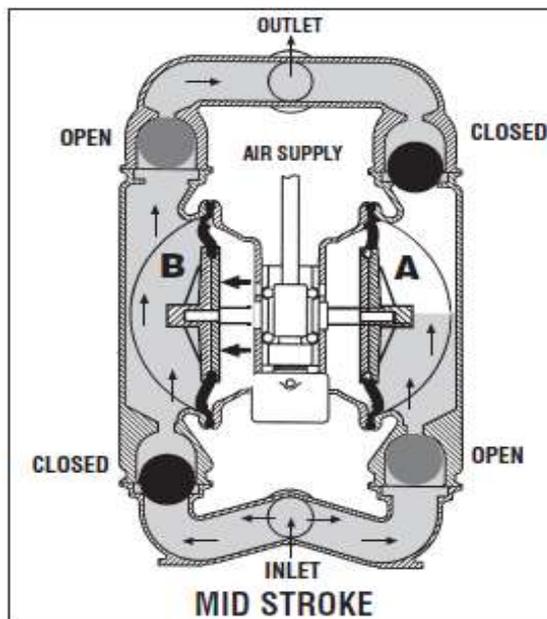
**Figura 2:** BPDD e seu esquema de funcionamento Avanço direito



**Fonte:** WILDEN PUMP & ENGINEERING CO, 2021

Na figura 3, no *mid stroker* (avanço central), após o diafragma A atingir seu fim de curso de descarga, a válvula de ar direciona o ar comprimido para trás do diafragma B, iniciando a descarga da câmara B. Com a pressão do fluido, a válvula de esfera superior dá condição para o fluido sair, ao mesmo tempo o diafragma A se movimenta em direção ao bloco central e o fluido começa a encher a câmara A devido a diferença de pressão criada. (WILDEN PUMP & ENGINEERING CO,2021).

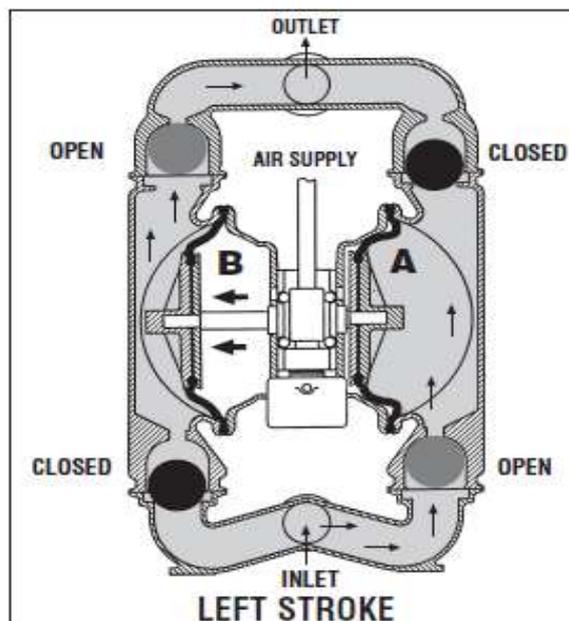
**Figura 3:** BPDD e seu esquema de funcionamento Avanço central



**Fonte:** WILDEN PUMP & ENGINEERING CO,2021

Na figura 4, após o diafragma B atingir seu fim de curso de descarga, a válvula de ar redireciona o ar comprimido para trás do diafragma A, iniciando novamente o enchimento da câmara B e a drenagem da câmara A. (WILDEN PUMP & ENGINEERING CO,2021).

**Figura 4:** BPDD e seu esquema de funcionamento Avanço Esquerdo



**Fonte:** WILDEN PUMP & ENGINEERING CO,2021

Ao minerar no subsolo, a água chega ao ponto mais baixo. As BPDD são usadas para mover essa água para uma bacia central, onde é então bombeada acima do solo para tratamento. Os locais comuns para desidratação incluem desaguamento por deriva, desaguamento de face sob o equipamento de perfuração, bombeamento de lama e sujeira e desaguamento por correia. (ZHANG, ZHOU, FINCH, 2012).

As bombas BPDD são muito usadas para bombear água de mina de valas e pontos baixos e transferi-la para longe das áreas de trabalho, geralmente para um reservatório central. Algumas minas também usam bombas pneumáticas centrífugas de desaquefação portáteis para aplicações de desidratação localizadas, semelhantes à forma como as bombas BPDD são usadas. (GARCIA,2014).

Um exemplo é a aplicação na lavagem das cabeças de correias encontradas em minas de carvão. A água da mina é bombeada para um reservatório, uma (estação de bombeamento), para ser capturada e, em seguida, bombeada para a superfície.

Este processo mantém a área de trabalho livre de águas profundas e ajuda na segurança do minerador, protege o equipamento e melhora a produtividade. Na mineração de ouro, por exemplo, as bombas mantêm a água longe da “face” de mineração, especialmente quando a face tem uma elevação mais baixa do que o resto da mina. Se a água for mais profunda do que a ponta da bota de um mineiro nas áreas de trabalho, os oficiais de segurança podem fechar uma mina ou emitir multas pesadas para o local da mina (GARCIA,2014).

A maioria das bombas de desidratação de minas são unidades de 2” ou 3” que podem fornecer fluxos de até 480,8 L/min (litros por minuto). Essas bombas são geralmente construídas em alumínio e equipadas com diafragmas e vedações de borracha (nitrila, neoprene) ao manusear a água de mina. (HESSE, LINSINGEN,2001).

As unidades de operação podem ser fixadas ou aparafusadas. As bombas fixadas são muito simples de desmontar, exigindo muito poucas ferramentas. Com unidades tipo braçadeira, pode-se retirar o conjunto facilmente para remover os detritos no local sem ter que mover a bomba para uma área de reparo. (HESSE,2000).

As bombas aparafusadas também são fáceis de reparar, mas podem levar mais tempo para desmontar se ferramentas pneumáticas não estiverem disponíveis. As bombas aparafusadas podem ser reparadas muitas vezes sem a necessidade de substituir as bandas de fixação que podem esticar e são consideradas componentes de desgaste. Além disso, elas podem ser vedadas mais facilmente do que as unidades fixadas, o que é especialmente crítico ao bombear fluidos perigosos. (HESSE,2000).

## **2.2 Bombas Elétricas**

As bombas elétricas são bombas submersíveis e acionadas por um motor elétrico, as bombas destinam-se a mover água de sapo, lama, água natural e água potável.

Na indústria de mineração subterrânea são utilizadas uma grande quantidade de bombas, a eficiência e a confiabilidade da bomba são essenciais para operações lucrativas. Com várias necessidades de aplicação, incluindo desaguamento geral, remoção de lama e rejeitos, fonte e água de processo, lavagem de equipamentos e diminuição de poeira, os desempenhos das bombas com alta eficiência são cruciais para que o processo dentro de uma Mina subterrânea funcione. Ainda hoje a maior parte da indústria de mineração subterrânea utiliza o bombeamento movido a diesel; as bombas elétricas portáteis estão surgindo como outra escolha, e está sendo aquela que oferece versatilidade de aplicação, bem como altos benefícios de desempenho, menor custo com Manutenção e retorno sobre o investimento. (GARCIA,2014).

## **2.3 Aplicação das bombas elétricas**

As bombas elétricas são transportáveis e podem funcionar completas ou parcialmente submersas no líquido bombeado. A bomba está equipada com uma ligação para mangueira ou tubo.

Diversas empresas, como as de Mina Subterrâneas, têm uma natureza dinâmica e requerem a instalação temporária de equipamento, como o caso das bombas elétricas. Devido à natureza exigente destas aplicações, a utilização mais indicada é de máquinas elétricas, mediante isso ocorre o risco das causas

de deterioração que pode resultar em quebras no isolamento, curto circuitos e fios expostos. Para maximizar a segurança quando da utilização da unidade em aplicações exigentes, devem ser cumpridas as seguintes condições: (BASTOS,2000).

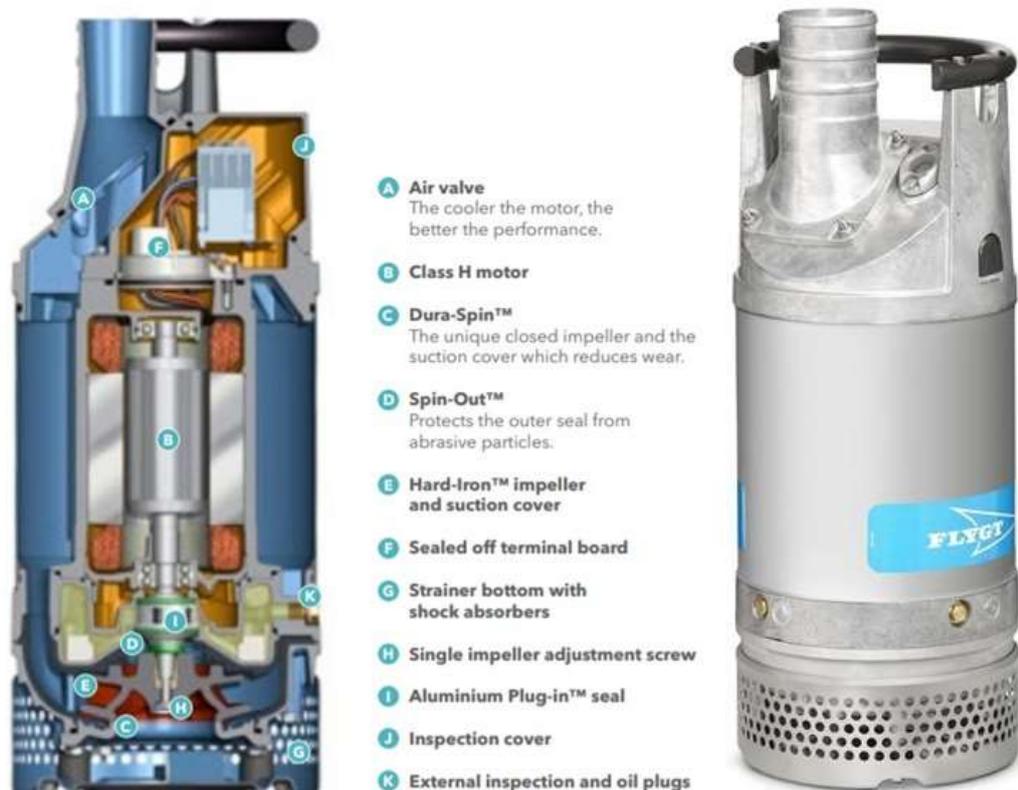
- Os cabos elétricos necessitem de ser localizados de modo a ficarem em risco de serem pisados por equipamento pesado, disponibilize proteção mecânica para evitar danos físicos nos cabos.

- Inspeção visualmente o equipamento elétrico antes da utilização. Retire de serviço todos os equipamentos com fios expostos ou danos visíveis.

- Utilize interruptores de circuitos de falha de terra em todos os receptáculos, ou tenha um programa garantido de condutor de terra do equipamento. (BASTOS,2000).

A figura 5 a seguir mostra um conjunto portátil de instalação de bombeamento elétrico.

**Figura 5:** Conjunto de bombeamento elétrico (Modelo: Flygt 2630.81 ht)



**Fonte:** Flygt a Xylem brand, 2019

Os conjuntos de bombas elétricas são apresentados em uma ampla variedade de configurações e essa versatilidade pode ser essencial para as necessidades em constante mudança dos locais de mineração. Um exemplo são pacotes de bombas elétricas portáteis, que são normalmente combinadas com drives de frequência variável (VFDs) para que os usuários possam alcançar várias aplicações com uma bomba simplesmente ajustando a velocidade (BASTOS,2000).

Para aplicações de mineração com diversos pontos de trabalho, os conjuntos de bombeamento elétricos podem atender aos requisitos específicos de eficiência e desempenho de cada aplicação. Essa flexibilidade maximiza o retorno do investimento para a utilização dos sistemas elétricos. Em um local de mineração, isso é particularmente útil em aplicações como desaguamento, devido a inundações ou outros problemas de emergência onde uma única unidade pode ser usada para responder imediatamente.

## **2.4 Instalação**

A bomba é transportável e pode funcionar completa ou parcialmente submersa no líquido bombeado. A bomba está equipada com uma ligação para mangueira ou tubo. (BASTOS,2000).

Estes requisitos e instruções só se aplicam quando a instalação é feita de acordo com o diagrama dimensional.

1. Passe o cabo de modo que não fique excessivamente dobrado nem fique trilhado e que não seja sugado pela entrada da bomba.

2. Ligue a linha de descarga. A linha de descarga pode ser instalada vertical ou horizontalmente, mas não pode ter curvas acentuadas.

3. Faça descer a bomba para o interior do reservatório. O cabo não deve ser utilizado para este fim. Deve fixar um cabo ou semelhante à pega ou aos olhais para fazer descer ou subir a bomba. As bombas mais pesadas devem ser elevadas e descendidas por meio de uma grua. Suspenda a bomba pela pega de elevação ou pelos olhais com correias ou fios.

4. Coloque a bomba na base e certifique-se de que não pode cair ou afundar. A base deve consistir numa prancha de madeira. Em alternativa, pode

suspender a bomba pela corrente de elevação logo acima do fundo do poço. Certifique-se de que não é possível a bomba rodar no arranque ou durante a operação.

5. Ligue o cabo do motor e o arrancador e o equipamento de monitorização de acordo com as instruções em separado. (BASTOS,2000).

### **3 Metodologia**

A metodologia utilizada para o desenvolvimento do estudo foi pesquisa em catálogos e campo com ênfase em análises técnicas. Foram definidas as palavras chave: bombas pneumáticas, bombas elétricas, extração mineral, grandes profundidades, o que foi seguido pela pesquisa nas bases de dados de trabalhos acadêmicos científicos. (BASTOS,2000).

Em seguida realizou-se coleta de dados em campo, analisando os pontos favoráveis em cada situação e comparado a eficiência de operação entre os dois tipos de bomba estudados.

Os dados coletados foram obtidos considerando o mesmo cenário para ambos modelos de bombas, pneumática e elétrica.

#### **3.1 Área de estudo**

A área de estudo que compreende este trabalho é a otimização e controle de processo, com ênfase na área de sistemas de bombeamento na Mineração Serra do Oeste LTDA, pertencente ao grupo Jaguar Mining, na unidade de Turmalina, localizado em Povoado de Casquilho – Rodovia MG 423, localizado em Conceição do Pará, na fazenda Sá Tinoco, com uma população estimada de 5.533 habitantes segundo IBGE no ano de 2020. A figura 6 mostra a localização onde está sendo realizado o estudo.

**Figura 6:** Localização da Mina Turmalina, Jaguar Mining



**Fonte:** Google Earth, 2021

### **3.2 Coleta de dados**

No dia 02/04/2021 foi realizado uma visita no Subsolo da Mina, onde estão localizadas as bombas em funcionamento para coleta de dados e análise da viabilidade, com o intuito de coletar dados para análise da viabilidade de substituição das bombas pneumáticas por bombas elétricas. Foram coletados dados do tempo de operação da bomba elétrica e da bomba pneumática, sendo analisada as duas na mesma frente de serviço, considerando também a quantidade de água.

Nas coletas foram utilizados cronômetro e medidor de vazão para análise eficiente, sendo monitorado por 45 minutos que se refere ao tempo mínimo de cada frente de serviço, analisado e acompanhado por dez frentes de serviço. Na figura 7, pode se visualizar uma bomba pneumática em trabalho, e na figura 8, a bomba elétrica também em operação.

**Figura 7:** Bomba pneumática em Operação.



**Fonte:** Autores, 2021

**Figura 8:** Bomba Elétrica em Operação.



**Fonte:** Autores, 2021

### **3.3 Análise de dados**

A partir dos dados coletados nas bases, foi realizado um comparativo entre as vantagens de se utilizar as Bombas Pneumáticas ou Elétricas. As considerações sobre as vantagens em utilizar as bombas elétricas são:

- São capazes de funcionar a seco: as bombas elétricas não serão danificadas se funcionarem a seco de forma intermitente. (Manual de Instalação, Operação e Manutenção, Flygt 2019).

- Pode lidar com sólidos: eles podem passar sólidos sem danificar a bomba. As unidades de válvula de esfera podem lidar com sólidos de até aproximadamente 19 mm (milímetros) de diâmetro. (Manual de Instalação, Operação e Manutenção, Flygt 2019).

- São de escorvamento automático: ao contrário de algumas outras tecnologias de bombeamento, as bombas elétricas são de escorvamento automático e não requerem pressão de entrada positiva para escorvar. (Manual de Instalação, Operação e Manutenção, Flygt 2019).

- Têm excelente resistência química e de temperatura: as bombas elétricas podem ser fabricadas com uma ampla variedade de materiais para que possam lidar com uma ampla gama de fluidos e faixas de temperatura. (Manual de Instalação, Operação e Manutenção, Flygt 2019).

- Podem ser submersos completamente e com segurança, sem problemas de desempenho. (Manual de Instalação, Operação e Manutenção, Flygt 2019).

Já as bombas pneumáticas são de difícil locomoção devido ao seu grande peso, requerem a utilização de ar comprimido em grande proporção, gerando risco de acidentes, uma vez que a bomba trabalha na frente de serviço junto com outro equipamento. (VEMAG, 2019).

As bombas pneumáticas precisam ser bem alinhadas e requerem controles complexos para operar com eficácia. São de complexas manutenções, as bombas pneumáticas têm um design muito complexo e de peças com acesso dificultado, necessita de materiais de alto custo, mão de obra especializada, e a grande maioria de peças para reparo só são encontradas fora do Brasil, gerando assim um tempo considerável de reparo, impactando e na perda de processo e na entrega da indústria. (VEMAG, 2019).

As considerações a respeito das vantagens da operação elétrica são:

- Uma operação mais limpa: com as regulamentações ambientais cada vez mais rigorosas, as bombas precisam ser mais seguras, limpas e eficientes do que nunca. Os conjuntos elétricos são uma opção ambientalmente correta para aplicações de mineração pois reduzem a limpeza de resíduos perigosos de vazamentos e outras regulamentações da Agência de Proteção Ambiental. Esses benefícios ambientais também geram benefícios financeiros, uma vez que

equipamentos de operação mais limpa minimizam o custo de lidar com os problemas de emissão. (BASTOS,2000).

- Desempenho de ponta a ponta: Outro benefício de usar o conjunto de bomba com acionamento elétrico é que ele pode cobrir uma faixa maior de operação da bomba na curva de desempenho. Em comparação, a bomba pneumática, a faixa de operação é restrita a uma área específica dentro da curva de desempenho e tem limitações na carga variável. (BASTOS,2000).

As estimativas de economia visto pelo sistema elétrico são significativos, com a substituição das bombas pneumáticas por bombas elétricas, será retirado da mina os compressores industriais em funcionamento, visto que os mesmos não serão mais necessários.

Cada compressor, modelo LS20 125, a ser retirado possui uma carga de 125 cv ou 91,93 kW conforme figura 9 e 10, ao todo são quatro compressores totalizando uma carga de aproximadamente 367,76 kW. Na mina subterrânea de MTL se mantém dez frentes de serviço, necessitando de dez bombas fixas. As bombas elétricas tem uma carga individual de 4,4 kW (figura 11) gerando um total de 44 kW (oito vezes menor que a carga total dos compressores), considerando que todas estejam em pleno funcionamento, algo raro de acontecer, visto que para todas estarem em pleno funcionamento as frentes de serviço devem estar paradas.

**Figura 9:** Placa de identificação do compressor



**Fonte:** Autores,2021

**Figura 10:** Placa de identificação do Motor



**Fonte:** Autores,2021

**Figura 11:** Placa de identificação Bomba Flygt 2630



**Fonte:** Autores,2021

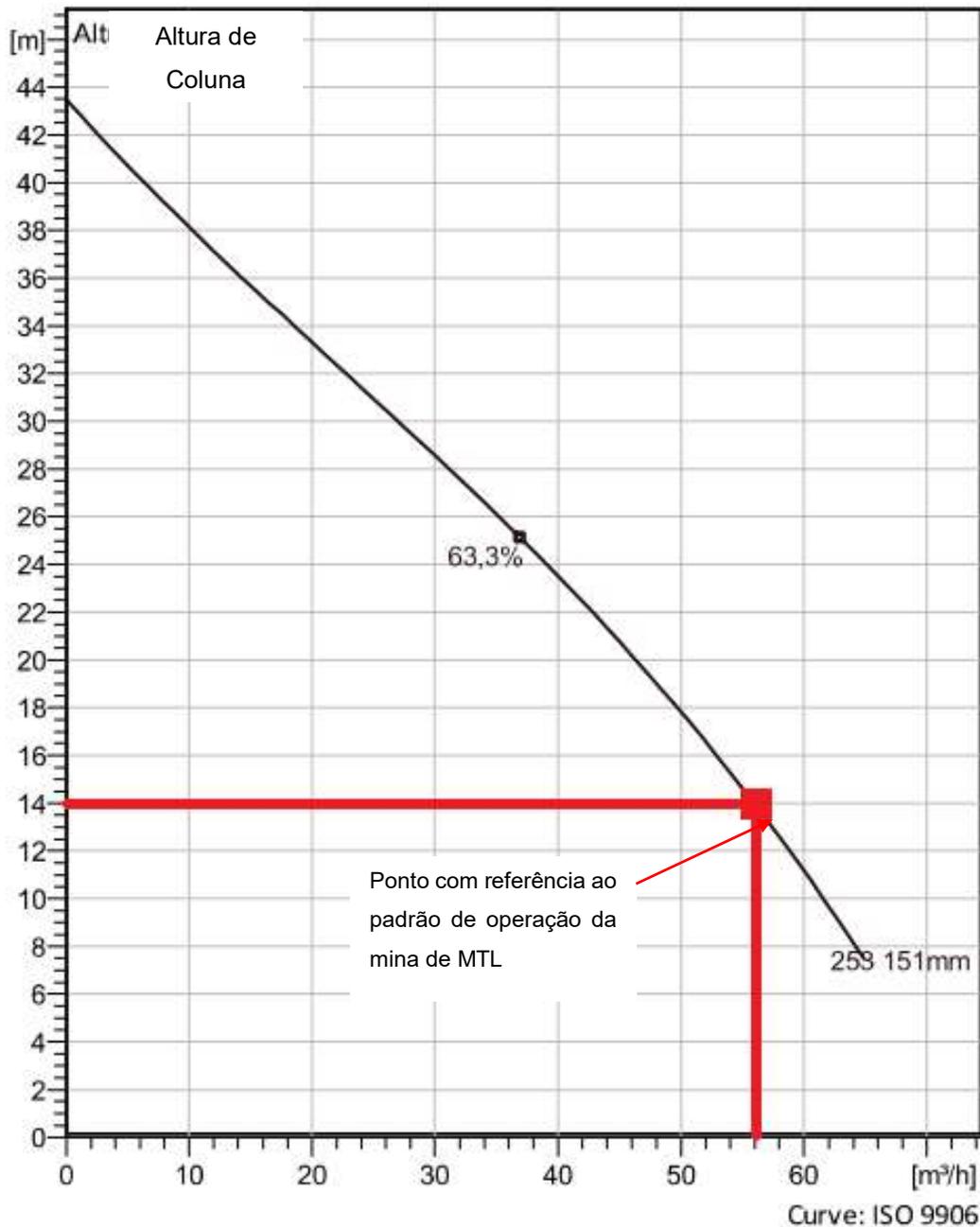
Os gráficos das Figuras 12 e 13 representam o fluxo de bombeamento de líquido dos modelos de bombas Flygt 2630 (elétrica) e Wilden T15 (pneumática), respectivamente. De acordo com os parâmetros de operação da mina subterrânea de MTL descrito nas figuras 12 e 13, a bomba elétrica tem um fluxo de bombeamento perto de três vezes maior do que o fluxo de bombeamento da bomba pneumática

A bomba Flygt 2630 bombeia em torno de 933 L/min (56m<sup>3</sup>/h) com uma altura de coluna de 14 metros. A bomba Wilden T15 bombeia próximo de 340 L/min com a mesma altura de coluna, porém ela necessita de uma pressão de

recalque de 4,1 bar (pressão padrão da linha de ar comprimido)<sup>1</sup>, qualquer alteração da pressão compromete diretamente a quantidade e a eficiência de líquido bombeado.

**Figura 12:** Gráfico fluxo de bombeamento Bomba Flygt 2630

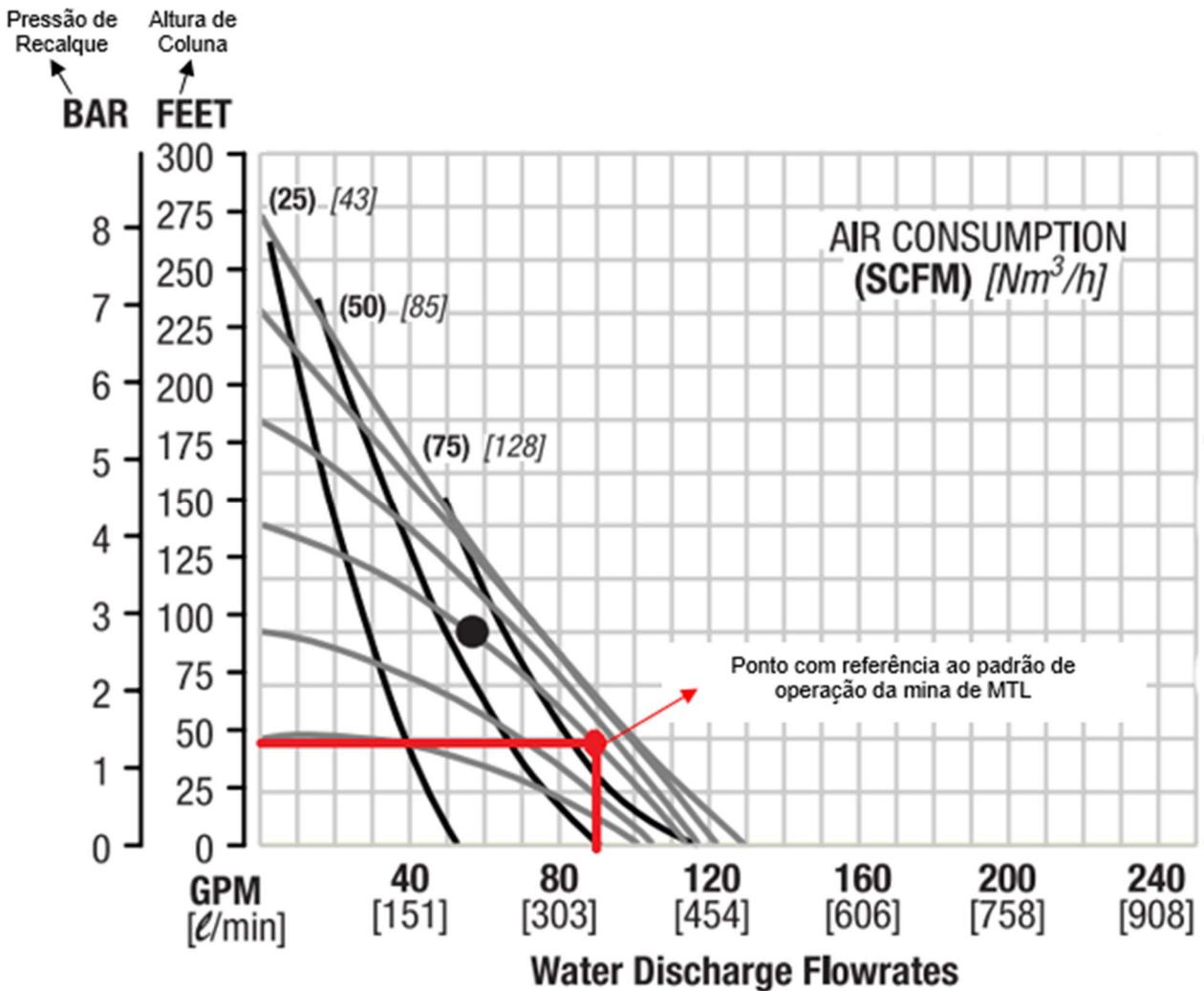
Curves according to: Água Limpa [100%], 4 °C, 1 kg/dm<sup>3</sup>, 1,569 mm<sup>2</sup>/s



**Fonte:** Manual de Instalação, Operação e Manutenção, Flygt 2019

<sup>1</sup> Pressão do ar comprimido padrão de 4,1 bar nas de linhas de ar na Mina subterrânea de MTL, pressão fornecida pelos compressores LS20 125.

Figura 13: Gráfico fluxo de bombeamento Bomba Pneumática T15



Fonte: WILDEN PUMP & ENGINEERING CO, 2021

#### 4 Resultados

A substituição das bombas tem como objetivo melhorar a eficiência da drenagem das frentes de serviços do Setor de Lavra da Mina Subterrânea de Turmalina; para isso deve-se extinguir o uso das bombas pneumáticas e substituí-las por bombas elétricas.

Como acontece com qualquer gasto de capital, é importante considerar não apenas o custo inicial do equipamento, mas também o custo de manutenção, serviço e operação ao longo da vida, o monitoramento do Life Cycle Cost. O custo com manutenção em bombas elétricas é muito menor quando comparado

com bombas pneumáticas, as peças da bomba elétrica são mais robustas, ganhando mais tempo em operação e menos tempo de reparo em manutenção.

Na realização da análise em campo, onde foi feito acompanhamento com dez bombas operacionais, sendo cinco elétricas e cinco pneumáticas, as elétricas bombearam cerca de 70% mais águas comparado a pneumática. Considerou ainda que ao finalizar o bombeamento na frente de serviço, as bombas elétricas foram desligadas em perfeito estado de funcionamento, as pneumáticas, duas encaminhadas para manutenção corretiva, devido à quebra de peças.

## **5 Conclusões**

Por meio da pesquisa em questão, conclui-se que a utilização da bomba elétrica, tende a ser efetivamente viável na eliminação do problema, uma vez que a bomba elétrica tem o custo de aquisição menor, custo de reparo menor e horas de operação maior que a pneumática.

Sendo assim, a bomba pneumática não se torna viável na utilização em frentes de serviço, uma vez que a elétrica bombeia 70% mais que a pneumática, peças para reparo de fácil acesso e com o preço menor, fabricadas inclusive no Brasil.

Tendo em vista que o bombeamento em uma mina subterrânea é o seu primeiro e principal processo, deve-se levar em consideração a importância de um excelente processo, operacional e viável. Dessa maneira, torna-se importante a utilização da bomba elétrica nas frentes de serviço em mina subterrânea para evitar que haja acúmulo de água nas pistas, impacto de processo e aumento de custo, haja vista que a mesma causa, alta riscos de acidente.

## **6 Referências**

BASTOS, M. J. N. Aspectos Sobre Sistemas de Drenagem em Pedreiras a Céu Aberto. Paço de Arcos: Visa Consultores, 2000

BOMBAS IDEAL. Disponível em: <https://www.directindustry.com/prod/bombas-ideal/product-40807-609546.html>. Acesso em 06 de junho de 2021.

BRADY, B. H. G.; BROWN, E. T. Rock Mechanics for Underground Mining, 3ª Edição. Chapman & Hall. London, 2004.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Plano Nacional de Mineração 2030.: Geologia, mineração e transformação mineral 2010.

CHAVES, A.P. Bombeamento de polpa e classificação. 4ª Edição. São Paulo (SP): Oficina de Textos. Coleção teoria e prática do tratamento de minérios. 2012.

FIGUEIREIDO, J. R. Estudo de Viabilidade de Lavra Subterrânea de Ouro, Estudo de caso: Mina Pau-a-Pique – Yamana Gold – Brasil. Monografia de Graduação. Ouro Preto, 2014.

GARCIA, L. P. Obtenção de parâmetros reológicos para polpas minerais contendo partículas grossas a partir de ensaios de bombeamento. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica. Universidade Santa Cecília, 2014.

GERMANI, D. J. A Mineração no Brasil – Relatório Final ao PNUD. Rio de Janeiro, 2002

HESSE, Stefan. 99 examples of pneumatic applications. Alemanha. Festo, 2000.

HESSELINSINGEN, Irlan von. Fundamentos de sistemas hidráulicos. Florianópolis. Edufsc, 2001.

NORTHERN DYNASTY MINES INC. Tailings and Tailings Management., 2015

PORTO, R. M. Hidráulica Básica. 3. ed. São Carlos: Eesc-usp, 2004.

PUC-RJ. Controle das Águas em Projetos de Mineração, Rio de Janeiro, 2016.

SIVAKUGAN, N. Drainage issues and stress developments within hydraulic fill mine stopes. Australia, 2008.

STEWART, Harry L. Pneumática & Hidráulica. 3ed. Brasil: hemus, 2002

WALLIN, J. Introducing Utility Week Innovate WWT. Utility Week. 20 de maio de 2021. Disponível em: <https://utilityweek.co.uk/introducing-utility-week-innovate-wwt/> . Acesso em 05 de junho de 2021

VINADÉ, C., PEREIRA, E., DE NEGRI, V. J. Métodos de projeto para automação pneumática. Revista ABHP, São Paulo, n.112. 1999

ZHANG, W.; ZHOU, X.; FINCH, J.A., Determining independent control of dual-frother systems - Gas holdup, bubble size and water overflow rate, Minerals Engineering, p. 106-116, 2012.