

Faculdade Evangélica de Goianésia - FACEG
Curso de Engenharia Mecânica

AUGUSTO SÉRGIO MARTINS DE MORAIS
FERNANDO XAVIER DA SILVA JUNIOR

ESTUDO DE CASO EM UM SISTEMA ELETROHIDRÁULICO

Publicação Nº 01

Goianésia - GO
2023

**AUGUSTO SÉRGIO MARTINS DE MORAIS
FERNANDO XAVIER DA SILVA JUNIOR**

ESTUDO DE CASO EM UM SISTEMA ELETROHIDRÁULICO

Publicação Nº 01

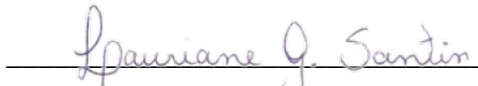
**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO, EM FORMA DE ARTIGO,
SUBMETIDO AO CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA DA FACEG**

Aprovados por:



**Ariane Martins Caponi Lima, Mestre (Faceg)
(ORIENTADOR)**

**Alessandro Morais Martins, Mestre (FACEG)
(EXAMINADOR INTERNO)**



**Lauriane Gomes Santin Oliveira, Doutora (FACEG)
(EXAMINADOR INTERNO)**

**Goianésia - GO
2023**

FICHA CATALOGRÁFICA

SILVA JUNIOR, FERNANDO X.; MORAIS, AUGUSTO S M.

Estudo de Caso em um Sistema Eletrohidráulico [Goiás] 2023 xi, 21P, (ENM/FACEG, Bacharel, Engenharia Mecânica, 2023).

ARTIGO – FACEG – FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA

Curso de Engenharia Mecânica.

1. Viabilidade	2. Hidráulico
3. Vibrações	4. Motores
I. ENM/FACEG	II. Título (Série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SILVA JUNIOR, FERNANDO X.; MORAIS, AUGUSTO S M. Estudo de Caso em um Sistema Eletrohidráulico. Artigo, Publicação 01 2023/2 Curso de Engenharia Mecânica, Faculdade Evangélica de Goianésia - FACEG, Goianésia, GO, 21p. 2023.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Fernando Xavier da Silva Junior e Augusto Sérgio Martins de Moraes

TÍTULO DO TRABALHO DO ARTIGO: Estudo de Caso em um Sistema Eletrohidráulico

GRAU: Bacharel em Engenharia Mecânica ANO: 2023

É concedida à Faculdade Evangélica de Goianésia - FACEG a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Fernando Xavier da Silva Junior

Fernando Xavier da Silva Júnior
Endereço: Rua 4
Barro Alto/GO

Augusto Sérgio Martins de Moraes
Endereço: Rua 57
Goianésia/GO

ESTUDO DE CASO DE UM SISTEMA ELETROHIDRÁULICO

Fernando Xavier da Silva Junior ¹
Augusto Sérgio Martins de Moraes ²
Ariane Martins Caponi Lima ³

RESUMO

Britagem é um processo integrante e indispensável da produção mineral, pois permite agregar valor ao produto, uma vez que reduz o minério para posterior lavagem na usina, contudo nesse processo muitas vezes o equipamento apresenta falhas e conseqüentemente quebras por não suportar as trepidações exercidas. Neste artigo foi realizado um estudo sobre a viabilidade de implantação de manutenção preditiva em um sistema eletrohidráulico para que possa monitorar as vibrações nos motores hidráulicos de um britador de britagem. Para isso foi desenvolvido um estudo através dos indicadores de manutenção, para constatar a real possibilidade desse sistema afim de evitar colisões dos demais componentes com os motores que controlam o acionamento das TC'S (correias transportadoras) e da mesa vibratória. Com o sistema de controle de vibrações estudado espera-se que a empresa resolva o problema de quebra recorrente de motores hidráulicos. Sendo assim conclui-se que a instalação de um sistema eletro hidráulico que controla as vibrações do equipamento é muito vantajosa em equipamentos de britagem, por ter custo de instalação baixo, cerca de 800 reais, e por ser capaz de diminuir a quebra de componentes dos motores em 95% , gerando assim economia de quase 300.000 reais e maior disponibilidade do equipamento para a empresa, ja que o equipamento rodava cerca de 4 horas por dia, e passou a rodar 16 horas por dia.

Palavras-chave: viabilidade. hidráulico. vibrações. motores.

¹ Discente do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Evangélica de Goianésia (FACEG). E-mail: fedkk1988@gmail.com

² Discente do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Evangélica de Goianésia (FACEG). E-mail: augustosergio.engmec@gmail.com

³ Mestre, docente do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Evangélica de Goianésia (FACEG). E-mail: ariane.lima@faceg.edu.br

1 INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo, a produção mineral passou por vários momentos de crescimento, e consequentemente, para os empreendimentos que necessitam desses serviços, foram utilizadas diversas formas de gestão que contribuíram para o desenvolvimento do processo de produção (RODOVALHO, 2013).

A tecnologia mais usada atualmente para o processo de britagem (britador) foi criada a mais de 150 anos e sofreu pouquíssimas modificações. Contudo, o equipamento mais simples, criado para britagem de rocha apareceu muito antes, por volta de 2.000 a.C., utilizando o impacto de uma esfera. Nos anos 100 a 200 (século II) d.C., foram criadas máquinas do tipo pilão e, posteriormente, sistemas com alavancas de ação intermitente (REVISTA MeT; 2017).

Um britador de impacto de eixo horizontal é um equipamento de britagem de alta capacidade que consiste em um eixo rotor que possui em uma de suas extremidades uma polia com múltiplas pistas, onde são acopladas correias, sendo estas e as polias, acopladas ao eixo de saída de um redutor que está conectado por meio de um acoplamento a um motor hidráulico, responsáveis por transmitir a potência necessária ao eixo do britador. Neste eixo são fixados os martelos, componentes que são responsáveis por transmitir energia cinética as rochas despejadas na entrada de alimentação da máquina (MORAES;XIMENES;2020).

Um dos problemas de um britador são referente às falhas, que conforme Moubray (1997) e ABNT (1994), consistem na interrupção ou alteração da capacidade de um item desempenhar uma função requerida ou esperada em atender o seu propósito específico; o estado de um item refere a condição existente antes da ocorrência da falha e após a falha.

Para Pallerosi (2007), a falha completa é o resultado do desvio de características além dos limites especificados, causando perda total da função requerida do equipamento. Para a análise de falhas é necessário planejar e estabelecer critérios, pois, nem sempre é justificável fazer uma análise completa de um evento em função do tempo e de investimentos necessários.

Diante disso, o objetivo desse estudo é analisar os indicadores de manutenção de um sistema que restringe o excesso de vibrações nos motores hidráulicos, afim de evitar a quebra dos mesmos e que por consequência dessa quebra, possa danificar outras partes do equipamento.

De acordo com Cyrino (2015), a análise de vibração mecânica mostra, através de coleta de vibrações periódicas e contínuas, o estado que a máquina se encontra. Por meio dessa análise e do conhecimento técnico é possível detectar alterações excessivas de vibração no equipamento e fornecer diagnóstico e análise de tendência de falha. Isso possibilita executar um plano de ação imediato ou programado de acordo com a programação produtiva.

A vibração visível e excessiva é um sinal de problema, no entanto, se as vibrações não forem visíveis aos olhos e ouvidos, é importante fazer uma análise de manutenção preditiva para determinar o motivo da possível falha (KARDEC; NASCIF, 2009).

A análise por vibrações é geralmente dada em motores, caixas de engrenagens, compressores, turbinas, bombas centrífugas, etc.; sempre relacionado a elementos que possuem rotação. O método se baseia em identificar as frequências específicas de vibração desses elementos, o aumento na amplitude de vibração é um resultado direto de falha no elemento rotacional. Baseando-se na velocidade de rotação, serão calculadas e comparadas medições para identificar um modo de falha (KARDEC;NASCIF;2009).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A MANUTENÇÃO DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS

A manutenção está presente em pequenas às grandes indústrias. Seja de uma forma mais grosseira ou minuciosa, a manutenção tem papel chave e fundamental dentro de uma organização, o termo manutenção “tem sua origem no vocabulário militar, cujo sentido era manter, nas unidades de combate, o efetivo e o material num nível constante”. Na indústria o termo manutenção passou a ser usado como sobreposição à palavra conservação, em meados da década de 50 (MONCHY, 1989, p. 3)

Dentre os momentos que foram importantes para a manutenção, destaca se primeiramente, quando a Ford implantou uma produção em série, e a fábrica começou a formular um plano mínimo de produção, por isso sentiram a necessidade de formar uma equipe que pudesse consertar as máquinas-ferramenta no menor tempo possível (MOREIRA NETO, 2017).

Pinto (2002), relata que para um sistema de controle da manutenção ser eficiente e eficaz, tornam-se necessárias informações de desempenho sob a forma de relações ou índices. Tais indicadores deverão ser utilizados para indicar os pontos fracos e também para identificar os possíveis problemas que estão causando resultados indesejáveis.

Dessa forma, os indicadores de manutenção servem como tradução do comportamento dos equipamentos e sistemas de produção frente ações de manutenção. Alguns desses indicadores se relacionam os tempos de máquina funcionando entre intervenções, o número de intervenções e também o tempo para reparo.

Um dos maiores problemas das empresas, é a questão da gestão financeira, pois, quando essas não conseguem fazer uma análise de custos adequada, correm um grande risco, devido a estarem gastando mais do que o necessário. Deste modo os empreendimentos devem ter um controle dos gastos, para obterem uma maior lucratividade (MONTEIRO, 2018).

Assim, realizar uma análise de custos também é fundamental para obter lucro em uma empresa ou de um estabelecimento, no controle de suas operações, pois se tem a obrigação de saber o que de fato se está fazendo, na tomada de decisões, para que a partir de então, as ações de produção e prestação de serviços sejam realizadas. Sendo que, o sucesso ou fracasso da empresa, vai depender da habilidade em gerenciar os custos do negócio, para, futuramente poder criar e sustentar vantagens competitivas (SANTOS, 2005).

Custo é o gasto relativo ao bem ou serviço utilizado na produção de bens e serviços, ou seja, é o gasto efetuado na área fabril (produção) da organização. Como exemplo de custo pode-se citar a matéria-prima utilizada no processo produtivo, a mão de obra, a energia elétrica e todos os outros gastos efetuados na área fabril (NETO, 2008).

De acordo com Monteiro (2018), “uma organização sem análise de custos é o mesmo que você caminhar no escuro, posto que o controle dos gastos e o desempenho produtivo fica à mercê da sorte.” Com uma boa análise de custeio é possível identificar inúmeros fatores, e também ajuda a auxiliar novos projetos para melhorias e investimentos. Sem dúvidas, uma análise de custos é uma das melhores maneiras para obter sucesso de uma empresa, sendo que, um diagnóstico mal aplicado, pode causar danos financeiros (BRANDÃO; CAMPOS; GONÇALVES, 2019).

O custo é também um gasto, mas só é reconhecido como custo no momento de sua utilização. Por exemplo: a matéria-prima foi classificada como gasto em sua aquisição, e,

imediatamente, tornou-se um investimento por sua ativação no estoque da organização, pois, enquanto estava estocada nenhum custo foi associado a ela. Quando de sua utilização no processo produtivo de um bem, passa a ser considerada um custo, como parte do bem elaborado, voltando a ser um investimento, já que é ativada novamente nos estoques como produto, até a sua venda. Nesse conceito, os gastos relativos à depreciação de máquinas e equipamentos utilizados na produção de outros bens e serviços são considerados como custos (NETO, 2008).

2.2 BRITAGEM

A Britagem é considerada o primeiro processo de fragmentação, e também o mais importante na cominuição de minérios, pois é responsável por boa parte do que se entende por beneficiamento mineral. Há um grande número de variedades de britadores, sendo que os mais comuns são os seguintes: mandíbulas, giratório, cônicos, rolo simples, rotativo, rolo duplo, impacto e martelos (LOPES, 2014)

Após o minério ser extraído da mina, são encaminhados ao britador para que sejam reduzidos a uma granulometria conveniente para alimentação dos moinhos ou para sua utilização direta. Dentro do processo de cominuição de minérios, a britagem é responsável, entre outras coisas, pelo tamanho e pela forma dos fragmentos de minério, tendo os processos divididos em secundário, terciário e quaternário, sendo que este último é mais utilizado para produzir areia (LOPES, 2014).

Para a correta aplicação do britador, algumas características para o equipamento de britagem devem ser considerados, além das particularidades do material processado. A partir de alguns aspectos técnicos, é possível limitar e definir qual o tipo de equipamento a ser utilizado no processo. Dentre esses fatores, destacam-se parâmetros mecânicos e operacionais intrínsecos de cada tipo de equipamento, como as forças presentes, a energia necessária, o desgaste dos componentes, a disponibilidade física e a taxa de produção máxima (MORAES, 2020).

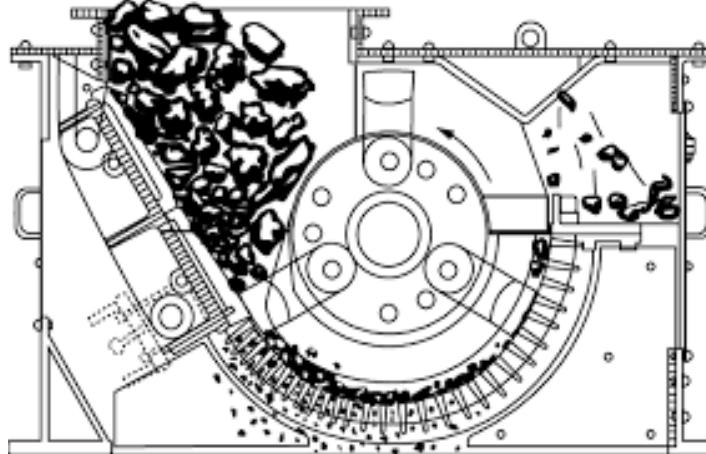
Os britadores de martelos foram desenvolvidos para o esmagamento de material grosseiro, de dureza média para as indústrias de cimento, gesso e calcário. Eles estão disponíveis como britadores de martelo de impacto, britadores de martelo de um eixo e britadores de martelo de dois eixos (Figura 1). A fragmentação do britador de martelos ocorre através da rotação dos martelos entre o rotor e a bigorna, mostrado na Figura 2. O tamanho do produto final é fixado pela abertura da grelha posicionada na região de descarga do material (THYSSENKRUPP, 2003; VARELA, 2011).

Figura 1: Britador de martelos



Fonte: Facix, 2023

Figura 2: Sistema de um Britador de martelos



Fonte: Ferreira, 2018

2.3 MOTOR HIDRÁULICO

Motores hidráulicos (Figura 3) são equipamentos de sistemas que trabalham com escoamento de fluidos em alta pressão, obtendo como saída útil, energia mecânica que se apresenta na forma de torque e rotação. Atualmente, a utilização de motores hidráulicos é comum, podendo ser visto atuando em diversas aplicações, nos quais características de relação peso-potência são relevantes. (NETO et al, 2014).

Por isso, é importante compreender os aspectos operacionais de motores hidráulicos e a justificativa de algumas características que podem ser obtidas de forma experimental ou por simulação de sistemas mecânicos. Por exemplo, o rendimento mecânico de um equipamento pode ser maior quando conhecido seus limites de operação, sendo que, a eficiência é variável e inversamente proporcional ao desgaste do equipamento. Logo, obter as características operacionais de qualquer equipamento é necessário para sua eficiente aplicação. A interpretação destas características e conceitos de engenharia pode apresentar dificuldades ao método de ensinar, devido que cada pessoa apresenta um modo diferente de aprender (NETO et al, 2014).

Figura 3: Motor Hidráulico



Fonte: Ideal Hidráulicas, 2023

3 METODOLOGIA

De acordo com Yin (2005, p. 32), o estudo de caso “é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto de vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos”, esse artigo apresenta, a realidade da aplicação da manutenção preditiva de uma empresa focada em um equipamento, no caso o britador de martelos.

Na realização desse artigo foram utilizados dados de uma empresa mineradora localizada no estado de Goiás. Na empresa as principais estratégias de manutenção são as corretivas e preventivas, porém os equipamentos ditos vitais possuem um controle especial e tem a manutenção preditiva por análise de vibração como estratégia de manutenção.

3.1 ESTUDO DE CASO

A inspeção visual é o ensaio mais comum e mais difundido na indústria, que se realiza a todos os momentos de produção, e que proporciona indicações imediatas, que frequentemente não precisam de uma interpretação elaborada. É um ensaio simples, rápido de executar, e de resultados imediatos, com uma difusão muito ampla e em diversos tipos de produtos e equipamentos.

Foi feita uma inspeção visual do britador de martelos da empresa, após realizada a inspeção foi detectada uma falha funcional, que acarretou na parada do equipamento. Detectou-se um excesso de vibração na região dos motores hidráulicos do britador, motores esses que movimentam as TC'S (correias transportadoras) do mesmo. Após a realização da inspeção, os responsáveis da equipe de manutenção chegaram a conclusão de fazer outras inspeções afim de detectar, realizar melhorias e solucionar o problema, já que com a vibração no nível elevado, faz com que esses motores se desgastem e acabem quebrando.

Os motores hidráulicos de britadores (Figura 4) são dispositivos que convertem a energia hidráulica em energia mecânica para acionar o processo de britagem de materiais. Pode se observar que os mesmos estão bem danificados devido ao excesso de vibração na região onde atuam.

Figura 4: Motores Hidráulicos danificados



Fonte: Próprios autores, 2023

Para auxiliar no processo de manutenção, a empresa mineradora monitorada, disponibilizou os indicadores de cada equipamento, mostrando assim, como esta a

disponibilidade dos mesmos, se estiver em níveis baixos, é necessário que se faça uma intervenção maior, para que o problema seja solucionado, buscando melhorias e maior produção do equipamento.

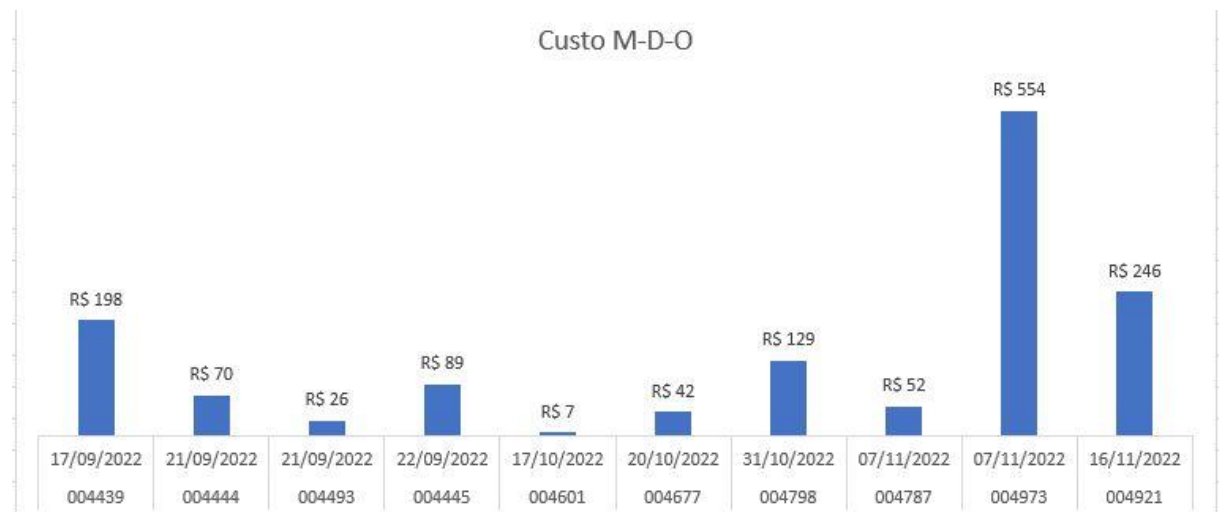
Na tabela 1, e no Gráfico 1, estão evidenciando os custos gerados pela falha potencial do equipamento e os custos por mao-de-obra da referida empresa mineradora.

Tabela 1: Tabela de custos por peças

Tag	Produto	Custo
BM-03	MOTOR PISTAO EATON	R\$ 25.700
BM-03	MOTOR HID.EATON 74315-DAM ALIM	R\$ 24.354
BM-03	MOTOR PISTAO EATON -74315	R\$ 19.167
BM-03	SERVICOS DE MANUTENCAO EM MAQU	R\$ 17.563
BM-03	MOLA CONF DESENHO FIO 13MM X	R\$ 2.013
BM-03	CARCACA	R\$ 1.576
BM-03	PLACA VALVULA DIR BOMBA 420 AD	R\$ 1.289
BM-03	CARCACA DO MOTOR	R\$ 1.080
BM-03	ACOPLAMENTO MADEFLEX GR 168	R\$ 525

Fonte: Empresa mineradora, 2023

Gráfico 1: Gráfico de custos por Mão-de-obra

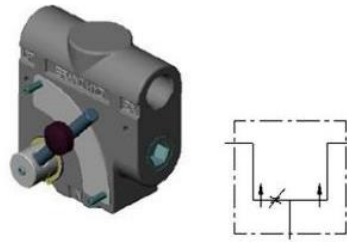


Fonte : Empresa mineradora, 2023

Para a solução do problema na referida empresa mineradora, foi utilizado para o controle de fluxo do óleo uma válvula divisora, Figura 5, com compensação de pressão e ajuste manual, que proporciona um ajuste fino da vazão desejada na saída da válvula direcional. A seleção foi feita a partir do catálogo do fabricante que reúne informações sobre capacidade volumétrica e curvas de desempenho.

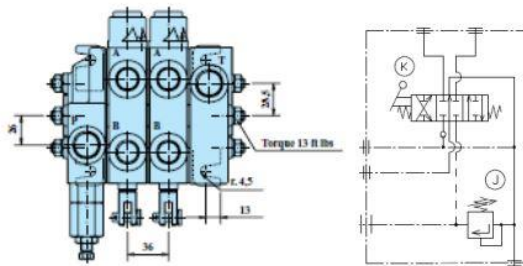
A válvula direcional, Figura 6, possui uma seção de dupla ação, acionada manualmente e com detente nos dois sentidos, o que possibilita manter a válvula acionada durante o uso. No mesmo corpo desta válvula esta montada a segunda válvula de controle de pressão, com ajuste manual.

Figura 5: Válvula Divisora de fluxo e simbologia



Fonte : Empresa mineradora, 2023

Figura 6: Válvula direcional e Simbologia



Fonte: Empresa mineradora, 2023

Após instalar a válvula desviadora de fluxo e a válvula direcional, as duas atuando em conjunto, controlam o fluxo de óleo para acionamento dos motores hidráulicos, a mesma entra em função após a calha vibratória do britador e as TC's estiverem estabilizadas, a válvula desvia o fluxo sobre a calha, diminuído o excesso de vibração que faz com que a mesma não colida com os motores, evitando assim a quebra dos mesmos, além de ter um custo de instalação baixo, cerca de 800 reais. Na Figura 7 mostra as válvulas instaladas no britador.

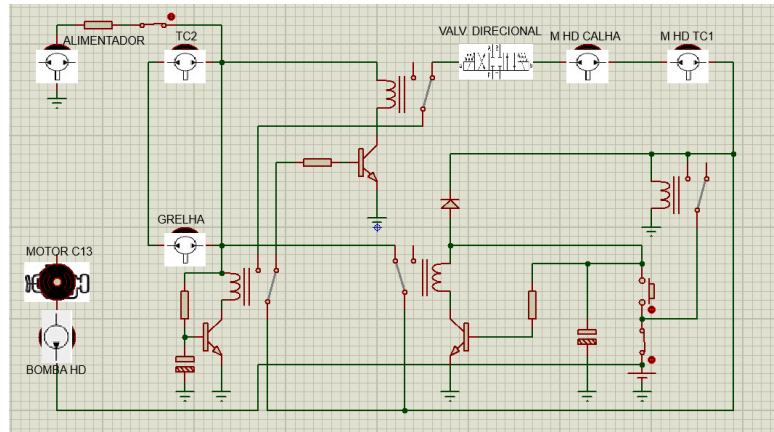
Figura 7: Válvulas instaladas no britador



Fonte: Próprios autores, 2023

O painel mostrado na Figura 8, representa o sistema elétrico do circuito que comanda os motores hidráulicos do britador, e nele é possível identificar onde o circuito que aciona a válvula foi instalado, pode se observar o funcionamento, e a importância da válvula no sistema. A válvula funciona como um estabilizador do sistema, pois controla o fluxo de óleo, até todo o sistema se estabilizar, controlando assim o excesso de vibração.

Figura 8: Circuito elétrico



Fonte: Empresa mineradora, 2023

3.2 INDICADORES DE MANUTENÇÃO

Os indicadores de manutenção servem como tradução do comportamento dos equipamentos. São eles: Tempo Médio Entre Falhas (MTBF, do inglês *Mean Time Between Failures*), Tempo Médio Para Reparo (MTTR, do inglês *Mean Time To Repair*), Disponibilidade, Taxa de Falha e Confiabilidade.

O MTBF reflete a frequência de intervenções no equipamento durante um determinado tempo específico (MARTINS, 2012). Define-se tempo total trabalhado com o número de intervalos em que se deveria estar produzindo, mostrado na Equação 1.

$$MTBF = \frac{\sum \text{Tempo de bom funcionamento do equipamento}}{\text{Número de intervalos observados}} \quad (1)$$

O MTTR mostra o tempo médio em que o equipamento deixa de operar devido à uma ação relacionada à manutenção (Equação 2) (MARTINS, 2012).

$$MTTR = \frac{\sum \text{Tempo de não funcionamento do equipamento}}{\text{Número de intervenções realizadas}} \quad (2)$$

A disponibilidade é o indicador mais importante para a manutenção. As perdas devido à falhas em equipamentos são enormes, e o objetivo da manutenção deve ser propiciar a máxima continuidade operacional através de uma grande disponibilidade (VERRI, 2012). O indicador da disponibilidade (DISP) é definido como a probabilidade de um determinado equipamento estar disponível para operar quando necessário (MARTINS, 2012). Dessa forma o tempo indisponível retrata o tempo total que a manutenção impediu que houvesse produção em determinado período. Para calcular a Disponibilidade, divide-se MTBF pela soma dos tempos MTBF e MTTR, revelando o total de tempo que o equipamento esteve indisponível devido à uma ação da manutenção. Ou seja, do total trabalhado, o quanto que a manutenção afetou a disponibilidade do equipamento e por consequência a produção (Equação 3).

$$DISP = \frac{\sum MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (3)$$

Se calcula a Taxa de Falha de uma forma muito simples, que é dividindo a somatória de paradas de um equipamento pelo total período ideal que ele deveria estar disponível para produzir, ou tempo de disponibilidade (TD). O resultado direto disso é a taxa de falha percentual do equipamento no dia, como mostrado na Equação 4 (MARTINS, 2012).

$$\lambda = \frac{\text{Número de falhas observadas}}{\sum \text{Tempo de bom funcionamento do equipamento}} \quad (4)$$

A confiabilidade de um item corresponde à sua probabilidade de desempenhar adequadamente o seu propósito específico por um determinado período de tempo e sob condições ambientais predeterminada. É a probabilidade de que um item possa desempenhar sua função requerida por um período de tempo preestabelecido em determinado contexto operacional (Equação 5) (MARTINS, 2012).

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (5)$$

Para calcular o custo de mão de obra, é essencial considerar não apenas o salário do funcionário, mas também os encargos sociais e trabalhistas. De acordo com a teoria dos custos de produção, isso pode resultar em um custo total que inclui benefícios e impostos, aumentando significativamente o valor em relação ao salário base. Para calcular a hora de trabalho de um colaborador, hora de trabalho = salário / jornada de trabalho. Já para calcular o lucro a partir da tonelada, podemos aplicar a teoria da receita total, multiplicando a quantidade de toneladas pelo preço da tonelada para obter o valor total.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para compreender melhor as características e vantagens com a melhoria utilizada foi necessário realizar uma análise de como era o britador de martelo BM-03 sem o sistema eletrohidráulico.

As Tabelas 2, 3 e 4 mostram os relatórios do britador de martelo BM-03, equipamento escolhido para o estudo de caso nos meses em que ocorreram falhas potenciais, os relatórios levam em consideração os indicadores, MTBF, MTTR e a disponibilidade do equipamento, levando em conta que para a disponibilidade estar em nível bom, ela terá que estar acima de 65% durante o mês.

Tabela 2: Relatório do indicador de disponibilidade do equipamento no mês setembro de 2022

Turno	Tempo Médio Para Reparo (MTTR)	Tempo Médio Entre Falhas (MTBF)	Tempo trabalhado	Disponibilidade mecânica (DISP)
1°	129h11	119h19	34h44	48%
2°	100h30	106h00	30h40	51%
Total	229h41	225h19	65h24	50%

Fonte: Próprios autores, 2023

Tabela 3: Relatório do indicador de disponibilidade do equipamento no mês outubro de 2022

Turno	Tempo Médio Para Reparo (MTTR)	Tempo Médio Entre Falhas (MTBF)	Tempo trabalhado	Disponibilidade mecânica (DISP)
1°	85h08	159h22	112h35	65%
2°	83h10	123h00	74h02	60%
Total	168h18	282h22	186h37	63%

Fonte: Próprios autores, 2023

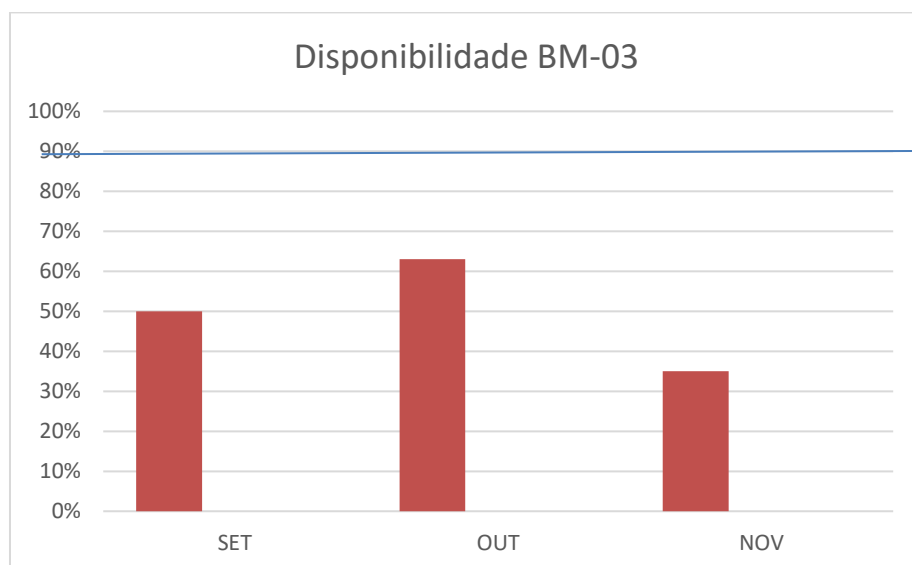
Tabela 4: Relatório do indicador de disponibilidade do equipamento no mês novembro de 2022

Turno	Tempo Médio Para Reparo (MTTR)	Tempo Médio Entre Falhas (MTBF)	Tempo trabalhado	Disponibilidade mecânica (DISP)
1°	173h35	71h25	47h55	29%
2°	132h07	75h43	43h35	36%
Total	305h42	147h08	91h30	35%

Fonte: Próprios autores, 2023

No gráfico 2 foi verificado, que nos meses de setembro, outubro, novembro, os índices de disponibilidade do equipamento BM-03 (britador de martelos) estava abaixo do indicado (65%) e com variações muito relevantes, chegando a 0% no mês de dezembro, devido a falha funcional que não permitiu que ele opere. Uma alta disponibilidade mecânica é fundamental para maximizar a produtividade e evitar prejuízos decorrentes de paradas não programadas na produção. Estudos mostram que a adoção de estratégias de manutenção preventiva pode melhorar significativamente a disponibilidade mecânica. Essas estratégias incluem a realização regular de inspeções, limpezas e lubrificações, bem como a substituição proativa de peças desgastadas (MOBLEY, R. K., 2002).

Gráfico 2: Disponibilidade BM-03 nos meses de setembro, outubro e novembro de 2022



Fonte: Próprios autores, 2023

Analisando os dados, percebe-se que além do grande período de inatividade ou, atividade ruim do mesmo, os custos de peça e manutenção foram relativamente altos, gerando assim grandes gastos e menor produção para a empresa em questão. Ou seja, ao fazer a relação de análise de indicadores de manutenção, de custos em geral, e analisar através da inspeção visual realizada, foi identificado a necessidade de alteração e de modificar o sistema hidráulico do equipamento, afim de reduzir o excesso de vibração do equipamento, e assim evitar que a TC principal se chocasse com os motores hidráulicos e conseqüentemente gerasse a quebra desses, instalando assim o sistema eletrohidráulico.

A Tabela 5, mostra os indicadores do mês de janeiro, após a instalação do sistema eletrohidráulico, nota-se que a disponibilidade alcançou uma média muito alta, devido á melhoria feita no equipamento.

Tabela 5 : Relatório do indicador de disponibilidade do equipamento no mês janeiro de 2023

Turno	Tempo Médio Para Reparo (MTTR)	Tempo Médio Entre Falhas (MTBF)	Tempo trabalhado	Disponibilidade mecânica (DISP)
1°	0h	248h30	235h30	100%
2°	9h45	196h45	186h45	95%
Total	9h45	147h08	91h30	98%

Fonte: Próprios autores, 2023

A tabela 6, mostra os indicadores do mês de fevereiro, após a instalação do sistema eletrohidráulico, nota-se que a disponibilidade ficou na média, devido á melhoria feita no equipamento.

Tabela 6: Relatório do indicador de disponibilidade do equipamento no mês fevereiro de 2023

Turno	Tempo Médio Para Reparo (MTTR)	Tempo Médio Entre Falhas (MTBF)	Tempo trabalhado	Disponibilidade mecânica (DISP)
1°	30h00	115h00	130h00	79%
2°	20h00	150h00	90h00	88%
Total	50h00	265h00	220h00	85%

Fonte: Próprios autores, 2023

A tabela 7, mostra os indicadores do mês de março, após a instalação do sistema eletrohidráulico, o equipamento novamente chegou na média, devido á melhoria feita, com isso teve um melhor e maior rendimento.

Tabela 7: Relatório do indicador de disponibilidade do equipamento no mês março de 2023

Turno	Tempo Médio Para Reparo (MTTR)	Tempo Médio Entre Falhas (MTBF)	Tempo trabalhado	Disponibilidade mecânica (DISP)
1°	87h30	170h45	91h35	66%
2°	59h20	110h15	56h32	87%
Total	146h50	225h19	119h52	82%

Fonte: Próprios autores, 2023

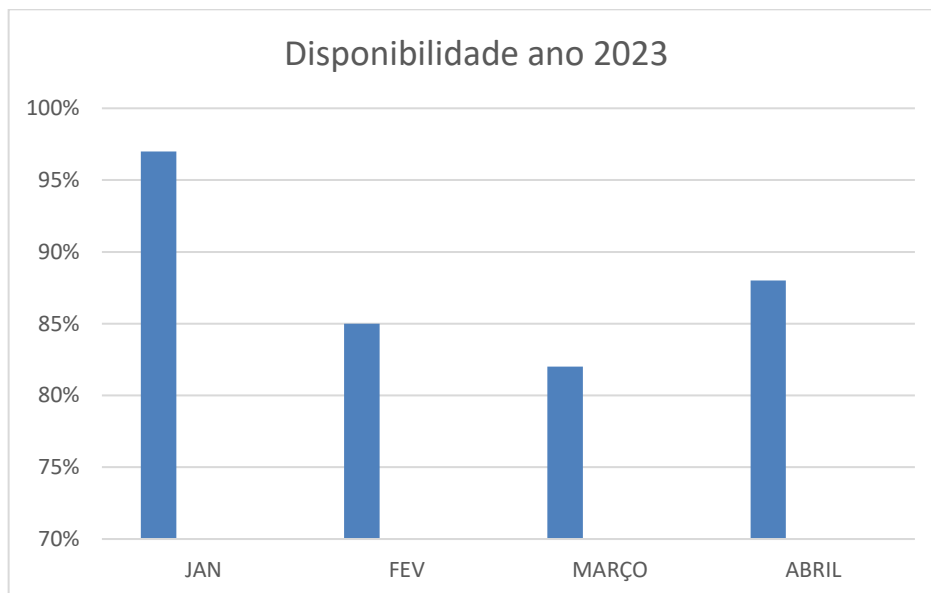
A tabela 8, mostra os indicadores do mês abril, após a instalação do sistema eletrohidráulico, o equipamento teve sua disponibilidade maior que a média, devido á melhoria feita, podendo assim atingir uma melhor performace.

Tabela 8: Relatório do indicador de disponibilidade do equipamento no mês abril de 2023

Turno	Tempo Médio Para Reparo (MTTR)	Tempo Médio Entre Falhas (MTBF)	Tempo trabalhado	Disponibilidade mecânica (DISP)
1°	22h48	220h06	105h28	91%
2°	38h11	180h19	70h24	83%
Total	60h59	400h25	175h52	87%

Fonte: Próprios autores, 2023

Gráfico 3: Comparativo de Disponibilidade



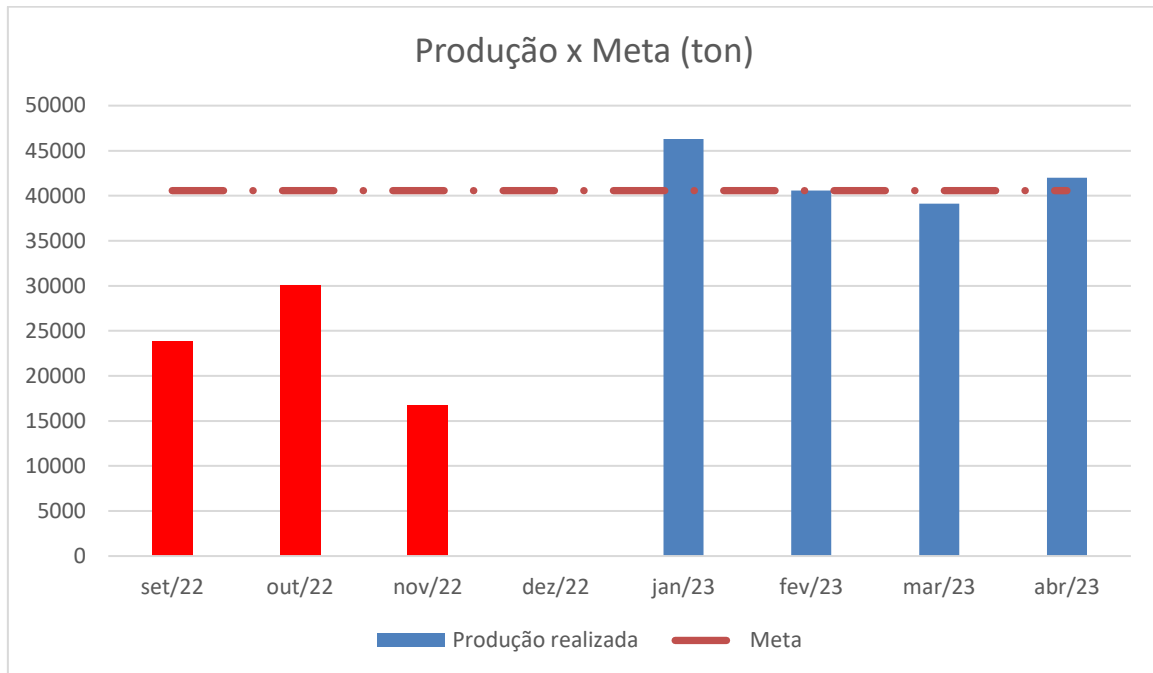
Fonte: Próprios autores, 2023

Com a modificação do sistema eletrohidráulico do britador, e com a instalação do sistema de válvulas, o equipamento teve sua falha contida e conseqüentemente melhoria na sua disponibilidade, as tabelas 5, 6, 7, 8 e o gráfico 3, mostram os indicativos de manutenção que aumentaram, com a utilização do sistema, o equipamento conseguiu ter uma maior disponibilidade, menor tempo de parada, e conseguiu produzir mais, gerando menos gastos e mais lucro para a empresa.

Com os danos obtidos durante os meses de 2022, e com auxílio dos dados coletados a empresa teve um índice de produção abaixo do considerado “bom” que é de 85 % (40564 ton), os períodos em questão, são meses em que a empresa produz mais, pois o minério extraído (bauxita) tem sua britagem melhor, no período de seca.

O gráfico 4, foi realizado com os dados de produção de bauxita britadas pelo equipamento, segundo os dados, durante a falha potencial, o britador ficou abaixo da sua produção ideal, deixando assim de produzir de 15 a 20 toneladas.

Gráfico 4: Produção x Meta (ton)



Fonte: Próprios autores, 2023

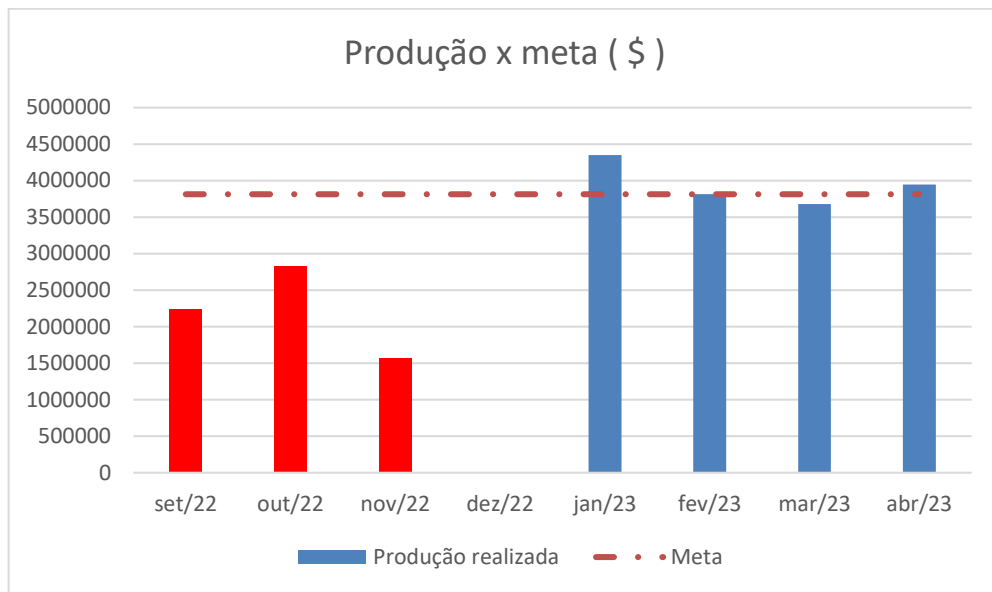
Os meses em azul, são os meses pós melhoria (modificação do sistema eletrohidráulico), pode se notar que o equipamento teve um aumento considerável na sua produção, devido a sua alta disponibilidade, podendo produzir mais, e consequentemente gerar mais lucro para a empresa.

De acordo com Brigham, E. F., & Houston, J. F. (2018), o lucro operacional, também conhecido como lucro antes dos juros e impostos (EBIT), é um indicador financeiro amplamente utilizado para avaliar o desempenho operacional de uma empresa. Ele representa o resultado financeiro obtido exclusivamente a partir das atividades principais do negócio, desconsiderando os efeitos de juros e impostos. O lucro operacional é calculado subtraindo-se os custos operacionais, como despesas com pessoal, matérias-primas, aluguel, energia, entre outros, das receitas geradas pela venda de produtos ou serviços. Esse indicador permite que os investidores e analistas financeiros avaliem a capacidade da empresa de gerar lucro a partir de suas operações básicas, sem considerar fatores externos, como o custo do capital ou obrigações tributárias.

O lucro operacional é uma medida-chave para entender a eficiência e a rentabilidade do negócio, possibilitando a comparação entre empresas do mesmo setor e auxiliando na tomada de decisões estratégicas.

O Gráfico 5, mostra o lucro operacional dos meses em que o britador, estava com problemas, com a análise dos dados podemos observar que o lucro ficou bem abaixo do esperado, deixando de faturar cerca de 1.000.000 de reais. Em contrapartida, nos meses em que foram instaladas as válvulas, e feitas as modificações no sistema eletrohidraulico, o equipamento teve seu rendimento consideravelmente maior, faturando acima da média de produção.

Gráfico 5: Produção x Meta (\$)



Fonte: próprios autores, 2023

A gestão eficiente de peças desempenha um papel fundamental na prevenção de quebras de equipamentos. Através da implementação de práticas adequadas de economia de peças, as empresas podem minimizar o risco de interrupções na produção devido a falhas de equipamentos. A gestão de estoque de peças desempenha um papel crítico na manutenção preventiva e corretiva, fornecendo a disponibilidade necessária de peças para reparos e substituições oportunas. Ao otimizar o estoque de peças, as empresas podem garantir a prontidão de componentes essenciais para minimizar o tempo de inatividade causado por quebras (GOH, S.C., & XIE, M., 2011),

A economia de hora-homem refere-se à redução do tempo ocioso dos funcionários e ao aumento da produtividade por meio de práticas eficientes de manutenção. Ao implementar estratégias adequadas de gestão de peças e manutenção preventiva, as empresas podem minimizar o tempo necessário para reparar ou substituir equipamentos danificados. Isso resulta em menor interrupção das atividades e redução dos custos associados à mão de obra ociosa. Além disso, a economia de hora-homem permite a alocação adequada dos recursos humanos, direcionando-os para atividades mais produtivas em vez de lidar com quebras repentinas de equipamentos (MAURO, C., LANZETTA, M., & ROSSI, T., 2018).

5. CONCLUSÃO

Com os resultados positivos da modificação do sistema, conclui-se que a instalação de um sistema eletro hidráulico em equipamentos de britagem, que teve um custo de cerca de 800 reais, é eficaz e capaz de diminuir a quebra de componentes dos motores em 95%, pelo menor índice de quebra dos componentes, a empresa teve economia de mais de 200.000 reais em peças, e a mão de obra designada a serviço do britador, pode ser distribuída em outros equipamentos, com isso gerou uma maior disponibilidade do equipamento para a empresa, já que o equipamento rodava cerca de 35% da sua capacidade total, e passou a rodar a 85 % por dia, com uma maior disponibilidade, o equipamento produziu mais, passando de 45 mil toneladas,

cada tonelada custando em média 90 reais, obtendo assim uma margem de lucro superior a 1.000.000 de reais após a melhoria.

Ao implementar estratégias adequadas de gestão de peças e manutenção preventiva e corretiva, as empresas pode minimizar o tempo necessário para reparar ou substituir o equipamento danificado.

A análise dos indicadores representou um papel crucial na manutenção, sendo possível garantir um desempenho eficiente dos equipamentos. É essencial adotar práticas de manutenção adequadas, como a análise vibração faz importante para evitar a quebra de equipamentos. A inspeção visual foi importante para detectar problemas em equipamentos, garantindo uma alta disponibilidade do mesmo, e minimizando os custos de manutenção, levando em consideração a importância de fazer melhorias nos sistemas dos equipamentos.

A implementação desse sistema, gera para industrias que trabalham com britagem de minério, uma maneira mais rápida e eficiente de solucionar um problema em um britador, já que os motores hidráulicos são peças cruciais no funcionamento do equipamento, e gera para a sociedade um conhecimento de que em qualquer equipamento, o excesso de vibrações visível, pode ser um problema maior do que o esperado, mostrando a importância de sempre fazer inspeções, para verificar as condições dos mesmos.

REFERÊNCIAS

- Brigham, E. F., & Houston, J. F. 2018. **Fundamentos da administração financeira**. Cengage Learning.
- De Negri, V. J., 2001, **Sistemas Hidráulicos e Pneumáticos para Automação e Controle: Parte III – Sistemas Hidráulicos para Controle** – Apostila de graduação e Pós-graduação, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Departamento de Engenharia Mecânica, Florianópolis-SC, 78.
- Facix. 2023. **Locação de equipamentos para britagem e peneiramento**. Disponível em: <https://www.facix.ind.br/aluguel-britador-movel-peneira>. Acesso em: 15/11/2023.
- Ferreira, Rafael. 2018. **Figuras - química aplicada**. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/324653886_QUIMICA_APLICADA/figures?lo=1. Acesso em: 15/11/2023.
- Goh, S. C., & Xie, M. 2011. **A two-level inventory model for repairable items with lead time and ordering cost reduction**. European Journal of Operational Research, 210(2), 209-216. doi:10.1016/j.ejor.2010.09.014.
- Guimarães Neto, Oscar. 2012. **Análise de Custos**. Ed. rev. Curitiba: IESDE Brasil S.A. 2012.172 p.
- Ideal Hidráulicas. 2023. **Motor hidráulico preço**. Disponível em: <https://www.idealhidraulicas.com.br/produtos/motor-hidraulico/motor-hidraulico-preco>. Acesso em: 15/11/2023.
- Kardec, A.; Nascif, J. **Manutenção: função estratégica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.
- Martins, Ana Patrícia Riberio de Almeida Pires. 2012. **A Influência da Manutenção Industrial no Índice Global de Eficiência (OEE)**. Dissertação (Mestrado de Engenharia e Gestão Industrial) — Universidade Nova de Lisboa, 2012.
- Mauro, C., Lanzetta, M., & Rossi, T. 2018. **Overall Equipment Effectiveness (OEE) in industrial plants: A comprehensive literature review**.
- Mobley, R. Keith. 1943. **An introduction to predictive maintenance** / R. Keith Mobley. 2nd ed. Includes index. ISBN (alk.paper)1. Plant maintenance Management. TS192.M624.2002.1. Title.
- Moubray, J. 1997. **Reliability-centered maintenance**. (2ª ed.), Industrial Press Inc.
- Neto, O. M., Santos, C. A. M., Paula, I. C., Grimoni, J. A. B. 2014. **Desafios da educação em engenharia: Formação em engenharia, capacitação docente, experiências metodológicas e proposições**. Ed. ABENGE, Brasília, 2014, 370p.
- Pallerosi, C. 2007. **Confiabilidade, a quarta dimensão da qualidade. 1. Manutenibilidade e disponibilidade**. Relia Soft Brasil.

Pinto, Alan Kardec; Ribeiro, Haroldo. 2002. **Gestão Estratégica e Manutenção Autônoma**. Rio de Janeiro. ABRAMAN. 2002

Verri, Luiz Alberto. 2012. **Gerenciamento pela Qualidade Total na Manutenção Industrial Aplicação e Prática**. Rio de Janeiro. Qualitymark. 2012.