



# TRABALHO DE GRADUAÇÃO

## **ESTUDO E PLANEJAMENTO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE UM REDUTOR DE EXTRUSORA BASEADO EM MANUTENÇÃO CORRETIVA PROGRAMADA**

*STUDY AND PLANNING OF PREVENTIVE MAINTENANCE FOR AN EXTRUDER GEARBOX BASED ON SCHEDULED CORRECTIVE MAINTENANCE*

DE PAULA VARGAS AZEVEDO, André; DE PAULA VARGAS AZEVEDO, Arthur;  
GIRALDI SCOTTI, Pedro;  
Professor Celso Antônio Cipolato do Curso de Engenharia Mecânica da Universidade São Francisco;  
**azevedo5104@live.com**  
**pvaz2735@gmail.com**  
**pedro.giraldi.scotti@gmail.com**

### **Justificativa e objetivo**

O presente trabalho tem como justificativa a necessidade de se implementar um processo de manutenção planejada sólida e sistêmica em um redutor, que de antemão não tinha um planejamento de manutenção, o que tem ocasionado quebras e paradas não repentinas na produção.

O objetivo deste trabalho é criar um plano de manutenção preventiva em função das lições aprendidas com a manutenção corretiva programada, com base em informações de manutenção preditivas em caráter preventivo e manuais técnicos de máquina.

Como objetivo correlato serão definidos intervalos planejados de manutenção, focando na redução de custos, melhoria de eficiência na produção e eliminação de paradas de linha não programadas.

**Resumo.** O trabalho teve a proposta de estudar a manutenção industrial de um redutor de uma extrusora de borracha de 90mm de rosca. Para isso, foi empregada uma metodologia fundamentada em manuais, referências bibliográficas e experiência prática em redutores. Dessa maneira, optou-se pelo método de manutenção corretiva programada, visando restabelecer o funcionamento normal da máquina. Ao analisar o histórico anterior de manutenção, observou-se a completa ausência de registros de ações, o que evidenciou a necessidade de uma manutenção corretiva emergencial. Tal necessidade foi identificada por meio de uma análise preditiva de vibração e de óleo. Após restabelecer a operação normal do redutor, propôs-se a implementação de um cronograma de manutenção preventiva. Esse cronograma envolve a realização de inspeções e a utilização de ferramentas preditivas para análises de confiabilidade da máquina bem como manutenções preventivas baseadas nas manutenções preditivas.

**Palavras-chave:** redutor; manutenção; corretiva; preventiva.

**Abstract.** This study will deal with the industrial maintenance of a 90mm screw rubber extruder gearbox. To do this, a methodology based on manuals, bibliographical references and practical experience with gearboxes was used. We therefore opted for the scheduled corrective maintenance method, with the aim of restoring normal machine operation. An analysis of the previous maintenance history revealed a complete lack of action records, which highlighted the



# TRABALHO DE GRADUAÇÃO

need for emergency corrective maintenance. This need was identified through a predictive vibration and oil analysis. After restoring the gearbox to normal operation, a preventive maintenance schedule was proposed. This schedule involves carrying out inspections and using predictive tools to analyze the machine's reliability, as well as preventive maintenance based on predictive maintenance.

**Keywords:** gearbox; maintenance; corrective; preventive.

## Introdução

O desempenho de uma empresa está diretamente ligado a manutenção correta e planejada de equipamentos, prevenindo falhas catastróficas no setor produtivo. A manutenção de redutores em maquinários industriais é um elemento vital para que se obtenha resultados consistentes e uma longevidade prolongada dos sistemas de produção. Diante do pressuposto, será abordado a implementação de estratégias de manutenção em um redutor instalado em uma extrusora de borracha, essa manutenção sistêmica visa mitigar os problemas recorrentes da máquina e prolongar sua vida útil.

Por conta da falta de práticas adequadas de manutenção em seu histórico na empresa, foi possível observar a grande relevância deste estudo no contexto anterior e posterior de manutenção. O redutor que será o objeto de estudos é um Motomeccanica modelo 2K280TR que desempenha um papel crítico na operação de uma extrusora de borracha. A falta de um processo sistêmico de manutenção teve como resultado altos níveis de vibração e problemas correlatos, impactando a eficiência e confiabilidade da máquina.

Este estudo foi pautado numa metodologia teórica, incorporando a análise de manuais, expertise do time de manutenção e método de lições aprendidas em função da implementação de uma manutenção corretiva programada, fundamentada em análises preditivas, com foco na análise de vibração e análise de óleo, que revelou aspectos críticos do estado do redutor. Diante dessas constatações, propõe-se um plano e cronograma focalizado de manutenção preventiva, utilizando análises preditivas, preventivas e inspeções visuais periódicas, visando não apenas corrigir falhas, mas também prevenir futuros problemas.

Ao final deste estudo, espera-se contribuir não apenas para a recuperação e otimização do redutor em questão, mas também para o desenvolvimento de estratégias de manutenção aplicáveis a sistemas similares na indústria, promovendo eficiência operacional e sustentabilidade a longo prazo.

## Metodologia

A manutenção no redutor consiste em aplicar uma metodologia teórica, cuja base é a análise de manuais do equipamento, referenciais bibliográficos renomados e experiência na área por parte do time de manutenção.

Do ponto de vista prático, será utilizada uma manutenção corretiva programada a fim de retornar a máquina em seu estado de pleno funcionamento. Entre os três métodos de abordagem de análise de manutenção, serão expostos pontos de correlação dentro do escopo da manutenção industrial.

A partir disso, serão implementados sistemáticas e cronograma de planejamento para o cenário do equipamento abordado, com intuito de explanar o contexto negligenciado do



## TRABALHO DE GRADUAÇÃO

equipamento sem a devida metodologia de manutenção e em contrapartida utilizar este cenário como lições aprendidas para estipular e desenvolver uma base de dados e contextos que favoreçam a criação de estratégias de manutenção para o redutor.

O uso padronizado de uma sistemática de manutenção de um item corrobora para a participação de uma maior disponibilidade do equipamento (FOGLIATO, 2009), tal fato gera uma padronização por parte do setor de manutenção para o feito.

Mantenabilidade é definida como a capacidade de um item ser mantido ou recolocado em condições de executar suas funções requeridas, mediante condições preestabelecidas de uso, quando submetido à manutenção sob condições predeterminadas e usando recursos e procedimentos padrão. (FOGLIATO, 2009)

Em virtude do fato do antigo setor de manutenção, não ter desenvolvido instrumentos que propiciem e favoreçam a desenvoltura da devida manutenção para o redutor, juntamente com a falta de dados suficientes que auxiliem no processo de análises preditivas e ações preventivas padronizadas, vai ser posto à prova um cenário de lições aprendidas, em conjunto com a metodologia padronizada de manutenção planejada com artifícios de manutenção preventiva, preditiva e inspeção visual, e um cronograma de manutenção anual, a partir da parada de linha por corretiva programada para o equipamento.

Diante do histórico apresentado, Kardec e Nascif (2009) estipula que o melhor proposto é a intervenção de ação e o uso desse artifício como meio de manutenção:

Quando o grau de degradação do item se aproxima ou atinge o limite previamente estabelecido, é tomada a decisão de intervenção, o que permite uma preparação prévia. Essa intervenção é, então, uma manutenção corretiva programada. (KARDEC E NASCIF, 2009)

Diante do excerto, corroborando com essa tratativa, irá discernir e apresentar o antigo cenário para o redutor em questão e um plano de ações executadas com viés de manter e sanar todas as negativas apresentadas em função do artifício da manutenção preventiva e preditiva com o intuito de utilizá-la como lições aprendidas com a corretiva programada

### *Antigo Cenário de Manutenção do Redutor*

O equipamento se trata de um redutor Motomeccanica modelo 2K280TR que está instalado em uma extrusora de borracha de 90 mm de rosca fabricada pela empresa Proteo International, sediada na Itália.

A empresa mantenedora do bem se nomeia Cooper Standard Automotive, e a extrusora em questão com o redutor acoplado, se mantém em funcionamento com mais 3 extrusoras que utilizam do mesmo método de fabricação. A empresa em que está instalada essa extrusora tinha como histórico e cultura a falta de um processo sistêmico e implementado de manutenção.

Dessa maneira, a manutenção planejada era negligenciada pelo setor, portanto esse cenário se discorria somente com o artifício da manutenção corretiva, executado apenas quando ocorre parada do equipamento por falha mecânica ou de qualquer virtude. Ademais, o redutor não tinha um planejamento estratégico que beneficiasse os índices de disponibilidade do equipamento.

Em virtude da negligência do setor, a extrusora estava tendo alto nível de vibrações divergentes. O nível de vibrações era extremamente crítico e podia ser aferido sensitivamente



## TRABALHO DE GRADUAÇÃO

sem técnicas especializadas de vibração, independente de um profissional da área atuante ou não.

### *Estruturação do Plano de Ações para a Manutenção Corretiva Programada do Redutor.*

Englobando o cenário atual e pensamento envolvido, essas negativas serão sanadas e avaliadas a partir de dois tipos de manutenção industrial: preventiva e preditiva, com o intuito de ser gerida e validada pela criação de um cronograma de manutenção anual, pós corretiva programada.

Voltada para a tratativa “A manutenção é uma atividade estruturada da empresa, integrada às demais atividades, que fornece soluções buscando maximizar os resultados” (KARDEC E NASCIF, 2009).

Busca-se utilizar métodos assertivos e com base teórica e prática para validar as negativas apresentadas pelo histórico de manutenção do redutor com a manutenção preditiva focando na análise de óleo e vibração do equipamento.

Tomando como forma, segundo (GREGÓRIO E SILVEIRA, 2009), o método de análise de vibração e óleo, será utilizado para consolidar de maneira sistêmica a justificativa da abertura do redutor, no cenário de manutenção, sem comprometer a parada de linha da extrusora, e a possibilidade de gerar dúvidas no entorno da primeira manutenção do redutor.

A manutenção preditiva aplica, de forma planejada e sistemática, técnicas de análise com o objetivo de reduzir ao mínimo as manutenções preventiva e corretiva. Dessa forma, o componente é utilizado durante toda a sua vida útil, não havendo perda de tempo de produção.

De maneira a documentar, e criar uma sistemática, sugere-se a utilização de mais de um tipo de manutenção para a consolidação da abertura do redutor, visto que a manutenção se nomeia como um ramo global e pode ser dividida em alguns tipos, preventiva, corretiva e preditiva (KARDEC E NASCIF, 2009).

Em decorrência dos fatos, as técnicas utilizadas para a validação da abertura do redutor serão a manutenção preditiva de análise de vibração e análise de óleo.

Segundo (KARDEC E NASCIF, 2009), a terceirização de maneira geral sugere uma vantagem em transferir processos suplementares a quem os tenha com atividade-fim.

Perante esse contexto, estas análises serão concebidas e mensuradas por uma empresa terceira portadora da tecnologia e vasta experiência de atuação, intitulada Vibramec Engenharia Manutenção Preditiva, contraponto que facilitou a empresa mantenedora do redutor, uma vez que não tem conhecimento nem tecnologia suficiente para executar o trabalho, concordância que ficou clara dentro do setor de manutenção que o custo de terceirizar a manufatura da análise, propicia maiores ganhos em tempo e economia em questões financeira.

Pela possível iminência de quebra do redutor e pela falta de manutenção adequada, que poderia causar uma grave parada do equipamento com um impacto de linha altíssima, decidiu-se, em conjunto com o setor de manutenção atual, estipular uma parada da linha de extrusão para executar uma manutenção corretiva programada com teor preventivo além de imputar dados sistêmicos referentes a manutenção e criação de uma lista de materiais para manter o equipamento operante posteriormente.



# TRABALHO DE GRADUAÇÃO

Em busca de criar um histórico de manutenção do redutor decidiu-se realizar a análise de vibração e óleo para avaliar as condições internas do redutor antes de desmontar por completo, visto que essa manutenção é crítica e demorada.

Propiciando a redução de tempo de parada, antes de desmontar o redutor se fez necessário, catalogar a lista de materiais de fácil acesso por visualização de identificação dos itens, manuais de usuário e desenhos técnicos existentes para a compra antecipada das peças e posterior abertura do redutor para a manutenção preventiva, visto que a manutenção seria realizada internamente para evitar custos elevados e paradas longas e desnecessárias da linha que, se fossem feitas por empresas terceirizadas, não conseguiriam atender o prazo definido internamente.

Por fim, catalogar todas as peças sobressalentes internas faltantes após o desmonte do mesmo. Com base nas explicações acima, foi criado o plano de intervenção e manutenção do redutor, que vai ser sumarizado na Tabela 1 a seguir.

**Tabela 1** – Plano de Ação para a Manutenção Corretiva Programada

REDUTOR MOTOMECCANICA 2K280TR	
PLANO DE AÇÃO	
1	FAZER ANALISE DE OLEO
2	FAZER ANALISE DE VIBRAÇÃO
3	VALIDAR OS RESULTADOS DAS ANALISES
4	DESMONTAGEM COMPLETA DO REDUTOR
5	LIMPAR O REDUTOR
6	TROCA DE PEÇAS DANIFICADAS OU DESGASTADAS
7	LEVANTAMENTO E CATALOGO DE ESPECIFICAÇÃO DE PEÇAS
8	MONTAGEM TOTAL DO REDUTOR

**Fonte: Elaborado Pelos Autores**

Utilizando a Tabela 1 como estruturação do plano, foi discutido conforme sequência dos tópicos apresentados.

## *Resultados das Análises Preditivas*

### Análise de Vibrações

Direcionando o alvo na manutenção preditiva, a análise de vibração, segundo (KARDEC E NASCIF, 2009), está em qualquer sistema à medida que este responde a uma excitação, decorrido este ponto. O acompanhamento de vibração, tem uma maior ênfase em equipamentos de teor rotativo (KARDEC E NASCIF, 2009).

Para tal análise, este serviço foi realizado de maneira terceirizada, visto que o time de manutenção interno da empresa Cooper Standard não detém conhecimento técnico nem ferramental para o estudo vibracional.

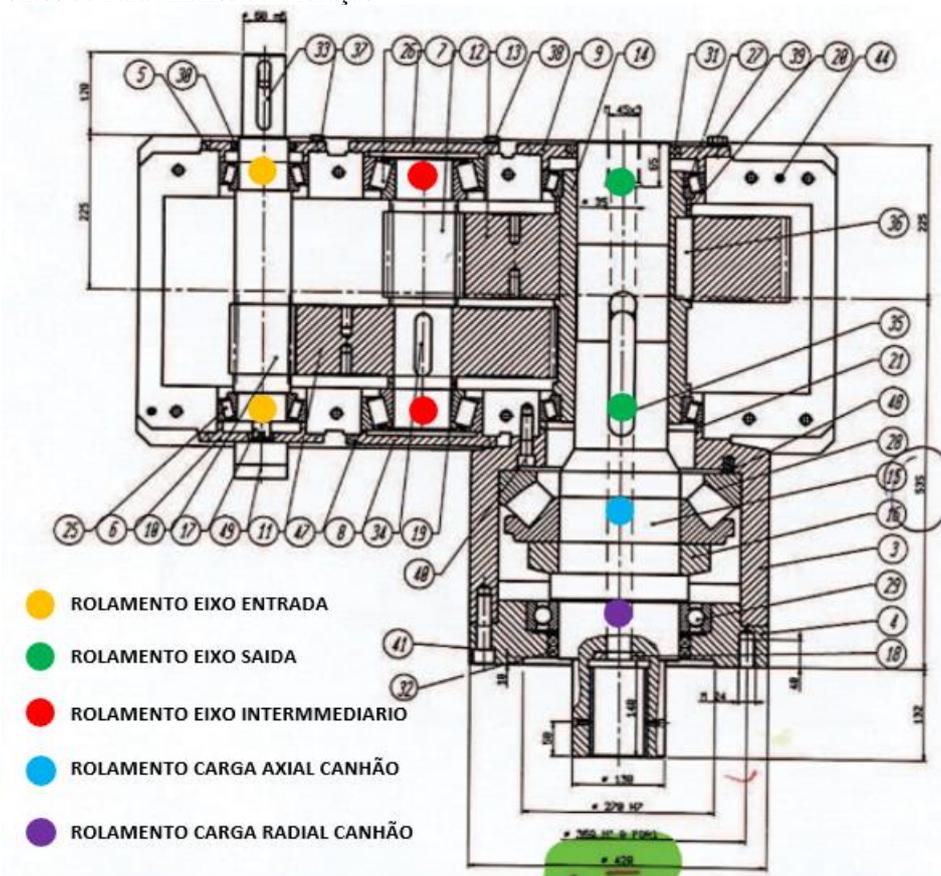
Dessa maneira, alguns pontos devem ser levados em consideração nas questões técnicas da análise: a empresa terceirizada Vibramec, utilizou catálogos de peças padronizadas, especificações técnicas e experiência com esse redutor em decorrência de ter realizado diversas análises de vibração para máquinas de modelos idênticos para outra planta Cooper Standard.



# TRABALHO DE GRADUAÇÃO

Para tal serviço, a análise de vibração é feita em pontos específicos do redutor como: rolamentos do eixo de entrada, rolamentos do eixo de saída, rolamentos do eixo intermediário, rolamento de carga axial canhão e rolamento de carga radial do canhão, vide figura 2, pontos de inserção na análise de vibração.

**Figura 1** - Pontos de Para Análise de Vibração



Fonte: Desenho técnico mecânico - Redutor 2K280TR

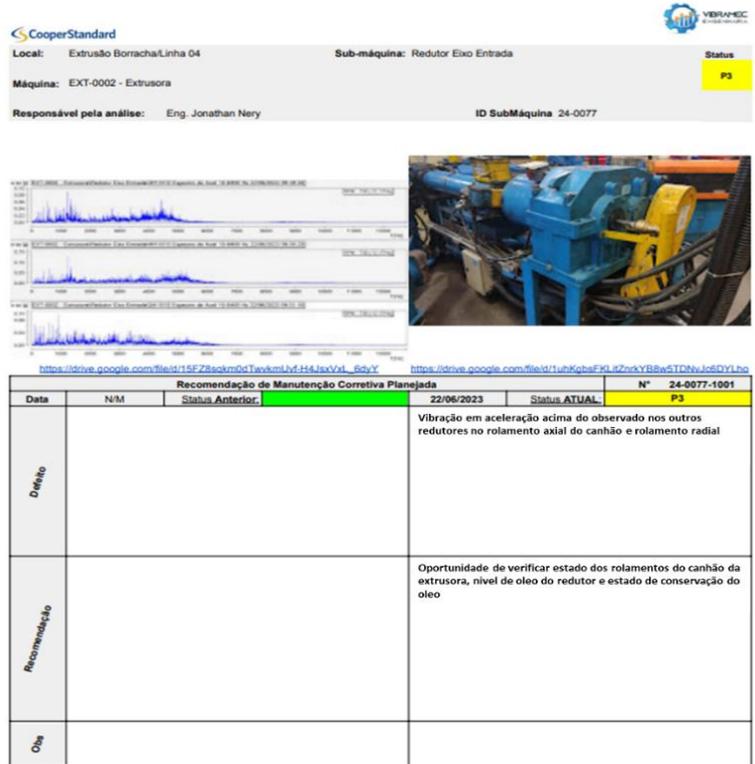
## Relatório da Análise de Vibrações

Colocando em pauta o relatório da análise, foi discernido de forma técnica a validação da suspeita da incoerência vibracional do equipamento, com pontos chaves de pior estado vibracional e alerta para uma manutenção imediata, vide figura 3 - relatório de análise vibracional.



# TRABALHO DE GRADUAÇÃO

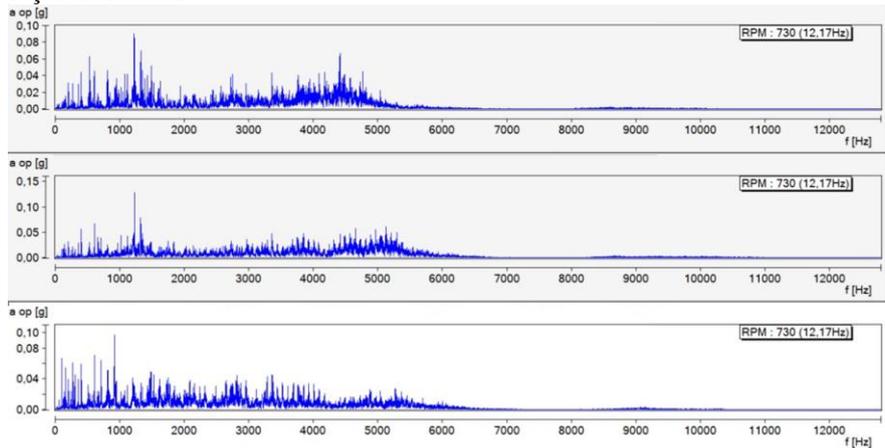
Figura 2 - Relatório Análise Vibracional Reduzido



Fonte: Relatório Vibramec Engenharia

Para uma máxima assertividade na análise de vibrações, é decorrido 3 análises médias para a validação dos fatos, quantidade estipulada pela Vibramec. Diante desta informação vide Gráfico 1 - Vibração do redutor. Para o gráfico em questão é possível discernir e visualizar máximas vibrações com picos grandes e desorganizados com amplitudes altas que fogem do padrão normal dos componentes mecânicos.

Gráfico 1 - Vibração do redutor



Fonte: Relatório Vibramec Engenharia.



### Análise de Óleo

Segundo (KARDEC E NASCIF, 2009) a análise do lubrificante da máquina é uma das técnicas de manutenção preditiva mais comum e eficaz dentro da manutenção industrial. A partir disso, para a análise no óleo do redutor novamente foi preciso contar com uma equipe técnica terceirizada, em parceria com a Vibramec, o laboratório de perícia que coletou o óleo do redutor, Laboroil. Vide Figura abaixo

**Figura 3** - Relatório Análise de Lubrificante Reduzido

Resultados de análises em óleos lubrificantes, graxa, diesel, líquido arrefecimento e ARLA	
	
<p>Cliente <b>0788B - VIBAMEC VARGINHA LTDA</b></p> <p>Equipamento - Código/Descrição/Compartmento <b>L4 EXT-0002 / L4 EXT-0002 / 0124 - REDUTOR</b></p>	
<p>Laudo/Amostra <b>B2906230034 - 00657</b></p> <p>Produto para Análise <b>CASTROL 220</b></p> <p>Local/Obra <b>COOPER STANDART</b></p> <p>Série Compartmento</p>	<p>Laudo: O PRODUTO REPRESENTADO PELA AMOSTRA NÃO SE ENCONTRA EM CONDIÇÕES DE USO. EM ANÁLISE, DETECTAMOS PRESENÇA DE ÁGUA DE CONTAMINAÇÃO, EM TEOR QUE CONSIDERAMOS PREJUDICIAL AO BOM DESEMPENHO DO PRODUTO. EM EXAME DA LÂMINA DO ÓLEO, IDENTIFICAMOS CONSIDERÁVEL PRESENÇA DE PARTÍCULAS METÁLICAS DE LIGA NÃO FERROSA (COBRE). AVALIAR PROVÁVEL INÍCIO DE DESGASTE ANORMAL EM COMPONENTES DO SISTEMA. TROQUE O ÓLEO.</p>
<p>Solicitação nº <b>0000000003</b></p> <p>Hor./Data Troca <b>00/00/0000</b></p> <p>Hor./Data Atual <b>24/06/2023</b></p> <p>Vol. Compartmento <b>0,0</b></p> <p>Trocou o produto na coleta? <b>Nao</b></p>	<p>Data Coleta <b>24/06/2023</b></p> <p>Data Entrada <b>29/06/2023</b></p> <p>Tempo Serviço <b>0</b></p> <p>Reposição <b>0,0</b></p> <p>Comentários: Al-NORMAL Cu-NORMAL Cr-NORMAL Fe-NORMAL Si-NORMAL Pb-NORMAL Sn-NORMAL Mo-NORMAL Ni-NORMAL Ag-NORMAL Mg-NORMAL Ti-NORMAL V-NORMAL L Zn-NORMAL Ca-NORMAL Mn-NORMAL Ba-NORMAL B-NORMAL P-NORMAL Na-NORMAL</p>

Fonte: Relatório Vibramec Engenharia

### Relatório da Análise do Lubrificante

Conforme veredito da análise de óleo, percebe-se alto nível de água misturada no óleo, o que é extremamente prejudicial para os componentes ferrosos do redutor como engrenagens, eixos, carcaça do redutor e entre outros, outro componente presente na análise, que teve presença significativa foi o cobre, portanto foi recomendado a troca imediata do óleo segundo os dados analisados pelo laboratório.

Mediante os agentes intrusivos no óleo, se desconhece de onde minou as substâncias, o cobre e a água para contaminar o óleo, porém para ambas as análises de preditiva que foram feitas, tanto o óleo quanto a vibração, passaram um viés negativo para a máquina. Evidências suficientes para justificar a parada da máquina e a abertura completa do redutor para análise das partes internas dele conforme plano de ação criado na Tabela 1: Plano de Intervenção e Manutenção do Redutor



# TRABALHO DE GRADUAÇÃO

## Realização Manutenção Corretiva Programada do Redutor

Seguindo a negativa dos dados das análises preditivas, decidiu-se continuar com a proposta da ação corretiva programada de abertura e desmontagem completa da extrusora e redutor.

A manutenção foi planejada com base em um período pré-estipulado pela corporação e time de manutenção de no máximo quatro dias, visto que esta intervenção no equipamento envolveria desmontagem completa da extrusora e, como se trata de um equipamento industrial pesado e robusto, existiam peças e partes com massa considerável.

A desmontagem do redutor se dividiu nas seguintes partes respectivamente: afastamento da extrusora da linha para melhor acesso de manutenção, drenagem da água do sistema de resfriamento do canhão, drenagem do óleo do redutor, desconexão das mangueiras de água do sistema de resfriamento, retirada das proteções do canhão, retirada da rosca, retirado canhão da extrusora, retirado tampa superior do redutor, retirado polia do redutor, eixo de entrada de transmissão, eixo intermediário, eixo de saída, bomba de lubrificação automática do rolamento axial da rosca, retentor do canhão e retentor do eixo de entrada e saída.

A partir de todas as peças retiradas foi avaliada condições internas do redutor, trocado todas as retenções de vedação, incluindo juntas da tampa superior, retentores e rolamentos do eixo de entrada, intermediário e saída, filtro de ar, óleo e juntas de fechamento das tampas dos rolamentos. Realizado também a limpeza total do redutor com desengraxante, retirada de pontos de oxidação, revitalização das superfícies internas do redutor escovando-as com rebolo rotativo, restauração da bomba do fluxo de óleo do rolamento axial, retirada de oxidação das engrenagens e limpeza das engrenagens.

Em concordância com o plano de ação estipulado, para futuras manutenções programadas e em função da corretiva programada, foram levantadas as peças e itens sobressalentes do redutor conforme especificação retirada do redutor e lista de atividades que foram realizadas para futuras manutenções.

**Tabela 2** – lista de Peças Sobressalentes Redutor.

LISTA DE PEÇAS - REDUTOR 2K280 TR			
DESCRIÇÃO	DESCRIÇÃO LONGA	QUANTIDADE	OBSERVAÇÃO
OLEO ISO VG 220	OLEO ISO VG 220	40 L	Oleo de Lubrificação do redutor
RET. 90,00 x 70,00 x 10,00	RET. 90,00 x 70,00 x 10,00	1 uni	Retentor externo eixo de entrada (polia)
RET. 160,00 x 130,00 x 12,00	RET. 160,00 x 130,00 x 12,00	1 uni	Retentor eixo de saída
RET. 200,00 x 170,00 x 15,00	RET. 200,00 x 170,00 x 15,00	2 uni	Retentor interno eixo de saída/rosca
ROLAM. 29434 E SKF	ROLAM. 29434 E SKF	1 uni	Rolamento de encosto da rosca
ROLAM. 6034 SKF	SKF 6034 M/C3 FR 21238H	1 uni	Rolamento interno canhão
ROLAM. 32934 SKF	SKF 32934 POLAND H	2 uni	Rolamento Eixo de saída/rosca
ROLAM. 32316 SKF	SKF 32316 J2 17 290H	2 uni	Rolamento Eixo intermediário
ROLAM. 33214 SKF	SKF 3214 / Q 15129H	2 uni	Rolamento Eixo de entrada
RESPIRO MPFILTRI	MPFILTRI TKT G16NOAFAP01	1 uni	Filtro de respiro tampa de oleo redutor

Fonte: Elaborado pelos Autores

## Resultados e discussão

### Manutenção corretiva programada e Análise da Falha e Causa Raiz

Após realizar a abertura do redutor pode-se evidenciar pontos importantes para a vida útil da máquina. Constatou-se forte corrosão por oxidação das peças internas do redutor como:

# TRABALHO DE GRADUAÇÃO

paredes da caixa do redutor, engrenagens, oxidação no rolamento e alojamento do rolamento de carga axial, oxidação no rolamento e alojamento do rolamento de carga radial do canhão, eixo de saída do canhão. Toda essa oxidação é proveniente da passagem da água de resfriamento da extrusora para a caixa do redutor através dos retentores que vedam a saída do eixo de saída do redutor, isso justifica a alta taxa de água no óleo que causou a contaminação validada em laboratório.

Além disso, a alta taxa de bronze no óleo é justificada pelo desgaste excessivo da gaiola do rolamento de carga radial do canhão, fabricada em bronze, o que causou a vibração anormal no redutor.

**Figura 4** - SKF 6034 M/C3 - USADO



Fonte: Elaborado pelos Autores

Além do mais, a alta carga axial da rosca proveniente do transporte de matéria prima no canhão aliado com a alta oxidação causou fissuras e crateras causando a quebra da pista do rolamento de carga radial, possivelmente o principal causador de toda a vibração da extrusora, o estrago possivelmente não foi maior pois o alojamento do rolamento não possibilitou um travamento ou desacoplamento das peças quebradas.

**Figura 5** – SKF 29434 E - USADO



Fonte: Elaborado pelos Autores



## TRABALHO DE GRADUAÇÃO

Figura 6 – SKF 29434 E - USADO



Fonte: Elaborado pelos Autores

Outro ponto que foi levantado pós em pauta é que o sistema de lubrificação automático do redutor não estava funcionando corretamente no redutor. No projeto original da Proteo, tem acoplado uma bomba hidráulica que rotacional em conjunto com as engrenagens do redutor que gera o fluxo de óleo da caixa do redutor para um bico de lubrificação no rolamento de carga axial da rosca, dessa maneira o rolamento não estava tendo lubrificação adequada, portanto esse indício e Constatação, foi um dos maiores fatores e artifícios geradores, da quebra do rolamento além da excessiva corrosão pela água presente.

### Estruturação das periodicidades do Plano de Manutenção Preventiva

Pensando em envolver a sistemática do planejamento preventivo, com todas as informações envolvidas, e com base no cenário de lições aprendidas, é possível intermediar e criar um plano de manutenção específico para o equipamento, corroborando com esse pensamento para harmonizar todos os processos que interagem na Manutenção, é fundamental a existência de um Sistema de Controle da Manutenção (KARDEC E NASCIF, 2009).

Visando extrair o máximo desempenho dos elementos da máquina, e óleo, foi traçado uma base de cálculo a partir da periodicidade de troca em função dos manuais técnicos do equipamento.

### Periodicidade de Troca do Óleo do Redutor

Voltado para o âmbito do planejamento preventivo, estruturado e padronizado, a manutenção tende a buscar métodos e meios de auxiliar na resolução das problemáticas envolvidas, portanto, para a definição do intervalo de tempo ou período de troca de óleo do redutor, foi feito o cálculo de tempo em virtude da temperatura do óleo e regime de trabalho de acordo com o manual técnico da Proteu. Pensando em garantir a robustez da padronização, tomando como base o pensamento teórico de (GREGÓRIO E SILVEIRA, 2009).

Peças de máquinas tem sua vida prolongada através da limpeza e lubrificação, dessa maneira, o óleo de lubrificação interna do redutor se faz primordial para a durabilidade das peças internas do redutor como: rolamentos, redução de atrito entre engrenagens, corrosão interna por oxidação etc. Dessa maneira, todos esses artifícios geram maior confiabilidade do equipamento.



# TRABALHO DE GRADUAÇÃO

Para garantir a manutenibilidade da máquina e funcionamento confiável como proposto, foi extraído do manual técnico uma tabela que evidencia a troca do óleo em função da temperatura e regime de trabalho, vide tabela abaixo.

**Tabela 3** – Regime de Trabalho em Função da Troca de Óleo.

## 2 – Substituição do óleo

O intervalo para troca de lubrificante depende das condições de emprego, conforme tabela abaixo:

Temperatura	Serviço	Tempo de Troca
< 60 °C	Contínuo	5000 h
	Intermitente	8000 h
> 60 °C	Contínuo	2500 h
	Intermitente	5000 h

Os dados da tabela referem-se a lubrificação a base mineral ou sintética. Neste último caso, se usado em um campo de temperatura normal, pode ser aplicado como lubrificação longa vida, necessitando porém o cuidado de evitar a contaminação do lubrificante.

Fonte: Manual de Instrução Proteo

Para definição do regime do redutor foram coletadas temperaturas de funcionamento. O regime de temperatura foi definido através de aferições de alguns valores ao longo de uma semana de trabalho. Justificando o excerto, pensando em aferir uma temperatura favorável e assertiva, foi definido esse intervalo de tempo em razão da extrusora produzir todos os produtos da fábrica, vide tabela a seguir.

**Tabela 4** – Temperatura de Trabalho do Óleo.

TABELA TEMPERATURA DE TRABALHO VC TEMPO							
PERÍODO (DIAS)	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7
TEMPERATURA (°C)	43°C	42,3°C	44°C	43,5°C	45°C	42,5°C	41,2°C

Fonte: Elaborado pelos Autores

De acordo com o manual técnico tabela 3, a definição do regime de trabalho pode ser classificada em duas modalidades: contínuo e intermitente. Dessa maneira foi necessário extrair informações da produção a fim de estipular a modalidade, vide tabela a seguir do tempo de execução de trabalho. A extrusora está regrada em um regime de dias úteis, de segunda a sexta-feira, e aos sábados intercalando em dias intermitentes, para a escolha da modalidade foi inferido um trabalho menor que 60°C, e modalidade regime contínuo. conforme tabela 5. De acordo com a escala de trabalho da máquina a troca do óleo deve ser feita a cada nove meses.



# TRABALHO DE GRADUAÇÃO

**Tabela 5** – Periodicidade de trabalho Anual.

PERIODICIDADE DE TRABALHO ANUAL							
Mês	Dias Úteis	Sabado	Domingo	Feriados nacionais.	Dias trabalhados	Acumulado	Periodicidade
Janeiro	22	4	5	1	24	24	Vida Útil do Óleo
Fevereiro	18	4	4	2	20	44	
Março	23	4	4	0	25	69	
Abril	18	5	5	2	21	90	
Maió	22	4	4	1	24	114	
Junho	21	4	4	1	23	137	
Julho	21	5	5	0	24	161	
Agosto	23	4	4	0	25	186	
Setembro	20	5	4	1	23	209	
Outubro	21	4	5	1	23	232	Início de um novo ciclo de troca
Novembro	20	4	4	2	22	254	
Dezembro	20	5	5	1	23	277	

Dias Corridos Vida Útil do Óleo
208

**OBS:** Para o total acumulado, foi feito a transformação em horas trabalhadas em função das 5000hs

Fonte: Elaborado Pelos Autores

## Estruturação do Plano Preventivo de Manutenção

A troca de óleo vai ser a principal métrica de tempo para as ocorrências de manutenção preventiva do redutor, a partir de cada troca de óleo, em decorrência do período de 9 meses, deverá ser realizado uma série de inspeções e trocas de peças a partir de algumas listas de procedimentos internos padronizados para manter a saúde no redutor.

A manutenção planejada irá se dividir em três frentes principais, tendo em vista a experiência adquirida na manutenção corretiva programada. Visto que cada frente se ocupa de conciliar e visualizar cada aspecto importante que engloba a manutenção total do redutor.

Ela se divide em: manutenção preventiva, manutenção preditiva com teor Preventivo e inspeção visual

## Manutenção Preventiva

Mediante esta frente de Procedimento preventivos, se responsabiliza em fazer a troca dos componentes do redutor que se faz necessário a partir da troca de óleo, com base nas aferições e constatações vigentes, vide Tabela 6



# TRABALHO DE GRADUAÇÃO

**Tabela 6 – Lista de procedimentos de Manutenção Preventiva**

LISTA DE PROCEDIMENTOS - MANUTENÇÃO PREVENTIVA	
1.0	PROCEDIMENTOS DE SEGURANÇA
1.1	DESLIGAMENTO DE ENERGIAS PERIGOSAS (ELETRICA E PNEUÁTICA)
1.2	ISOMENTO DA AREA DE TRABALHO
1.3	IDENTIFICAÇÃO DE AREA DE RISCO COM PLACAS
2.0	PROCEDIMENTO DE TROCA DE COMPONENTES
2.1	ESGOTAMENTO DO OLEO
2.2	TROCA DO RETENTOR DO EIXO DE ENTRADA
2.3	TROCA DO RETENTOR DO EIXO DE SAIDA
2.4	ADIÇÃO DE OLEO NOVO NO SISTEMA
3.0	MONTAGEM DO EQUIPAMENTO
3.1	PROCEDIMENTO DE MONTAGEM DO EQUIPAMENTO
3.2	TESTE E VALIDAÇÃO DA MANUTENÇÃO EFETUADA
3.3	START DA LINHA EXTRUSORA

Fonte: Elaborado Pelos Autores

## Manutenção Preditiva

Propõe em prever anormalidades vibracionais dos componentes rotativos do redutor, e análise de óleo do conjunto. Visando fazer o acompanhamento minucioso do equipamento, é possível diminuir o tempo da amplitude das análises do ciclo do procedimento, por se tratar de uma manutenção inofensiva que não propicia a parada do equipamento, tendo como cunho um teor preventivo a preditiva de análise, vide tabela 7

**Tabela 7 – Lista de procedimentos de Manutenção Preditiva**

LISTA DE PROCEDIMENTOS - MANUTENÇÃO PREDITIVA	
1.0	PROCEDIMENTO DE INSPEÇÃO
1.1	REALIZAR ANALISE DE VIBRAÇÃO
1.2	TOMAR AÇÕES CASO HOUVER ANORMALIDADES
1.3	REALIZAR ANALISE DE OLEO
1.4	TOMAR AÇÕES CASO HOUVER ANORMALIDADES

Fonte: Elaborado Pelos Autores

## Inspeção Visual do Equipamento

Esta análise se sustenta em checar anormalidades dos componentes do redutor por meio de inspeção visual e superficial, com cunho operacional.

Tendo em vista que existem manutenções simplificadas que podem ser validadas visualmente, foi implantado uma sistemática em que envolve algumas temáticas operacionais que favoreçam esse meio, portanto, criou-se uma lista de inspeções que serão realizadas periodicamente pelo próprio time operacional da linha. Com essas inspeções é possível prevenir futuros problemas que podem ser corrigidos rapidamente. Vide Tabela 9



# TRABALHO DE GRADUAÇÃO

**Tabela 8 – Lista de Procedimentos de Manutenção Operacional**

LISTA DE PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO OPERACIONAL	
1.0	PROCEDIMENTO DE INSPEÇÃO
1.1	INSPECIONAR A COR DO FILTRO DE AR QUANTO A SATURAÇÃO
1.2	INSPECIONAR OS RETENTORES QUANTO A VAZAMENTOS DE OLEO
1.3	INSPECIONAR O NIVEL DE OLEO NA VARETA DO NIVEL
1.4	INSPECIONAR SE EXISTE FLUXO DE OLEO NO VISOR DO SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO
1.5	LIMPEZA TOTAL DA AREA EXTERNA DO REDUTOR

Fonte: Elaborado Pelos Autores

Para definição do intervalo de tempo foi estipulado um período semanal em que a extrusora produz todos os produtos da fábrica. Caso exista algum item fora do padrão estipulado a operação irá informar o time de manutenção a anomalia encontrada na máquina para posterior ação de correção para a negativa encontrada.

### Ação Preventiva pós Constatação Preditiva

A partir de uma anormalidade encontrada conforme tabela 7 que demande abertura completa do redutor como na primeira manutenção corretiva programada foi implementado uma lista de procedimento que devem ser realizados para satisfazer a abertura e manutenção correta do redutor, por se tratar de uma ação mais completa, complexa e critica não é favorável à está adequação rotineiramente, somente com um viés extremamente crítico seguido da validação das negativas apresentada por uma das manutenções preditivas.

**Tabela 9 – Lista de procedimentos de Manutenção Preventiva Para Abertura Completa**

LISTA DE PROCEDIMENTOS - MANUTENÇÃO PREVENTIVA	
1.0	PROCEDIMENTOS DE SEGURANÇA
1.1	DESLIGAMENTO DE ENERGIAS PERIGOSAS (ELETRICA E PNEUÁTICA)
1.2	ISOMENTO DA AREA DE TRABALHO
1.3	IDENTIFICAÇÃO DE AREA DE RISCO COM PLACAS
2.0	DESMONTAGEM DO EQUIPAMENTO
2.1	AFASTAMENTO DO EQUIPAMENTO DA LINHA DE EXTRUSÃO
2.2	POSICIONAMENTO DO GINÇO DE IÇAMENTO
2.3	RETIRADA DA ROSCA DA EXTRUSORA
2.4	RETIRADA DAS PROTEÇÕES DO CANHÃO DA EXTRUSORA
2.5	RETIRADA DO CANHÃO DA EXTRUSORA
2.6	FIXAÇÃO DO GINDASTE NA TAMPA DO REDUTOR COM CINTAS
2.7	RETIRADA DOS PARAFUSOS DE FIXAÇÃO DA TAMPA
2.8	IÇAMENTO E RETIRADA DA TAMPA
2.9	RETIRADA DOS EIXOS DO REDUTOR
3.0	PROCEDIMENTO DE LIMPEZA
3.1	ESGOTAMENTO DO OLEO
3.2	LIMPEZA INTERNA DO RESERVATÓRIO DE OLEO
3.3	LIMPEZA DO CONJUNTO DE ENGRENAGENS
3.4	LIMPEZA DOS ROLAMENTOS
3.5	LIMPEZA DA PENEIRA DE FILTRAÇÃO DA BOMBA DE OLEO
4.0	PROCEDIMENTO DE INSPEÇÃO
4.1	INSPECIONAR O DESGASTE EXCESSIVO DAS ENGRENAGENS
4.2	INSPECIONAR O DESGASTE POR CAVITAÇÃO DAS ENGRENAGENS
4.3	INSPECIONAR A EXISTENCIA DE TRINCAS SUPERFICIAIS NAS ENGRENAGENS
4.4	INSPECIONAR FOLGAS NAS CHAVETAS DOS EIXOS
5.0	PROCEDIMENTO DE TROCA DE PEÇAS
5.1	TROCA DOS ROLAMENTOS DANIFICADOS
5.2	TROCA DA JUNTA DA TAMPA DO REDUTOR
5.3	TROCA DAS JUNTAS DAS TAMPAS DOS ROLAMENTOS DOS EIXOS
5.4	TROCA DOS RETENTORES DOS EIXOS
5.5	ADIÇÃO DE OLEO NOVO NO SISTEMA
6.0	MONTAGEM DO EQUIPAMENTO
6.1	PROCEDIMENTO DE MONTAGEM COMPLETA DO EQUIPAMENTO
6.2	TESTE E VALIDAÇÃO DA MANUTENÇÃO EFETUADA
6.3	START DA LINHA EXTRUSORA

Fonte: Elaborado Pelos Autores



### Análise de óleo

Dentro do escopo de manutenção preditiva será utilizado como recurso à análise do óleo periodicamente. Essa tratativa irá mensurar, além do desgaste das partes moveis da máquina e partículas metálicas no óleo dos conjuntos rotativos, o estado das vedações internas do redutor.

A análise do óleo irá verificar se existe a presença ou contaminação de água de resfriamento no óleo do redutor. O retentor que está localizado entre o eixo de saída de potência e o canhão deve vedar a água que circula internamente no canhão da extrusora do óleo interno do redutor, dessa maneira esse ponto crítico será analisado através deste método, ao passo que, se houver desgaste anormal nos retentores, a análise irá mostrar em resultado obtido que deve-se ou não trocar o retentor interno da extrusora, visto que, caso seja necessário a troca da peça é essencial fazer a abertura total do equipamento para a troca.

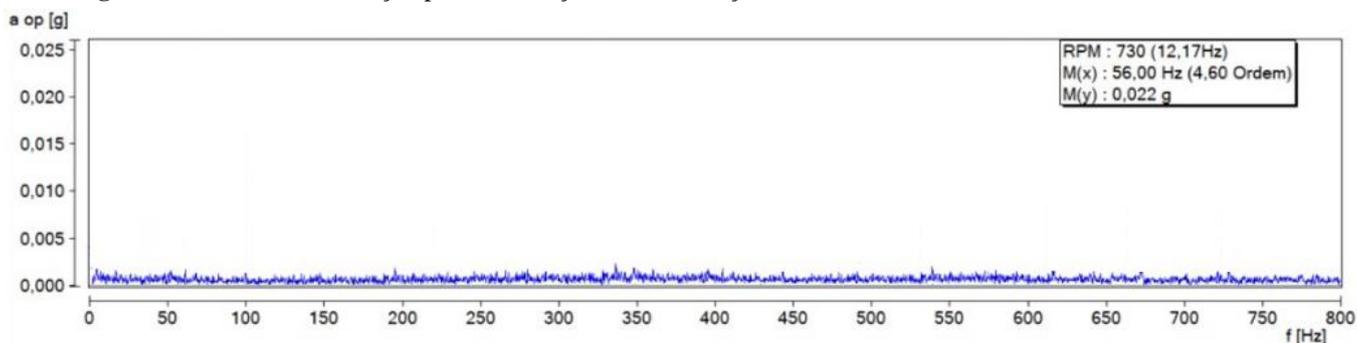
Além disso, o resultado aferido irá mostrar níveis de oxidação dos componentes dentro do redutor, a presença de partículas de limalha, e contaminantes indesejados no óleo para posteriores intervenções de correção de manutenção. a partir de aferições negativas é realizado um plano de ação para corrigir as anormalidades encontradas, tanto para rolamentos e engrenagens quanto para retentores.

### Análise de Vibração

A análise de vibração, por sua vez, irá garantir a troca periódica dos rolamentos quando sua vida útil estiver no fim, dessa maneira, ao encontrar vibrações anormais será tomado ações de manutenção conforme relatórios de vibracionais. A partir de aferições negativas é realizado um plano de ação para corrigir as anormalidades encontradas.

Após realizar a manutenção corretiva pode-se perceber que houve um efeito positivo na vibração ao realizar outra inspeção preditiva. Abaixo o novo teste que evidencia que realmente a troca dos rolamentos surtiu grande efeito para a saúde no redutor que, por sua vez, sessou a vibração anormal existente anteriormente.

**Figura 7** – Análise de Vibração pós-intervenção de Manutenção



Fonte: Relatório de Vibração Vibramec

### Cronograma de manutenção periódica

A partir das lições aprendidas com a primeira manutenção corretiva programada do redutor, foi criado um cronograma de manutenção planejada específica para o equipamento em função do regime de trabalho que a empresa em questão necessita.



Em concordância com (Gabriela Fonseca) a Manutenção preventiva é realizada em equipamentos que não estejam em falha, em intervalos predeterminados ou de acordo com critérios específicos, ou seja, é uma manutenção programada.

Diante do cenário apresentado, com o intuito de estender a vida útil do equipamento, é realizado o acompanhamento da máquina com manutenções cadenciadas e planejadas do redutor, ademais garantir o rendimento completo do equipamento ao passo que resultará na redução de tempo de parada de linha, foi concebível planejar e programar o cronograma anual específico, mediante os dados coletados da primeira manutenção corretiva programada.

No cronograma em questão, foram definidos os planejamentos mensais e semanais a partir das listas de controle criadas em função do equipamento versus o intervalo de tempo estipulado. Quatro tipos de cronograma foram implementados pensando em todo o contexto global da manutenção contínua do redutor, sendo eles, a manutenção preventiva, análise de vibração, análise de óleo e análise visual operacional.

Na figura 9 pode-se ver o cronograma criado e implementado com o intuito de prevenir qualquer tipo de problema eventual que possa acontecer com o equipamento, visando manter toda linha estável com o fluxo de processo contínuo dado que o nível de criticidade é alto e o impacto da parada por quebra deste equipamento resulta na parada total e, conseqüentemente, parada logística de entrega de peças para os clientes da empresa.

**Figura 8** – Plano de Manutenção Programada Anual

CRONOGRAMA DE MANUTENÇÃO ANUAL REDUTOR 2K80 TR													
DESCRIÇÃO DOS PLANOS	QUANT. DE MANUT.	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO
MANUTENÇÃO PREVENTIVA	2		X										X
ANÁLISE DE ÓLEO	4	X			X							X	
ANÁLISE DE VIBRAÇÃO	12	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ANÁLISE VISUAL OPERACIONAL	52	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fonte: Elaborado Pelos Autores

Em contrapartida, a viabilização do cronograma propicia a confiabilidade e disponibilidade do equipamento que a manutenção planejada pode proporcionar para a linha de extrusão. Seguindo uma consciência sistêmica a fim de automatizar o processo de manutenção a Cooper Standard possui um sistema de Gestão de Manutenção Computadorizado de planejamento de manutenção em que foi inserido todas as manutenções. Ordens de serviço são geradas automaticamente, realizadas e registradas para gerar históricos de manutenções e melhorar a gestão de manutenção da máquina.

Abaixo tabela que evidencia a troca de componentes em virtude dos planos preventivos que tiveram seu início a partir da manutenção corretiva programada. Através dessa tabela é possível mensurar quantidades de peças que podem ser armazenadas em estoque de acordo com a programação de manutenção.



# TRABALHO DE GRADUAÇÃO

**Tabela 10 – Troca de Componentes em Função do Programa de Manutenção**

TROCA DE COMPONENTES VS TIPO DE MANUTENÇÃO PROGRAMADA - REDUTOR 2K280 TR		
DESCRIÇÃO	OBSERVAÇÃO	TROCA DO COMPONENTE
OLEO ISO VG 220	Oleo de Lubrificação do redutor	Mediante vida útil de desgaste (Completa-lo mediante vazamento anormal de óleo na inspeção de operação)
RET. 90,00 x 70,00 x 10,00	Retentor externo eixo de entrada (polia)	Mediante troca de óleo ou inspeção de operação se houver vazamento de óleo anormal na retenção
RET. 160,00 x 130,00 x 12,00	Retentor eixo de saída	Mediante troca de óleo ou inspeção de operação se houver vazamento de óleo anormal na retenção
RET. 200,00 x 170,00 x 15,00	Retentor interno eixo de saída/rosca	Mediante análise de óleo (água no óleo)
ROLAM. 29434 E SKF	Rolamento de encosto da rosca	Mediante análise de vibração anormal
ROLAM. 6034 SKF	Rolamento interno canhão	Mediante análise de vibração anormal
ROLAM. 32934 SKF	Rolamento Eixo de saída/rosca	Mediante análise de vibração anormal
ROLAM. 32316 SKF	Rolamento Eixo intermediário	Mediante análise de vibração anormal
ROLAM. 33214 SKF	Rolamento Eixo de entrada	Mediante análise de vibração anormal
RESPIRO MPFLITRI	Filtro de respiro tampa de óleo redutor	Mediante Inspeção de Operação

Fonte: Elaborado pelos Autores

## Conclusão

Podemos concluir que a implementação de práticas de manutenção preventiva e preditiva no redutor surge como um componente fundamental para garantir a operacionalidade eficiente e prolongar a vida útil desse dispositivo mecânico em ambientes industriais. Ao longo deste trabalho, exploramos os princípios fundamentais dessas estratégias, destacando os benefícios substanciais que podem ser coletados por meio de sua aplicação diligente.

A manutenção preventiva, ao ser executada de maneira regular e programada, oferece a oportunidade de identificar e corrigir possíveis problemas antes que se transformem em falhas catastróficas. Isso não apenas minimiza o tempo de inatividade não planejada, mas também reduz os custos associados a reparos emergenciais e substituições de componentes. Além disso, ao promover a substituição proativa de peças desgastadas, a manutenção preventiva contribui para a otimização do desempenho global do redutor, mantendo-o em conformidade com as especificações originais do fabricante. Por outro lado, a abordagem preditiva baseia-se na análise de dados em tempo real e no monitoramento contínuo das condições operacionais. Essa estratégia avançada permite antecipar falhas iminentes, possibilitando intervenções precisas no momento certo.

Com a implementação de sensores e sistemas de monitoramento avançados, é possível detectar padrões anormais de vibração, temperatura ou desgaste, proporcionando uma compreensão mais profunda do estado do redutor. Isso não apenas maximiza a eficácia das intervenções de manutenção, mas também reduz ainda mais os custos operacionais associados a falhas inesperadas. Em síntese, a combinação estratégica de manutenção preventiva e preditiva no redutor emerge como uma abordagem proativa e econômica para garantir a confiabilidade operacional e a durabilidade desse equipamento crítico.

Ao investir na manutenção regular e na aplicação de tecnologias preditivas, a organização pode não apenas evitar interrupções não programadas, mas também melhorar a eficiência operacional, reduzindo custos e preservando o valor do investimento em investimentos industriais. Essas práticas não são apenas uma necessidade operacional, mas



## TRABALHO DE GRADUAÇÃO

representam um compromisso estratégico com a sustentabilidade e a excelência operacional em um ambiente industrial dinâmico.

### Referências

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica**. São Paulo: Ed. Érica, 2009.

GREGÓRIO, G. F. P.; SILVEIRA, A. M. **Manutenção industrial**. São Paulo: Ed. Grupo A, 2009.

PROTEO INTERNATIONAL. **Manual técnico Redutor 2K280TR Proteo**. Itália, 1998.

PROTEO INTERNATIONAL. **Desenho técnico Redutor 2K280TR Proteo**. Itália, 1998.

Site SKF. Disponível em: <<https://www.skf.com/br>>. Acesso em: 20/09/2023.



# TRABALHO DE GRADUAÇÃO

## Anexos

