

**CENTRO UNIVERSITÁRIO FACVEST - UNIFACVEST**

**CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**REDERALDO RODRIGUES DA SILVA**

**A IMPLEMENTAÇÃO DE MELHORIAS NO SISTEMA DE  
TRANSMISSÃO DO CONJUNTO ALIMENTADOR DA CALDEIRA DE  
BIOMASSA.**

**LAGES/SC**

**2017**

**REDERALDO RODRIGUES DA SILVA**

**A IMPLEMENTAÇÃO DE MELHORIAS NO SISTEMA DE  
TRANSMISSÃO DO CONJUNTO ALIMENTADOR DA CALDEIRA DE  
BIOMASSA.**

Trabalho de conclusão ao curso ao curso de graduação em Engenharia de produção do Centro Universitário UNIFACVEST como parte dos requisitos para a obtenção do título de Engenheiro de produção.

Prof. DR. Rodrigo Botan.

**LAGES**

**2017**

## AGRADECIMENTOS

A todos os professores que repassaram seus conhecimentos ao longo destes 5 anos de caminhada.

Ao professor Doutor Rodrigo Botan que direcionou-me neste trabalho, dedicando seu tempo ao orientar-me.

À professora Doutora Nilva Regina Uliana, pelo apoio, dedicação, paciência e disponibilidade em ajudar -me durante o trabalho.

Ao engenheiro mecânico Rodrigo Lorenzetti, grande amigo e profissional que auxiliou-me na execução do projeto.

À empresa Ambev que cedeu suas instalações e seus equipamentos para o estudo do projeto.

Ao meu colega e amigo Hemerson Alberto Floriani, que muito auxiliou-me ao longo da jornada.

Aos meus pais que apontaram-me o caminho a ser seguido, aos meus irmãos que muito incentivaram-me.

A Deus que concedeu-me saúde e vida para chegar ao ponto final deste desafio.

## RESUMO

Este trabalho tem por finalidade apresentar a metodologia desenvolvida para se chegar ao sistema de transmissão ideal para alimentar a fornalha de uma caldeira de biomassa. Para que se chegasse ao resultado final do trabalho, foi descrito todo o sistema da caldeira de biomassa, embora tenha que ter sido resumido, pois o processo é muito complexo, para que desta forma houvesse um entendimento dos leitores que irão ter acesso ao conteúdo. O trabalho visa modificar o sistema de transmissão do conjunto alimentador, que hoje é um sistema que está suscetível a quebras, pois é um sistema longo de transmissão. Para se chegar ao sistema ideal, aplicou-se cálculos de transmissão e torque, foi reunido todas as informações referentes as medições das peças que compõe o sistema atual. Munido destas informações aplica-se as fórmulas para se chegar ao resultado final. Com estas modificações o sistema melhorará em eficiência de trabalho, haverá economia em manutenção e o parque fabril não perderá sua eficiência de produção porque a caldeira não gerará indisponibilidade por causa de quebras rotineiras neste equipamento. Espera-se com este projeto instigar as novas gerações que irão compor a equipe futuramente, pois a vida é um ciclo, precisa-se deixar uma centelha de chama para que novos projetos surjam à partir deste que será apresentado.

Palavras-chave: Melhorias. Sistema. Transmissão. Alimentador. Biomassa.

## ABSTRACT

This work aims to present the methodology developed to reach the ideal transmission system to feed the furnace of a biomass boiler. In order to arrive at the final result of the work, the whole system of the biomass boiler was described, although it must have been summarized, because the process is very complex, so that there was an understanding of the readers who will have access to the content. The work aims to modify the transmission system of the feeder unit, which today is a system that is susceptible to breaks, as it is a long transmission system. In order to arrive at the ideal system, transmission and torque calculations were applied, all information regarding the measurements of the parts that compose the current system was gathered. Armed with this information, the formulas are used to arrive at the final result. With these modifications the system will improve work efficiency, there will be economy in maintenance and the factory park will not lose its production efficiency because the boiler will not generate unavailability because of routine breaks in this equipment. It is hoped with this project to instigate the new generations that will make up the team in the future, because life is a cycle, it is necessary to leave a spark of flame for new projects to emerge from the one that will be presented.

Keywords: Improvements. System. Streaming. Feeder. Biomass

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	01
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	03
2.1. Objetivo Geral .....	03
2.2. Objetivos Específicos .....	03
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	04
3.1. Combustível .....	04
3.2. NR 13 – Caldeiras e Vasos de Pressão .....	06
3.3. Eficiência da Queima da Caldeira .....	07
3.4. Retorno de Condensado .....	08
3.5. Tratamento de Água das Caldeiras .....	08
3.5.1. PH .....	09
3.5.2. PCM – Parada com Manutenção .....	09
3.5.3. Melhoria no Sistema de Alimentação .....	10
3.5.4. Porcentagem da Unidade de Biomassa .....	12
3.5.5. Estufa de Testes .....	13
3.5.6. Regulagem de Ar .....	14
3.5.7. Unidade Hidráulica .....	15
3.5.8. Selo de Alimentação .....	16
3.5.9. Alimentador de Gases .....	16
3.6. Implementação do Novo Sistema .....	16
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	18
4.1. Croqui .....	18
4.2. Dados .....	18
4.3. Dados Placa .....	19
<b>5. RESULTADOS</b> .....	20
5.1. Cálculos .....	20
5.2. Fotos .....	25
<b>6. CONCLUSÃO</b> .....	29
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	30

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Croqui .....	18
<b>Figura 2:</b> Redutor e Motor .....	22
<b>Figura 3:</b> Sistema atual de transmissão.....	26
<b>Figura 4:</b> Moto-redutor .....	26
<b>Figura 5:</b> Moto-redutor – Vista Frontal .....	27
<b>Figura 6:</b> Vista do Rolamento da Ponta do Eixo da Helicoidal.....	27
<b>Figura 7:</b> Vista do Redutor em Explosão .....	28

**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1:</b> Dados Rosca de Moega de Cavaco .....	24
<b>Tabela 2:</b> Projeto – Rosca de Moega de Cavaco .....	25



## 1. INTRODUÇÃO

O sistema de transmissão é o conjunto de elementos que garantem a transmissão de potência do motor para os diferentes mecanismos a serem utilizados (Ribas *et. al*, 2010).

As caldeiras são equipamentos destinados a produzir vapor, sua fonte de combustão pode ser óleo vegetal , óleo com baixo ponto de fluidez (BPF), gás ou biomassa.

Nos dias atuais a preservação do meio ambiente apresenta grande importância para a sociedade, assim as caldeiras de biomassa ganham destaque, pois os índices de CO e CO<sub>2</sub> emitidos são inferiores do que outros tipos de caldeiras. Além da questão ambiental outras vantagens das caldeiras que utilizam biomassa são o preço do insumo (cavaco) para queimar, o qual é mais barato que o óleo vegetal ou óleo BPF e a operação da caldeira utilizando biomassa , a qual apresenta-se muito mais simples que as caldeiras à óleo por exemplo.

Uma caldeira de biomassa bem regulada é sinônimo de ganho para o meio ambiente, pois também seus subprodutos como as cinzas, são reaproveitadas nas lavouras.

Para que todo este sistema trabalhe sincronizado, a atuação da informática através dos processos de automação é crucial para a eficiência de uma caldeira de biomassa, ou seja, produzir vapor com poucas perdas no sistema e sem agredir o meio ambiente.

O sistema que será estudado ao longo do trabalho, refere-se à parte destinada a alimentação do silo da caldeira.

As roscas sem fim são as responsáveis pela condução do cavaco até a esteira transportadora. Esta é constituída por um eixo com helicoidais soldadas ao longo do corpo da peça.

Este conjunto é movido por um sistema de transmissão, composto por rolamentos, engrenagens, corrente de transmissão, motor elétrico com correias 3v 670, nomenclatura das correias, acoplado à um redutor. Este sistema com corrente de passo 5/8” depende também de um sistema de esticadores, pois se esta corrente não estiver tensionada, ela não irá trabalhar de maneira eficiente.

Assim o objetivo deste trabalho é demonstrar a eficácia de um novo sistema de transmissão onde a distância do torque do redutor será encurtado, esta força não mais necessitará de um motor elétrico com correias, correntes e engrenagens.

O novo sistema continuará necessitando de um motor elétrico, porém este motor estará acoplado diretamente no redutor, onde através de um mancal com rolamento irá transmitir o movimento à rosca sem fim.

O efetivo desenvolvimento deste trabalho vai possibilitar uma significativa redução de gastos com manutenção e otimizar um sistema complexo que envolve uma transmissão obsoleta e dispendiosa.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Otimizar o funcionamento de um sistema de transmissão no conjunto alimentador em uma caldeira de biomassa.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Identificar quais os pontos que podem ser melhorados;
- Viabilizar um projeto embasado para o estudo que será desenvolvido;
- Atender de forma eficiente o parque fabril.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As caldeiras são equipamentos amplamente empregados nas indústrias, seu conceito básico é simples, transformar água em vapor, para que desta forma o vapor seja usado no processo industrial. Muitos processos industriais utilizam o vapor gerado pela caldeira, como principais exemplos são possíveis citar os processos de produção de energia elétrica, as indústrias alimentícias e papeleiras. (MAMMINI 2017).

As caldeiras são equipamentos que trabalham em altas pressões, por isso podem ser classificadas como vasos de pressão. Para a correta operação destes equipamentos existe uma norma regulamentadora que rege seu funcionamento e chama-se NR 13.

A mão de obra empregada na função de operar este equipamento, deve ser treinada em cima destas normas regulamentadoras, pois necessita-se ter pessoas muito bem treinadas neste equipamento, que se por algum motivo der problema e quem opera não saber os motivos dos problemas, podem causar explosão e desta forma ceifar vidas.

Toda caldeira deve ter seu prontuário, deve ter seu livro de relatos de manutenção, anualmente estes equipamentos devem ser inspecionados, realizados testes que comprovem se estes equipamentos estão aptos para continuar em operação.

Nestas inspeções são vistoriadas juntas dos tubulões, termômetros, pressiostatos, válvulas de alívio da pressão, limpeza do tubulão, situação dos tubos, eficiência das descargas de fundo e manômetros de pressão.

Todas as manutenções realizadas nestes equipamentos devem estar descritas no livro de manutenção e no prontuário, e este laudo só pode ser concedido por um engenheiro que seja habilitado para fornecer o documento.

Estes documentos são mantidos arquivados por cinco anos.

### 3.1. Combustível

Os combustíveis mais utilizados em caldeiras são:

- a. Biomassas: Para caldeiras que utilizam como combustível biomassa, em geral, usa-se cavaco de madeira, onde estes insumos podem ser de pinus ou eucalipto.
- b. Para caldeiras que utilizam como combustível óleo, em geral, usa-se o BPF ou óleo vegetal.

O óleo BPF é similar ao piche de asfalto, pois também é derivado do petróleo, por isso apresenta alto potencial de poluição

Na caldeira que utiliza como combustível o óleo, o insumo é estocado geralmente em um tanque externo.

Este óleo é descarregado do caminhão tanque para o tanque através de bombas que sugam o produto do caminhão para o interior do tanque. Deste tanque o óleo é sugado também por bombas que levam este óleo para um outro tanque agora interno a temperaturas próximas de 50 a 60°C, então outras bombas de pressão são atuadas para enviar o óleo para o massarico da caldeira.

Ao chegar até o massarico por meio de tubulações, após a purga da caldeira, este óleo é aceso com o auxílio de gás liquefeito de petróleo (GLP), que em seguida através de uma válvula três vias é expelido para o interior da fornalha da caldeira, para que assim possa-se aquecer os tubos que estão com seu interior completados com água, e após o aquecimento desta água, torna-se vapor.

Existe um teste que deve ser realizado diariamente na caldeira, independentemente do insumo que ela utilize, se biomassa, óleo, gás ou eletricidade.

Este teste chama-se de teste de nível baixo, onde o operador abre uma válvula para esgotar a água da régua de nível, após esta abertura, a caldeira deve parar seu exaustor e ventiladores e indicar no sistema que o nível baixo de água foi acusado para que assim a equipe que assumiu o turno possa trabalhar segura sem o risco de explosão.

Também é de suma importância o bom funcionamento das bombas de água, pois são estes equipamentos os responsáveis por enviar a água que encontra-se no desaerador para dentro das caldeiras, e para que estas bombas trabalhem com eficiência, necessita-se que a temperatura da água que está no interior do desaerador esteja na temperatura de até 102°C,

pois acima desta temperatura há o risco de as bombas trabalharem cavitando, ou trabalhar com vapor em seu interior e isto fará parecer que está ocorrendo uma situação normal, mas na verdade o perigo está escondido, pois em vez de água as bombas estarão puxando vapor, e ocorrerá parada na caldeira por falta de água.

Assim pelo exposto fica evidente que a operação de uma caldeira é complexa e perigosa, portanto é necessário que os operadores deste tipo de equipamento possuam um treinamento operacional. Nesta situação entra a norma regulamentadora NR 13, treinamento de vasos de pressão, onde o operador estuda as normas para que possa conhecer bem seu equipamento. Este curso é feito periodicamente a cada dois anos.

### **3.2. NR 13 – Norma Regulamentadora 13 – Caldeiras, Vasos de Pressão e Tubulações**

A seguir será descrita alguns itens da NR 13:

#### 13.1 Caldeiras a vapor - disposições gerais.

13.1.1 Caldeiras a vapor são equipamentos destinados a produzir e acumular vapor sob pressão superior à atmosférica, utilizando qualquer fonte de energia, excetuando-se os refervedores e equipamentos similares utilizados em unidades de processo.

13.1.2 Para efeito desta NR, considera-se "Profissional Habilitado" aquele que tem competência legal para o exercício da profissão de engenheiro nas atividades referentes a projeto de construção, acompanhamento operação e manutenção, inspeção e supervisão de inspeção de caldeiras e vasos de pressão, em conformidade com a regulamentação profissional vigente no País.

13.1.4 Constitui **risco grave e iminente** a falta de qualquer um dos seguintes itens:

- a) válvula de segurança com pressão de abertura ajustada em valor igual ou inferior a pressão máxima de trabalho admissível (PMTA); (113.071-4)
- b) Instrumento que indique a pressão do vapor acumulado; (113.072-2)
- c) Injetor ou outro meio de alimentação de água, independente do sistema principal, em caldeiras combustível sólido; (113.073-0)
- d) sistema de drenagem rápida de água, em caldeiras de recuperação de álcalis; (113.074-9)

e) sistema de indicação para controle do nível de água ou outro sistema que evite o superaquecimento por alimentação deficiente. (113.075-7)

### 3.3. Eficiência de Queima da Caldeira

A eficiência de queima pode ser compreendida através dos fatores temperatura de fornalha, índices de CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> e porcentagem de eficiência de queima.

Para que estes três itens andem lado à lado, é regra geral que a caldeira não tenha entrada de ar falso, usando uma linguagem mais usual, é a caldeira não ter frestas que possibilitem entrada de ar. É por isso que existe um período para se trocar as juntas que fecham possíveis entradas de ar indesejáveis.

O ar existente dentro da fornalha ou dutos de alimentação, devem ser produzidos pelo ventilador de ar primário e secundário, onde o ar primário sopra embaixo das grelhas também para resfriá-las e o ar secundário queima em suspensão na fornalha, fora isso o que entra há mais de oxigênio é incorreto. Quando existe diferença no oxigênio dentro da fornalha podem ser utilizados os *dumpers* de regulagem de entrada ou saída de ar.

Mas é para isso que existem os *dumpers* de regulagem de entrada de ar, tanto o operador pode abri-lo ou fechá-lo.

As roscas de alimentação da caldeira, não podem estar gastas, sem helicóide, caso estas sem fim estejam com o helicoidal gasto, entrará ar falso preenchendo o lugar onde deveria haver material para queimar.

A qualidade do insumo (cavaco de madeira) para queimar, deve estar dentro das especificações que o equipamento foi projetado, se é para queimar cavaco 40%, este material deve estar dentro desta medida até no máximo 44% de umidade, e com medidas padronizadas para fornecer um bom poder calorífico.

O cavaco muito úmido, é prejudicial à caldeira, pois devido ao excesso de água a taxa de oxigênio permitido excede ao limite ideal, que é até 11,0 % de oxigênio.

Os meios de regulagens de uma caldeira também encontra-se em seu supervisório através da alteração de parâmetros em seus ventiladores primários e secundários, pressão negativa, tempo de velocidade das roscas de alimentação.

A regulagem ideal de uma caldeira de biomassa deve ser 6,0% de oxigênio, mínimo de 12,0 % de CO<sub>2</sub> e 83,0% de eficiência, Com esses resultados a caldeira terá a eficiência desejada para se produzir a capacidade de vapor máxima do equipamento.

### **3.4. Retorno de Condensado**

O vapor que é produzido pela caldeira quando resfria à uma temperatura de 80°C é considerado condensado, este vapor resfriado (condensado) que fica na tubulação, passa pela bomba de retorno de condensado que todo equipamento possui para reenviar de volta para a caldeira.

É de suma importância se ter um bom retorno de condensado nas caldeiras, pois o quanto ele retorna do equipamentos da fábrica para o desaerador, menos será gasto com biomassa ou óleo para se produzir mais vapor, porque o vapor condensado estará à uma temperatura de mais ou menos 80°C, o que significa um ganho considerável em economia de combustível.

O retorno de condensado necessita ser monitorado pela equipe de operadores das caldeiras, e a melhor forma de monitoramento é através de planilhas, cartas gráficas físicas que permitirão assim saber o quanto está se ganhando ou perdendo de condensado há cada período ao longo de um turno de trabalho.

Se houver um valor abaixo de 90%, provavelmente existe algum vazamento nas tubulações, algum dreno de equipamento aberto para o ralo, pois se os purgadores estiverem com problemas, o trocador de calor não será eficiente para fazer o aquecimento do equipamento, desta forma o operador do equipamento abre o dreno da tubulação de condensado para que este condensado caia no ralo e o equipamento possa ser aquecido, para um simples entendimento, o condensado é desviado do seu caminho final, que deve ser o desaerador.



### 3.5. Tratamento de Água das Caldeiras

Águas de alimentação de caldeiras de alta pressão devem ser desmineralizadas, desaerada mecanicamente e o oxigênio remanescente deve ser retirado através da injeção de produtos químicos.

Esta água não pode ter dureza, pois se for uma água normal como por exemplo a água que usamos em nossas casas, haverá corrosão nas tubulações internas da caldeira. A corrosão provoca formação de incrustações onde a caldeira perde em eficiência e o risco de danificar os tubos de água, ocasionando furos nos tubos é grande.

O controle químico da água das caldeiras deve ser realizado diariamente, dentre os itens analisados estão o pH e a condutividade da água.

#### 3.5.1. PH

Potencial Hidrogeniônico, responsável por medir o grau de acidez, neutralidade ou alcalinidade, nas caldeiras deve-se trabalhar na faixa de 10,5 a 11,5.

Caso esteja fora da faixa, é sinal de contaminação na água que abastece as caldeiras, provavelmente há trocador de calor furado, dando passagem de NaOH hidróxido de soda para o interior da caldeira.

As descargas de fundo, acessórios indispensáveis para a qualidade da água das caldeiras fazem o papel em um determinado tempo programado pela operação de evacuar de dentro da caldeira as impurezas causadas pelo eventual vazamento de soda de trocadores de calor vindos dos equipamentos fabris.

As descargas de fundo são classificadas como descargas de fundo e descargas de superfície, que funcionam em regime de cascata, geralmente elas encontram-se em número de cinco, podendo ser o tempo de abertura alterado bem como o tempo que separa a abertura entre elas alterado da mesma forma. Tudo dependerá das análises realizadas pelo técnico da empresa contratada, pois pode ser aberta em regime de tempo menor, como maior.

### 3.5.2. PCM – Parada com manutenção

É o setor da fábrica responsável pela programação de manutenção dos equipamentos, compra de peças junto aos fornecedores e envio de serviços para empresas terceiras.

Semanalmente ocorre a parada da caldeira para manutenção, as pendências são levantadas pela operação através da abertura de notas sinalizando os problemas encontrados.

São programados serviços mecânicos e elétricos e a operação se encarrega da parte de limpeza de fornalha, limpeza de gavetas e limpeza de tubos, também é realizado manutenções pelos operadores.

As ordens são programadas em reunião semanal, prioriza-se também serviços que melhorem a segurança do equipamento. Todo trabalho desenvolvido ao longo do dia de manutenção, deve ser feito com muita segurança, todo o equipamento deve estar bloqueado com cadeado, garra e cartão de identificação de quem está envolvido no trabalho.

Esta parada semanal agrega muito para a eficiência do equipamento, pois os possíveis problemas são atacados preventivamente, o que traz ganho em custos para a manutenção, pois uma manutenção corretiva é muito mais cara que a manutenção preventiva.

### 3.5.3. Melhoria no Sistema de Alimentação

Para que uma caldeira possa aquecer a água e esta tornar-se vapor, é necessário que o insumo principal para alimentar o fogo chegue até a fornalha, como já descrito no texto os insumos ou combustível de uma caldeira de biomassa, em geral são os cavacos. Assim para estes cavacos chegarem até a fornalha eles são transportados por uma rosca sem fim e correias.

Esta operação do cavaco passar por uma rosca sem fim é acionado através de um sistema de transmissão e é especificamente neste ponto do processo que ocorrerá o deslocamento até a fornalha da caldeira.

O sistema atual conta com dois redutores, dois motores elétricos, duas correntes passo 5/8”, sendo que este conjunto necessita de engrenagens para que a corrente possa girar, e estas correntes precisam trabalhar esticadas, para isso adiciona-se mais um conjunto de esticadores.

Com todos esses conjuntos, a probabilidade de problemas com manutenções é bem maior do que o novo projeto que deseja-se implementar, pois a transmissão torna-se muito

longa e desta forma os gastos com manutenções ficam além do programado, colaborando para estourar o pacote de orçamento de manutenção definido para o equipamento.

Este sistema existente exige-se uma rotina muito maior de fiscalização de reaperto nos conjuntos pelos operadores, pois o número de peças envolvidas na operação do equipamento é muito maior, inicia-se com certificação do aperto da base dos motores elétricos, aperto dos parafusos da base do redutor, alinhamento e situação das correias, verificar se estas correias estão esticadas, fixação das engrenagens onde a corrente irá trabalhar, aperto dos parafusos dos mancais, como está trabalhando a corrente se necessita ou não de esticá-la através dos esticadores.

É um sistema muito complexo sem sombra de dúvida, onde se houver uma das peças não trabalhando da forma que se necessita trabalhar, todo o conjunto irá sofrer consequências de ineficiência. As correntes necessitam de um lubrificante muito caro, porém muito eficiente, chama-se UNIMOLY, é um spray que se lança nos componentes das correntes, nos elos e buchas.

Com o novo sistema proposto, trabalhar-se á com dois redutores, consequentemente um para cada rosca, e estes redutores estarão acoplados diretamente ao motor elétrico, na ponta do eixo irá fixado o rolamento que servirá de ponte na transmissão entre o redutor e o eixo da sem fim.

Dentro do barracão de armazenamento da biomassa continuará a chapa com rolamento para servir de alinhamento para a rosca sem fim que tem um comprimento considerável.

Os cuidados que se deve ter com os componentes deste novo sistema, é bem menor que o já existente, a operação necessitará observar o nível de óleo dos redutores e a lubrificação dos dois rolamentos.

O fato de buscar melhorias no sistema existente, não quer dizer que o sistema não serve, o engenheiro projetista deste sistema alimentador, usou um coeficiente de segurança maior do que o projeto que se deseja implantar.

Para se chegar ao redutor ideal para o novo sistema, deverá ser feito uma série de cálculos em cima dos componentes do antigo sistema, dentre eles:

- Diâmetro externo das polias;
- RPM (rotações por minuto) do motor;
- Número de dentes das engrenagens;
- Rotação do redutor.

Para se implantar este projeto, o mesmo deverá ser demonstrado através de números sua eficiência, pois as empresas mostram-se um tanto irredutíveis quando se fala em gastos.

O ganho com este novo sistema será tanto em peças para reposição, como menos mão de obra empregada na manutenção corretiva.

#### 3.5.4. Porcentagem de Umidade de Biomassa

Estamos falando de melhorias tecnológicas em um equipamento que transmite o torque necessário á uma rosca sem fim para se empurrar biomassa para o interior da fornalha de uma caldeira.

Busca-se através do estudo atingir a meta de eficiência em indisponibilidade de vapor e conseqüentemente de quebra no equipamento, tudo isso olhando pelo lado mecânico do equipamento. Porém não se pode deixar de lado um ponto de extrema importância para agregar na meta de eficiência do equipamento, a porcentagem de umidade do cavaco.

A porcentagem de umidade do cavaco está ligado intrinsecamente ao desempenho do equipamento para melhor entendimento desta afirmação a mesma será detalhada.

Uma caldeira é projetada para queimar determinado tipo de material, tanto que na placa de identificação do equipamento está contida a informação do tipo de material a ser consumido.

A caldeira do presente estudo, foi projetada para queimar cavaco com umidade até 40%, ou seja, para obter uma eficiência de queima à cima dos 80%, CO<sub>2</sub>, à cima de 12,0% e O<sub>2</sub> abaixo de 8,0% o fabricante do equipamento especifica a qualidade ideal do material à ser queimado, neste caso cavaco de pinus ou eucalipto com umidade até 40%.

Esta breve introdução sobre o equipamento é para alertar que uma máquina é um conjunto, onde tudo deve estar sincronizado, ou seja, de que adianta um excelente par de redutores com torque eficiente e com menos implementos que o sistema antigo, se o combustível à ser queimado é de péssima qualidade.

Todo o material utilizado como combustível passa por um balde leitor de umidade, onde neste balde são contidas informações em sua memória eletrônica sobre as receitas que se devem ler ao depositar a biomassa em seu interior.

Existem ao clicar um botão receitas para eucalipto e pinus, onde para pinus varia-se entre receita para 40% e receita para umidade 50%.

São verificados 4 pontos da carga que chega, desses quatro pontos por exemplo de biomassa 40%, foram obtidos os seguintes valores:

- Ponto 1- 42,3%
- Ponto 2- 40,6%
- Ponto 3- 38,4%
- Ponto 4- 32,6%

Obteve-se uma média de 38,47% em relação ao balde leitor de umidade, porém, este cavaco necessita passar por um teste que aproximará ainda mais o seu verdadeiro valor de umidade, é o que será descrito no texto a seguir.

### 3.5.5. Estufa de Testes

Este equipamento chamado de estufa, será o responsável por dizer qual a real umidade do material, não que o balde citado no texto anterior não indique uma informação segura, mas o que se busca com o teste de estufa é uma aproximação mais real.

Este cavaco é medido no balde com suas respectivas umidades nos 4 pontos da carga, onde se coleta um dos 4 pontos e o acondiciona em um recipiente de metal, aço inox, anotados todos os itens utilizados ao final das 72 horas de repouso do material na estufa à uma temperatura de 105°C.

Deverão ser anotados os seguintes itens:

- 1) Data da coleta;
- 2) Fornecedor;
- 3) As 4 leituras dos pontos medidos;
- 4) Tara do recipiente;
- 5) Tipo do cavaco, se pinus ou eucalipto;
- 6) Qual a umidade especificada na nota, se 40% ou 50%;
- 7) Qual o peso inicial do material mais o recipiente;
- 8) Número da nota fiscal do produto.

Após coletar todos estes dados, o material deve ser pesado em uma balança de precisão, para saber qual o peso inicial, pois após 72 horas o peso final implicará no resultado da umidade real.

Ao acondicionar o material na estufa o mesmo sofrerá a perda de água inserida em seu meio, é o acúmulo desta água em grandes proporções do material, que fará com que a caldeira não tenha um valor bom em relação ao oxigênio, pois como descrito acima, o oxigênio estará em uma faixa excelente somente se estiver abaixo de 8,0%, muito acúmulo de água, conseqüentemente maior o número do oxigênio.

Após as 72 horas de acondicionamento, este material será pesado novamente, onde será anotado o seu novo peso, que será menor ao que entrou 72 horas atrás, e munido desta informação se consegue iniciar o cálculo da umidade real do material.

De que forma?

- a) Peso inicial – tara do recipiente;
- b) Peso final – tara do recipiente;

Ao chegar nestes resultados, divide-se resultado de B/ A, e com este resultado diminui-se 1 – resultado de B/A, quando obtiver este resultado multiplica-se por 100, onde será obtido o resultado final da umidade da biomassa.

Com estes valores em mãos, é possível rastrear qual fornecedor está dentro ou fora das especificações e assim a empresa consegue aplicar sanções aos fornecedores.

Como foi mostrado nas descrições à cima, a umidade da biomassa é muito importante para haver uma boa eficiência, porém esta característica depende de outros fatores para que somados tragam ganho ao equipamento (caldeira).

### 3.5.6. Regulagem de Ar

A regulagem da entrada de ar através dos *dumpers* da caldeira é fundamental para a queima eficiente da biomassa, mesmo o equipamento estando automatizado a experiência do operador é de suma importância nesta operação.

A entrada de oxigênio é necessária para uma excelente queima, também por meio de entrada de ar se refrigera as grelhas que são de ferro fundido, impedindo assim que o material das grelhas perda a sua dureza (têmpera).

O ar primário, ar secundário e o exaustor funcionam à partir de um motor elétrico ligado através de correias à um eixo com rolamentos que impulsiona uma arestaque faz o ar. Essas correias devem estar bem tensionadas e suas polias em bom estado para que através do seu giro o ar seja produzido.

A eficiência de queima depende muito do bom funcionamento destes dispositivos elétricos e mecânicos, para isso é vital as inspeções de rota tanto mecânica e elétrica, as lubrificações periódicas dos rolamentos e realizando limpeza lubrificação e reaperto fazendo assim na prática a manutenção preventiva.

### 3.5.7. Unidade Hidráulica

Este equipamento é responsável pela movimentação das grelhas no interior da fornalha, é constituído por 2 pistões hidráulicos , movido com óleo hidráulico 68.

O avanço dos pistões é que fará com que o material, biomassa se mova dentro da fornalha, a alimentação pode ser regulada pelos operadores através do supervisor de comando.

Para o bom funcionamento da unidade hidráulica é necessário que o óleo esteja no nível para que não haja entrada de ar nas mangueiras.

As grelhas devem estar bem posicionadas para que no movimento de vai e vem dos pistões, elas não venham trancar e entortar o cavalete que as sustenta. Por isso a necessidade de inspeções regulares nestas partes do equipamento.

Também constitui a parte responsável por movimentar as grelhas, 4 eixos com rolamentos ambos os lados, estes eixos movimentam os cavaletes que consequentemente irão movimentar as grelhas.

### 3.5.8. Silo de Alimentação

O silo é constituído por três roscas de alimentação que são responsáveis por alimentar diretamente a fornalha da caldeira.

As três roscas são movimentadas por meio de moto redutores, onde são elas que serão responsáveis pela porcentagem de CO<sub>2</sub> na fornalha. Esta porcentagem deve ficar acima de 12,0%, com este valor sabemos que é praticamente inexistente a entrada de ar falso na fornalha. Por isso a necessidade de as roscas não estarem desgastadas, pois se estiverem, elas não conseguirão puxar material suficiente para alimentar o fogo, devido as helicoidais não darem eficiência como deveriam.

Mais um ponto é necessário observar se as roscas por algum motivo trancarem, é preciso esvaziar o silo e conferir se existe alguma pedra, toco de madeira grande preso entre a rosca e a parede ou o piso do silo.

### 3.5.9. Analisador de Gases

Existem duas formas de medir o oxigênio, gás carbônico e também a eficiência, pode ser pelo supervisor através de instrumentos, leitores instalados na caldeira, ou então introduzindo a sonda do aparelho analisador em algum orifício próximo a chaminé.

Estes controles são muito importantes, sendo que anualmente a caldeira passa por testes de emissões de gases para o meio ambiente, e estes testes são realizados por empresa externa que se for constatado excesso de fuligem jogado na atmosfera, a caldeira pode ser embargada.

## 3.6. Implementação do Novo Sistema

Ao longo das páginas deste trabalho, foi descrito de uma forma resumida, como e de que forma funciona uma caldeira, no início umas pinceladas de caldeira óleo, depois embasou-se mais no foco do trabalho que é caldeira de biomassa.

Todo o trabalho que pretende-se realizar em busca da excelência do equipamento, será baseado em cálculos para se chegar aos redutores ideais.

Como foi explicado anteriormente, para o projeto ter sucesso, precisamos de uma série de itens trabalhando dentro das especificações.

Voltando a falar sobre umidade do cavaco, ressalta-se que se o insumo não estiver na umidade correta, ele trancará dentro da rosca entre as helicoidais, e conforme o grau de umidade se perde pelo menos 45 minutos de equipamento parado para realizar o destrancamento.

Para se chegar ao resultado final, que é utilizar os implementos corretos, tanto se pode medir o diâmetro externo das polias do sistema que está em atividade, bem como a rotação do motor elétrico, as dimensões das engrenagens. Também se pode medir a altura do monte de cavaco que se encontra dentro do barracão em cima das roscas e medir quantas conchas da pá carregadeira irá para formar este monte. Será preciso pesar a conchada na balança para assim, este peso fazer parte dos cálculos de torque.

A engenharia calibra mais o nosso olhar para enxergarmos além dos limites, escolhi este projeto, porque desde o primeiro instante que cheguei em minha nova área e comecei a



conviver com os problemas de quebras constantes neste equipamento, vi uma possibilidade de sanar este problema por meio de um novo projeto.

Um projeto focado para a diminuição das quebras e paradas na planta industrial por indisponibilidade de vapor. E justamente esse equipamento um tanto mais complexo, dotado de muitas peças de transmissão, está prestando serviço de alimentação para o silo da caldeira que mais toneladas de vapor é capaz de enviar para a fábrica, sem falar que a resposta desta caldeira é muito rápida para atingir as pressões e temperaturas ideais, é um equipamento que trabalha basicamente com cavaco seco, com 40% de umidade.

O auge das atividades das caldeiras é à partir de setembro, pois inicia-se o plano verão para a Cia.

Trabalhamos sempre no limite em questão de vapor, porque das 4 caldeiras existentes, duas são caldeiras a óleo e duas são caldeiras de biomassas, e destas duas caldeira a óleo uma está parada por tempo indeterminado, por estar com seus refratários danificados, ou seja, se alguma das 3 caldeiras quebrar em produção alta, irá gerar muitos problemas dentre eles, indisponibilidade fabril (falta de vapor para os equipamentos).

Uma série de quesitos implicam na busca de excelência fabril, desde a atuação da operação, sendo investido treinamentos para que preencham suas lacunas, manutenções preventivas bem executadas, regulagem correta do equipamento e um insumo de queima dentro dos padrões do fabricante da caldeira. Com todos esses requisitos preenchidos mais a alteração do projeto anterior para este novo implemento no sistema alimentador do silo da caldeira, as metas serão cumpridas, pois as possibilidades de quebra foram minimizadas.

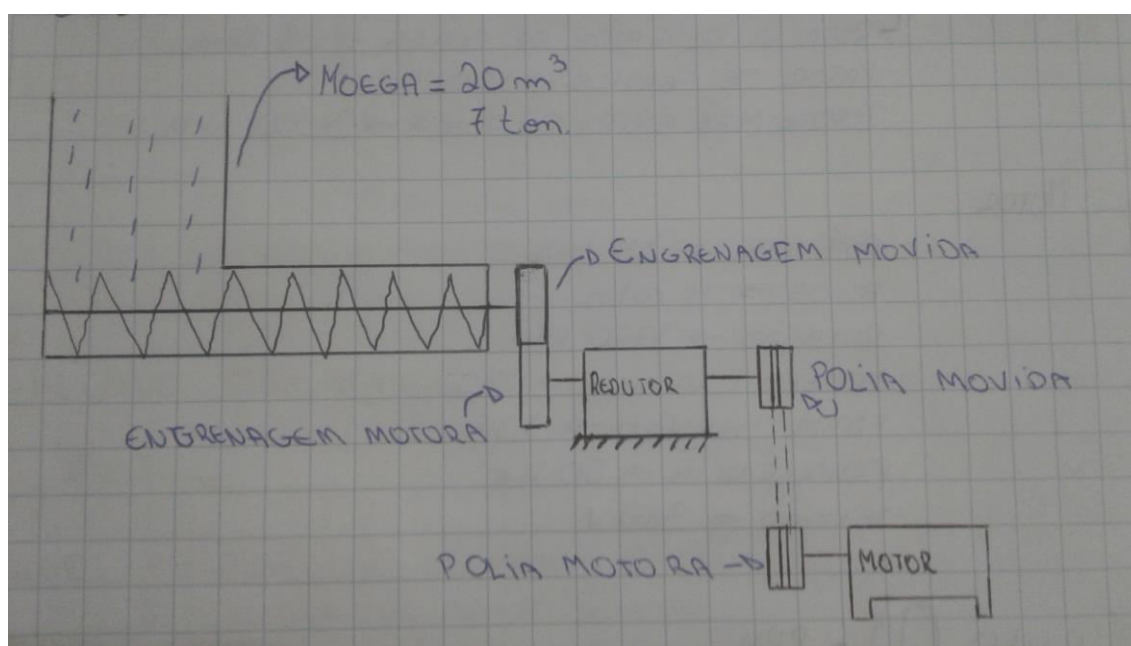
## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto foi desenvolvido em uma empresa cervejeira no município de Lages SC.

### 4.1 Croqui

Na figura 1, podemos visualizar o desenho (esboço) de como é o sistema atual de transmissão e suas medidas de capacidade de cavaco em cima da rosca helicoidal.

A capacidade em  $m^3$  irá auxiliar nos cálculos futuros para o dimensionamento dos novos implementos.



**FIGURA 1** – Croqui. Fonte: o autor (2017)

## 4.2 Dados

Neste tópico será demonstrado os itens que foram dimensionados do sistema atual de transmissão, para que assim seja possível calcular o novo sistema.

Moega: 20 m<sup>3</sup> e 7 ton  
Engrenagem Movida: 46 dentes – Rosca  
Engrenagem Motora: 20 dentes – Redutor  
Polia Movida: Ø250 mm – Redutor  
Polia Motora: Ø200 mm – Motor

## 4.3 Dados placa

Através dos dados da placa se conhece qual a redução empregada para cada redutor e se com este redutor será possível rodar o novo sistema.

### **Redutor**

Modelo: R97 SEW  
Redução: 37,13  
Rotação de entrada de placa: 1400 RPM CÁLCULO 01  
Rotação de saída de placa: 38 RPM  
Fator de serviço: 1,00  
Torque máximo de saída de placa: 3000 N·m

### **Motor**

Potência: 11Kw  
Polos: 4 polos  
Rotação: 1750 RPM  
Modelo Carcaça: 132  
Fator de serviço: 1,15  
Frequência: 60 Hz  
Tensão: 380V

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Cálculos

#### CÁLCULO 01 – RPM

Para calcular as rotações por minuto do motor necessitará trabalhar com os seguintes dados:

Diâmetro da polia movida;

Diâmetro da polia motora;

Número de dentes da engrenagem movida;

Número de dentes da engrenagem motora.

#### Polias

**Polia movida:**  $n_2 = x$

$d_2 = 250 \text{ mm}$

**Polia motora:**  $n_1 = 1750 \text{ RPM}$

$d_1 = 200 \text{ mm}$

#### Engrenagem

**Engrenagem movida:**  $n_2 = x$

$Z_2 = 46 \text{ dentes}$

**Engrenagem motora:**  $n_1 = 38 \text{ RPM}$

$Z_1 = 20 \text{ DENTES}$

$N_1/N_2 = Z_2/Z_1$

$38/X = 46/20$

$X = 16,52 \text{ RPM}$

### CÁLCULO 02 – Torque do motor

Neste próximo cálculo será demonstrado como se calcula potência e frequência do motor e sua rotação angular.

$$P = t \cdot w$$

**Onde:**

P = potência do motor [W]

T = Torque do motor [N·m]

w = Rotação angular [rad/s]

f = Frequência [Hz]

### CÁLCULO 03 – Torque na entrada do redutor

**Redutor - Relação de redução torque do motor**

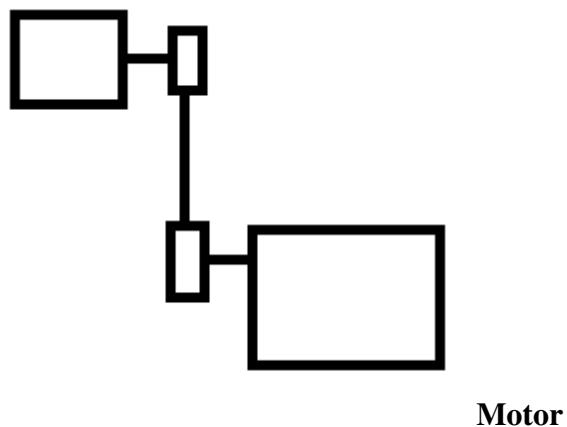
$$f = \frac{\text{Rotação}}{60} \quad f = 29,16 \quad f = \frac{\text{Rotação}}{60}$$

$$w = 2 \cdot \Pi \cdot f \quad w = 2 \cdot 3,1416 \cdot 29,16 \quad w = 183,26 \text{ rad/s}$$

$$P = T \cdot \omega \quad 11000 \text{ W} = T = 183,26 \quad T = 60,024 \text{ N} \cdot \text{m}$$

## CÁLCULO 04 – Torque na entrada do redutor

**Redutor**



**FIGURA 2** – Redutor e motor. Fonte: o autor (2017)

**Relação de redução**

$$i = \frac{\varnothing_{\text{redutor}}}{\varnothing_{\text{motor}}} \quad i = \frac{250}{200} \quad i = 1,25$$

**Torque**

$$i = \frac{T_{\text{entrada redutor}}}{T_{\text{motor}}} \quad 1,25 = \frac{T_{\text{entrada redutor}}}{60,024}$$

$$T_{\text{entrada redutor}} = 75,03 \cdot \text{eficiência}(90\%)$$

$$T_{\text{entrada redutor}} = 67,527$$

### CÁLCULO 05 – Torque na saída do redutor

$$i = \frac{T_{saída}}{T_{Entrada}} \quad 37,13 = \frac{T_{saída}}{67,527} \quad T_{saída} = 2507,27 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$T_{saída} = 2507,27 \cdot \text{eficiência} (98\%)$$

$$T_{saída} = 2457,13 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$T_{saída} = 2457,13 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Observação: Como o torque máximo de acordo com a placa do redutor é de 3000 N·m, logo, o equipamento está dimensionado acima do torque máximo disponível pelo motor.

### CÁLCULO 06 – Torque na rosca

Neste cálculo será demonstrado como se chega ao resultado do torque na rosca.

$$i = \frac{(N^{\circ} \text{ dentes rosca})}{(N^{\circ} \text{ dentes redutor})} \quad i = \frac{46}{20} \quad i = 2,30$$

$$i = \frac{(\text{Torque saída})}{(\text{Torque entrada})} \quad 2,30 = \frac{T_{saída}}{2457,13} \quad T_{rosca} = 5651,4 \cdot \text{eficiência} (95\%)$$

$$T_{rosca} = 5368,8 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Após avaliada a situação é possível afirmar que o modelo de motoredutor mais adequado para esta situação é o **FA 107 DRE 160S4**

Características importantes desse modelo:

- 17 RPM
- 5060 N·m
- 1,5 de fator de serviço
- 9,2 kW

## Torque necessário

Após os cálculos práticos serem desenvolvidos os valores fornecidos foram tabelados e descobriu-se que o valor necessário de torque na rosca é entre 1000 e 1500 N·m. E sendo assim o modelo mais adequado para esta moega é: FA 97 DRE 100M4 (3kW), vide tabelas abaixo.

**TABELA 1** - Projeto – Rosca de Moega de Cavaco. Fonte: o autor (2017)

Material a ser transportado: cavaco	
Vazão necessária: ~3m <sup>3</sup> /h por rosca total a ~24m <sup>3</sup> /h	
rosca	Diâmetro externo da 300 mm
	Diâmetro tubo da rosca 200 mm
rosca	Passo da 300 mm
rosca	Rotação da 17 RPM
	Grau de enchimento 1
	Densidade do material 350 kg/m <sup>3</sup>
transportador	Comprimento do 300 0mm
	Altura bocal de descarga 0m m
rosca	Inclinação da 0°
moega	Largura boca 200 0mm
rosca	Altura total de cavaco em cima da 250 mm
	Coefficiente atrito estático material 0,4



**TABELA 2** - Projeto – Rosca de Moega de Cavaco. Fonte: o autor (2017)

Força exercida pela pilha de cavaco	210 kgf
torque devido carga moega	315 N.m
potencia para vencer a moega	0,8 cv
<b>Potencia consumida para moegas</b>	<b>1,2 cv</b>
<b>Potencia consumida</b>	<b>0,4 cv</b>
Vazão volumetrica da rosca - com fator inclinação	12,0 m <sup>3</sup> /h
Capacidade de transporte - com fator inclinação	4203,675 kg/h
Velocidade linear do material	0,1 m/s
torque roscas transportadoras	154,5 N.m
torque moega de recepção	504,5 N.m

O projeto desenvolvido não será implantado pelo motivo da gerência achar o valor fora da realidade dos custos da empresa, o projeto custaria em torno de 30.000 reais, o fato também de estarmos em período de alta produção no início do verão faz com que seja inviável parar um equipamento por alguns dias para fazer a substituição dos implementos.

A empresa conta com um planejamento de capex , que nada mais é do que uma verba anual que é destinada as filiais para investirem em projetos, esta verba é destinada sempre no início de cada novo ano.

Não foi descartado a hipótese de futuramente colocar em prática o projeto, pois como foi explicado ao longo do trabalho que com a implantação teria ganhos futuros na diminuição de custos com manutenção corretiva.

## 5.2 Fotos

Em seguida será apresentada fotos que exemplificarão de uma melhor forma como é o sistema atual e como se ficará o projeto apresentado.



**FIGURA 3** – sistema atual de transmissão. Fonte: o autor (2017)



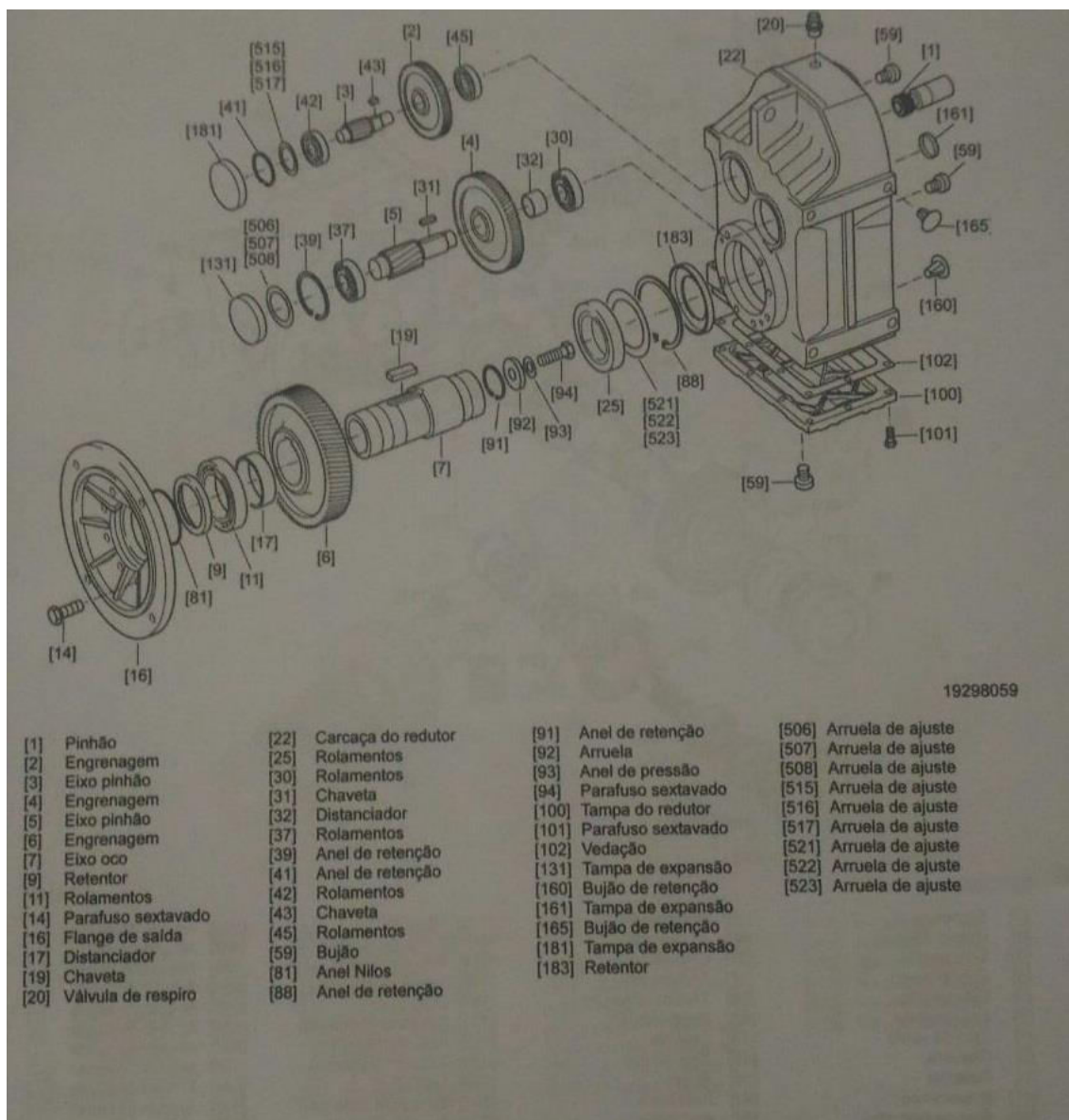
**FIGURA 4** – Moto-reductor. Fonte: o autor (2017)



**FIGURA 5** – Moto-reductor - Vista Frontal. Fonte: o autor (2017)



**FIGURA 6** – Vista do Rolamento da Ponta do Eixo da Helicoidal.  
Fonte: o autor (2017)



**FIGURA 7** – Vista do Redutor em Explosão. Fonte: SEW EURODRIVE. Instruções de operação. Edição 06/2010.

## 6. CONCLUSÃO

Ao término deste trabalho, crê-se que o objetivo traçado foi alcançado, pois as informações contidas foram colhidas nas fontes que garantem um embasamento técnico.

Procurou-se mesclar no projeto, economia e eficiência, a fórmula certa do sucesso na indústria. Buscou-se um estudo muito bem alicerçado com informações obtidas em campo e através de manuais técnicos.

Espera-se com a implantação do projeto ganhar o tempo que destina-se com manutenção, transformá-lo em eficiência, e para que isso aconteça basta seguir o que o estudo nos fala.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MAMMINI, E. **Máquina a Vapor Pequena Histórico**. Disponível em:

<[HTTP://ferrimodel.tripod.com/histmaq\\_vap.htm](http://ferrimodel.tripod.com/histmaq_vap.htm)>. Acesso em: 02 Jun. 2017.

**NR 13**. Disponível em: <<http://www.normaslegais.com.br/legislacao/trabalhista/nr/nr13.htm>

> Acessado em 19/08/17

NUCLEBRÁS. Tratamento de Água de Caldeiras. Disponível em:

<[http://www.repositorio.cdtm.br:8080/bitstream/123456789/881/1/NT\\_132\\_80\\_PD\\_DETR.pdf](http://www.repositorio.cdtm.br:8080/bitstream/123456789/881/1/NT_132_80_PD_DETR.pdf)> Acesso em 21/08/2017

TELLES, P.C.S. História da Engenharia no Brasil. Livro Técnicos e Científicos Editora S.A, 1984.

THAMIL. **Caldeiras Aquatubulares**. Disponível em:

<[HTTP://www.thamil.com.br/caldeiras-aquatubulares.html](http://www.thamil.com.br/caldeiras-aquatubulares.html)> Acesso em: 30 Jun. 2017.

SOLARWATERS. **O que é Biomassa**. Disponível em:

<<http://www.solarwaters.pt/biomassa/o-que-e-a-biomassa>>. Acesso em: 29 Jun. 2017.

SEW EURODRIVE. **Instruções de operação**. Edição 06/2010.

VIEIRA, J.F.. **Gestão de Pessoas**. Disponível em:

<<http://www.administradores.com.br/artigos/academico/gestao-de-pessoas/79383/>> Acesso em 24 Ago 2017.