

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
Campus Divinópolis
Curso de Graduação em Engenharia Mecatrônica

Jeovan Silva Oliveira

**SISTEMA DE MONITORAMENTO REMOTO DE UMA CORREIA
TRANSPORTADORA**

Divinópolis

2022

Jeovan Silva Oliveira

**SISTEMA DE MONITORAMENTO REMOTO DE UMA CORREIA
TRANSPORTADORA**

Monografia de Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do curso de graduação em Engenharia Mecatrônica do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Áreas de integração: Mecânica, Eletrônica e Automação.

Orientador: Prof. Doutor Luiz Claudio Oliveira

Divinópolis

2022

RESUMO

As correias transportadoras, comumente denominada CT, nunca estiveram tão em alta como ultimamente. Com o crescimento industrial e conseqüente aumento nas exportações, a utilização de correias transportadoras em todas as etapas de produção, desde a fabricação até a movimentação e transporte de cargas, tem aumentado a demanda por esse item.

O problema é que algumas correias não ficam na vista do operador, pois o controle das correias é feito, na maior parte das vezes, em salas de controle. Visto que os ambientes das correias, geralmente, são lugares insalubres ou com alto risco de acidentes, para permanência de seres humanos. Com isso, caso aconteça qualquer defeito e elas param de desempenhar sua função, escoar a produção, pode-se acarretar problemas de transbordo do produto que não teve seu escoamento adequado. Isso acarreta na parada da produção para manutenção da CT e para organização do local onde houve o transbordo. Além disso, até que se perceba que a correia está inoperante, o motor, geralmente de grande potência para movimentar a mesma, fica em funcionamento sem necessidade, havendo um desgaste desnecessário dos componentes mecânicos e alto consumo de energia elétrica.

Uma solução para estas questões, seria realizar uma automação completa da correia. Com monitoramento constante de todos os parâmetros da correia, como funcionamento, excesso de carga, tempo de trabalho entre outros. E aproveitando todas essas informações relevantes da produção, elas seriam enviadas automaticamente para um centro de dados da empresa. Para se trabalhar em cima desses números, tanto na parte de gestão de negócios quanto para elaboração de um plano de manutenção preventiva. Para essa implementação, será realizada uma ampla revisão bibliográfica sobre correia transportadora, comunicação remota e sistemas de medição, além das outras ferramentas que serão utilizadas durante a produção do trabalho.

Na sequência, será montada toda a estrutura mecânica da CT e seu controle, o meio de comunicação e coleta de dados. Por fim, os dados obtidos com o desenvolvimento do rastreamento serão analisados e os custos relativos a implementação de todo o sistema serão estimados. Assim, será possível ter uma relação do custo-benefício de se instalar esse sistema de automação em uma correia transportadora comum já existente. Para ver sua aplicabilidade em cada setor industrial.

Portanto, com o desenvolvimento desta atividade, espera-se melhorar o gerenciamento da cadeia produtiva e aumentar a confiabilidade e segurança das correias transportadoras. Encontrar o valor monetário da utilização do sistema automatizado, para ter um resultado efetivo de seu custo-benefício. E com isso, saber setores mais propícios a sua utilização.

Palavras-chave: Automação, monitoramento remoto, correia transportadora.

ABSTRACT

Conveyor belts, commonly called CT, have never been more popular than they have been lately. With the industrial growth and the consequent increase in exports, the use of conveyor belts in all stages of production, from manufacturing to transportation and cargo transportation, has increased the demand for this item.

The problem is that some belts are not visible to the operator, as the control of the belts is done, in most cases, in control rooms. Since the belt environments are generally unhealthy places or with a high risk of accidents, for human beings to stay. Thus, if any defect occurs and they stop their function, drain production, it can cause problems of product overflow that did not have its proper flow. This results in the stoppage of production for maintenance of the TC and for the organization of the place where the transfer took place. In addition, until it becomes apparent that the belt is inoperative, the motor is generally of great power to move it, it runs unnecessarily, with unnecessary wear on the mechanical components and high consumption of electrical energy.

A solution to these issues would be to perform a complete automation of the belt. With constant monitoring of all belt parameters, such as operation, overload, working time, among others. And taking advantage of all this relevant production information, it would be automatically sent to a company data center. To work on these numbers, both in terms of business management and for the preparation of a preventive maintenance plan. For this implementation, a wide bibliographic review will be carried out on the conveyor belt, remote communication and measurement systems, in addition to the other tools that will be used during the production of the work.

Then, the entire mechanical structure of the CT and its control, the means of communication and data collection will be assembled. Finally, the data obtained from the development of the tracking will be analyzed and the costs related to the implementation of the entire system will be estimated. Thus, it will be possible to have a cost-benefit ratio of installing this automation system on an existing common conveyor belt. To see its applicability in each industrial sector.

Therefore, with the development of this activity, it is expected to improve the management of the production chain and increase the reliability and safety of the conveyor belts. Find the monetary value of using the automated system, to have an effective result of its cost-benefit. And with that, know sectors more conducive to its use.

Key-words: Automation, remote monitoring, conveyor belt.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
1.1 -Contextualização e definição do problema	9
1.2 -Motivação.....	9
1.3 Objetivos	10
1.4- Estado da arte.....	11
1.5- Organização do documento	13
2. FUNDAMENTOS	14
2.1- Revisão de literatura	14
2.1.1 Correia	15
2.1.2- Tambor.....	16
2.1.3- TRANSMISSÃO	18
2.1.4- ROLETE.....	18
2.1.5- CONJUNTO DE ACIONAMENTO.....	22
2.1.6- COMUNICAÇÃO REMOTA.....	28
2.1.7- INDICADORES DE MANUTENÇÃO.....	29
3- METODOLOGIA.....	31
3.1- ESTRUTURA MECÂNICA	31
3.2- SISTEMA DE CONTROLE	34
3.3- SISTEMA DE POTÊNCIA	43
3.4 SISTEMA DE SINALIZAÇÃO.....	46
3.5 SISTEMA DE COMUNICAÇÃO	47
3.6 DADOS DE MANUTENÇÃO	55
3.7 VIABILIDADE ECONÔMICA	56
4- RESULTADOS E DISCUSSÕES	57
4.1- Plano de ação	57
4.2- Custo de projeto.....	61
5- CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
5.1- CONCLUSÕES.....	62
5.2- PROPOSTA DE CONTINUIDADE	62
REFERÊNCIAS	63
ANEXO	65

LISTA DE FIGURAS

- 1- Representação esquemática de uma CT típico (adaptado de MAZURKIEWICZ, 2008)
- 2- Composição de uma correia (VELOSO, 2014).
- 3- Conjunto Tambor + Mancais (Catálogo Sandvik).
- 4- Tambor motriz com revestimento em cerâmica (Catálogo Sandvik).
- 5- Tambores movidos, não possuem torque próprio (Catálogo Sandvik).
- 6- Rolete de carga plano (CEMA).
- 7- Rolete de carga inclinado (CEMA).
- 8- Rolete de impacto plano (CEMA).
- 9- Rolete de impacto inclinado (CEMA).
- 10- Rolete de retorno plano (CEMA).
- 11- Rolete de transição (Arquivo Sandvik).
- 12- Rolete auto-alinhante (CEMA).
- 13- Conjunto de acionamento (Motor, acoplamento flexível de alta rotação, redutor, acoplamento flexível de baixa rotação e tambor motriz)
- 14- Motor trifásico tipo rotor de gaiola (Catálogo WEG).
- 15- Redutor de eixos ortogonais em corte (Catálogo SEW)
- 16- Acoplamento flexível (Catálogo Sandvik).
- 17- Acoplamento hidrodinâmico (Catálogo Sandvik).
- 18- Freio instalado no eixo de baixa do transportador (Catálogo Sandvik).
- 19- Contra-recuo (Catálogo Vulkan)
- 20- Volante de inércia (Catálogo Sandvik).
- 21- Inversor de frequência (Catálogo WEG).
- 22- Representação de uma rede elétrica inteligente de uma cidade.
- 23- Protótipo do sistema de monitoramento
- 24- Motor 12VCC
- 25- Suporte do sensor magnético
- 26- Chapa de aço acoplada ao tambor movido
- 27- Protótipo do sistema de controle
- 28- Porta lógica AND
- 29- Porta lógica NOT
- 30- Esquemático do CI 74HC08N
- 31- Sensor magnético Metaltex

- 32- Esquemático elétrico do sensor
- 33- Potenciômetro de ajuste de tempo
- 34- Capacitor eletrolítico
- 35- Resistor ohmico
- 36- A curva A descreve o processo de carga, enquanto que a curva B descreve o processo de descarga.
- 37- Esquemático do circuito eletrônico
- 38- Esquemático do circuito eletroeletrônico
- 39- Transformador abaixador
- 40- Ponte de diodo
- 41- Rele 12VCC
- 42- Esquemático do sistema de sinalização
- 43- Sistema de sinalização
- 44- Microcontrolador Arduino
- 45- Módulo bluetooth HC-05
- 46- Pinagem do HC-05
- 47- Divisor de tensão
- 48- Estado inicial do divisor de tensão
- 49- Esquemático do circuito de comunicação
- 50- Esquemático da comunicação serial
- 51- Biblioteca de comunicação serial
- 52- Velocidade de comunicação do Arduino
- 53- Leitura do estado da CT
- 54- Tela inicial do aplicativo Bluetooth SPP
- 55- Tela de pareamento com HC-05
- 56- Tela de estado atual da CT
- 57- Fórmula para cálculo do MTBF

LISTA DE ACRÔNIMOS E NOTAÇÕES

CT	Correia transportadora
LQG-LTR	Linear Quadratic Gaussian with Loop Transfer Recovery
CEMA	Conveyor Equipment Manufacture Association
m/s	Metros por segundo
HP	Horse power
RSSF	Rede de sensores sem fio
MTBF	Mean time between failures
MTTR	Mean time to repair
VCC	Voltagem em corrente contínua
VCA	Voltagem em corrente alternada
MDF	Medium Density Fiberboard
RT	Relação de transformação
TIR	Taxa interna de retorno
CI	Circuito integrado
Trafo	Transformador
R	Resistência
C	Capacitância

INTRODUÇÃO

1.1 -Contextualização e definição do problema

O presente trabalho tem como objetivo estudar e avaliar a implementação de um monitoramento remoto em correias transportadoras. A avaliação será com base no custo-benefício. Com ganho de confiabilidade no funcionamento do sistema de transporte e escoamento, e obtenção de dados para análise de performance da produção e para criação de um modelo de manutenção preventiva nas correias. Como custo será considerado toda a despesa para compra dos materiais e equipamentos para o monitoramento e controle. Além do aumento de gastos manutenção de todo o sistema.

Para isso, será criado um protótipo do controlador de correia transportadora, onde vai se desenvolver todos os experimentos. Logo após será feito a parte de controle da CT, com foco na observância de seu estado de funcionamento e controle de cargas que passaram por ela durante um período determinado e suas especificidades. Com esses itens implementados, pode-se passar a próxima etapa de elaboração do meio de sinalização de falha, para que o operador tenha conhecimento de quando a falha venha acontecer e possa propor uma solução antes que se agrave.

O armazenamento dos dados obtidos será o fim do processo, para que sejam trabalhados e auxiliem na tomada de decisão da empresa. Podendo assim, criar um plano de manutenção para aumentar a confiabilidade de funcionamento da correia transportadora. Também terá um aumento na segurança, as melhorias na segurança de transportadores de correia podem beneficiar o negócio em termos de produtividade e lucro operacional.

1.2 -Motivação

O transportador de correia é o meio mais versátil e mais difundido para movimentação de carga em instalações industriais de acordo com Dias et ali (2008). Possui a característica de receber cargas e transportá-las de maneira praticamente contínua ao longo de um caminho precisamente definido. Ele é consideravelmente fácil de ser automatizado, possui grande confiabilidade e se destaca por sua elevada

produtividade e baixo custo operacional (NOGUEIRA, 2004). Além disso, uma linha de produção industrial está fadada ao insucesso se não assegurarmos um funcionamento impecável dos processos de transporte de matérias-primas, produtos semi-acabados e da produção terminada, em todas as fases da fabricação ao armazenamento (NOGUEIRA,2004). Portanto, devido às características mencionadas, a esteira transportadora é um equipamento fundamental dentro de uma indústria. Logo, seu estudo e a implementação de técnicas de identificação de sistemas a estes dispositivos é necessária para a utilização de algoritmos de controle que visem à eficiência energética (DIAS, et ali, 2009).

Com base no texto acima, o presente trabalho tem por objetivo desenvolver um sistema de monitoramento robusto, para ser implementado de modo genérico, em qualquer correia transportadora. Após um período com trabalhos de manutenção em correias transportadoras, foi observado essa necessidade devido aos poucos processos de melhoria na operação e manutenção das CT.

Correias transportadoras têm a vida útil influenciada pelo desgaste natural de uso e outros fatores, por exemplo, danos à superfície da correia causados pela velocidade e pela força de impacto de materiais no ponto de alimentação, fragmentos metálicos, que involuntariamente se tornam parte do fluxo de materiais, detritos alojados entre polia e a correia, entre outros. Dessa forma, podem ocorrer falhas de operação, como rasgos, cortes e perfurações, que, se não diagnosticadas em um curto espaço de tempo, tendem a causar sérios danos, como o prolongamento do rasgo ao longo da correia. O monitoramento visa diagnosticar falhas de operação que possam gerar um longo período de inatividade no sistema de transporte, ameaçar a segurança ou gerar perdas financeiras significativas (BALIEIRO,2019).

1.3 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho pode ser sintetizado como a seguir.

- **Objetivo geral**

Desenvolver um sistema de monitoramento remoto por aplicativo de uma correia transportadora para aplicação industrial, para monitorar funcionamento/parada, indicação de tempo de uso funcionando e parada.

- **Objetivos específicos**

Os objetivos específicos podem ser listados da seguinte forma:

- Construir um sistema de monitoramento remoto robusta, para aplicação em todo tipo de produção que necessite de uma correia transportadora;
- Realizar estudos de análise falha (parada, desalinhamento/rompimento da correia) e indicadores de performance (tempo médio para manutenção, tempo entre falhas);
- Definir a(s) plataforma(s) em que será(ão) desenvolvidas as atividades de transmissão e armazenamento de dados;
- Selecionar sensor e componentes eletrônicos;
- Montagem do circuito eletrônico;
- Calibrar sensores;
- Apresentação do TCC.

1.4- Estado da arte

Correia transportadora está presente, basicamente, em todo processo produtivo. Devido sua robustez, confiabilidade e relativo baixo custo de implementação. Porém em locais mais críticos, deve-se ter um controle mais eficiente sobre a mesma. Seja em relação a segurança de quem trabalha perto dela ou devido ao produto que a correia escoa, ser algo de custo elevado ou frágil.

No texto “On-line conveyor belts inspection based on machine vision” (YANG et ali, 2014). A técnica de detecção de falhas, tem como base a visão de máquina para correias transportadoras. Onde fontes de luz linear de alto brilho, fornecem luz para uma câmera, para capturar imagens de alta qualidade da esteira. Um algoritmo de segmentação de imagem rápido é proposto para lidar com as imagens da correia on-line. O algoritmo para detecção de rasgo longitudinal e desvio de correia, que são sérias ameaças à segurança, é apresentado a partir de imagens binárias. Em seguida, é desenvolvido um sistema de inspeção visual da correia on-line.

Em “A new detection device of belt longitudinal rip based on pressure monitoring. International Conference on Electronics, Communications and Control (ICECC)” (CHUNXIA et ali, 2011). O artigo apresenta um método de monitoramento em tempo

real do rasgo longitudinal da correia transportadora através do monitor de pressão. O princípio deste método de monitoramento reside no aumento repentino da pressão na correia transportadora antes do rasgo longitudinal da correia. Podemos detectar o número do valor da pressão e estimar que o sistema está em estado de funcionamento normal ou em condição de rasgo longitudinal. Se o sistema estiver na condição de rasgo longitudinal, o dispositivo de monitoramento automaticamente dá o comando para a parada da máquina para proteção de segurança de toda a correia transportadora. O sistema de aplicação real mostra que este método pode monitorar prontamente e efetivamente o rasgo longitudinal da correia.

No trabalho intitulado “Research of Fault Diagnosis of Belt Conveyor Based on Fuzzy Neural Network.” (YUAN et ali, 2014). O trabalho usa o algoritmo de rede neural combinado com a teoria fuzzy para fornecer método de diagnóstico de falha inteligente para transportador de correia, estabelecendo o modelo de diagnóstico de falha de rede neural com função preditiva. O Matlab é escolhido como a plataforma de simulação do sistema para simular o diagnóstico de falha da rede neural difusa do transportador de correia. Os resultados da simulação indicam que a rede neural fuzzy tem mais vantagens, que podem filtrar informações desnecessárias, economizar tempo e espaço, melhorar o reconhecimento de diagnóstico de falhas, classificação e recursos de localização de falhas do transportador de correia, e isso tem alto valor prático para a engenharia.

Pesquisas de controle aplicadas a correias transportadoras são desenvolvidos como em (TSAI et ali, 1996), que apresenta o controle de posição da correia utilizando um controlador robusto em ponto de operação fixo.

O Brasil contribui nesse contexto, com trabalhos como “Uso do método LQG-LTR para o controle de velocidade em transportadores de correia visando a eficiência energética” (DIAS et ali, 2008). Os resultados de simulação são mostrados com a utilização da estratégia de controle LQG-LTR para efetuar o controle de velocidade obtendo-se resultados satisfatórios.

O texto intitulado “DESENVOLVIMENTO DE UM SUPERVISOR FUZZY TAKAGI-SUGENO-KANG APLICADO A UM SISTEMA DO TIPO CORREIA TRANSPORTADORA DE MINÉRIO” (NATAL,s.d) , apresenta o desenvolvimento e teste de um sistema de supervisão para o monitoramento avançado de um sistema do tipo correia transportadora aplicado a mineração. O objetivo deste sistema é melhorar os custos operacionais de plantas do tipo correia transportadora, de modo a viabilizar a operação com maior eficiência energética.

Já no trabalho “METODO DE VISÃO COMPUTACIONAL BASEADO EM LASER PARA MONITORAMENTO DE DEFEITOS EM CORREIAS TRANSPORTADORAS” (NETO, 2019). Que tem por objetivo desenvolver uma técnica computacional baseada em laser capaz de detectar defeitos em correias transportadoras por meio de visão computacional. A proposta é avaliar as variações da superfície da correia utilizando imagens de um feixe de laser posicionado perpendicularmente ao sentido de movimento do transportador, fazendo com que defeitos causem variações na imagem do feixe de laser. Utilizando-se de uma abordagem para transformar a imagem do laser em um sinal unidimensional, são capturados pontos de alta curvatura neste sinal, admitindo que esses pontos seriam causados por defeitos presentes na correia transportadora, fazendo-se possível a reconstrução e identificação dos defeitos.

1.5- Organização do documento

Este trabalho está dividido em três capítulos, seguidos das considerações finais e referências. O presente capítulo apresenta a definição do problema estudado, bem como a motivação para realização do mesmo, os objetivos do trabalho, as mais recentes pesquisas relacionadas da área e, ainda, a organização deste documento. O segundo capítulo apresenta os fundamentos a respeito dos principais conceitos expostos neste trabalho. O terceiro capítulo, Metodologia, mostra como foram feitos os modelos do processo, que engloba a parte de mecânica, eletrônica e monitoramento de todo o sistema. O quarto capítulo apresenta os resultados da implementação do sistema de monitoramento, planos de ação e o custo de projeto. O quinto capítulo traz as considerações finais, as conclusões obtidas com o desenvolvimento do trabalho e as sugestões de continuidade do mesmo.

2. FUNDAMENTOS

2.1- Revisão de literatura

As correias transportadoras detêm uma posição dominante no transporte de materiais devido às suas inerentes vantagens, como economia e segurança de operação, confiabilidade, versatilidade e enorme gama de capacidades. Utilizadas nos mais diversos segmentos de mercado, as correias transportadoras possuem características técnicas que permitem sua aplicação em sistemas de transporte e elevação de materiais de pequeno, médio e grande porte, dependendo de sua adequada configuração (ZHANG et ali,2011).

Para o projeto de correias transportadoras, são comumente empregados dois métodos: Método Prático e Método CEMA (Conveyor Equipment Manufacture Association). O Método Prático, mais simplificado, aplica-se a transportadores simples e de pequena capacidade. Neste, calcula-se primeiramente a potência necessária para o transporte e, a partir desta, as tensões na correia. O método CEMA, mais sofisticado, é aplicável a transportadores de vários lances, curtos ou longos, onde calcula-se inicialmente as tensões em cada lance da correia, e, após isto, calcula-se a potência de acionamento (MALAGONI; SANTOS, 2014).

As CTs convencionais são constituídas de estrutura metálica, acionamento, tambores, roletes (rolos conectados a cavaletes) e da correia propriamente dita (MAZURKIEWICZ, 2008). A Figura 1 representa de forma esquemática um CT.

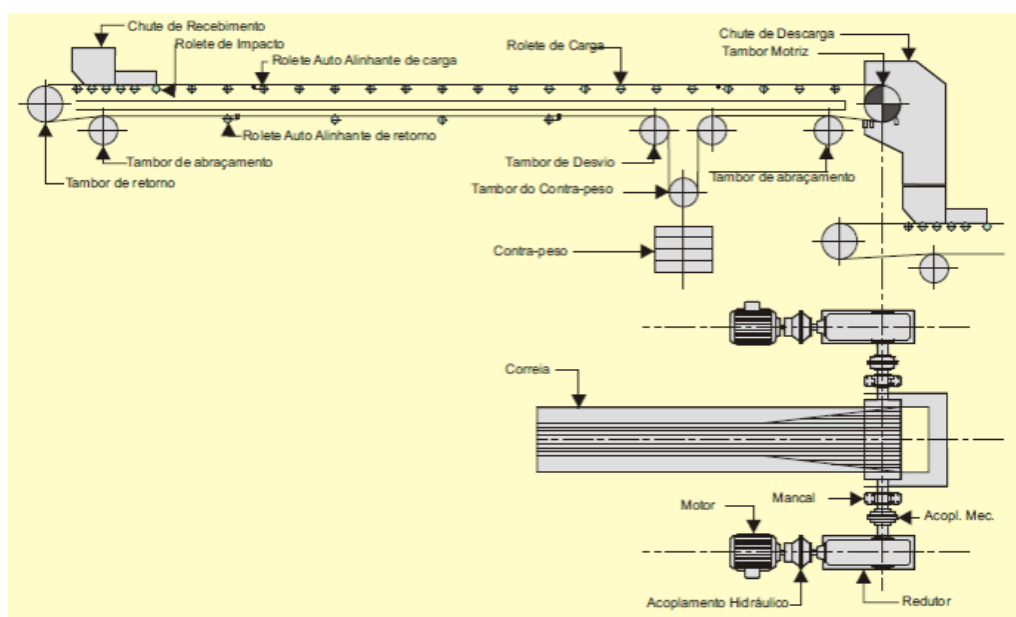


Figura 1: Representação esquemática de uma CT típico (adaptado de MAZURKIEWICZ, 2008)

A maioria das CTs para manuseio de material a granel é composta de seis elementos principais (MAZURKIEWICZ, 2008):

- Correia: forma a superfície móvel sobre a qual o material é transportado;
- Tambores: apoiam, movem e tencionam a correia;
- Transmissão: fornece energia para um ou mais tambores moverem a correia;
- Estrutura: suporta e alinha os componentes rodantes;
- Sistema de suporte da correia: apoia os roletes de carga e retorno da correia;
- Pontos de transferência: carregam ou descarregam os materiais do transportador.

Além destes elementos, existem equipamentos auxiliares instalados para melhorar a operação do sistema, tais como tensores, raspadores, detectores de metal, calhas de transferências, detectores de rasgo de correias, chaves de desalinhamento, chaves de emergência, sistemas de supressão e sistemas de proteção climática (SWINDERMAN ET. AL., 2009).

2.1.1 Correia

De todos os componentes de um CT, a correia é o mais importante. Ela representa uma porção significativa do custo de um transportador e sua boa operação, pode ser fator chave para a produtividade geral de uma usina na qual se encontra o sistema. Por isso, a correia deve ser muito bem selecionada e todas as medidas possíveis devem ser empregadas para salvaguardar sua utilidade (MAZURKIEWICZ, 2008, SWINDERMAN ET. AL., 2009).

Uma correia é composta de duas partes: a carcaça interna e a cobertura externa (inferior e superior) (SWINDERMAN ET. AL., 2009), conforme desenho esquemático representado na Figura 2.2. Esses componentes são descritos na sequência.

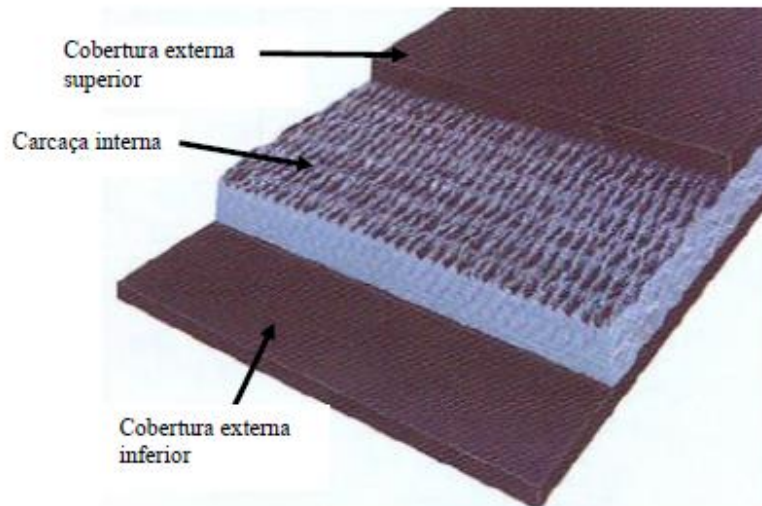


Figura 2: Composição de uma correia (VELOSO, 2014).

A carcaça interna (ou simplesmente carcaça) é a seção estrutural mais importante da correia, uma vez que tem como objetivo transmitir a tensão necessária para elevar e mover a correia carregada e absorver a energia de impacto liberada pelo material ao ser carregado na correia. Ela deve permitir adequadas técnicas de emenda e ser forte suficiente para lidar com forças que ocorrem ao se iniciar, movimentar e parar a correia carregada. A carcaça também fornece a rigidez necessária à correia para que permaneça alinhada e suporte a carga (SWINDERMAN et ali, 2009).

2.1.2- Tambor

Fixado pelos mancais e composto de um eixo, cubos, discos laterais e discos internos, anéis de fixação, casca externa e revestimento, o tambor é o componente que dá movimento (tambor motriz) e apoio (tambores movidos) à correia. Além disso, o tambor também é utilizado para dobrar e desviar a correia, quando se faz necessário (CARNIZELLO, 2011).



Figura 3: Conjunto Tambor + Mancais (Catálogo Sandvik).

Os tambores podem ser classificados em:

- **TAMBOR MOTRIZ**

É responsável por receber o torque do acionamento e transmiti-lo para a correia transportadora. Geralmente, esses tambores são revestidos com cerâmica, para produzir um coeficiente de atrito maior e evitar o escorregamento (CARNIZELLO,2011).



Figura 4: Tambor motriz com revestimento em cerâmica (Catálogo Sandvik).

- **TAMBOR MOVIDO**

São todos os tambores que não possuem torque próprio, podem ter diversas aplicações, tais como esticamento, desvio, encosto, etc. Geralmente são revestidos

com uma camada de borracha, para melhorar a aderência com a correia (CARNIZELLO, 2011).



Figura 5: Tambores movidos, não possuem torque próprio (Catálogo Sandvik).

2.1.3- TRANSMISSÃO

A transmissão mecânica é um mecanismo encarregado de transmitir potência entre dois ou mais elementos dentro de uma máquina. As transmissões são realizadas através de elementos rotantes, pois ocupa muito menos espaço que aquela por translação (SOUZA, 2012).

Uma transmissão mecânica é uma forma de trocar energia mecânica. Sua função emprega o movimento de corpos sólidos, como das engrenagens e as correias de transmissão. Em qualquer tipo de transmissão, é inevitável a perda de potência que ocorre nas engrenagens, mancais, polias, correntes, rodas de atrito, originada pelo atrito entre as superfícies, agitação do óleo lubrificante, escorregamento entre correia e polia (SOUZA, 2012).

2.1.4- ROLETE

Roleta é o nome dado ao conjunto rolos mais suporte. Eles têm a função de suportar a correia tanto do lado carregado quanto no retorno. Os rolos são cilindros de aço de alta resistência que contêm rolamentos e podem girar em torno de seu próprio eixo, fazendo com que a correia se desloque sobre eles. O bom alinhamento, lubrificação e manutenção dos rolos é essencial para o movimento da correia. Qualquer

imperfeição em algum desses detalhes resultará em um aumento da tensão na correia e na potência requerida do motor, devido ao atrito causado pelo rolo desalinhado ou com lubrificação insuficiente (CARNIZELLO, 2011)

Os roletes podem ser classificados em:

- **ROLETE DE CARGA**

São responsáveis por suportar o peso da correia e do material transportado. Os roletes de carga podem ter dois tipos de configuração: planos ou inclinados. Atualmente, os roletes inclinados são mais comuns, por conseguir transportar uma quantidade consideravelmente maior de material. Eles são compostos por um rolo central horizontal e por dois rolos laterais geralmente inclinados de 20° , 35° ou 45° . Os roletes planos são normalmente compostos por um só rolo horizontal sustentado por suportes que são fixados na estrutura do transportador (CARNIZELLO, 2011).

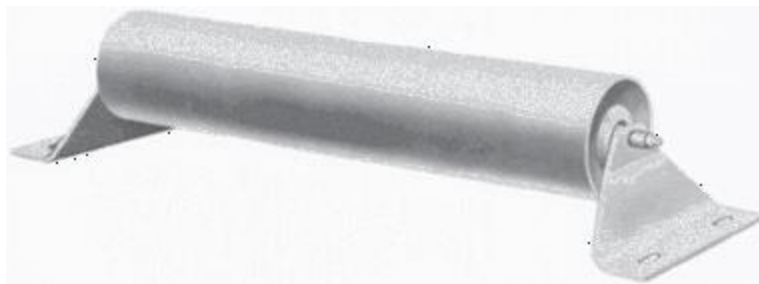


Figura 6: Rolete de carga plano (CEMA).



Figura 7: Rolete de carga inclinado (CEMA).

- **ROLETE DE IMPACTO**

São responsáveis por suportar o impacto da queda do material na seção de alimentação do transportador. São normalmente cilindros de aço revestidos com discos de borracha vulcanizada para absorver o impacto e proteger a carcaça da correia de danos (CARNIZELLO,2011).



Figura 8: Rolete de impacto plano (CEMA).



Figura 9: Rolete de impacto inclinado (CEMA).

- **ROLETE DE RETORNO**

São responsáveis por suportar o peso da correia durante o retorno da mesma, não suportam o material transportado. Geralmente, são compostos de um rolo plano horizontal sustentado por suportes fixados na parte inferior da estrutura do transportador. Atualmente, têm sido comumente utilizados roletes de retorno em V, que são compostos por dois rolos que formam um ângulo de 10° com a horizontal. Esse tipo de rolete de retorno ajuda a manter o alinhamento da correia (CARNIZELLO, 2011).



Figura 10: Rolote de retorno plano (CEMA).

- **ROLETE DE TRANSIÇÃO**

Esses roletes possuem rolos laterais com regulagem de ângulo e são utilizados para diminuir gradativamente a curvatura da correia conforme ela se aproxima do tambor de descarga ou de retorno (CARNIZELLO,2011)



Figura 11: Rolote de transição (Arquivo Sandvik).

- **ROLETE AUTO-ALINHANTE**

São responsáveis por manter o alinhamento da correia. Esses roletes podem ser usados tanto do lado carregado quanto no retorno e são dotados de um mecanismo giratório, além de pequenos rolos perpendiculares à correia. Qualquer desalinhamento da correia fará com que ela toque o rolo vertical, provocando um giro no rolete e formando um certo ângulo em relação à correia. Esse desvio angular cria uma força que obriga a correia a voltar ao seu centro (CARNIZELLO,2011).

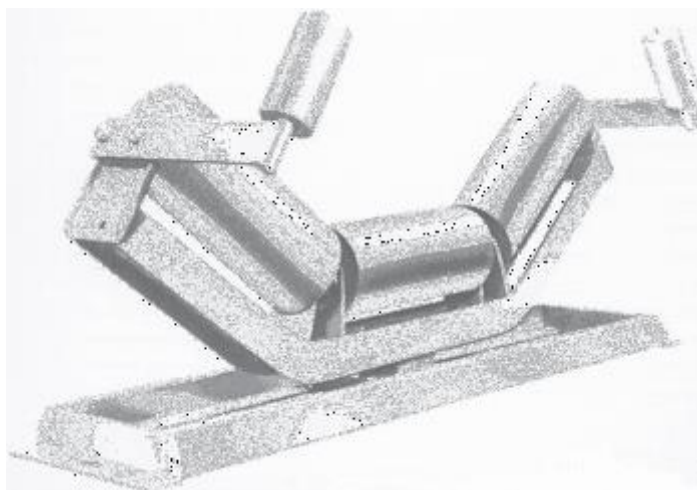


Figura 12: Rolete auto-alinhante (CEMA).

2.1.5- CONJUNTO DE ACIONAMENTO

Conjunto de componentes responsáveis por produzir o torque no tambor motriz. Geralmente é composto por motor, redutor, acoplamentos e, se necessário, freio, contra-recuo, volante de inércia e inversor de frequência (CARNIZELLO, 2011).



Figura 13: Conjunto de acionamento (Motor, acoplamento flexível de alta rotação, redutor, acoplamento flexível de baixa rotação e tambor motriz)

- **MOTOR**

É o coração do transportador de correia, responsável pelo torque que gira o tambor motriz e movimenta a correia. Na grande maioria dos casos, trata-se de um motor elétrico trifásico, do tipo rotor de gaiola (CARNIZELLO, 2011)



Figura 14: Motor trifásico tipo rotor de gaiola (Catálogo WEG).

- **REDUTOR**

Componente responsável por diminuir a rotação na saída do motor e aumentar o torque. Como os transportadores não necessitam de uma velocidade alta (em média de 1 m/s a 8 m/s) e exigem um torque muito elevado para a elevar o material e vencer o atrito de todos os componentes, os redutores de velocidade são imprescindíveis no projeto de um transportador de correia. Os tipos de redutores mais utilizados são os Shaft-Mounted (potências de até 50 HP), os redutores de eixos paralelos (os mais utilizados, pois possuem uma gama que engloba todas as faixas de potências) e os redutores de eixos ortogonais (utilizados quando o espaço é limitado) (CARNIZELLO, 2011)



Figura 15: Redutor de eixos ortogonais em corte (Catálogo SEW)

- **ACOPLAMENTO**

São elementos de união entre eixos de motores, redutores e tambores. Podem ser de 2 tipos:

- **Acoplamento Flexível**

Elementos responsáveis por unir os eixos entre motor e redutor (acoplamento de alta) e entre redutor e tambor (acoplamento de baixa), absorvendo desalinhamentos angulares entre os eixos até um certo limite, amortecendo vibrações torcionais e protegendo os demais equipamentos de sobrecarga funcionando como fusível (CARNIZELLO,2011)



Figura 16: Acoplamento flexível (Catálogo Sandvik).

- **Acoplamentos Hidrodinâmicos**

São equipamentos responsáveis por transmitir o torque do motor suavemente até que se atinja o torque máximo. São extremamente importantes em transportadores com potência superior a 50 HP. No transportador de correia, a transmissão imediata do torque do motor resultaria em uma tensão muito elevada na correia, acarretando o rasgo da mesma. Caso o acoplamento hidrodinâmico não seja utilizado, será necessária a utilização de um inversor de frequência (CARNIZELLO, 2011)



Figura 17: Acoplamento hidrodinâmico (Catálogo Sandvik).

- **FREIO**

Componente responsável por parar o tambor motriz e, conseqüentemente, a correia. Seu uso é necessário em transportadores em declive, para que não haja perda de controle da velocidade da correia, e em transportadores sequenciais com diferentes tempos de parada. Nesse caso, se dois transportadores em seqüência tiverem diferentes tempos de parada, vai haver acúmulo de material no chute de alimentação do segundo transportador, acarretando em danos na correia, nos roletes, na estrutura ou no conjunto de acionamento (CARNIZELLO,2011)



Figura 18: Freio instalado no eixo de baixa do transportador (Catálogo Sandvik).

- **CONTRA-RECUO**

Equipamento responsável por evitar o retorno da correia carregada em transportadores inclinados quando o motor é desligado, fato que poderia acarretar em danos às estruturas ou entupimento dos chutes de alimentação (CARNIZELLO, 2011).



Figura 19: Contra-recuo (Catálogo Vulkan)

- **VOLANTE DE INÉRCIA**

O volante de inércia tem a função de adicionar inércia ao transportador. Trata-se de uma enorme massa girante que faz com que o tempo de partida e o tempo e a distância de parada sejam aumentados. É utilizado quando faz-se necessário o

aumento do tempo de parada do transportador, para que este fique sincronizado com transportadores anteriores ou posteriores, evitando entupimento do chute de alimentação (CARNIZELLO, 2011)



Figura 20: Volante de inércia (Catálogo Sandvik).

- **INVERSOR DE FREQUÊNCIA**

Componente elétrico responsável pela partida com baixa corrente de partida do motor, evitando trancos e danos à correia. O inversor de frequência reduz a corrente de partida, permitindo o controle da velocidade e do torque do motor, possibilitando o aumento gradativo do torque. Quando opta-se pela instalação de um inversor de frequência, o acoplamento hidrodinâmico torna-se desnecessário (CARNIZELLO, 2011)



Figura 21: Inversor de frequência (Catálogo WEG)

2.1.6- COMUNICAÇÃO REMOTA

Redes e sistemas de comunicação de dados talvez sejam as tecnologias que crescem com maior rapidez em nossa cultura hoje em dia. Uma das consequências deste crescimento é um aumento surpreendente no número de profissões em que um entendimento destas tecnologias é essencial para o êxito - e um aumento proporcional na quantidade e nas categorias de estudantes fazendo cursos para adquirir conhecimento sobre elas (FOROUZAN, 2009)

Uma rede de sensores sem fio (RSSF) é uma tecnologia que vem ganhando cada vez mais espaço no meio industrial. Uma RSSF tem ampla capacidade de conexão com meio físico extraíndo uma grande quantidade de dados do mesmo. Esta facilidade torna mais simples a manipulação desses dados e fazem uma cobertura mais eficiente que as técnicas de instrumentação tradicionais. Estas redes possuem grandes quantidades de dispositivos chamados nodos (ou nós) do sistema. Os nós são responsáveis por enviar determinado tipo de informação no qual foram programados e disseminar esta informação até que atinjam um ponto de processamento central para tratamento dos dados de interesse. Estes nós geralmente são espalhados em uma grande área de específica, como por exemplo, uma fabrica ou cidade, devendo trabalhar sem a intervenção humana. Para se ter uma ideia da quantidade de nós de um sistema, a Figura 22 mostra um modelo complexo de uma Rede Elétrica inteligente integrado a medidores inteligentes. Essas características podem oferecer algumas limitações ao nó, como de dimensão física, durabilidade de bateria, tipo de protocolo de comunicação, memória e processamento dependo da aplicação (ALMEIDA,2017).

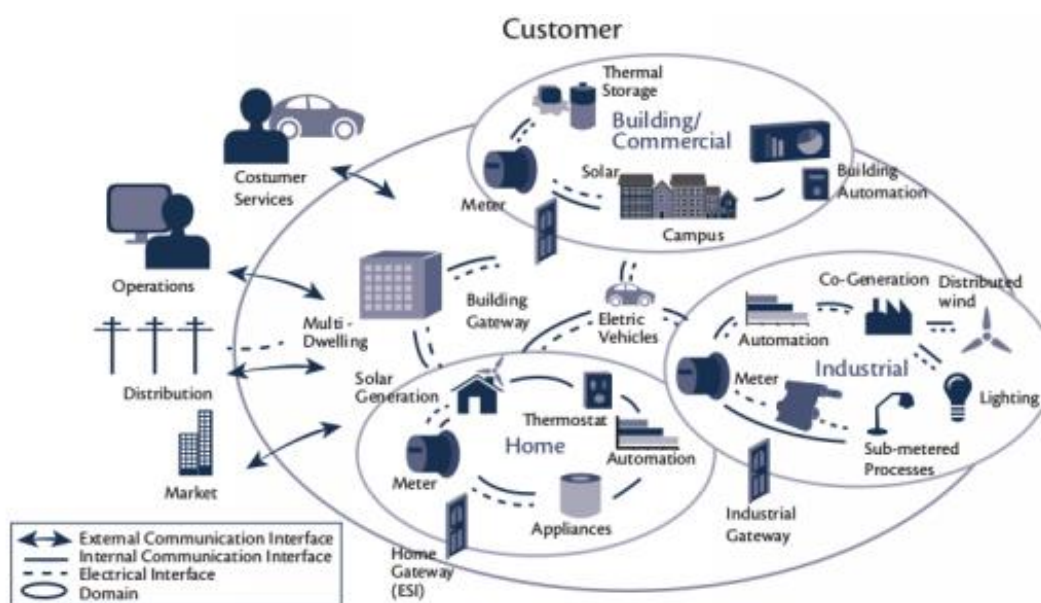


Figura 22: Representação de uma rede elétrica inteligente de uma cidade.

2.1.7- INDICADORES DE MANUTENÇÃO

Os custos envolvidos, não somente na aquisição, mas principalmente na operação dos sistemas de transporte por correias, são dos mais relevantes na indústria mineral. Apesar disto, ainda é comum que decisões relacionadas com trocas e com a própria gestão técnica dos transportadores sejam tomadas sem critérios bem estabelecidos; em geral são subjetivas (MENEZES ET AL., 2002). São comuns sistemas compostos por dezenas de quilômetros de transportadores aos quais não existem procedimentos associados ou políticas de manutenção bem estabelecidas.

Jurdziak e Hardygóra (1995) comentam que a correia transportadora é um dos principais itens de um transportador, em função dos seguintes fatores: alto preço da correia, comprimentos consideráveis, durabilidade relativamente pequena, e alto tempo de paradas para substituição (lucro cessante alto).

Visto essa demanda por estudos sobre manutenção em correias transportadoras, devido o alto custo do equipamento e de sua manutenção, além do longo período necessário para reparo na CT quando ela vem a ter uma falha. Serão abordados indicadores de manutenção, para facilitar as tomadas de decisões sobre as manutenções na correia e conseguir ter uma previsão mais assertiva sobre quando as mesmas devem ocorrer.

Dois dos principais indicadores de performance em vários setores industriais são o MTBF (mean time between failures ou tempo médio entre falhas) e MTTR (mean time to repair ou tempo médio para reparo) são dois indicadores relacionados à disponibilidade de uma aplicação. O MTBF é a métrica que se refere à média de tempo transcorrido entre uma irregularidade e o próximo lapso. Essas falhas de tempo podem ser prognosticadas por meio de uma fórmula. Já o indicador de MTTR refere-se ao prazo médio que demora para realizar uma correção depois da eventualidade, o erro. Ou seja, é o tempo gasto durante a intervenção em um determinado processo (VELOSO, 2014).

O modo de falha é uma causa de falha ou uma forma possível pela qual um sistema pode falhar. Quando um sistema tem muitas formas possíveis de falha, tem vários modos de falha ou riscos concorrentes. Quanto mais complexo é um sistema, mais modos de falha existem. Por exemplo, na correia transportadora pode haver a queima do motor de tração, rompimento da correia, entre outros.

O Diagrama de Pareto é uma metodologia usada para quantificar e conflitar as causas de um evento com o seu determinado efeito. Usa-se o Diagrama de Pareto na manutenção para conflitar as causas de falhas com o número de paradas de um equipamento. Ou seja, é possível enxergar quais são as causas que mais impactam na disponibilidade e confiabilidade do equipamento. O diagrama de Pareto é uma representação gráfica dos problemas do processo na ordem de classificação do mais frequente ao o menos frequente. Ele ilustra a frequência dos tipos de falha ou defeito. Usando a análise de Pareto, você pode decidir qual é o evento que necessita de prioridade para ser solucionado (GERONIMO, 2017).

3- METODOLOGIA

Inicialmente será realizada a revisão bibliográfica e fundamentação teórica sobre a proposta de trabalho. As pesquisas terão o foco na estrutura de um sistema de correia transportadora, seus aspectos construtivos e de funcionamento, bem como nas quantidades/medidas passíveis de serem obtidas diretamente da correia ou de alguma análise de seus dados, tais como funcionamento/parada, tempo de operação, produtividade. Serão aplicados conceitos de indicadores de performance, utilizando-se o MTBF e o MTTR. O MTBF significa “mean time between failures”, que quer dizer tempo médio entre falhas, e MTTR significa “mean time to repair”, ou seja, o tempo médio para reparo. Eles servem para medir o tempo de disponibilidade de equipamentos de qualquer natureza.

3.1- ESTRUTURA MECÂNICA

Para realizar o monitoramento da correia, será construído um protótipo, onde vai ser desenvolvido o controle de todo o sistema. Conseguindo assim, implementar um controle real para qualquer tipo de CT. Com foco na simulação de defeito na correia transportadora, mais especificamente, no caso da correia arrebentar ou patinar. Na área operacional patinar consiste em a correia não estar tracionada o suficiente entre os tambores, e com isso não possui o atrito necessário para rodar ao ligar a CT. Similar ao bloqueio da correia transportadora, com exceção de que o tambor permanece estacionário enquanto que a correia continua a se mover.

A partir dessas falhas, podem ocorrer defeitos ainda mais grave. Um deles é o entupimento do mecanismo de despejo de produto na correia transportadora, sem um controle do estado da CT, o processo anterior continuará rodando e escoando o produto que não terá continuidade devido a parada da correia. Outro agravamento é o risco de incêndio, quando a correia transportadora tem o movimento interrompido e o tambor continua girando, o calor gerado pelo atrito pode incendiar a correia.



Figura 23: Protótipo da planta do sistema de monitoramento

Caso ocorra um dos defeitos citados, o tambor motriz continua rodando normalmente, pois o motor de tração não apresenta nenhum problema. Com isso fica difícil ter uma leitura confiável do estado da correia transportadora, a partir do monitoramento de ambos. Com isso, monitorar a correia pegando leitura do tambor movido, simulado neste trabalho por um motor 12VCC, se torna mais confiável. Porque caso aconteça de a correia de borracha arrebentar ou ficar patinando, o tambor vai parar de girar por não possuir torque próprio.



Figura 24: Motor 12VCC

A indicação de estado da CT será feita com uma chapa de aço acoplada na extremidade do tambor movido, próximo a borda. Em frente, será fixado na estrutura da correia, o sensor indutivo que fará a leitura do tambor girando. Com a passagem da chapa de aço em frente ao sensor, pode-se ter a condição em que a correia transportadora se encontra.

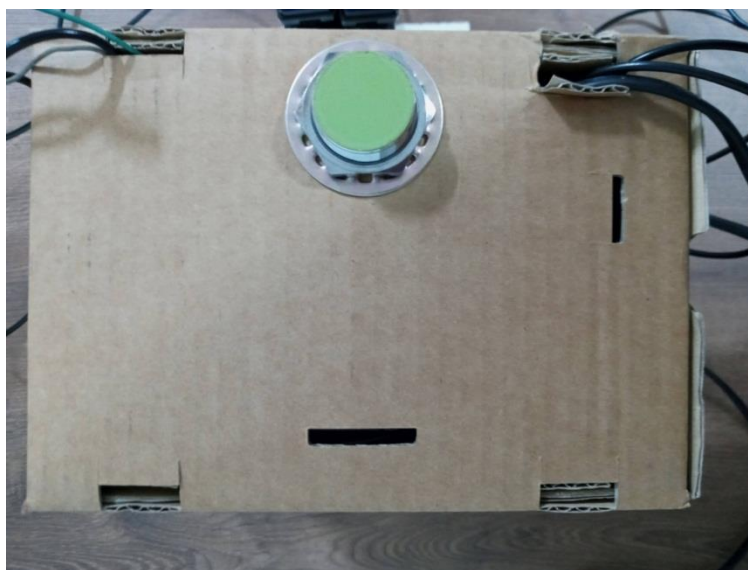


Figura 25: Suporte do sensor indutivo

A simulação do defeito na correia consiste na parada do motor VCC, pois quando a correia de borracha não está rodando, o tambor movido também vai estar parado. Logo, o movimento do tambor movido e consequentemente a leitura feita pelo sensor com a passagem da chapa de aço, juntamente com o sistema de controle, indicam o estado da correia transportadora.



Figura 26: Chapa de aço acoplada ao tambor movido

3.2- SISTEMA DE CONTROLE

O sistema de controle dos estados e indicações da correia transportadora, contará com um circuito eletrônico, que será responsável pelo recebimento e processamento de todos os dados gerados pelo funcionamento da correia. O circuito receberá leitura do sensor indutivo, com essa informação, pode-se elaborar a lógica de funcionamento do circuito para receber a leitura dos sensores e fazer o tratamento dos mesmos, de acordo com o funcionamento da correia transportadora. E assim, atuar os sistemas de sinalização para informação aos operadores da falha na correia.

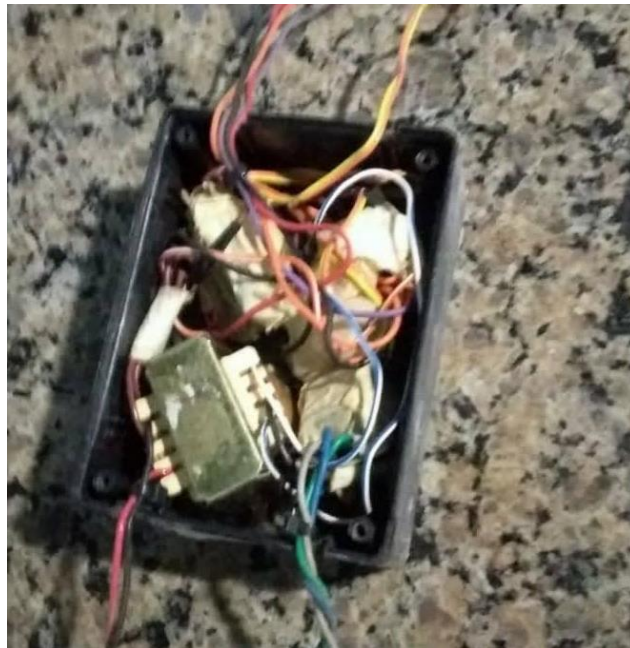


Figura 27: Protótipo do sistema de controle

Para realizar essa lógica, serão utilizados circuitos lógicos, que são dispositivos que operam e trabalham com um ou mais sinais lógicos de entrada para produzir uma e somente uma saída, dependente da função de entrada implementada no circuito. São geralmente usadas em circuitos eletrônicos, por causa das situações que os sinais deste tipo de circuito podem apresentar: presença de sinal, ou sinal alto; e ausência de sinal, ou sinal baixo.

O circuito lógico utilizado é uma AND (e), é uma operação lógica em dois operandos que resulta em um valor lógico verdadeiro somente se todos os operados tem um valor verdadeiro. Equivale a uma multiplicação. Supondo que essa porta lógica tem duas entradas e que em uma entrada A está um sinal em nível lógico alto e na outra entrada B um sinal em nível lógico baixo, assim: $A = 1$ e $B = 0$. A saída S será um sinal em nível lógico baixo pois, $1 \times 0 = 0$, logo $S = 0$.

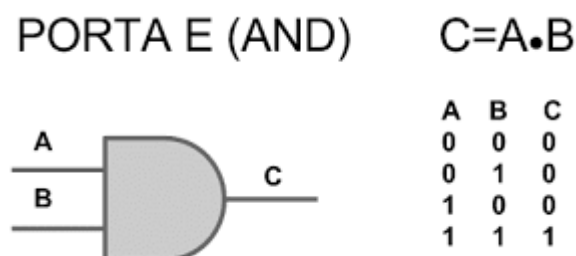


Figura 28: Porta lógica AND

A Porta NOT ou inversora é uma porta lógica digital que implementa a negação lógica, de acordo com a tabela verdade abaixo. Uma entrada ALTA (nível lógico 1)

resulta em uma saída BAIXA (nível lógico 0) e analogamente uma entrada BAIXA (0) resulta em uma saída ALTA (1). Ou seja, a porta NOT sempre produzirá como saída o inverso de sua entrada.

PORTA NÃO (NOT)

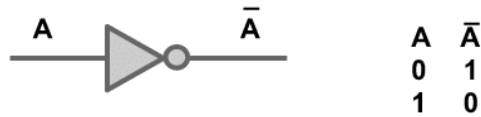


Figura 29: Porta lógica NOT

Para isso, será utilizado o circuito integrado (CI) 74HC08N, ele possui encapsulamento DIP, é o componente ideal para uso em placas de circuito impresso ou protoboards. A seguir é apresentado suas especificações:

- Função Lógica: AND
- Número de portas lógicas: 4
- Tensão de alimentação: 2 à 16 VDC
- Corrente de operação: 50 mA (máx)
- Pinos de entrada: 8
- Pinos de saída: 4
- Total de pinos: 14
- Encapsulamento: DIP / PDIP
- Temperatura de operação: -40 °C à 125 °C

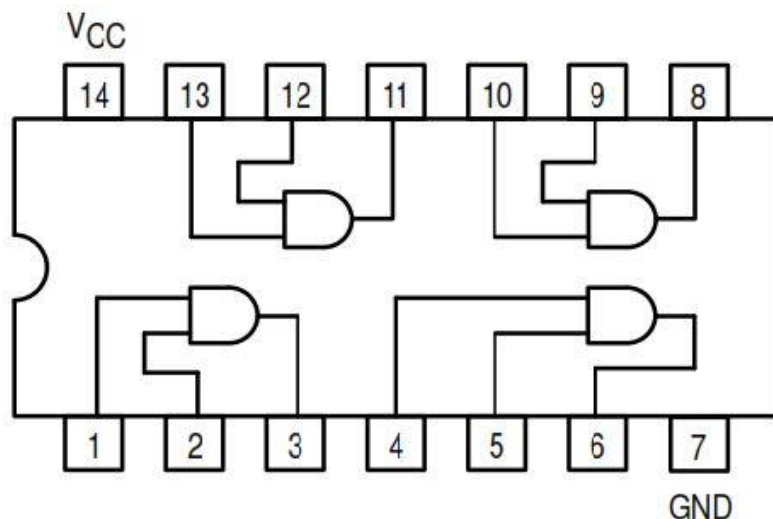


Figura 30: Esquemático do CI 74HC08N

A lógica do circuito eletrônico consiste em um ciclo de intermitência do sinal do sensor indutivo. Com a CT em funcionamento, o tambor movido estará em movimento

e com isso, a chapa de aço passará pelo sensor com uma certa frequência. Essa frequência será influenciada pela velocidade de rotação do motor e pelo tamanho do raio do tambor movido. Logo, o sistema trata que a correia transportadora está em funcionamento quando recebe o sinal do sensor com determinada frequência. A condição que a CT está parada é quando o sistema de controle recebe sinal alto ou baixo constantemente, pois a correia pode não estar rodando e o tambor movido está parado. Com o tambor movido parado, a chapa de aço pode parar fora do campo de leitura do sensor ou dentro do campo, ambas as condições são de falha na correia transportadora.



Figura 31: Sensor indutivo Metaltex

O sensor indutivo utilizado será o 130-10-DPC, da Metaltex, com distância de detecção desde 1 até 15mm. Possui LED indicador de operação. Abaixo segue seu descritivo técnico e esquemático elétrico:

- Material do corpo: Metálico
- Diâmetro: 30mm
- Distância sensora: 10mm
- Saída: VCC
- Sinal de saída: PNP
- Lógica: NA + NF
- Conexão: Cabo com 2mts
- Montagem: Faceado
- Alimentação: 10 ~ 36VCC
- Corrente saída resistiva: 200mA
- Consumo máximo: 15mA
- Frequência máxima de chaveamento: 200Hz
- Grau de Proteção: IP67



Figura 32: Esquemático elétrico do sensor

Para fazer um sistema de monitoramento que abrange vários tipos de correias transportadoras, é utilizado um potenciômetro para regular o tempo de acionamento entre as leituras do sensor indutivo. Potenciômetro é um componente eletrônico que possui resistência elétrica ajustável. Geralmente, é um resistor de três terminais onde a conexão central é deslizante e manipulável.



Figura 33: Potenciômetro de ajuste de tempo

O capacitor é um componente eletrônico que, dentro de um circuito elétrico, tem a capacidade de armazenar cargas elétricas, ele é constituído por dois materiais condutores que são isolados entre si por um material isolante. Quando conectado à uma fonte de tensão, o capacitor tende a acumular cargas através do campo magnético. As placas ligadas ao polo positivo do capacitor acumulam cargas positivas, assim como as placas ligadas ao polo negativo acumulam as cargas negativas. Enquanto conectado a essa fonte de tensão, o capacitor está em seu processo de carga. Geralmente, um elemento chamado resistor é colocado em série com o capacitor. Esse resistor controla o tempo de carga do capacitor. O capacitor será utilizado para manter o sinal alto no circuito, para ter uma maior faixa de tempo para a atuação do sistema de monitoramento.



Figura 34: Capacitor eletrolítico

São componentes eletrônicos que resistem à passagem de corrente elétrica. Quando inserimos um resistor em um circuito elétrico, ocorre uma diminuição na intensidade da corrente elétrica, além disso, a presença dele ao longo de um fio acarreta redução ou queda do potencial elétrico. Em conjunto com potenciômetro e o capacitor, o resistor vai definir o tempo máximo e mínimo em que o controle ficará sem receber sinal do sensor indutivo com a passagem da chapa de aço, para então acionar o sistema de sinalização.



Figura 35: Resistor ôhmico

Com a associação dos componentes eletrônicos, será possível definir o tempo de atuação de entrada e saída do sistema de controle. O controle de tempo será feito para que tenha uma faixa de tempo ajustável, assim pode-se aplicar em correias transportadoras com velocidades e eixo do tambor diferentes. Para isso, será aplicado o conceito de carga e descarga do capacitor. Ao conectar o componente a uma fonte de tensão, ele começará a se carregar até atingir um valor de tensão igual ao que está aplicado em seus terminais. Dessa forma, supondo que temos uma resistência ligada em série a fonte para carregar o capacitor, podemos descrever a tensão ao longo do tempo no componente. Assim, quando a tensão for máxima, isto é, igual ao valor da fonte, significa que o componente está completamente carregado.

Portanto, primeiramente devemos definir uma constante de tempo de carga do capacitor, que estará relacionada com o valor da capacitância, em Farads e o valor do resistor que está em série com a fonte. A fórmula é a seguinte:

$$\tau = R * C \quad (1)$$

Onde:

τ = Constante de Tempo, em segundos;

R = Resistência, em ohms;

C = Capacitância, em farads.

Essa constante de tempo será igual tanto para o processo de carga quanto para o processo de descarga. Ela nos diz que, no instante de tempo igual a constante de tempo o capacitor estará com 63,2% de carga. Posteriormente, no instante de tempo igual a cinco vezes a constante de tempo, o capacitor estará ou totalmente carregado, ou totalmente descarregado.

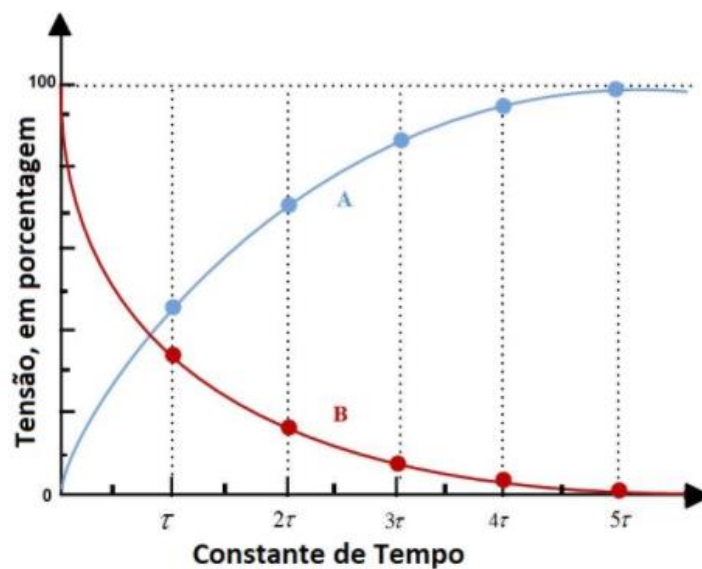


Figura 36: A curva A descreve o processo de carga, enquanto que a curva B descreve o processo de descarga.

Colocando o circuito no domínio da frequência, podemos encontrar as equações de carga e descarga do capacitor. Assim podemos encontrar tensão exata em um determinado instante de tempo para o capacitor.

A equação que determina a tensão ao longo do tempo durante a carga do componente é a seguinte:

$$V_c = V * (1 - e^{-t/\tau}) \quad (2)$$

Onde:

V_c = Tensão no capacitor, em volts;

V = Tensão da fonte, em volts;

t = Tempo, em segundos;

τ = Constante de tempo, em segundos.

O "e" é o número de euler, isto é, uma constante definida em aproximadamente 2,71828.

A equação que mostra o processo de descarga ao longo do tempo é muito semelhante a equação do processo de carga, sendo que o gráfico é o inverso.

$$V_C = V * e^{-t/\tau} \quad (3)$$

Onde:

V_C = Tensão no capacitor, em volts;

V = Tensão da fonte, em volts;

t = Tempo, em segundos;

τ = Constante de tempo, em segundos.

Com base nas fórmulas acima, foi possível determinar a faixa de tempo de atuação do sistema de monitoramento. Para isso, foi definido que a faixa teria o tempo mínimo de 1 segundo e máximo de 8 segundos. Em seguida foi escolhido o capacitor com valor de 4,7 μ F, um valor comercial de capacitor, para então poder calcular o valor da resistência. Primeiro para o tempo mínimo de 1 segundo, aplicando a fórmula (1), temos:

$$R = \frac{1s}{4,7\mu F} = 212K\Omega \quad (4)$$

E para o tempo máximo de 8 segundos, temos:

$$R = \frac{8s}{4,7\mu F} = 1702K\Omega \quad (5)$$

Como se deseja um valor variável dentro da faixa de 1 a 8 segundos, será utilizado o potenciômetro em série com resistor, essa associação deverá ter como resultado os valores de resistores encontrado em (4) e (5). Pela regra de associação de resistor em série, as resistências elétricas individuais somam-se, de modo que a resistência equivalente do circuito é dada pela soma das resistências ligadas em série. Logo, o valor do potenciômetro deverá ser dado pela diferença das equações (5) e (4), que é de 1490K Ω . Assim, com o potenciômetro no mínimo valor, que é zero ohm (Ω), terá como resistência equivalente do circuito o valor de 212K Ω . E quando o potenciômetro estiver em seu valor máximo, 1490K Ω , a resistência equivalente do circuito será de 1702K Ω .

Porém esses valores de resistência não são valores comerciais, por isso foi utilizado as resistências de $220K\Omega$ para o resistor e $1500K\Omega$ para o potenciômetro. Voltando a fórmula (1), temos para tempo mínimo:

$$\tau = 220K\Omega * 4,7\mu F = 1,034 s \quad (6)$$

E para o tempo máximo, temos:

$$\tau = 1720K\Omega * 4,7\mu F = 8,084 s \quad (7)$$

Com o uso das resistências comerciais, teve um erro de 3,4% no tempo mínimo e 1,05% no tempo máximo na faixa de tempo de atuação do sistema de monitoramento.

Calculado os tempos de atuação, agora é elaborar a lógica de controle do sistema de monitoramento. Ela consiste no uso de 2 portas AND, uma para tratar quando a correia parar, e a chapa de aço parar dentro do campo de leitura do sensor indutivo e outra porta lógica para tratar quando a chapa de aço para fora do campo de leitura do sensor. Ambas as condições são de erro da correia transportadora, já que a condição normal é quando o tambor movido está girando, e o sensor tem uma leitura cíclica da chapa de aço. A condição de normalidade da CT será feita utilizando a descarga dos capacitores, que manterão por um determinado tempo, entre 1 a 8 segundos, um sinal alto nas portas lógicas.

A primeira porta AND vai receber o sinal positivo do sensor indutivo, assim carregará o capacitor e terá saída positiva. Quando o sensor parar de jogar sinal positivo, o capacitor vai descarregar e manter o sinal positivo durante o tempo definido no seu ajuste de descarga. Ao voltar o sinal positivo do sensor, o ciclo volta ao começo e se mantem assim enquanto estiver oscilando a leitura do sensor, sempre com saída nível lógico 1. Caso o sensor para de enviar sinal positivo e o capacitor se descarregue por completo, a porta AND receberá nível lógico 0 e sua saída será também zero, que é uma das condições de erro. Caso o sensor envie sinal alto direto, a saída também será sinal alto direto, caracterizando a segunda condição de erro, que será tratada pela segunda porta AND.

Na segunda porta AND, quando o sensor jogar sinal alto constante, será usada uma porta lógica NOT para inverter o sinal e consequentemente a saída será nível 0. E quando tiver sinal baixo do sensor, o capacitor será ligado com polaridade invertida do primeiro, assim ao descarregar ele jogará sinal baixo que será invertido pela porta NOT e terá nível lógico alto.

Nesse formato, as duas condições de erro com nível lógico alto e baixo constantemente, terão as saídas em zero. E somente durante uma troca de níveis lógicos, a saída será nível um.

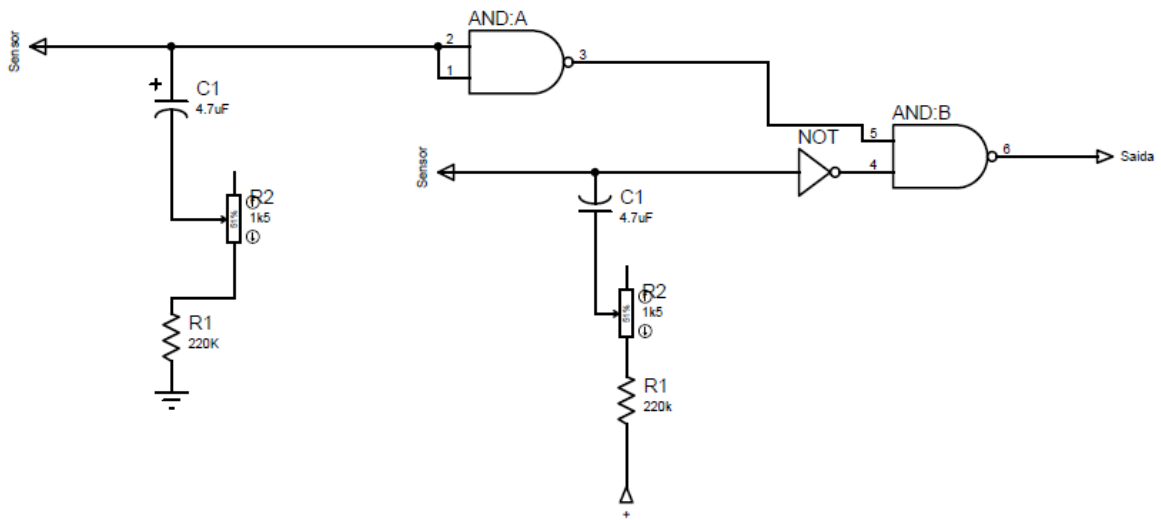


Figura 37: Esquemático do circuito eletrônico

A seguir é apresentado todo o esquemático eletroeletrônico do sistema de monitoramento de correia transportadora.

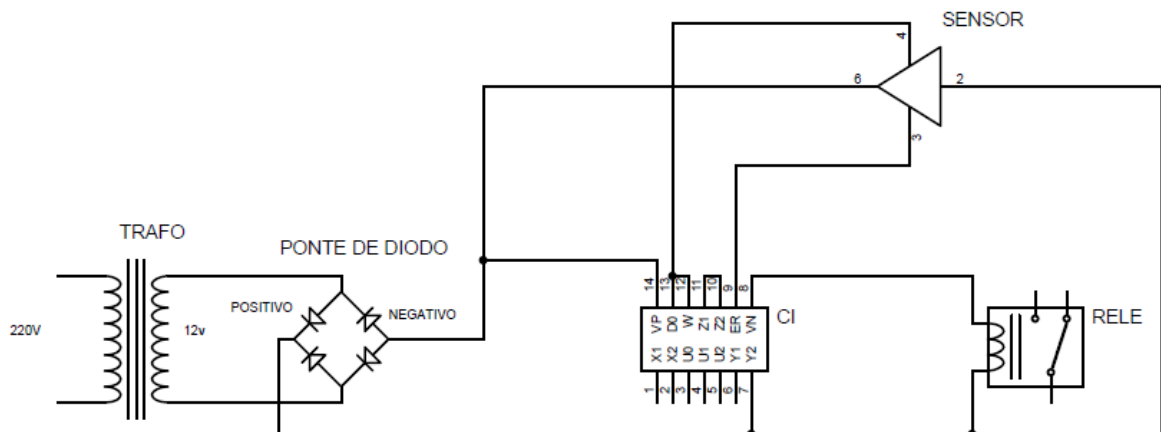


Figura 38: Esquemático do circuito eletroeletrônico

3.3- SISTEMA DE POTÊNCIA

Devido ser um sistema de monitoramento de correia transportadora voltado para as indústrias, devido ser a fonte de alimentação mais utilizado nesse meio, foi utilizado

a tensão 220VCA (Volt em Corrente Alternada). A distribuição de energia elétrica no Brasil é feita em Corrente Alternada e a maioria das localidades recebe em 220VCA.

Todos os circuitos eletrônicos precisam de energia elétrica para funcionar. Porém, nem sempre essa energia está disponível numa tomada da rede de energia ou mesmo numa bateria, na forma como o circuito eletrônico precisa. Assim, considerando que a maioria dos circuitos eletrônicos opera com baixas tensões contínuas e que na rede de energia temos altas tensões alternadas é preciso haver um meio de se fazer a conversão para a utilização.

Para obter a tensão de alimentação adequada ao circuito, foi utilizado um transformador de energia. Transformadores são dispositivos que convertem uma tensão de entrada em uma tensão maior ou menor na saída, permitindo que você faça a alimentação do seu circuito eletrônico de forma eficiente e segura. A RT (relação de transformação) do transformador utilizado foi de 220VCA – 12VCA. Abaixo temos os detalhes técnicos do Trafo:

- Transformador 12V + 12V – 1A
- Tensão de entrada: 110 – 220V (bivolt)
- Tensão de saída: 2x 12VAC
- Corrente de saída: 1A
- Fios de cobre
- Núcleo de Silício
- Fabricado no Brasil
- Furos para fixação
- Dimensões: 82 x 50 x 43mm
- Peso: 461g



Figura 39: Transformador abaixador

Além de abaixar a tensão, é necessário fazer a transformação da tensão alternada em tensão contínua, que é realizada através de uma ponte de diodos. Uma ponte de diodos é um arranjo formado por quatro diodos comuns num mesmo

invólucro, que possui a função de fazer a retificação de uma corrente em onda completa, ou seja, retificar uma corrente elétrica alternada (CA) transformando-a em corrente elétrica contínua (CC). O retificador utilizado será o KBPC3510, ele possui:

- Tensão reversa máxima: 50-1000V
- Corrente reversa máxima: 10uA
- Tensão para diante máxima: 1.1V
- Corrente para diante máxima:35A



Figura 40: Ponte de diodo

Será utilizado como saída do sistema de monitoramento de correia transportadora, um rele, que é um componente básico de projetos eletrônicos, e é utilizado para acionar dispositivos. Ele possui uma bobina que quando é alimentada com 12VCC, ele comuta seus contatos elétricos. O rele utilizado tem as seguintes especificações:

- Relé-12V Meishuo MPA-S-112-C
- Tensão de operação (acionamento): 12V
- Tensão máxima de carga: até 30VDC ou até 250VAC
- Corrente máxima de carga: 10A (DC) e 15A (AC)
- Dimensões: 18.5 x 15 x 15mm



Figura 41: Rele 12VCC

3.4 SISTEMA DE SINALIZAÇÃO

Um sistema de aviso indicará caso a correia esteja com alguma anomalia. Ele será feito com uma indicação luminosa, apenas para sinalizar ao operador que a correia transportadora não está escoando a produção. Devido as especificidades de cada planta industrial, esse sistema é adotado pois alguns processos podem ter perdas ainda maiores se tiverem uma parada inesperada.

Uma outra indicação luminosa simulará a parada do motor que move o tambor motriz, já que a CT está parada. Isso é adotado para economia de energia elétrica e para parar completamente a correia transportadora, pois a correia pode estar arrebitada em partes e seu movimento sem necessidade pode agravar a situação do defeito inicial.

Para isso, foi necessário desenvolver um circuito elétrico para acionar as lâmpadas. Elas trabalham em 220VCA e são controladas pelo rele do sistema de monitoramento. Como uma lâmpada indica erro na correia transportadora e a outra o estado do motor de tração da CT, ambas não ficarão acessa juntas pois seria um erro de lógica a correia estar com defeito e o motor estar ligado. A seguir é apresentado o esquemático elétrico das lâmpadas.

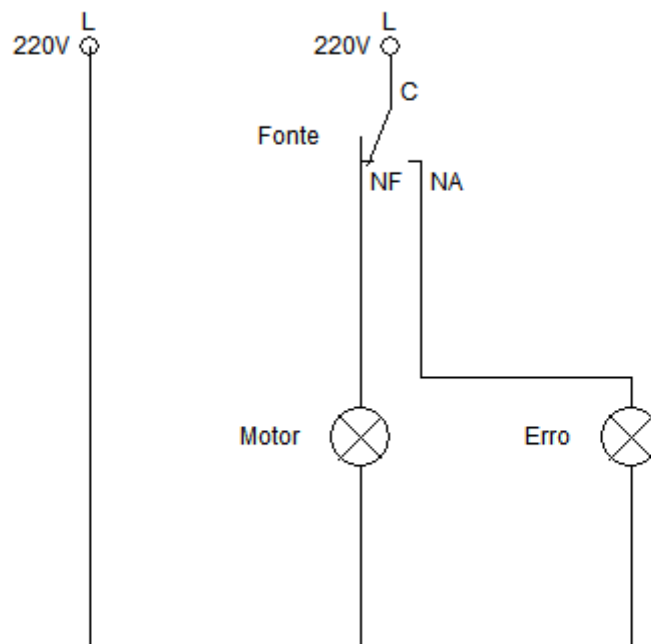


Figura 42: Esquemático do sistema de sinalização

O operador das correias, com essas indicações pode, assim, avaliar os dados da esteira atuais e passados, que estão armazenados. E com isso traçar digramas para análise de seu funcionamento, e ainda parar a esteira, para qualquer alarme ou outra situação de segurança. E assim, tomar decisões mais assertivas sobre seu melhor funcionamento.

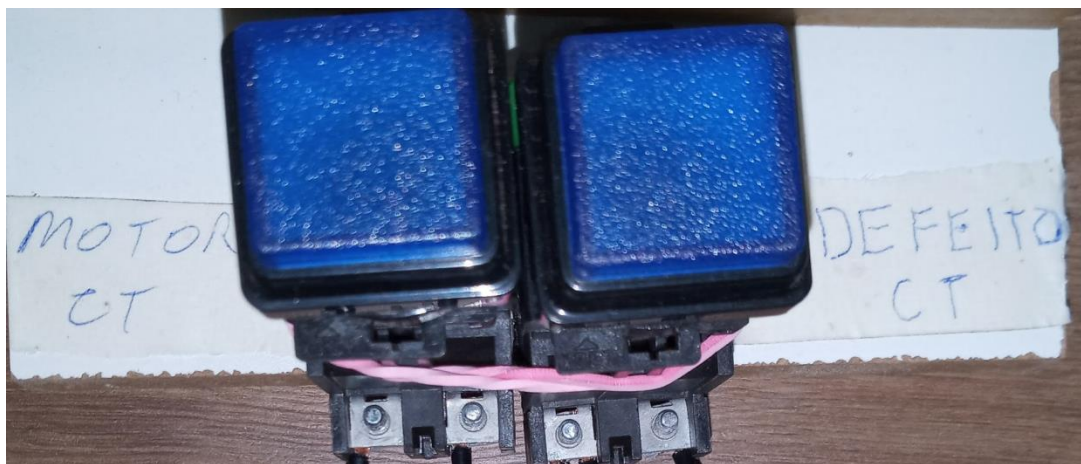


Figura 43: Sistema de sinalização

3.5 SISTEMA DE COMUNICAÇÃO

Para fazer a transmissão de dados da correia transportadora, a comunicação será recebida em um smartphone, através de comunicação via bluetooth. Um arduino receberá a leitura do estado da correia através do sistema de controle, e um módulo bluetooth ficará responsável de enviar a informação ao smartphone.



Figura 44: Microcontrolador Arduino

O módulo Bluetooth é uma forma interessante de controle a distância. Seja por meio de aplicativos ou do próprio Arduino, pode-se comunicar com esse módulo e criar

sistemas que não precisam de fios. O HC-05 são placas eletrônicas que permitem criar e utilizar uma rede sem fio Bluetooth.



Figura 45: Módulo bluetooth HC-05

O módulo cuida de toda a parte da rede Bluetooth e resta apenas definir da parte de quais dados enviar e quais receber. Para comunicar com o HC-05, nós utilizamos a comunicação serial. Ou seja, utilizamos um pino para transmitir dados e outro para receber. Para isso, vamos ver a pinagem do HC-05 para definir sua montagem.



Figura 46: Pinagem do HC-05

Como é possível ver na imagem acima, existem 6 pinos, que são:

- STATE: usado para informar se a comunicação Bluetooth está funcionando, o LED fica piscando caso não houver nenhum dispositivo conectado.
- RX: recebe os dados que vem do Arduino, importante salientar que ao lado deste pino está escrito "LEVEL: 3.3V". Isso significa que o pino só trabalha com 3.3V.
- TX: transmite os dados da placa Bluetooth.

- GND: deve ser ligado no GND do Arduino ou no GND de uma fonte.
- +5V: deve ser ligado no 5v do Arduino ou em uma fonte de 5v.
- EN: altera entre o modo de dados e o modo de comandos AT, não precisa conectá-lo em nada, pois, por padrão, ele já fica no modo de dados. Entretanto, conecte ele no 5v para o modo de comandos AT e no GND para o modo de dados.

Definido a pinagem do módulo bluetooth, pode-se começar a montagem do sistema de comunicação. Os pinos TX e RX são da comunicação serial, então se utilizarmos os pinos padrões de comunicação serial do Arduino (pino 0 e 1), terá um conflito de informações. Isso porque, esses dois pinos são utilizados pelo computador para comunicar com o Arduino, e utilizá-los pode atrapalhar a comunicação.

Neste caso, deve-se ligar os pinos TX e RX em outros dois pinos usados para comunicação. Assim, criar uma comunicação serial utilizando a biblioteca SoftwareSerial. Portanto, será utilizado o pino TX do módulo Bluetooth no pino 10 do Arduino e o RX no pino 11 do Arduino.

Ainda assim, resta uma modificação a fazer, em relação ao pino RX que tem o escrito "LEVEL: 3.3V". O Arduino se comunica apenas com 0v (sinal de nível baixo) ou 5v (sinal de nível alto). Logo, é necessário fazer algo para diminuir a tensão de 5v para 3.3v. A forma mais simples de fazer isso é utilizar um divisor de tensão.

Um divisor de tensão é um circuito de resistores em série. A tensão de saída é uma fração fixa da tensão de entrada. O fator de divisão é determinado por dois resistores.

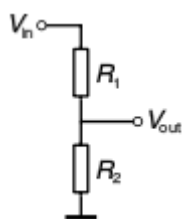


Figura 47: Divisor de tensão

O objetivo é chegar a uma expressão que relacione a saída V_{out} à entrada V_{in} . E para isso, é necessário encontrar a corrente do circuito através de R_1 e R_2 , supondo que uma corrente igual a zero está saindo do divisor.

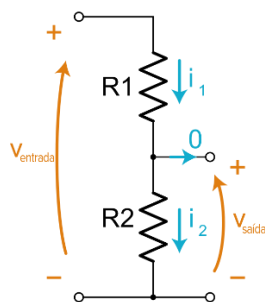


Figura 48: Estado inicial do divisor de tensão

Com essa suposição, R1 e R2 tem a mesma corrente, e podemos considera-las como estando em série. Logo, $i_1=i_2$ e por enquanto será chamada apenas de i .

Para achar a corrente, vamos aplicar a Lei de Ohm.

$$v = ir \quad (1)$$

Onde:

v = tensão, em volts (V);

i = corrente, em ampére (A);

r = resistência, em ohm (Ω).

Aplicando a equação (1) ao circuito do divisor de tensão, temos:

$$v_{in} = i(R1 + R2) \quad (2)$$

Rearranjando (2) para achar i .

$$i = v_{in} \frac{1}{R1+R2} \quad (3)$$

Calculado a corrente i em função de V_{in} e dos resistores, deve-se escrever uma expressão para V_{out} usando a Lei de Ohm.

$$v_{out} = iR2 \quad (4)$$

Substituindo i da equação (3) em (4), para chegar em:

$$v_{out} = \left(v_{in} \frac{1}{R1+R2} \right) R2 \quad (5)$$

E chega-se à equação do divisor de tensão:

$$v_{out} = \left(v_{in} \frac{R2}{R1+R2} \right) \quad (6)$$

Onde a tensão de saída é igual à tensão de entrada vezes uma razão entre resistores: o resistor de baixo dividido pela soma dos resistores. A razão entre os resistores é sempre menor que 1 para qualquer valor de R1 e R2. Isso significa que V_{out} é sempre menor que V_{in} . A tensão de entrada V_{in} é reduzida para V_{out} por uma razão fixa determinada pelos valores dos resistores.

Voltando a questão do pino RX do módulo bluetooth, que apresenta nível de sinal alto de 3,3v. Tem que se aplicar a equação do divisor de tensão para abaixar a tensão do Arduino que é de 5v para 3,3v. A configuração escolhida foi utilizar R1 de 470 Ω e R2 de 820 Ω , devido serem resistores comerciais e com isso, de baixo custo e fácil de encontrar.

Aplicando R1 e R2 na equação (6) do divisor de tensão, tem-se:

$$v_{out} = \left(5v \frac{820\Omega}{470\Omega + 820\Omega} \right) = 3,18v$$

Considerando que os resistores utilizados apresentam um erro na faixa de $\pm 5\%$, o valor de V_{out} pode variar entre 3,34v e 3,02v.

Com o divisor de tensão calculado, é só conectar a saída dele no RX do módulo Bluetooth e a entrada no pino 11 do Arduino. Basicamente, o Vcc do HC-05 está conectado no 5v do Arduino e o GND do HC-05 está conectado no GND. O TX do módulo está ligado direto no pino 10 do Arduino. Por fim, o pino 11 do Arduino está ligado na ponta do resistor de 470 Ω e a outra pontadele está ligada no resistor de 820 Ω . Nesta ponta, há um fio sendo ligado no pino RX do HC-05. E a outra ponta do resistor de 820 Ω está ligada no GND.

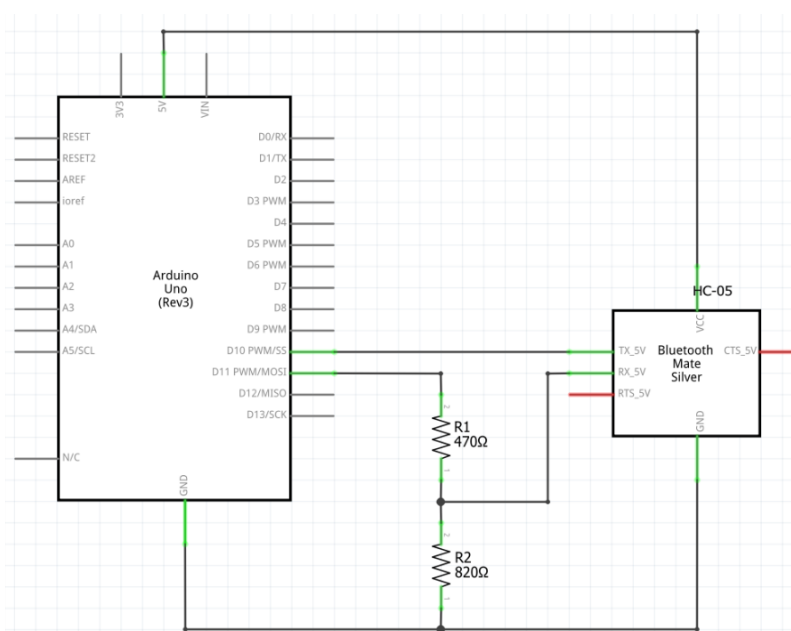


Figura 49: Esquemático do circuito de comunicação

Feito a ligação entre Arduino e módulo bluetooth, e os arranjos elétricos necessários para a alimentação de ambos. Agora é a vez de criar a comunicação serial para o recebimento de dados da correia transportadora.

Comunicação serial é a transferência de dados bit a bit (um de cada vez), é usada para a comunicação entre o computador e seus dispositivos. Onde cada bit representa uma condição de voltagem (ligado-on ou desligado-off) em um dos pinos da porta serial, para envio ou recebimento de dados, sendo representando como 0 (desligado) ou 1 (ligado).

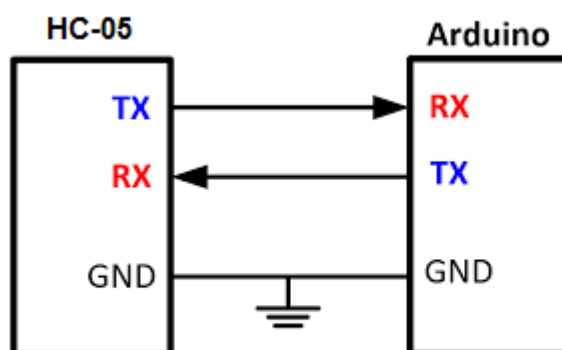


Figura 50: Esquemático da comunicação serial

Como dito anteriormente, é necessário utilizar a biblioteca `SoftwareSerial` para criar novos pinos para a comunicação serial. Uma biblioteca é um trecho de software que fornece funcionalidade específica a um programa, neste caso a criação de um novo canal para comunicação serial no Arduino. O uso de uma biblioteca simplifica o desenvolvimento de aplicações, pois o código já está pronto, e só precisa ser incorporado ao programa em desenvolvimento para que suas funções possam ser acessadas e utilizadas pelo desenvolvedor.

Para fazer a inclusão da biblioteca, são necessários apenas dois comandos no início do código.

```
1 #include <SoftwareSerial.h>
2 SoftwareSerial bluetooth(10, 11);
```

Figura 51: Biblioteca de comunicação serial

O primeiro comando importa a biblioteca `SoftwareSerial`. Já o segundo, cria a comunicação com nome “bluetooth” e atribui os pinos 10 e 11 a ela. O primeiro pino se refere ao RX do Arduino e o segundo ao TX. Lembrando que, na comunicação serial, o RX de um dispositivo está conectado no TX do outro. Pois, um dispositivo recebe dados no pino que o outro transfere. Sendo assim, o pino 10 é o que está conectado o

TX do HC-05 e o pino 11 o RX do HC-05. Falta agora, apenas inicializar a comunicação utilizando o comando “begin”.

Como será necessário receber dados com o Arduino, vai inicializar tanto a comunicação serial que acabou de ser criada, quanto a comunicação padrão do monitor serial.

A velocidade de comunicação está configurada para 9600, que foi a mais satisfatória, por não precisar de enviar um grande número de informações por segundo.

```

1 void setup()
2 {
3   Serial.begin(9600);
4   delay(1000);
5   bluetooth.begin(9600);
6 }

```

Figura 52: Velocidade de comunicação do Arduino

A leitura dos dados que são recebidos pelo Bluetooth, são do tipo float, que armazena números com ponto flutuante (reais) com precisão simples. Na sequência, é apenas escrever a variável recebida pela comunicação serial.

```

1 void loop()
2 {
3   float h = dht.readOn();
4   float t = dht.readOff();
5
6   // Mostra os valores lidos, na serial
7   Serial.print("CT = ");
8   Serial.print(t);
9   Serial.print("CT = ");
10  Serial.print(h);
11
12 }

```

Figura 53: Leitura do estado da CT

Em anexo, se encontra o código completo para o recebimento de dados. Agora é fazer o upload do código completo para o Arduino.

Para fazer a conexão, será utilizado um celular Android juntamente com o aplicativo Bluetooth SPP. É um aplicativo com vários recursos, mas o que vamos utilizar no momento é a apresentação em tempo real dos dados recebidos via bluetooth.

Antes de utilizar o aplicativo, faça o pareamento entre o celular e o módulo HC-05. Procure pelo dispositivo, que geralmente vem com nome de LINVOR, e utilize a senha padrão 1234.

Primeiro é necessário executar o aplicativo Bluetooth SPP e com isso, será apresentada a tela principal. Selecione o botão MENU do celular e escolha a opção Connected.

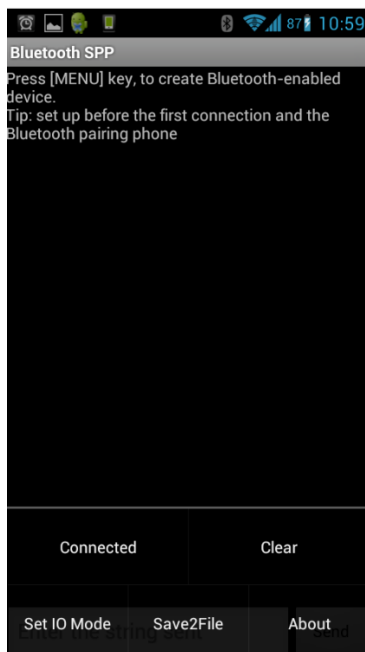


Figura 54: Tela inicial do aplicativo Bluetooth SPP

O celular inicia uma varredura para detectar os dispositivos bluetooth, e o módulo LINVOR que você parou anteriormente será exibido na tela.

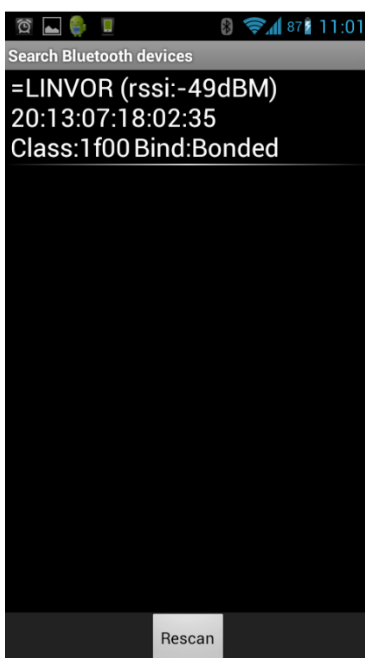


Figura 55: Tela de pareamento com HC-05

Clique no dispositivo detectado, e na tela de seleção de modo de operação, selecione a opção REAL TIME MODE.

Será mostrada então, uma nova tela, com as informações do estado da correia transportadora, que são atualizadas a cada mudança de estado da mesma.

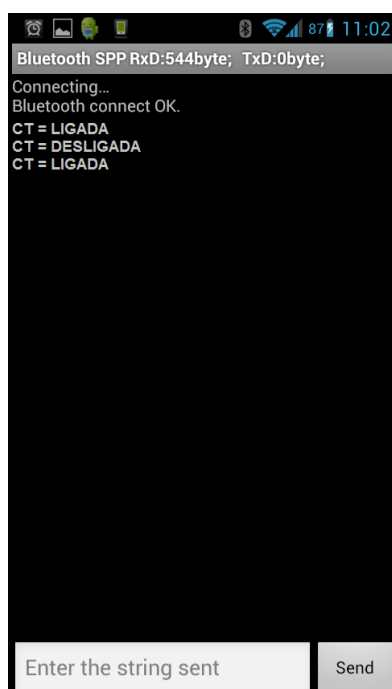


Figura 56: Tela de estado atual da CT

3.6 DADOS DE MANUTENÇÃO

Visto que o sistema de monitoramento é aplicável em qualquer tipo de correia transportadora, os dados obtidos irão variar de acordo com a planta em que a CT está operando.

Podemos considerar que o MTBF é um dos indicadores mais importantes para o setor de manutenção. Através dele podemos enxergar globalmente como a manutenção está sendo administrada de um modo geral. Esse indicador consiste basicamente em medir o tempo médio entre uma falha e outra. A forma mais eficiente de administrar esse indicador é aplica-lo a cada correia transportadora, dessa forma, as ações podem ser aplicadas de forma individual ou em grupo, facilitando as ações.

Ele é obtido pela fórmula abaixo:

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Somatório de horas em bom funcionamento}}{\text{Número de paradas para manutenção corretiva}}$$

Figura 57: Fórmula para cálculo do MTBF

Uma vez que o MTBF de uma CT é conhecido, pode-se elaborar um plano de manutenção nela, pois se sabe o prazo previsto que a falha ocorrerá.

O MTTR é a média de tempo gasto na manutenção da correia transportadora. É um indicador importante, pois com ele é possível identificar gargalos na manutenção das correias. Muitos fatores influenciam nesse tempo de manutenção como má gestão do estoque de peças para reposição, ausência de um plano de manutenção e falta de treinamentos.

Conhecendo o MTTR da CT, é possível melhorar o tempo médio da manutenção aplicando o conceito de modo de falha, que é as formas possíveis que a correia possa falhar. Como a correia transportadora possui inúmeros componentes que podem causar sua parada, deve-se realizar esse estudo para abordar cada componente isolado.

O diagrama de Pareto está intrinsecamente relacionado com a Lei de Pareto, também conhecida como princípio 80-20. De acordo com esta lei, 80% das consequências decorrem de 20% das causas, assim é possível enxergar quais são as causas que mais impactam na disponibilidade e confiabilidade do equipamento. Usando a análise de Pareto, pode-se decidir qual é o evento que necessita de prioridade para ser solucionado.

3.7 VIABILIDADE ECONÔMICA

Para se elaborar uma análise de viabilidade econômica do sistema de monitoramento remoto de uma correia transportadora, será convertido para um valor monetário os ganhos na disponibilidade da CT, além do custo estimado de energia elétrica que se gastaria com motor rodando, até que se perceba o sistema de escoamento da produção está com defeito.

Concomitante a isso, os custos de manutenção também serão estimados. De posse destes dados será possível determinar a taxa interna de retorno (TIR). Em seguida será calculado o prazo de recuperação do investimento. A partir dessas informações, será possível inferir a respeito da viabilidade economia do sistema de monitoramento remoto da correia transportadora.

4- RESULTADOS E DISCUSSÕES

Agora que se tem as indicações de estado da correia transportadora, é estudar os impactos que esse controle trás para seu tempo disponível de produção e custos dessa implementação.

4.1- Plano de ação

São planos para as interferências, em diversos tipos de problemas que possam causar a parada da correia. Neste tópico serão descritos os problemas mais comuns que causam essa parada, suas prováveis causas, efeitos e medidas a serem executadas para a volta ao funcionamento da correia. Os Planos de Ações propostos neste projeto seguem a mesma estrutura, como mostra o esquema abaixo, variando a correção a ser realizada de acordo com o tipo e local do problema detectado ao longo do transportador.

LEVANTAMENTO DE DADOS	
O QUE FAZER	COMO FAZER
Estudo de tempo médio entre falhas (MTBF)	Fazer aquisição das informações da data e horário das falhas, assim como o tempo de funcionamento da correia transportadora até ocasionar a falha
Levantamento de modos de falha	Após ocorrido o problema, fazer estudo preliminar do causador para se ter dados das principais causas de defeitos na correia transportadora
Aplicar o Diagrama de Pareto	Com o levantamento de modos de falha, pode-se aplicar o Diagrama de Pareto para saber quais os componentes da correia transportadora que são mais propensos a falhar

Feito o levantamento de dados, é possível elaborar um plano de ação a partir do defeito ocorrido.

Modo de falha 1: A correia arrebentar completamente.

Causas: Falta de manutenção na correia e/ou rolete estourado, causando atrito da correia com partes não girantes da estrutura mecânica.

Efeitos: Parada completa da produção por falta de escoamento do produto.

O QUE FAZER	COMO FAZER
Fazer serviço manutenção periódica nos roletes	Aplicar nos roletes apenas o tempo de vida útil informado pelo fabricante, atentar-se a diferença de tempo de vida entre roletes novos e remanufaturados
Abaulamento de pontos da estrutura mecânica	Cortes e lixamentos na estrutura mecânica da CT onde se tem ângulos de 90°, pois caso aja contato da correia nesses pontos a força de cisalhamento é muito maior.

Modo de falha 2: A correia arrebentar parcialmente.

Causas: Emenda inicial da correia incorreta e/ou reparos em rasgos da correia feito fora de padrão.

Efeitos: Indicação incompleta do estado da CT, causando tomada de decisão errada sobre a operação da mesma.

O QUE FAZER	COMO FAZER
Seguir o procedimento de emenda da correia segundo o fabricante.	Usar os materiais indicados pelo fabricante para o serviço, preparar a equipe de manutenção com os treinamentos necessários e suas respectivas reciclagens.
Fazer reparos em rasgos com o prazo de secagem correto.	Utilizar colas e adesivos próprios para cada tipo de correia, remoção das partes mais externas da correia para fazer o reparo no local correto e esperar o tempo de secagem conforme informado pelo fabricante da cola.

Modo de falha 3: A correia estar patinando.

Causas: Esticadores de correia mal ajustados e/ou excesso de carga sobre a correia.

Efeitos: Falta de escoamento da produção, ocasionando entupimento das saídas de processos anteriores.

O QUE FAZER	COMO FAZER
Manter esticadores com o torque correto entre correia e tambor.	Estudar ficha técnica da correia, pegando o torque ideal para rodar com menor esforço mecânico. Utilizar esticador com capacidade de aplicar o torque na correia, observando seu esforço máximo de tração.
Respeitar a carga máxima permitida pela correia.	Controle no despejo de materiais sobre a CT.

Modo de falha 4: Queima do motor de tração da correia.

Causas: Falta de manutenção no motor e/ou motor mal dimensionado.

Efeitos: Parada completa da produção por falta de escoamento.

O QUE FAZER	COMO FAZER
Criar plano de manutenção para o motor.	Periodicamente realizar medição da resistência de enrolamento do motor, a principal característica que mostra que o motor está a ponto de queimar é a baixa resistência de enrolamento, com a queda aumenta o risco de curto interno nas bobinas do motor. Além de outras observações como limpeza da carcaça para melhor ventilação, vibrações na fixação e alinhamento correto da polia no eixo.

<p>Dimensionamento correto da potência do motor.</p>	<p>De acordo com o tamanho da correia e tipo de carga transportada, calcular a potência mínima do motor para rodar a correia transportadora. O uso de motor com potência abaixo, causa aumento da corrente por sobrecarga e diminuição do tempo de vida do motor. Caso a potência seja acima, tem um gasto desnecessário de energia elétrica, um baixo fator de potência que pode ocasionar multa para concessionaria de energia e desgaste na fiação por conta do aquecimento. Isso ocorre por uso do motor com baixa carga</p>
--	--

Com esse plano, a equipe de manutenção consegue otimizar seus esforços, atuando onde requer maiores intervenções de manutenção. E a equipe de operação tem indicações confiáveis do estado da correia, podendo tomar decisões mais rápidas e assertivas sobre seu funcionamento.

O levantamento de dados da correia alimenta o plano de manutenção e como isso melhora os indicadores de manutenção, como resultado tem a melhora da produtividade e menor risco de falha operacional.

4.2- Custo de projeto

O custo de projeto do sistema de monitoramento de correia transportadora será calculado a partir dos gastos para sua implementação.

Produto/Serviço	Qtd	Valor total (R\$)
Lâmpada 220vca	1	18,00
Rele 220vca	1	48,00
Rele 12vcc	1	25,00
Ponte de diodo	1	12,00
Transformador	1	61,00
Resistor	2	1,00
Capacitor	2	2,00
Potenciômetro	1	10,00
Sensor indutivo	1	140,00
Circuito integrado	1	7,00
Suporte do sensor	1	50,00
Fio de energia	1	200,00
Horímetro	1	112,00
Caixa montagem	1	200,00
Instalação	1	200,00
TOTAL		1086,00

Como é um sistema genérico, que pode ser aplicado a qualquer correia transportadora, os ganhos de produtividade serão de acordo com a planta na qual a CT está inserida. Onde fatores como produto fabricado e modelo da CT, influenciam no valor de preço médio da hora de correia parada e gastos com manutenção, respectivamente.

5- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresenta as conclusões sobre o trabalho e algumas sugestões para sua continuidade.

5.1- CONCLUSÕES

Com o início das pesquisas para elaboração do trabalho, foi percebido que existem vários trabalhos voltados a parte de sensoriamento, automação e monitoramento de uma correia transportadora. Devida sua ampla utilização em praticamente todos os meio industriais, tem-se grande apelo comercial para sua melhoria de funcionamento. Juntamente com a crescente demanda de dados sobre a produção para melhores tomadas de decisões.

A partir dos resultados mostrados no capítulo Resultados e Discussões, pode-se tirar as seguintes conclusões sobre a utilização do sistema de monitoramento de correia transportadora.

- 1- A utilização do sistema, de fato, promove um ganho na confiabilidade e produtividade da CT e em segurança operativa do equipamento.
- 2- Dependendo da importância da correia transportadora no processo, o uso do sistema pode ser inviável.
- 3- Como a maioria das plantas industriais possuem várias correias transportadoras, a implementação do sistema de monitoramento pode ter um custo elevado.

5.2- PROPOSTA DE CONTINUIDADE

No decorrer deste projeto, foram identificadas algumas possibilidades de trabalhos futuros envolvendo possíveis melhorias do que foi desenvolvido.

- Implementar um controle de velocidade para o motor tracionador da CT. Para que se tem uma melhora na produção, com motor produzindo em sua potência máxima, e melhor produtividade do mesmo, visto que o controle seria automático, evitando erros operativos.
- Controle de temperatura dos mancais do tambor, com manutenção preventiva para aumento de sua vida útil.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Gladston Carlos. SENSOREAMENTO E COMUNICAÇÃO REMOTA DE SISTEMAS DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA. 2017. 89 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica, UFRS, Porto Alegre, 2017.
- BALIEIRO, Ricardo Luis. Desenvolvimento de abordagem baseada em técnicas de visão computacional e de aprendizado de máquinas para monitoramento e controle de falhas em correias transportadoras. 2019. 175 f. Tese (Doutorado) - Curso de Escola de Engenharia, Usp, São Carlos, 2019.
- BRAGA, Newton C.. FONTES DE ALIMENTAÇÃO. São Paulo: Ncb, 2013.
- CARNIZELLO, Daniel Cardoso. TRANSPORTADOR DE CORREIA: COMPONENTES E CÁLCULOS BÁSICOS PARA SEU DIMENSIONAMENTO. 2011. 64 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica., Unesp, Guaratinguetá, 2011.
- CHUNXIA, Y.; SI, C. A new detection device of belt longitudinal rip based on pressure monitoring. International Conference on Electronics, Communications and Control (ICECC), p. 60-63, 2011.
- Dias, J. H.; Lima, A. S.; Tostes, M. E. “Uso do método LQG-LTR para o controle de velocidade em transportadores de correia visando a eficiência energética. INDUSCON – VIII Conferência Internacional de Aplicações Industriais. Poços de Caldas, 2008.
- Dias, S. V.; Ramalho, G. L. B. “Estimação da Velocidade de deslocamento de uma esteira transportadora utilizando redes neurais artificiais”. IX ENPPG, IX ENICIT, III SIMPIT. Fortaleza, 2009.
- FOROUZAN, Behrouz A.. Comunicação de Dados e Redes de Computadores. Porto Alegre: Amgh Editora, 2009.
- GERÔNIMO, Maycon da Silva; LEITE, Bruno Cardoso Costa; OLIVEIRA, Ricardo Daher. Gestão da manutenção em equipamentos hospitalares: um estudo de caso em equipamentos hospitalares: um estudo de caso. Exacta, São Paulo, v. 15, n. 4, p. 1-18, 28 dez. 2017. University Nove de Julho. <http://dx.doi.org/10.5585/exactaep.v15n4.7144>.
- JURDZIAK, L.; HARDYGÓRA, M. Determination of the distribution function of conveyor belt operating time. Mine Planning and Equipment Selection, p. 427-430, 1995.
- MAZURKIEWICZ, D. Analysis of the ageing impact on the strength of the adhesive sealed joints of conveyor belts. Journal of materials processing technology, v. 8, nº 208, p. 477-485, 2008.
- MALAGONI, Ricardo Amâncio; SANTOS, Dyrney Araújo dos. PROJETO DE CORREIAS TRANSPORTADORAS: um estudo computacional de comparação dos

métodos cema e prático. *Holos*, [S.L.], v. 3, p. 358-13, 3 jul. 2014. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). <http://dx.doi.org/10.15628/holos.2014.1780>.

MENEZES, I. M. DE; ALMEIDA, M. DE L.; CASTRO, C. H.; CRUZ, M. M. Tecnologias inovadoras para maximizar a vida econômica de correias transportadoras. 1o Congresso Mundial de Manutenção. *Anais...*, p. 19, 2002.

Natal RN, 5 a 8 de outubro de 05 DESENVOLVIMENTO DE UM SUPERVISOR FUZZY AKAGI-SUGENO-KANG APLICADO A UM SISTEMA DO IPO CORREIA TRANSPORTADORA DE MINÉRIO MEDEIROS, RLP; BARRA JR, W; BARREIROS, J A L Laboratório de Automação Industrial, Faculdade de Engenharia Elétrica, UFPA Rua Augusto Corrêa, 0- Guamá.[S.D]

NETTO, Guilherme Gaigher. METODO DE VISÃO COMPUTACIONAL BASEADO EM LASER PARA MONITORAMENTO DE DEFEITOS EM CORREIAS TRANSPORTADORAS. 2019. 69 f. Tese (Doutorado) - Curso de Escola de Minas, Ufop, Ouro Preto, 2019.

Nogueira, F. J. H. "Correias Transportadoras – Guia Avançado". Procel Indústria. Rio de Janeiro, 2004.

SWINDERMAN, R. T.; MARTI, A. D.; GOLDEBECK, L. J.; MARSHALL, D.; STREBEL, M. G. *Foundations - The practical resource for cleaner, safer, more productive dust & material control*, 4a Ed., Neponset: Martin Engineering Company, 2009. p. 574.

SOUZA, Fabiano Antonio de. DIMENSIONAMENTO METAL MECÂNICO DE UMA ESTRUTURA METÁLICA PARA RECEBER A AUTOMAÇÃO DA MÁQUINA DE CONTAGEM DE CAIXAS A SER ACOPLADA NA SAÍDA DA ESTEIRA CORTE VINCO ROTATIVO. 2012. 86 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Controle e Automação, Uniarp, Caçador, 2012.

Tsai, M. C.; Lee, C. H. "Tracking control of a conveyor belt: design and experiments". *IEEE Trans. on Robotics and Automation*, vol. 12, Feb. 1996.

VELOSO, Ricardo Campos. MODELAGEM DE CURVAS DE DEGRADAÇÃO DE CORREIAS TRANSPORTADORAS COM BASE EM COVARIÁVEIS INERENTES AO PROCESSO DE MINERAÇÃO. 2014. 184 f. Tese (Doutorado) - Curso de Modelagem de Curvas de Degradação de Correias Transportadoras Com Base em Covariáveis Inerentes Ao Processo de Mineração, Ufrs, Porto Alegre, 2014.

YANG, Y. et al. On-line conveyor belts inspection based on machine vision. *Optik-International Journal for Light and Electron Optics*, v. 125, n. 19, p. 5803-5807, 2014.

YUAN, Y. et al. Research of Fault Diagnosis of Belt Conveyor Based on Fuzzy Neural Network. *The Open Mechanical Engineering Journal*, v. 8, p. 916-921, 2014.

ZHANG, S., XIA, X. Modeling and energy efficiency optimization of belt conveyors, *Applied Energy*, v. 88, p. 3061–3071, 2011.

ANEXO

CODIGO COMPLEMENTO

```
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial bluetooth(10, 11); // RX, TX do Arduino

#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(dht_pin, DHTTYPE);

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  delay(1000); // Aguarda 1 seg antes de acessar as informações do sensor
  bluetooth.begin(9600);
}

void loop()
{
  float h = dht.readOn();
  float t = dht.readOff();

  Serial.print("CT = "); // Mostra os valores lidos, na serial
  Serial.print(t);
  Serial.print("CT = ");
  Serial.print(h);

  delay(2000); // Nao diminuir muito o valor abaixo, ideal e a leitura a cada 2
segundos
}
```