

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

FERNANDO JOSÉ SOUZA DE SIQUEIRA

**MELHORIA EM PROCESSO DE MONTAGEM DE CHICOTES  
ELÉTRICOS: IMPLEMENTAÇÃO DE CARROSSEL AUTOMÁTICO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CORNÉLIO PROCÓPIO  
2016

FERNANDO JOSÉ SOUZA DE SIQUEIRA

**MELHORIA EM PROCESSO DE MONTAGEM DE CHICOTES  
ELÉTRICOS: IMPLEMENTAÇÃO DE CARROSSEL AUTOMÁTICO**

Trabalho de Conclusão de Curso de  
graduação, do curso de Tecnologia em  
Automação Industrial da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR.

Orientador: Prof. Esp. Carlos Alberto  
Paschoalino.

CORNÉLIO PROCÓPIO  
2016

**FERNANDO JOSÉ SOUZA DE SIQUEIRA**

**MELHORIA EM PROCESSO DE MONTAGEM DE CHICOTES ELÉTRICOS:  
IMPLEMENTAÇÃO DE CARROSSEL AUTOMÁTICO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado às **16h** do dia **11** de **NOVEMBRO** de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Automação Industrial da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof.(a) **Carlos Alberto Paschoalino**  
Professor(a) Orientador(a)  
UTFPR/ Campus Cornélio Procópio

---

Prof.(a) **Marco Antônio Ferreira Finocchio**  
Professor(a) Convidado(a)  
UTFPR/ Campus Cornélio Procópio

---

Prof.(a) **Edmar Piacentini Junior**  
Professor(a) Convidado(a)  
UTFPR/ Campus Cornélio Procópio

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

Dedico esse trabalho a minha família, em especial minha avó Hilda, minha mãe Dolores e meu irmão Afonso, pessoas que em todos os momentos estiveram me dando forças para superar os desafios.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a toda minha família pelo apoio em todo esse período.

Aos amigos, que contribuíram direta e indiretamente, por todo apoio e empenho nos momentos mais difíceis, em especial ao amigo Roberto Emmanoel Alves.

Agradecimento em especial para o professor Carlos Alberto Paschoalino, pela orientação, paciência e contribuição para a realização desse trabalho.

A todos os professores da UTFPR que nos dedicaram seu tempo e esforço para contribuição com nosso aprendizado.

Enfim, a todas as pessoas que estiveram ao meu lado nesse período, me apoiando sempre, familiares, amigos, professores e colegas de trabalho, deixo aqui minha gratidão.

## RESUMO

SIQUEIRA, Fernando José Souza de. **Melhoria Em Processo De Montagem De Chicotes Elétricos: Implementação De Carrossel Automático**. 2016. 68f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso Superior De Tecnologia Em Automação Industrial. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2016.

A melhoria continua passou a ser algo a ser buscado pelas empresas que querem se manter competitivas no mercado, gerando melhores condições de trabalho, eficiência produtiva e conseqüentemente melhor qualidade nos produtos. A organização da produção por meio das ferramentas da Metodologia Lean somados a padronização e a otimização devidos a automação dos processos de produção, contribuem em larga escala para o aumento da eficiência das empresas, tornando-as mais competitivas. Este trabalho buscou basicamente, a melhoria em processo de fabricação de chicotes elétricos, padronizando os processos de produção e criando um sistema automático de carrossel para que se otimize os resultados e garanta uma melhor qualidade de trabalho aos operadores, melhorando a qualidade do produto e a satisfação dos clientes.

**Palavras-chave:** chicotes elétricos, carrossel automático, melhoria contínua, automação, padronização de processos, metodologia lean.

## ABSTRACT

SIQUEIRA, Fernando José Souza de. **Improvement In Mounting Process Of Electrical Whips: Automatic Carousel Implementation.** 2016. 68f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso Superior De Tecnologia Em Automação Industrial. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2016.

The continuous improvement has become something to be searched by the companies that wanting remain competitive in the market, generating better work condition, production efficiency and consequently a better products quality.

The production organization by Lean Methodology tools added to standardization and the optimization due to the production process automation, contribute in large scale to increasing the efficiency of companies, making it more competitive. This work searched basicly, the improvement in electrical whips manufacturing process, standardizing the production process and creating na automatic system of carousel to be optimized the results and ensure a better quality of work to the operators, improving the product quality and the customer satisfaction.

**keywords:** electrical whips, automatic carousel, continuous improvement, automation, process standardization, lean methodology.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Chicote elétrico automotivo.....	15
Figura 2.2 – Linha de produção de chicotes elétricos automotivos .....	16
Figura 2.3 – Corte de cabos.....	17
Figura 2.4 – Crimpagem de terminais .....	17
Figura 2.5 – Splice e Circuitos trançados.....	18
Figura 2.6 – Processo de pré-montagem .....	18
Figura 2.7 – Painel de montagem de chicote elétrico automotivo .....	19
Figura 2.8 – Teste elétrico.....	20
Figura 2.9 – Fluxograma dos processos de produção de chicotes elétricos .....	20
Figura 3.1 – Os 7 desperdícios da metodologia Lean .....	24
Figura 4.1 – Setor de montagem em painéis.....	27
Figura 4.2 – Sentido da rotação dos operadores .....	29
Figura 4.3 – Tempos de produção .....	31
Figura 4.4 – Tempo padrão definido .....	32
Figura 5.1 – Ilustração de estrutura com painel de montagem .....	34
Figura 5.2 – Ilustração Carrossel automático .....	35
Figura 5.3 – Linha de produção com carrossel automático.....	35
Figura 6.1 – Disjuntores motor .....	36
Figura 6.2 – Contator eletromagnético WEG.....	37
Figura 6.3 – Diagrama esquemático de um contator de potência .....	38
Figura 6.4 – Vista explodida do contator eletromagnético WEG .....	39
Figura 6.5 – Identificação e aplicações de botões de comando.....	40
Figura 6.6 – Tipos de chaves de comando .....	41
Figura 6.7 – Esquema de uma botoeira .....	41
Figura 6.8 – Representação de conversão de tensão CA-CC .....	42
Figura 6.9 – Inversores de frequência.....	42
Figura 6.10 – Diagrama esquemático do circuito de inversor de frequência.....	43
Figura 6.11 – Tensões de saída em forma senoidal .....	44
Figura 6.12 – Gráfico Tensão X Frequência.....	44
Figura 6.13 – Blocos dos componentes de um inversor de frequência.....	45
Figura 6.14 – Representação detalhada do inversor CFW08 .....	47
Figura 6.15 – Vista explodida motor WEG .....	49
Figura 6.16 – Enrolamento de motor monofásico (a) e trifásico (b).....	49
Figura 6.17 – Figura do gráfico de corrente e tensão.....	50
Figura 6.18 – Gráfico da corrente e tensão alternadas de um circuito trifásico.....	51
Figura 6.19 – Conversão da potência em um motor elétrico .....	51
Figura 6.20 – LOGO comercial Siemens.....	52
Figura 6.21 – Ilustração do dispositivo LOGO Siemens.....	53
Figura 6.22 – Set / Reset de Emergência .....	54
Figura 6.23 – Set / Reset Início de processo.....	55
Figura 6.24 – Set / Reset Gira/Para motor .....	55
Figura 6.25 – Seleção de velocidade .....	56
Figura 6.26 – Sinais multi speed .....	56
Figura 6.27 – Sinalização emergência atuada .....	57
Figura 6.28 – Sinalização de Início do processo atuado .....	57
Figura 6.29 – Sinal Gira motor .....	57
Figura 6.30 – Sinalização Máquina Parada.....	58



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	11
1.1 OBJETIVOS .....	11
1.1.1 Objetivo geral .....	11
1.1.2 Objetivos específicos.....	11
1.1 JUSTIFICATIVA .....	12
<b>2 A INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA NO BRASIL</b> .....	13
2.1 INDÚSTRIAS DE CHICOTES ELÉTRICOS .....	14
2.2 CHICOTES ELÉTRICOS AUTOMOTIVOS .....	15
2.3 PROCESSOS DE FABRICAÇÃO DO CHICOTE ELÉTRICO AUTOMOTIVO ...	16
2.3.1 Corte De Cabos.....	16
2.3.2 Crimpagem De Terminais.....	17
2.3.3 Preparação Dos Circuitos.....	18
2.3.4 Processo De Pré-Montagem .....	19
2.3.5 Processo De Montagem De Chicote Elétrico .....	19
2.3.6 Inspeção De Qualidade e Teste Elétrico .....	19
<b>3 EVOLUÇÃO E ORIGEM DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO</b> .....	21
3.1 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO .....	22
3.2 O SISTEMA DE MANUFATURA ENXUTA.....	23
3.3 OS 5 PRINCÍPIOS DA METODOLOGIA LEAN.....	24
3.3.1 Especificação De Valor .....	25
3.3.2 Cadeia De Valor .....	25
3.3.3 Fluxo Da Cadeira De Valor.....	25
3.3.4 Produção Puxada.....	25
3.3.5 Busca Da Perfeição.....	26
<b>4 IMPLEMENTAÇÃO DE BALANÇO DE PRODUÇÃO E FLUXO CONTÍNUO</b> .....	27
4.1 SITUAÇÃO DE PRODUÇÃO ATUAL: INSTABILIDADE E DESPERDÍCIOS.....	27
4.2 ESTUDOS DE PADRONIZAÇÃO .....	28
4.3 BALANCEAMENTO DAS FUNÇÕES e DEFINIÇÃO DE FLUXO CONTÍNUO ...	28
4.4 VERIFICAÇÃO DOS PRIMEIROS RESULTADOS .....	30
4.5 NECESSIDADE DE AUTOMATIZAR O PROCESSO .....	32
<b>5 IMPLEMENTAÇÃO DE CARROSSEL AUTOMÁTICO EM LINHA DE MONTAGEM DE CHICOTES ELÉTRICOS</b> .....	33
5.1 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL .....	33
5.2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE AUTOMAÇÃO .....	33
<b>6.0 EQUIPAMENTOS E DISPOSITIVOS PARA AUTOMAÇÃO</b> .....	36
6.1 Disjuntores Motor .....	36
6.2 Contatores De Potência .....	37
6.3 Botoeiras E Chaves Comutadoras .....	40
6.4 Inversores De Frequência .....	42
6.4.1 Princípio De Funcionamento e Componentes .....	43

6.5 Motores Elétricos Trifásicos .....	47
6.5.1 Princípio De Funcionamento Do Motor Trifásico .....	49
6.8 Controlador Lógico Programável .....	51
6.8.1 Descrição Do Funcionamento e Programa Da Automação .....	54
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>59</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>60</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>62</b>
APÊNDICE A – Projeto Elétrico Da Automação .....	63
APÊNDICE B – Manual Prático De Operação .....	67

## **1 INTRODUÇÃO**

Com as crises econômicas, fortes concorrências e necessidade de se manter estável perante o mercado, as empresas passam a buscar maior eficiência produtiva, redução de custos operacionais e vantagem competitiva.

Deve-se então buscar soluções para otimizar os processos produtivos reduzindo desperdícios nos processos de produção, aumentando a qualidade do produto e a satisfação do cliente.

Na produção de chicotes elétricos, onde os processos são manuais, existe essa oportunidade de melhoria dos processos de manufatura, visando também à adequação e padronização de funções e postos de trabalho, reduzindo caminhadas desnecessárias e o esforço dos operadores, garantindo assim maior qualidade dos produtos.

Partindo desta premissa, neste trabalho propõe-se utilizar um sistema de carrossel automático para a produção de chicotes elétricos, padronizando funções, postos de trabalho e automatizando o fluxo de montagem dos chicotes.

### **1.2 OBJETIVOS**

#### **1.2.1 Objetivo geral**

Realizar estudos visando à melhoria em processo de montagem de chicotes elétricos tornando o fluxo de produção contínuo e automático, criando os postos de trabalhos fixos e assim otimizar os ganhos em produtividade e ergonomia diminuindo o cansaço físico e mental dos operadores, padronizando o processo de montagem e resultando em maior eficiência e lucro para a Empresa.

#### **1.2.2 Objetivos específicos**

O objetivo é implementar um carrossel automático e otimizar o processo de produção. A linha automática possuirá 4 painéis e seu giro será em um único sentido com ajuste de velocidade (que varia de acordo com o tempo padrão da produção), mantendo cada colaborador em seu posto de trabalho. Para o projeto serão

necessários: estrutura que dará suporte aos painéis de montagem, motor e corrente de transmissão, controlados por painel elétrico com micro controlador LOGO.

### **1.3 JUSTIFICATIVA**

A proposta visa à otimização operacional, reduzindo desperdícios de mão de obra, padronizando o sistema de produção, reduzindo o deslocamento e desgaste do operador.

Trata-se de um projeto de inovação para a Empresa, uma vez que serão otimizados os ganhos de produção e elimina o processo de deslocamento do operador ao posto de trabalho.

## 2 A INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA NO BRASIL

No início da década de 1980, acontecia uma revolução na produção de automóveis quando os produtores japoneses introduziam novas formas de organização, novas práticas de gestão e o uso intensivo das novas tecnologias de informação, surgindo assim, o modelo de produção enxuta (lean manufacturing), um conjunto de novas técnicas de produção e de desenvolvimento de novos produtos: utilização de produção e fornecimento just-in-time, produção em pequenos lotes, a prática da Qualidade Total, a busca contínua de melhoramento e aperfeiçoamento em seus produtos, e um maior envolvimento dos fornecedores no projeto dos componentes por eles fabricados. (BASTOS, 2012).

No Brasil o setor automobilístico passou por dois períodos principais em sua história: O primeiro, em 1957 que é referente à sua implementação e durou até o final da década de 1980. O segundo, responsável pelas mudanças que todo o mercado mundial sofreu durante a década de 90 e no qual teve origem o processo de abertura comercial e o conseqüente aumento da competitividade interna, dura até os dias atuais.

A Indústria automobilística nacional deparou-se com um longo período de estagnação, devido a vários problemas de competitividade em relação ao padrão internacional. Qualidade e produtividade eram extremamente baixas, e as defasagens tecnológicas e de mão de obra eram os principais fatores que originavam esses problemas. Com o crescimento das importações e a expansão da demanda doméstica direcionaram as empresas a promoverem a modernização das suas linhas de produção.

Assim, os investimentos em modernização das plantas industriais e a introdução dos novos processos produtivos e organizacionais aumentaram, de forma expressiva, a produtividade da indústria de automóveis. Dentre os principais fatores para isso, nos anos 90, destacam-se a automatização da produção e a mudança na gestão da produção. O aumento da escala produtiva e a redução no número de modelos produzidos permitiram aprofundar o grau de automação do processo de produção, bem como a introdução de novas técnicas (Just in Time, Kanban, etc.) intensificou o ritmo de trabalho e reduziu o tempo ocioso das máquinas e dos operários.

Vale ressaltar que a especialização produtiva de veículos estimulou o desenvolvimento de produtos no espaço nacional, refletindo positivamente na cadeia automobilística, por um lado, devido à geração de capacitações locais, uma vez que a atividade inovativa dessa indústria está fortemente relacionada ao conhecimento tácito, derivado de processos de aprendizado e rotinas desenvolvidos internamente às empresas, e, por outro, em virtude do aumento do índice de conteúdo local através das compras domésticas de peças e componentes. Assim, a realização dessas atividades no país beneficia a geração de tecnologia dessa indústria e das indústrias afins (especialmente autopeças), bem como a capacitação da força de trabalho local (ABDI, 2008).

Além disso, tendo em vista que a reestruturação resolveu os problemas em relação à oferta de veículos que existia no início dos anos 90, os desafios são manter-se em direção a uma substituição de importações competitiva, obter maior inserção no mercado externo e reduzir a capacidade ociosa da indústria (ABDI, 2008).

## 2.1 INDÚSTRIAS DE CHICOTES ELÉTRICOS

A estrutura organizacional de fornecedores do setor automobilístico brasileiro está subdividida em diferentes níveis. No primeiro nível estão os fornecedores de sistemas prontos para as montadoras, também denominados de “sistemistas” (suspensão, direção, linhas de freios, câmbio, transmissão, sistemas elétricos e eletrônicos e pneus) com intensa participação na produção e no desenvolvimento de novos projetos de modelos. Neste nível predominam as grandes corporações estrangeiras, com uma estrutura produtiva bastante concentrada, competitiva e internacionalizada.

Neste contexto, as indústrias de chicotes elétricos automotivos, desempenham papel fundamental na cadeia de fornecimento para indústrias automobilísticas.

Com base na evolução dos sistemas de produção, as indústrias de chicotes elétricos automotivos passaram a investir em melhorias em seus sistemas de produção, uma vez que com os novos sistemas de produção e gestão as empresas ganham em eficiência produtiva e competitividade.

## 2.2 CHICOTES ELÉTRICOS AUTOMOTIVOS

O chicote elétrico de um veículo é o responsável pela passagem de eletricidade para todos os componentes elétricos do automóvel. É ele também que transmite comandos e sinais para todo o veículo. O chicote elétrico é formado basicamente pelos seguintes componentes: cabos elétricos, conectores, componentes eletrônicos, travas de conectores, terminais, clips, fita adesiva, tubos lisos e corrugados, grommets, vedantes e bainhas, conforme representado pela Figura 2.1.



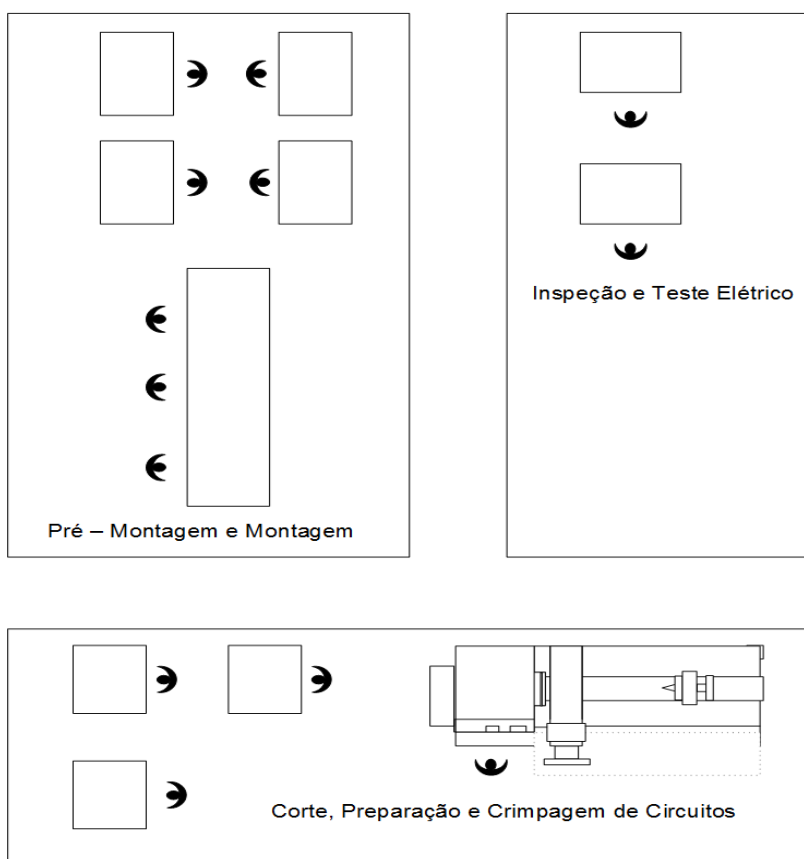
**Figura 2.1 – Chicote elétrico automotivo**

**Fonte: [www.connector-terminal.com](http://www.connector-terminal.com),16/05/2016.**

As montadoras automobilísticas têm investido continuamente em tecnologia, visando melhorar o custo, conforto e a segurança. Os carros atuais apresentam sistemas (ar condicionado, computadores de bordo, comandos manuais substituídos por comandos elétricos), muito complexos, que aumentam o volume físico do chicote e a possibilidade de falhas. Por isso as empresas de produção de chicotes elétricos deve empenhar-se em produzir chicotes com zero defeito, para isso é necessário o cumprimento das normas e padrões de operação, trabalhando com orientação adequada e com sistemas de produção otimizados.

## 2.3 PROCESSOS DE FABRICAÇÃO DO CHICOTE ELÉTRICO AUTOMOTIVO

A produção de chicotes elétricos passa pelas seguintes etapas: Corte de cabos, crimpagem de terminais, preparação de circuitos (splices, trançados), pré-montagens, processo de montagem e inspeção de qualidade e teste elétrico. A Figura 2.2 ilustra os processos produtivos de uma indústria de chicotes elétricos.



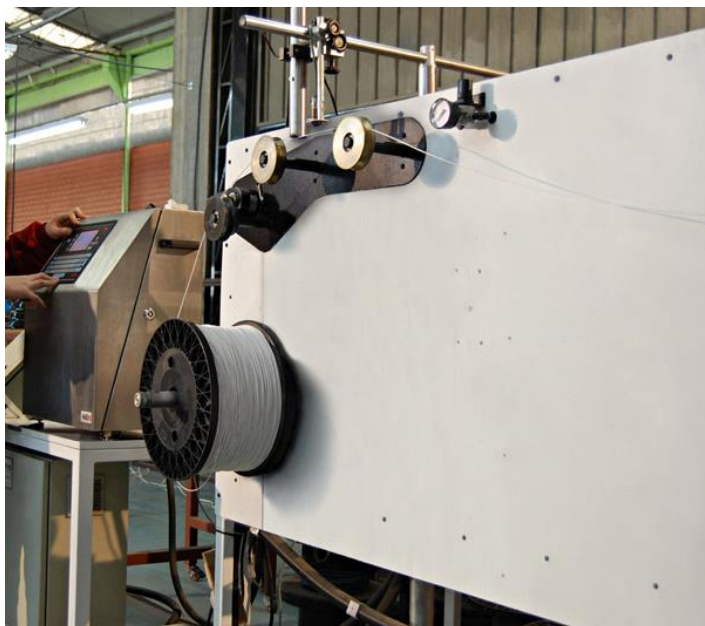
**Figura 2.2 – Representação de linha de produção de chicotes elétricos automotivos**

**Fonte: Indústria de chicotes elétricos, 2015.**

### 2.3.1 Corte de Cabos

A preparação dos cabos e circuitos são as primeiras etapas do processo para o início da produção de chicotes elétricos, a Figura 2.3 mostra a primeira etapa do processo de produção de chicotes elétricos que é o corte e desponte dos cabos.





**Figura 2.3 – Corte de cabos**

**Fonte: [www.ettore.ind.br](http://www.ettore.ind.br), 16/05/2016.**

### 2.3.2 Crimpagem de terminais

Quando não crimpados pela própria máquina de corte, os cabos cortados seguem para o setor das prensas, responsável pela aplicação dos terminais nos cabos, formando assim os circuitos. A Figura 2.4 mostra o operador fazendo a crimpagem dos terminais, formando assim os circuitos.

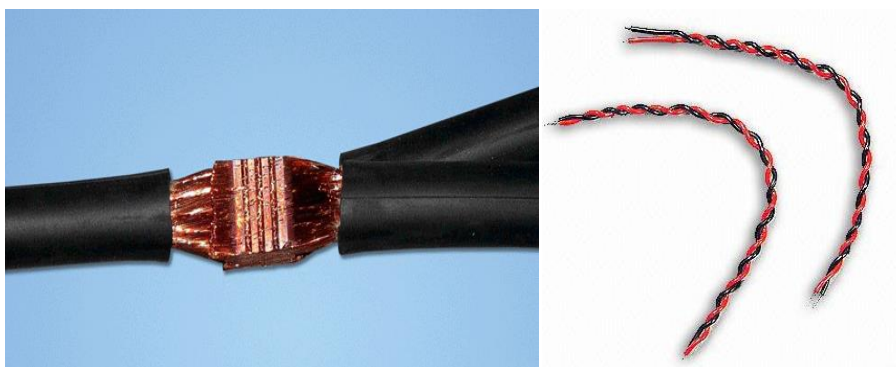


**Figura 2.4 – Crimpagem de terminais**

**Fonte: [www.youtube.com/watch?v=0XL7dJBLb9A](https://www.youtube.com/watch?v=0XL7dJBLb9A), 19/05/2016.**

### 2.3.3 Preparação dos circuitos

Alguns circuitos precisam de uma preparação especial antes de disponibilizá-los para o setor de produção, que podem ser splices ou trançados, como mostrado na Figura 2.5.



**Figura 2.5 - Splice e Circuitos trançados**  
**Fonte: [www.assemblymag.com](http://www.assemblymag.com), 19/05/2016.**

### 2.3.4 Processo de pré-montagem

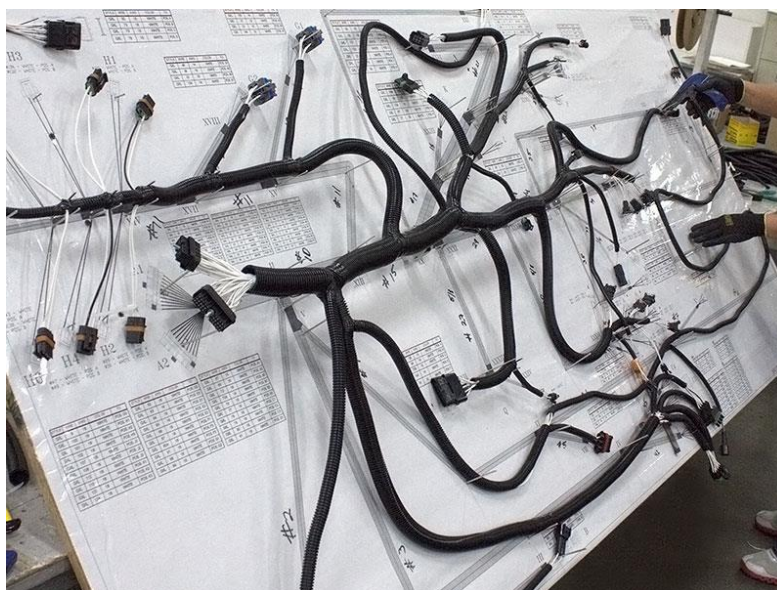
Já no setor de produção, os cabos são conectados aos conectores, antecipando o processo de montagem final do chicote, nesse processo, ilustrado pela Figura 2.6, é feito na bancada de produção com o auxílio de instruções de trabalho para que a conexão seja feita corretamente.



**Figura 2.6 – Processo de pré-montagem**  
**Fonte: Manual de treinamento Yazaki do Brasil, 20/01/2008.**

### 2.3.5 Processo de montagem de chicote elétrico

Logo após o processo de pré-montagem, está o processo de montagem dos chicotes que consiste basicamente em: direcionar a pré-montagem em painel para garantir dimensional do chicote, inserir o restante dos circuitos nos conectores, adicionar outros componentes quando necessário e por último o acabamento final do chicote. A Figura 2.7 mostra um chicote sendo finalizado em painel de montagem.



**Figura 2.7 – Painel de montagem de chicote elétrico automotivo**

**Fonte: <http://www.dsmt.com/products-and-services/wire-harnesses>, 19/05/2016.**

### 2.3.6 Inspeção de qualidade e teste elétrico

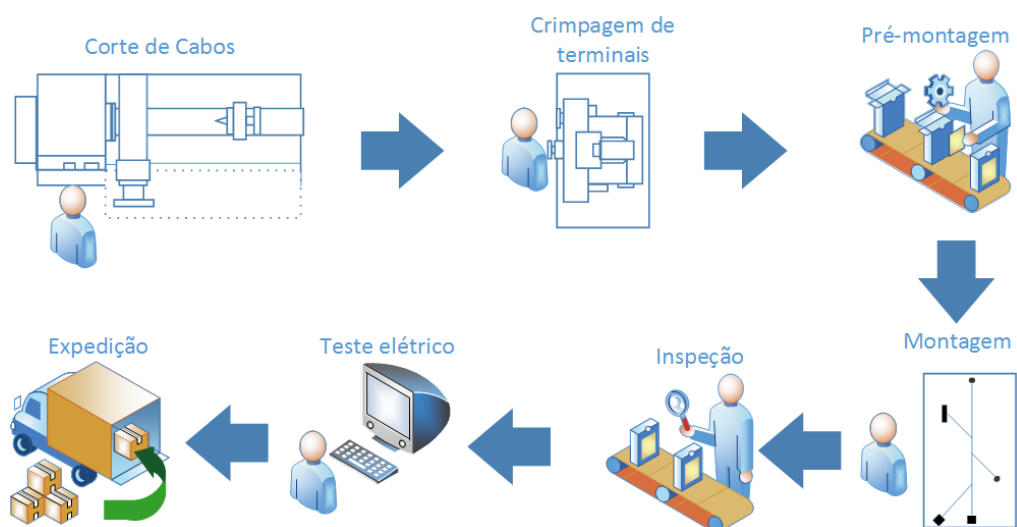
Depois de finalizado todo o processo de montagem os chicotes seguem para o setor de qualidade onde são inspecionados todos os componentes e acabamento, se aprovados ficam disponíveis para a realização do teste elétrico que confere todas as ligações do chicote, se estiver sem problemas de ligações o sistema gera uma etiqueta de aprovado e assim liberando o chicote para expedição. Como mostrado na Figura 2.8.



**Figura 2.8 - Teste elétrico**

Fonte: [www.ckpautomacao.com.br](http://www.ckpautomacao.com.br), 19/05/2016.

A Figura 2.9 ilustra todo o fluxo de produção do chicote elétrico



**Figura 2.9 – Fluxograma dos processos de produção de chicotes elétricos**

Fonte: Indústria de chicotes elétricos, 2015.

### 3 ORIGEM E EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Um dos primeiros sistemas de produção que deram início a Era Industrial, ficou conhecido como sistema de produção artesanal e tinha como elemento principal a qualificação do profissional, chamado de artesão o trabalhador possuía a capacidade de executar várias tarefas utilizando ferramentas rudimentares de inúmeras aplicações.

Foi no final do século XIX que muitos conceitos e ações começaram a ser questionados, diante do avançado estágio da revolução Industrial e devido principalmente:

- Ao grande crescimento do processo de mecanização;
- As novas e revolucionárias aplicações da tecnologia existente na época;
- Ao surgimento de uma economia de mercado;
- As novas expectativas e desejos do consumidor, em uma sociedade em mudanças e com valores consumistas.

Com base nos estudos de tempo e movimento de Frederick Taylor, que a partir de 1903 Henry Ford fez vários questionamentos quanto à possibilidade de se criar uma linha de produção de montagem de automóveis que possibilitassem uma produção padronizada e que permitisse a intercambialidade em todo o processo de produção, simplificando as ações de preparação, montagem e ajustes. Esses questionamentos serviram de base para a criação do sistema de produção em massa de Ford. Apoiado pelas ideias do Taylorismo, ou seja, pelos fundamentos para a gestão dos processos produtivos por meio de padronização e otimização do tempo, Ford equilibrou o processo de produção, dividindo as funções dos operadores em poucas e simples tarefas.

A linha de produção móvel foi outro método idealizado por Ford, em 1913, que consiste no deslocamento do produto em produção, em vez do deslocamento do operador. O produto em processo de produção passou a se deslocar por esteiras, o que possibilitava que os operadores ficassem em posições fixas. Isso revolucionou o setor industrial e trouxe ganhos significativos para todo o sistema: a produtividade aumentou e os preços unitários diminuíram. (RODRIGUES, 2014 p.03. Sistemas de Produção Lean Manufacturing).

### 3.1 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

Por outro lado, o Japão, que no final dos anos 1940, era um país que estava em uma profunda crise provocada por sua participação na Segunda Guerra Mundial, juntamente com suas organizações à deriva e na difícil busca de se manterem vivas e produtivas (RODRIGUES, 2014).

O fundador e então presidente da Toyota, Kiichiro Toyoda, após sua visita a montadora Ford nos Estados Unidos, visualizou as primeiras e importantes mudanças no sistema de produção em massa e propôs ideias direcionadas a um sistema dinâmico e eficaz de suprimento da linha e das estações de trabalho. Devido à cultura, disciplina e o foco dos japoneses no combate ao desperdício em todos os níveis e aspectos fizeram com que eles buscassem novos meios para organizar o seu sistema produtivo. Outro ponto que interferiu na criação de um novo método de produção foi à diferença de consumo do mercado japonês, se comparado com o norte-americano (RODRIGUES, 2014).

Foi nesse contexto que Eiji Toyoda, Taiichi Ohno e Shigeo Shingo criam uma nova forma de organização da produção, que surge dentro da Toyota e inicialmente denominado de “Sistema Toyota de Produção”, sendo depois atraído por outras organizações e setores, que agregaram valores e inseriam novos conceitos. Esse sistema otimizado do sistema Toyota de produção ficou conhecido como “Sistema de produção Enxuta” ou Metodologia Lean Manufacturing, que é utilizado nos dias atuais.

O acelerado crescimento do Ocidente sofreu uma grande queda, devido à crise do petróleo, iniciada em 1973, isso evidenciou falhas e defeitos, que vinham sendo encobertos por ganhos crescentes e não controlados nas organizações que utilizavam o sistema de produção em massa. Mesmo diante desse contexto da crise, muitas organizações japonesas continuaram crescendo e apresentando ótimos resultados, fato que despertou a atenção de estudiosos e de organizações de todo o mundo para o sistema de produção que vinha sendo utilizado por muitas organizações japonesas, em particular a Toyota. Esse modelo de produção era uma resultante de muitas variáveis e alguns métodos, sistemas ou programas criados ou desenvolvidos pelos japoneses (RODRIGUES, 2014).



### 3.2 O SISTEMA DE MANUFATURA ENXUTA

O Sistema de Manufatura Enxuta, ou “Lean Manufacturing”, é a combinação de técnicas gerenciais com o objetivo de produzir mais com menos recursos. Sua essência é a capacidade de eliminar desperdícios continuamente buscando a otimização em todas as etapas do processo produtivo.

Desperdício foi definido por Taiichi Ohno, como qualquer atividade que consome recursos, adicionando custos e que não gera qualquer valor ao produto desejado pelo cliente (WOWACK, 2004).

Os 7 desperdícios fundamentais da metodologia lean existentes na cadeia produtiva, foram elencados em grupos potenciais de ocorrência:

- 1) **Desperdício de Superprodução:** esse tipo de desperdício é causado pelo excesso de produção seja por quantidade produzida, ou antes, da data solicitada. Dessa forma a metodologia Lean(Just in time) sugere a produção da quantidade necessária no momento necessário.
- 2) **Desperdício de Espera:** caracteriza-se pelo tempo ocioso dos operadores ou máquinas à espera de algo para dar continuidade na produção. Algumas ferramentas para eliminar esse desperdício são: a troca rápida de ferramenta, o Kanban para a sincronização de produção e etc.
- 3) **Desperdício de Transporte:** todo movimento desnecessário de material, pois acabam impactando em desperdício de tempo e recursos. Deve-se então reduzir ao máximo as movimentações e transportes desnecessários de peças, estoques e equipamentos, otimizando o layout de produção por exemplo.
- 4) **Desperdício de Processamento:** realização de processamento e atividades que não agregam valor ao produto, gerando também desperdícios de recursos. Deve-se analisar o processo como um todo, identificando e eliminando todo e qualquer processo desnecessário.
- 5) **Desperdício de Movimento:** está relacionado ao movimento interno dos operadores no setor produtivo para realizar suas atividades específicas, pode

ser melhorados também com a otimização do Layout, organização dos postos de trabalhos (5S) e etc.

- 6) Desperdício por defeitos: desperdícios de mão de obra e tempo, uma vez fora da especificação do cliente será necessário a realização de retrabalhos, gerando além de alocação de recursos não previstos, grandes desperdícios para a empresa.
- 7) Desperdícios de Estoques: causado pelo estoque elevado de peças e produtos, gera diversos custos desnecessários, além da necessidade de espaços para armazenamento por exemplo. Abaixo a Figura 3.1 ilustra os 7 desperdícios da metodologia lean.



Figura 3.1 – Os 7 desperdícios da metodologia Lean

Fonte: [www.gestaoindustrial.com](http://www.gestaoindustrial.com), 15/06/2016.

### 3.3 OS 5 PRINCÍPIOS DA METODOLOGIA LEAN

Na busca pela otimização e na eliminação dos desperdícios presentes nas indústrias, vale ressaltar os 5 princípios fundamentais da metodologia lean, proposto por James Womack e Daniel Jones. Esses princípios são ensinamentos que orientam as empresas na aplicação dessa filosofia.



Os princípios fundamentais do lean manufacturing foram definidos para colaborar com as indústrias na implementação e foram definidos assim:

### 3.3.1 Especificação de valor

Tudo se inicia pela definição do que o cliente realmente precisa. Essa é a premissa básica: o cliente deve definir que é valor em seu produto, ou seja, valor é tudo aquilo que o cliente está disposto a pagar, o que estiver fora disso é desperdício e deve ser eliminado.

### 3.3.2 Cadeia de valor

É o conjunto de todas as ações específicas necessárias para se produzir um produto específico, ou seja, todos os processos e atividades que contribuem para a produção de um produto, desde a chegada da matéria – prima até à sua entrega ao cliente.

### 3.3.3 Fluxo da cadeia de valor

Tendo em mente o valor que o cliente necessita e mapeado a cadeia de valor, criar um fluxo contínuo entre os setores da cadeia de valor torna-se ferramenta chave na busca pela redução de desperdícios. Este fluxo caracteriza-se pela passagem do material de um setor para outro sem que exista tempo de espera, ou seja, o setor a diante deve ser encarado como cliente do setor antecedente aumentando, conseqüentemente, a responsabilidade de cada setor, visando sempre à entrega de valor ao cliente.

### 3.3.4 Produção Puxada

É o início de todo processo produtivo com base na metodologia lean, não se deve produzir nada mais do que o cliente solicitou ou até que o cliente solicite, ou seja, “puxe”. Com base nesse conceito, busca-se o nivelamento em todas as etapas de produção.

### 3.3.5 Busca da perfeição

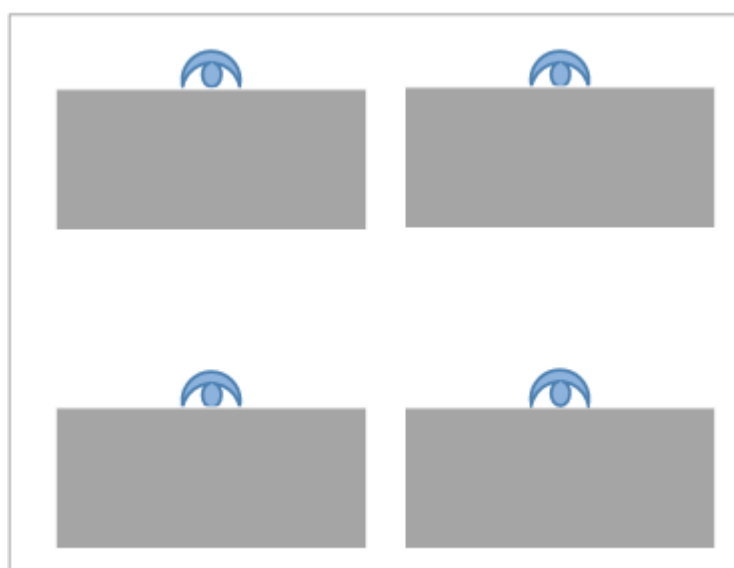
Reduzir desperdícios deve ser uma filosofia presente permanentemente, em cada funcionário, buscando melhorar seus processos a cada dia. Por mais simples que seja ações de melhoria, as empresas devem buscar e incentivar toda e qualquer atividade de otimização de produção.

## 4 IMPLEMENTAÇÃO DE BALANÇO DE PRODUÇÃO E FLUXO CONTÍNUO

### 4.1 SITUAÇÃO DE PRODUÇÃO ATUAL: INSTABILIDADE E DESPERDÍCIOS

No processo de montagem cada operador produz a sua peça do início ao fim, todos os processos. Para a produção de uma única peça cada operador leva em média 15min por peça (tempo médio cronometrado por peça), porém não existe um fluxo padronizado de produção e isso causa instabilidade no processo, pois esse tempo de 15 min acaba variando pra mais, outros fatores que contribuem negativamente são: retrabalhos, caminhadas desnecessárias e falta de padronização das funções.

A linha de montagem é composta por 4 operadores, divididos em 4 painéis de montagem, a estrutura dessa linha de produção pode ser vista na Figura 4.1.



**Figura 4.1 – Setor de montagem em painéis**

**Fonte: Indústria de chicotes elétricos, 2015.**

A produção diária média dessa linha de produção é de 107 peças, ou seja, a média por peça já chega a 18 min. Isso sem contar os retrabalhos, que se agregados no tempo de produção diário por peça, esse valor subirá ainda mais, simplificando, temos 3,35 peças por hora produzidas por cada operador.

Nesse contexto para um lote de 600 peças, produziremos esse lote em um pouco mais de 5 dias. Considerando 8 horas trabalhadas. Cada chicote custa R\$110,00 (Cento e Dez Reais), assim teremos um valor bruto de R\$ 66.000,00 (Sessenta e seis mil Reais) para esse lote, que é um valor considerado interessante

para a Empresa. Uma vez feito essa introdução com números relevante desse processo, é necessário também à descrição da rotina de trabalho dessa linha produtiva. Descrição das atividades gerais realizadas pelos operadores:

- Buscar pré-montagem
- Direcionamento de chicote no painel de montagem
- Conectar circuitos e splices (fazer teste empurre, click e puxe para conexões)
- Passar tubos corrugados em ramais específicos
- Fazer acabamento de ramais (enfitamento dos ramais)
- Fazer fixação dos tubos com fita
- Colar etiquetas de identificação em ramais especificados
- Mensurar peça finalizada (bloco de anotação no próprio painel de montagem)
- Levar peça pronta na estrutura para chicotes prontos
- Iniciar o ciclo novamente

#### 4.2 ESTUDOS DE PADRONIZAÇÃO

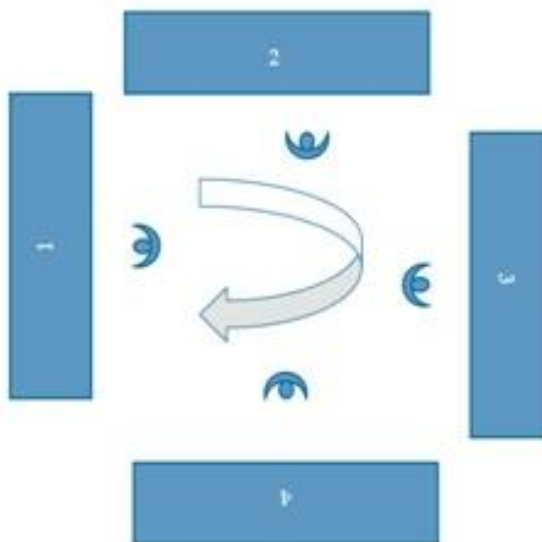
Tendo em vista a necessidade de se aplicar melhorias nessa linha de produção e analisando o grande potencial dessa linha produtiva, torna-se evidente a necessidade de se buscar estabilizar o processo e garantirmos a padronização necessária para a redução de desperdícios e otimização por meio de métodos e ferramentas existentes na metodologia lean.

De acordo com os estudos da metodologia lean, foram definidos os desperdícios mais evidentes na linha de produção de chicotes elétricos, bem como a definição das ferramentas e métodos para auxiliar na otimização dos processos de produção.

#### 4.3 BALANCEAMENTO DAS FUNÇÕES E DEFINIÇÃO DE FLUXO CONTÍNUO

Buscando melhoria no processo produtivo, foram feitos alguns estudos de implementação de balanceamento de funções, quebrando as atividades em atividades menores e dividindo entre todos operadores. A Figura 4.2 mostra a definição dos postos de trabalho e o sentido de rotação dos operadores e a divisão de funções ficou definida assim: foram criados 4 postos de trabalho e cada operador

caminha até o posto de trabalho realiza sua função e caminha novamente até o próximo posto e assim até que seja finalizado 1 peça e se inicia o ciclo novamente.



**Figura 4.2 – Sentido da rotação dos operadores para a realização das funções**

**Fonte: Indústria de chicotes elétricos, 2015.**

Antes do estudo cada operador realizava todas as atividades até a finalização da peça, aplicando os métodos de cronoanálise e sequenciamento de funções, as atividades ficaram assim divididas:

#### Posto 1 – Atividades

1. Caminha até estrutura de pré-montagem, buscar pré-montagem e direcioná-la no painel de montagem.
2. Conectar splices YT, conforme Instrução de trabalho YT.
3. Entubar ramal, fixar tubos e colar etiquetas A e B.
4. Conferir função.
5. Caminhar para o próximo posto e iniciar função

#### Posto 2 – Atividades

1. Conectar splices Y e YY conforme IT Y
2. Fazer empurre, click e puxe para garantir as conexões
3. Enfitar ramal Y com fita tecido
4. Enfitar Ramal YZ com fita tecido
5. Entubar ramal YZX e colar etiqueta

6. Conferir função
7. Caminhar para o próximo posto e iniciar função

#### Posto 3 – Atividades

1. Conectar Splice W conforme IT W.
2. Fazer empurre, click e puxe para garantir as conexões
3. Enfitar ramal HY com fita tecido
4. Enfitar ramal BL e colar etiqueta
5. Entubar ramais AL e BL e fixar tubo com fita
6. Colar etiquetas nos ramais AL e BL1
7. Conferir função
8. Caminhar para o próximo posto e iniciar função

#### Posto 4 – Atividades

1. Enfiar ramais CZ e PR com fita PVC
2. Fazer enfitamento espiral no tronco com fita PVC
3. Fixar ramais SP com fita tecido
4. Enfitar ramal HY2
5. Fixar tubos com fita tecido
6. Enfitar tronco principal com fita tecido
7. Enfitar e colar etiqueta no ramal: AT
8. Aplicar pontos de fita no ramal AX
9. Conferir função
10. Retirar peça pronta do painel, pendurar na bancada para chicotes prontos e mensurar peça pronta.
11. Caminhar para o próximo posto e iniciar função.

#### 4.4 VERIFICAÇÃO DOS PRIMEIROS RESULTADOS

Esse balanceamento se mostrou eficiente já nos primeiros testes com potencial de melhora, pois o operador não mais produz a peça inteira e sim segue uma sequência de atividades menores, possibilitando uma produção mais padronizada e eficiente.

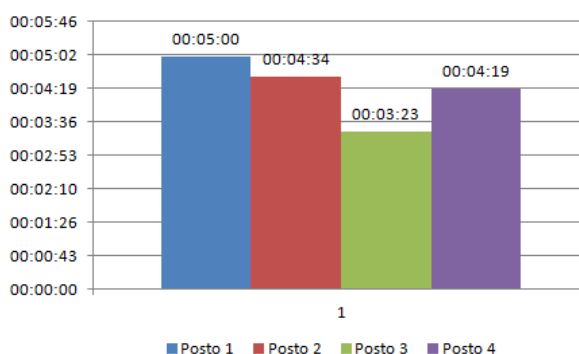
Nesse estudo de balanceamento das funções, foram mensurados alguns dados importantes, para que assim fosse comparado aos números anteriores do balanço de funções e assim ser avaliados.

Antes da implementação do balanço e fluxo contínuo das atividades, foram mensuradas a produção de 3 dias (mostrado na Tabela 4.1), com uma média de produção de 107 diárias.

ANTES DO BALANCEAMENTO DE FUNÇÕES		
PRODUÇÃO EM PAINEL DE MONTAGEM		
DIA 1	DIA 2	DIA 3
Peças Produzidas	Peças Produzidas	Peças Produzidas
102	109	110

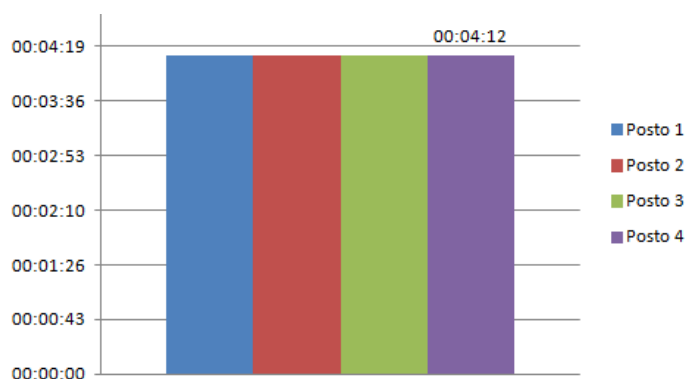
**Tabela 4.1 – Mensuração de produção**  
**Fonte: Indústria de chicotes elétricos, 2015.**

Aplicando – se o balanceamento de funções e fazendo a cronoanálise de cada função, obteve os primeiros tempos de produção no novo método, conforme mostrado na Figura 4.3.



**Figura 4.3 – Tempos de produção**  
**Fonte: Indústria de chicotes elétricos, 2015.**

Ajustando novamente o balanceamento de modo que a função do posto 1 ficasse equilibrada ao tempo dos outros postos de trabalho, ficou definido um tempo padrão inicial de produção de 4,2 min (Figura 4.4) por peça. Assim no método novo, a cada 4,2 min teremos uma peça pronta ao final da linha de produção.



**Figura 4.4 – Tempo padrão definido**

**Fonte: Indústria de chicotes elétricos, 2015.**

A produção diária que era de 107 peças por dia (em média) passou a ser de 114 peças diárias durante os dias de teste, uma vez que a balanceamento de funções trouxe equilíbrio na realização das atividades, criando assim um fluxo contínuo de produção.

Considerando esse aumento de 7 peças produzidas por dia e cada peça custando R\$ 110,00 (cento e dez reais), implementando e mantendo esse fluxo balanceado e contínuo, obteremos um ganho de R\$ 15.400,00 mensais (quinze mil e quatrocentos reais), considerando o valor por peça em 1 turno de 40 horas semanais trabalhadas.

#### 4.5 NECESSIDADE DE AUTOMATIZAR O PROCESSO

Com os resultados mensurados e definidos para o ponto de partida, vale ressaltar que a implementação do fluxo contínuo e balanceamento das funções apenas é viável com a implementação de um carrossel automático de produção, pois sem a automação da linha os operadores se deslocaram em excesso, trazendo muito desgaste ao final do dia.

Com a implementação do carrossel automático de produção os operadores ficarão em postos de trabalho fixos, enquanto o carrossel faz o giro automático trazendo o chicote até o operador e não o contrário. Obtendo também outros ganhos como por exemplo:

- Eliminar o deslocamento excessivo dos operadores
- Garantir que a produção seja feita no tempo padrão definido
- Garantir a padronização e otimização da linha de produção



## **5 IMPLEMENTAÇÃO DE CARROSSEL AUTOMÁTICO EM LINHA DE MONTAGEM DE CHICOTES ELÉTRICOS**

### **5.1 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL**

Devido à globalização e a necessidade de tornarem mais competitivas, as indústrias passaram por diversas transformações. Foi necessária a busca pela melhoria contínua acarretando a modernização dos parques industriais, visando à competitividade, por meio de aumento da qualidade, redução de custos e preços mais acessíveis, dando origem a um conjunto de técnicas e procedimentos chamados de automação.

Segundo Moraes e Castrucci (2007, p. 12), “entende-se por automação qualquer sistema, apoiado em computadores, que substitua o trabalho humano em favor da segurança das pessoas, da qualidade dos produtos, da rapidez da produção ou da redução de custos”.

A automação tem a finalidade de melhorar as condições de trabalho e de segurança das pessoas e equipamentos, além de facilitar os processos, criando sistemas otimizados produzindo com menor custo, com maior quantidade, menor tempo e maior qualidade, ou seja, com mais eficiência.

### **5.2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE AUTOMAÇÃO**

Como o processo do colaborador caminhar até os postos de trabalho para realizar suas atividades é inviável, o carrossel automático irá garantir que o processo de produção seja feito no tempo padrão determinado que é de 4,2 minutos por chicote e sem ser necessário o desgaste por parte do colaborador.

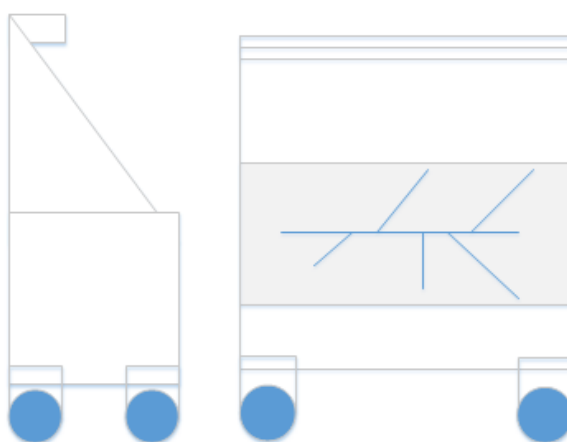
Para a estrutura mecânica (Figura. 5.1), será necessário soldar os painéis de montagem (já utilizados na produção manual) na estrutura adaptada para o carrossel. Toda estrutura mecânica será desenvolvida por uma equipe terceirizada que atende as necessidades da empresa.

Basicamente a automação do processo funcionará da seguinte maneira: O carrossel automático (Figura 5.2) irá girar continuamente (fluxo contínuo de produção) em um único sentido (sentido horário) girando ao mesmo tempo os 4 painéis de montagem e para o funcionamento do carrossel será utilizado um motor

elétrico trifásico, acoplado através do eixo a estrutura mecânica e ligado a um inversor de frequência, para que seja regulada a velocidade de 4,2 min por chicote (tempo padrão de produção). Como os painéis de montagem são em um tamanho padrão, futuramente também poderão ser acrescentadas outras velocidades para que se possa utilizar o carrossel para outras famílias de chicotes nessa mesma linha de produção (quando necessário) ou também para alteração de demanda, simplesmente alterando os painéis de montagem e regulando a velocidade necessária (tempo padrão) para a produção. No quadro elétrico ficarão disponíveis 3 velocidades que poderão ser selecionadas através de uma chave de 3 posições. A posição 1 será a velocidade padrão definida para a linha de produção (4,2 minutos) e as demais serão para essas necessidades futuras. Com o giro do carrossel automático, os operadores ficarão cada um em seu posto de trabalho, realizam sua função e aguarda a chegada do painel, passando por esses 4 postos de trabalho, isso até que seja montado um chicote completo.

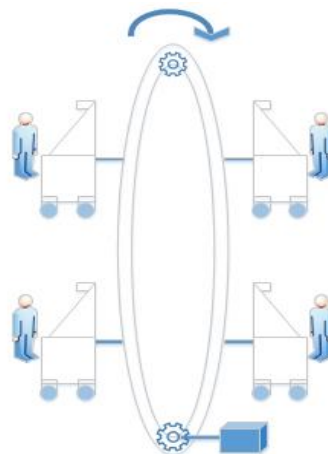
Para a proteção e controle dos circuitos e equipamentos serão necessários, um disjuntor motor e um contator de potência, componentes que já estão disponíveis na empresa, seja para reposição ou itens usados.

Todo o controle da máquina será feito por um controlador LOGO, por seu fácil manuseio e pela ampla aplicação no setor industrial. A descrição do programa LOGO se encontra no tópico 6.9 (DESCRIÇÃO DO FUNCIONAMENTO E PROGRAMA DA AUTOMAÇÃO).



**Figura 5.1 – Ilustração de estrutura com painel de montagem**

**Fonte: Indústria de chicotes elétricos, 2015.**

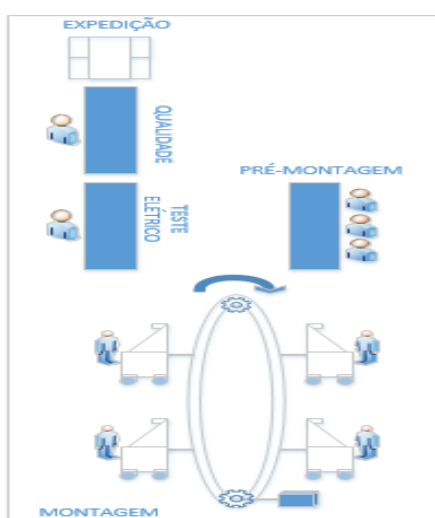


**Figura 5.2 – Ilustração Carrissel automático**

**Fonte: Indústria de chicotes elétricos, 2015.**

O líder da produção ficará responsável por operar o quadro elétrico e o controlador LOGO (quando necessário). As funções que o líder poderá controlar pelo quadro elétrico são: ligar o sistema para dar início à produção, girar motor, parar motor e encerrar o sistema. Para ocorrências de emergências, o líder poderá utilizar o botão de emergência para encerrar o processo, desligando o carrissel. Toda a descrição detalhada para operação do quadro elétrico encontra-se no Apêndice B deste trabalho.

O fluxo de produção, por sua vez, será conforme ilustrado na Figura 5.3, ou seja, inicia na pré-montagem passando pelo carrissel para que seja realizada a montagem e saindo diretamente para o setor de teste elétrico, qualidade e ficando disponível para expedição.



**Figura 5.3 – Linha de produção com carrissel automático**

**Fonte: Indústria de chicotes elétricos, 2015.**

## 6 EQUIPAMENTOS E DISPOSITIVOS PARA AUTOMAÇÃO

### 6.1 DISJUNTORES MOTOR

São dispositivos para proteção do circuito principal, combinando controle e proteção do motor.

Basicamente são utilizados para ligar e desligar os motores manualmente e protegem os motores e as instalações sem fusíveis contra curto circuito, sobrecarga e falta de fase, ou seja, suporta uma determinada corrente elétrica e ao ocorrer uma variação nessa corrente elétrica ou mesmo um curto circuito, automaticamente o dispositivo interrompe o circuito, protegendo todos os elementos que compõem esse circuito, podendo ser rearmado após sanado os problemas.

Nos dispositivos de partida, é recomendado (FRANCHI; 2008, p. 134) o uso do disjuntor motor nos seguintes casos:

- Comando deve ser local
- Frequência de operação é baixa
- Pouco espaço, pois o disjuntor atende às necessidades de comutação e proteção de sobrecargas e curto-circuito.

A Figura 6.1 mostra alguns disjuntores motor comercial.



**Figura 6.1 – Disjuntores motor**

Fonte: <http://www.riologic.com.br/index.php/produto/disjuntores-motor>, 11/07/2016.

Segundo Franchi (2008, p. 133), algumas características básicas do disjuntor motor são:

- Apresentam atuação multipolar, evitando a operação desequilibrada nos equipamentos trifásicos, como no caso do fusível, de ocorrer a queima de um único elemento.
- Operação repetitiva, ou seja, é possível religar após atuação, sem necessidade de substituição.
- Sua característica tempo x corrente, além de ajustável, não é afetada por correntes que provocaram outros disparos.
- Em alguns casos, permite comando a distância.

Os disjuntores possuem dois níveis de proteção:

- Contra sobrecorrentes pequenas e moderadas através de disparadores magnéticos ou térmicos;
- Contra correntes de curto-circuito através de disparadores eletromagnéticos.

## 6.2 CONTADORES DE POTÊNCIA

Os contadores de potência (Figura 6.2) são dispositivos de comando, utilizado para os equipamentos elétricos instalados ao longo de uma área, que possibilita o controle desses equipamentos, de forma segura, econômica e eficiente por um ou mais locais ou em pontos de comando.



**Figura 6.2 - Contador eletromagnético WEG**

**Fonte: (Soares; 2007, p. 17).**

A norma internacional IEC 60947-1 define o contator como um interruptor de operação não manual, que tem uma única posição de repouso e é capaz de estabelecer, conduzir e interromper correntes em condições normais e em sobrecarga (SOARES; 2007. p. 17).

Funciona como um dispositivo de chave liga/desliga em que os contatos mudam de estado, quando se energiza o contator, ou seja, os contatos que estavam abertos quando o contator estava desenergizado fecham e, os que estavam fechados, abrem. Assim o operador aciona o contator, que por sua vez aciona o equipamento de potência a ele associado.

Os contadores são constituídos por um conjunto de contatos fixos, e outro de contatos móveis, cujo movimento de abrir e fechar são comandados pela parte móvel de um núcleo de ferro, envolvido por uma bobina que ao ser energizada cria um campo magnético que movimenta essa parte móvel desse núcleo. Os contadores possuem um conjunto de contatos normalmente fechados (NF) que "abrem" quando a bobina é energizada e um conjunto de contatos normalmente abertos (NA) que "fecham" quando a bobina é energizada. O esquemático de um contator de potência pode ser visto na Figura 6.3.

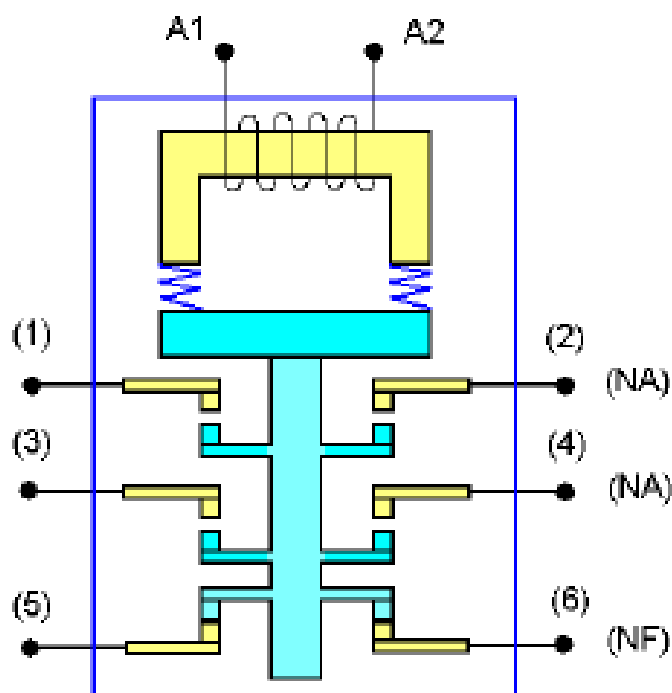
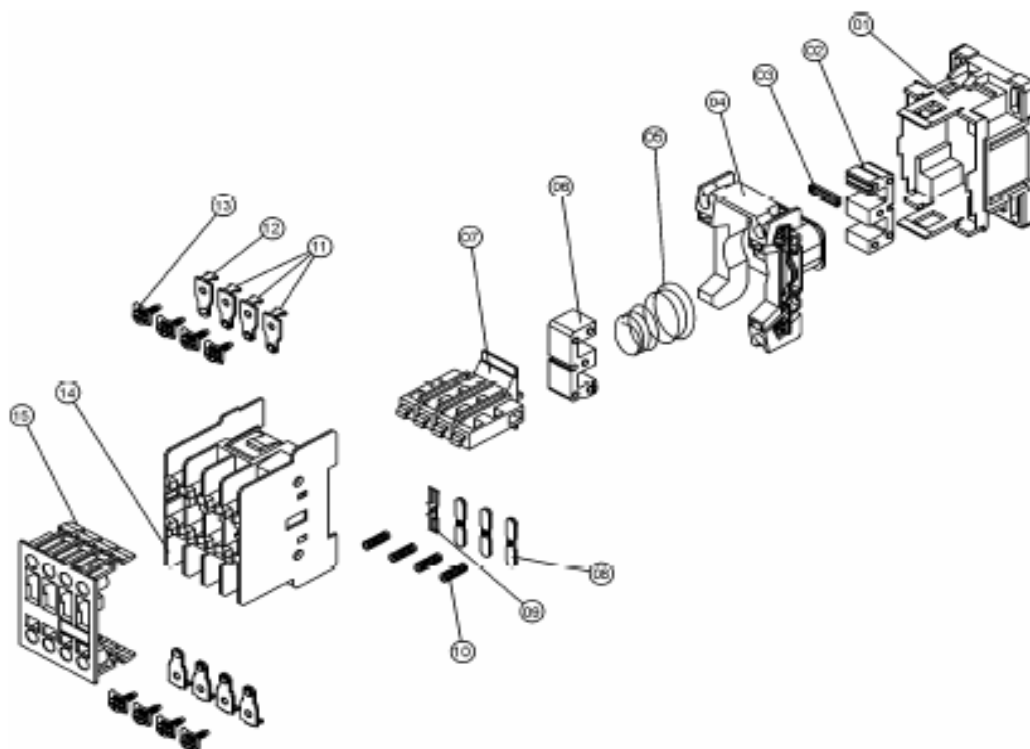


Figura 6.3 - Diagrama esquemático de um contator de potência

Fonte: <https://docente.ifrn.edu.br/heliopinheiro/Disciplinas/maquinas-e-acionamentos-eletricos-ii/apostila-basica>, 11/07/2016.

A Figura 6.4 mostra o contator eletromagnético em uma vista explodida, mostrando todos os componentes necessários à função de estabelecer e interromper a corrente (SOARES; 2007 p. 20).



**Figura 6.4 – Vista explodida do contator eletromagnético WEG, composta por: (01) Carcaça inferior; (02) Núcleo fixo; (03) Anel de curto-circuito; (04) Bobina; (05) Mola de abertura; (06) Núcleo móvel; (07) Cabeçote dos contatos móveis; (08) Contatos principais móveis; (09) Contatos auxiliares móveis; (10) Mola de contato; (11) Contatos principais fixos; (12) Contato auxiliar fixo; (13) Parafuso; (14) Carcaça superior e (15) Tampa.**

Fonte: (Soares; 2007, p. 20).

Franchi (2008, p. 145) definiu como algumas principais características do contator:

- Ligação do motor mais rápida e segura ;
- Controle de alta corrente por meio de baixa corrente;
- Comando local ou à distância;
- Possibilidade de construir chaves de partida;
- Proporciona proteção efetiva do operador;
- Garantia de desligamento do motor em caso de sobrecarga;
- Possibilidade de simplificação do sistema de operação e supervisão de instalação.

### 6.3 BOTOEIRAS E CHAVES COMUTADORAS

Para o acionamento do motor, é necessário um dispositivo para realizar a operação de ligar e desligar o motor elétrico, como por exemplo, as chaves manuais ou os botões manuais (botoeiras).

Para Franchi (2008, p. 109) “as chaves auxiliares (botoeiras) são comandadas manualmente e tem a finalidade de interromper ou estabelecer momentaneamente, por pulso, um circuito de comando para iniciar, interromper ou comandar um processo de automação”.

As chaves manuais são os dispositivos de manobra mais simples e de baixo custo para realizar o acionamento do motor elétrico, podem acionar diretamente um motor ou acionar a bobina de um contator. Sua operação é bastante simples e funcionam como um interruptor que liga ou desliga o motor. Os botões de comando são identificados segundo normas, conforme as Figuras 6.5 e 6.6 abaixo quanto às aplicações e tipos.







IDENTIFICAÇÃO DE BOTÕES SEGUNDO IEC 73 e VDE 0199		
Cores	Significado	Aplicações Típicas
	λ Parar, desligar.  λ Emergência.	λ Parada de um ou mais motores. λ Parada de unidades de uma máquina. λ Parada de ciclo de operação.  λ Parada em caso de emergência. λ Desligar em caso de sobreaquecimento perigoso.
 OU 	λ Partir, ligar, pulsar.	λ Partida de um ou mais motores. λ Partir unidades de uma máquina. λ Operação por pulsos. λ Energizar circuitos de comando.
	λ Intervenção.	λ Retrocesso. λ Interromper condições anormais.
 OU 	λ Qualquer função, exceto as acima.	λ Reset de relés térmicos. λ Comando de funções auxiliares que não tenham correlação direta com o ciclo de operação da máquina.

Figura 6.5 – Identificação e aplicações de botões de comando

<https://docente.ifrn.edu.br/heliopinheiro/Disciplinas/maquinas-e-acionamentos-eletricos-ii/apostila-basica, 11/07/2016.>

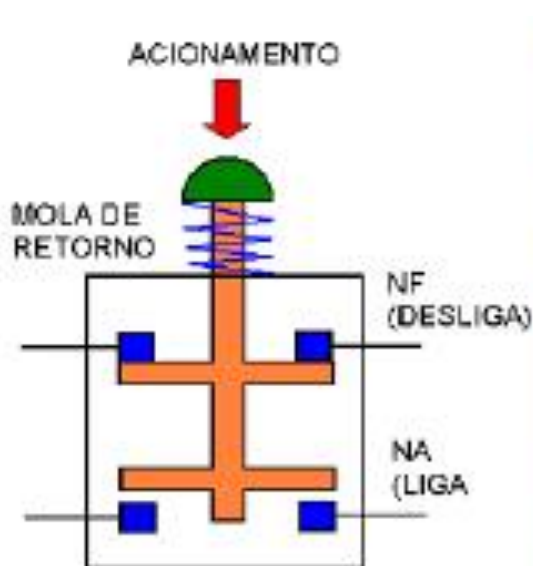




**Figura 6.6 - Tipos de chaves de comando**

Fonte: <https://docente.ifrn.edu.br/heliopinheiro/Disciplinas/maquinas-e-acionamentos-eletricos-ii/apostila-basica>, 11/07/2016.

Na chave industrial ou botoeira há o retorno para a posição de repouso através de uma mola, como pode ser observado na Figura 6.7.



**Figura 6.7 – Esquema de uma botoeira**

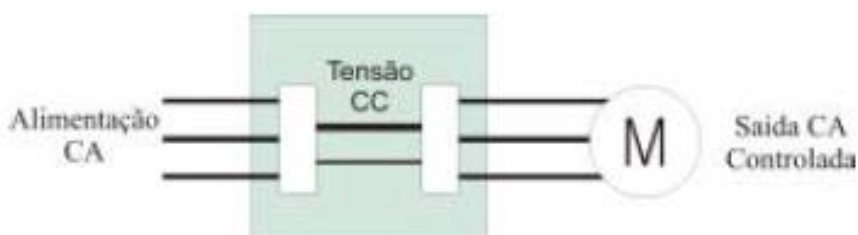
Fonte: <https://docente.ifrn.edu.br/heliopinheiro/Disciplinas/maquinas-e-acionamentos-eletricos-ii/apostila-basica>, 11/07/2016.

A Figura 6.7 mostra uma botoeira para comutação de 4 pólos. O contato NA (Normalmente Aberto) pode ser utilizado como botão liga e o NF (Normalmente Fechado) como botão desliga. Existem botoeiras com apenas um contato. Estas últimas podem ser do tipo NA ou NF.

## 6.4 INVERSORES DE FREQUÊNCIA

São dispositivos eletrônicos que convertem a tensão alternada da rede em tensão contínua (Figura 6.8), controlando totalmente a velocidade do motor de zero até a frequência máxima nominal ou superiores.

Equipamento versátil que permitiu o uso de motores de indução para controle de velocidade em substituição aos motores de corrente contínua (FRANCHI; 2008, p. 196).



**Figura 6.8 – Representação de conversão de tensão CA-CC**

Fonte: <https://docente.ifrn.edu.br>, 11/07/2016.

Os inversores de frequência (Figura 6.9) se aplicam amplamente na indústria de máquinas e processos em geral com a função de variação de velocidade e controle de torque de motores trifásicos, ou seja, controlam a rotação e a velocidade do motor elétrico, garantindo as demandas sem perdas e com considerável economia de energia.



**Figura 6.9 – Inversores de frequência**

Fonte: <http://www.weg.net>, 11/07/2016.

### 6.4.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO E COMPONENTES

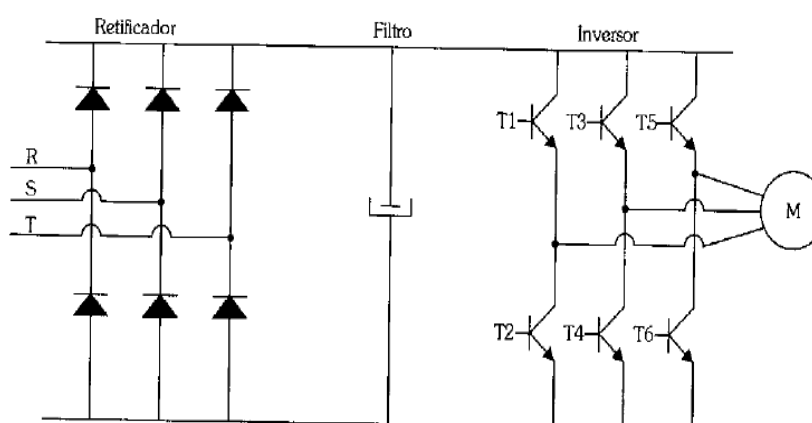
O sistema mais eficiente para se controlar a velocidade de motores de indução trifásicos, com poucas perdas no dispositivo responsável pela variação da velocidade, constitui-se na variação da frequência da fonte de alimentação por intermédio de conversores de frequência, em que o motor pode ser regulado de forma a favorecer um ajuste contínuo de velocidade e conjugado com relação à carga mecânica.

Para Franchi (2008, p. 197), os inversores podem ser classificados pela sua topologia, que são divididas em três partes, sendo a primeira para o tipo de retificação de entrada, a segunda para o tipo de controle do circuito intermediário e a terceira para a saída.

Retificador: na rede de entrada, a frequência é fixa em 60Hz, alterada pelo retificador em contínua. O filtro muda a tensão em contínua com valor de aproximadamente:

$$V_{cc} = 1,41 \times V_{rede}$$

Controle de chaveamento: a Figura 6.10 abaixo representa um diagrama esquemático do circuito de um inversor de frequência:



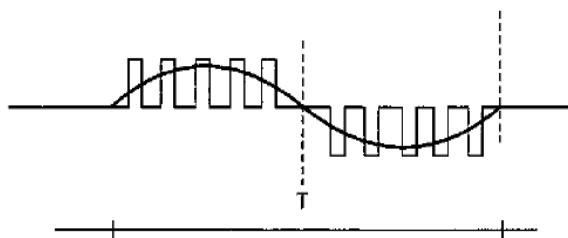
**Figura 6.10 – Diagrama esquemático do circuito de um inversor de frequência**

**Fonte: Franchi (2008, p. 198).**

A tensão contínua é inserida aos terminais de saída dos Tiristores T1 a T6, que atua no corte ou na saturação como uma chave estática. O circuito de comando faz o controle desses circuitos, obtendo um sistema de tensão alternada. O circuito de comando dos transistores de potência gera os pulsos de controle dos transistores

de potência utilizando micro controladores digitais. Técnica possível e extremamente confiável. O controle da frequência do sinal trifásico é feito pela atuação sobre a taxa de variação do chaveamento das bases dos transistores. Com o sinal ou alimentação em corrente contínua no modulador, a frequência e a tensão de saída do modulador para o motor não dependem da rede de alimentação do conversor, fato que permite que o conversor possa ultrapassar a frequência nominal da rede.

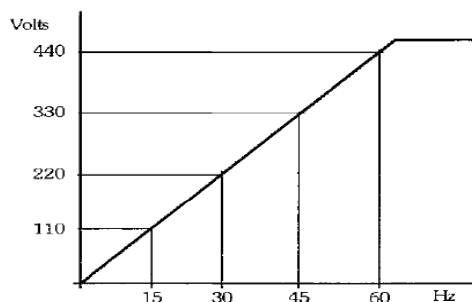
Na Figura 6.11 é possível visualizar as tensões de saída em forma senoidal, para uma frequência com período  $T$ . A tensão de saída muda de acordo com o forma de modulação denominado PWM (Pulse Width Modulation) que gera uma corrente senoidal ao motor para uma frequência de modulação na faixa de 2 KHZ.



**Figura 6.11 – Tensões de saída em forma senoidal**

**Fonte: Franchi (2008, p. 199).**

O princípio de funcionamento tem como base uma tensão CC no circuito intermediário e que deve ser transformada em tensão CA para acionar o motor AC. A topologia PWM, é a mais utilizada nos inversores de frequência atuais. Como a tensão é fixa, deve-se chavear os transistores de saída pela modulação de largura de pulso para obter uma forma de tensão CA de frequência variável. Com isso, é possível variar a velocidade do motor. A oscilação da frequência é muito grande e pode ser de forma escalar ou vetorial. A escalar é mais comum e é uma relação direta entre frequência e tensão, como pode ser visto na Figura 6.12.



**Figura 6.12 – Gráfico Tensão X Frequência**

**Fonte: Franchi (2008, p. 199).**

## Blocos básicos do inversor de frequência

Atualmente, estão disponíveis inúmeros inversores de frequência no mercado e possuem diferenças de um fabricante para outro, porém, sua estrutura básica é comum para a maioria dos fabricantes.

A Figura 6.13 descreve a representação em blocos dos componentes dos inversores de frequência.

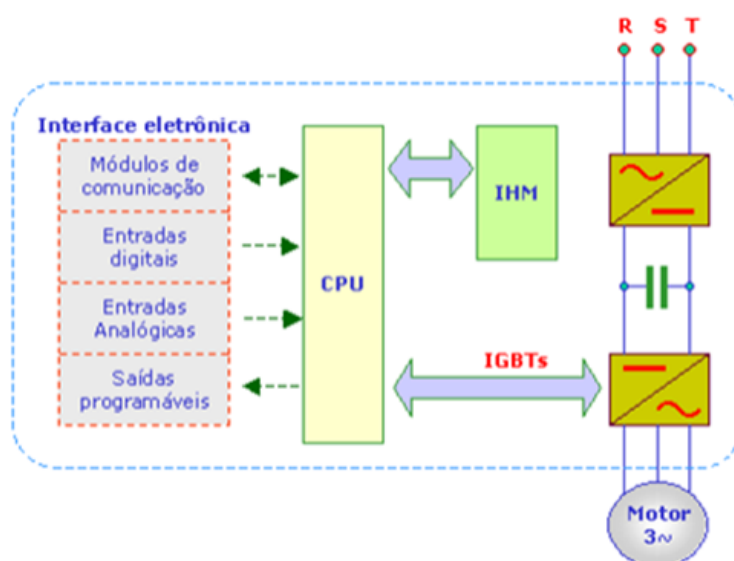


Figura 6.13 – Blocos dos componentes de um inversor de frequência

Fonte: <http://www.clubedaeletronica.com.br>, 22/08/2016.

### CPU (Unidade de Processamento Central)

A CPU pode ser formada por microprocessador ou microcontrolador. E é nesse bloco em que as informações estão armazenadas, já que uma memória está integrada a esse conjunto. “A CPU não apenas armazena os dados e parâmetros relativos ao equipamento, como também executa a função mais vital para o funcionamento do inversor: geração dos pulsos de disparo, por meio de uma lógica de controle coerente, para os IGBTs” (FRANCHI; 2008, p. 204).

### IHM

O segundo bloco é a IHM (Interface Homem/Máquina), através do display desse dispositivo que podemos acompanhar o funcionamento no inversor, bem como

configurá-lo de acordo com a necessidade. Com o IHM é possível visualizar as grandezas do motor, como: tensão, corrente, frequência, status de alarme, entre outras funções. É também possível visualizar o sentido de giro, verificar o modo de operação (local ou remoto), ligar ou desligar o inversor, variar a velocidade, alterar parâmetros e outras funções.

## **Interfaces**

A maioria dos inversores são comandados por dois tipos de sinais: analógicos ou digitais. Para controlar a velocidade de rotação de um motor AC no inversor, deve se utilizar uma tensão analógica de comando. Essa tensão se situa entre 0 a 10Vcc. A velocidade de rotação (RPM) é proporcional ao seu valor, por exemplo:

$$1 \text{ Vcc} = 1000 \text{ RPM}, 2 \text{ Vcc} = 2000 \text{ RPM}$$

Para inverter o sentido de rotação, é necessário inverter a polaridade do sinal analógico (de 0 a 10 Vcc sentido horário e -10 a 0 Vcc sentido anti-horário). Este é o sistema mais comum em máquinas e ferramentas automáticas, sendo a tensão analógica de controle vindo do controle numérico computadorizado (CNC). Além da interface analógica, o inversor possui entradas digitais. Com a parametrização da programação é possível selecionar a entrada válida (analógica ou digital).

## **Etapa de potência**

A etapa de potência é constituída por um circuito retificador, alimentando (através de um circuito intermediário denominado “barramento DC”) o circuito e saída inversor (módulo IGBT).

O diagrama da Figura 6.14 mostra a representação detalhada de um inversor de frequência comercial:

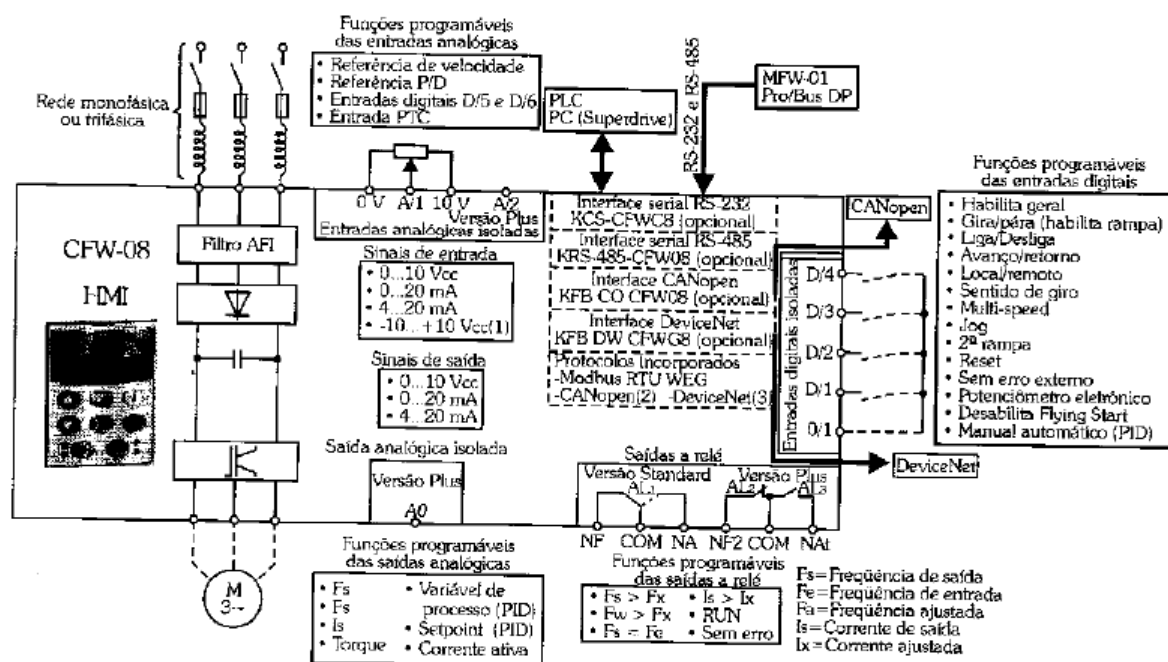


Figura 6.14 – Representação detalhada do inversor CFW08

Fonte: Franchi (2008, p. 206).

## Função multispeed

A utilização da função multispeed é aplicada quando necessário mais valores de velocidade, sendo possível até oito valores de velocidades fixas pré-programadas. Faz o controle da velocidade de saída, relacionando os valores das velocidades pré-definidos por parâmetros, conforme a combinação lógica das entradas digitais programadas para a função multispeed.

## 6.5 MOTORES ELÉTRICOS TRIFÁSICOS

Para Franchi (2008) o motor de indução trifásico é o mais utilizado pela indústria e também no ambiente doméstico, pois os sistemas atuais de distribuição de energia elétrica normalmente são trifásicos de corrente alternada. O motor elétrico é uma máquina destinada a transformar energia elétrica em energia mecânica. É o mais usado de todos os tipos de motores, pois combina as vantagens da utilização de energia elétrica – baixo custo, facilidade de transporte, limpeza e simplicidade de comando – com sua construção simples, custo reduzido, grande

versatilidade de adaptação às cargas dos mais diversos tipos e o melhor rendimento.

O motor de corrente alternada (CA) pode ser do tipo síncrono ou assíncrono, e nesse projeto será utilizado o motor assíncrono, pois esse é o mais utilizado, em conjunto com comandos elétricos, devido ao seu custo, robustez e facilidade para inversão do sentido de rotação (FRANCHI, 2008). O motor CA assíncrono é denominado motor de indução, pois seu princípio de funcionamento está baseado na indução eletromagnética, além de não exigir o uso de escovas e nem de comutadores existente nos motores CC, evitando os problemas relacionados com o desgaste e a manutenção (FILHO, 2002).

Para Franchi (2008), o motor de indução é composto por: estator, bobinas e rotor. O estator é uma parte estática do motor de indução. Nesse, encontra-se a carcaça, o núcleo de chapas e o enrolamento trifásico.

No estator, o enrolamento trifásico é constituído por bobinas defasadas de  $120^\circ$  entre si, responsáveis pelo campo magnético girante dentro da máquina (CARVALHO, 2007). No motor de indução, o elemento que está dotado de velocidade angular em relação ao estator denomina-se rotor (SIMONE, 2003). O rotor encontra-se inserido no interior do estator, que é constituído por um núcleo de chapas magnéticas com as mesmas características das chapas do estator. O núcleo de chapas do rotor é suportado pelo eixo do motor e, como haverá indução nas barras do rotor, ele rotaciona.

Grande parte dos motores de indução é formada por rotores tipo gaiola de esquilo, que possuem este nome em função do formato do rotor (SIMONE, 2003). O motor do tipo gaiola de esquilo é montado sobre um eixo que gira dentro do campo magnético girante suportado por rolamentos instalados nas extremidades do eixo (CARVALHO, 2007). Instalada no eixo, na parte traseira do motor, geralmente encontram-se uma ventoinha, que direciona ar entre as aletas na carcaça do motor, ajudando a resfriá-lo. A Figura 6.15 mostra uma vista explodida de um motor de indução trifásico.



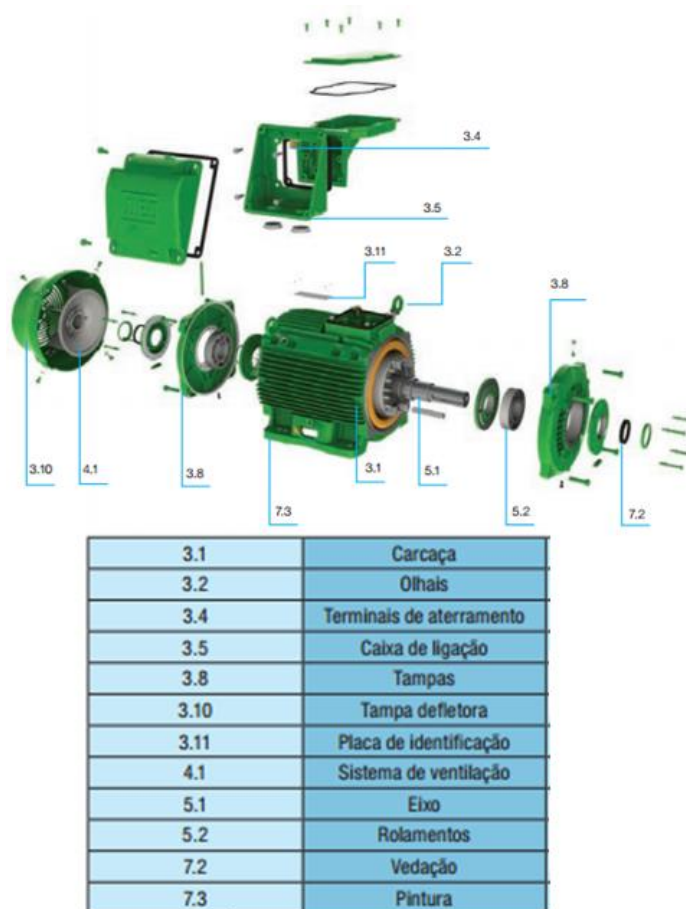


Figura 6.15 – Vista explodida motor WEG

Fonte: <http://ecatalog.weg.net>, 05/09/2016

### 6.5.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DO MOTOR TRIFÁSICO

Um campo magnético dirigido é criado quando uma bobina é percorrida por uma corrente elétrica, conforme o eixo da bobina e com seu valor proporcional à corrente (FRANCHI, 2008). As Figuras 6.16 A e B, mostram enrolamentos trifásicos.

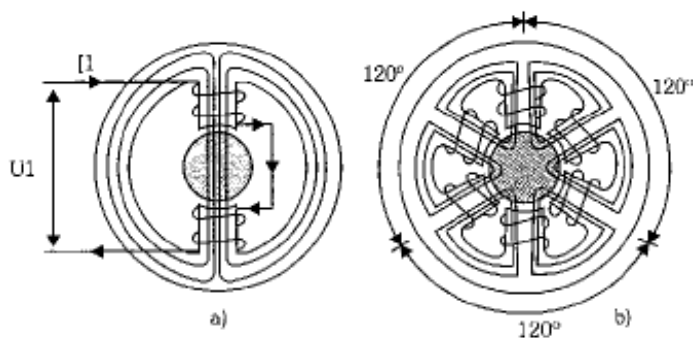
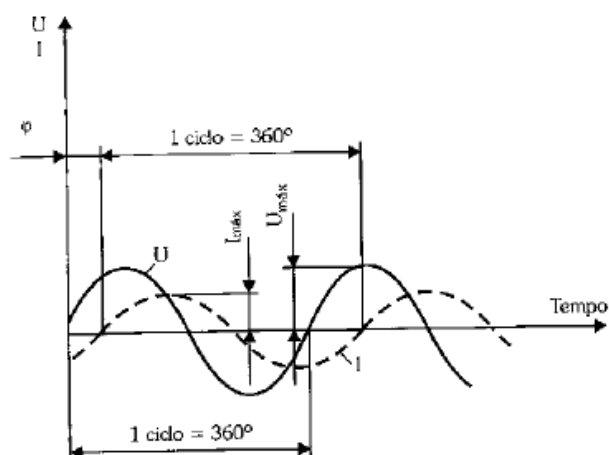


Figura 6.16 – Enrolamento de motor monofásico (a) e enrolamento de motor trifásico (b)

Fonte: Franchi (2008, p. 53).

A Figura 6.16a mostra um enrolamento monofásico sendo atravessado por uma corrente  $I$ , e o campo  $H$  é criado por ela. O enrolamento é constituído por um par de pólos (norte e sul) e os efeitos se somam para estabelecer o campo  $h$ . o fluxo magnético atravessa o rotor entre os dois pólos e se fecha através do núcleo do estator.

Se a corrente  $I$  é alternada, o campo  $h$  também é, seu valor, a cada instante, é representado pelo gráfico da Figura 6.17, inclusive invertendo o sentido a cada meio ciclo (FRANCHI, 2008).



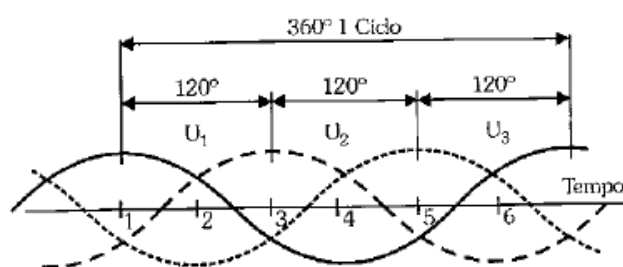
**Figura 6.17 – Figura do gráfico de corrente e tensão**

**Fonte: Franchi (2008, p. 54).**

O campo  $H$  torna-se pulsante, pois sua intensidade varia proporcionalmente à corrente sempre na direção norte-sul.

A Figura 6.16b mostra um enrolamento trifásico feito com três enrolamentos monofásicos defasados entre si de  $120^\circ$ . Se esse enrolamento for alimentado por um sistema trifásico, as correntes  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$  criarão, do mesmo modo, os seus próprios campos magnéticos  $H_1$ ,  $H_2$ ,  $H_3$ , sendo esses campos também espaçados de  $120^\circ$ . Além disso, como são proporcionais às respectivas correntes, torna-se defasados no tempo de  $120^\circ$  entre si e podem ser representados por um gráfico igual ao da Figura 6.18.

O campo total resultante a cada instante é igual à soma gráfica dos três campos  $H_1$ ,  $H_2$  e  $H_3$  num dado instante (FRANCHI, 2008).

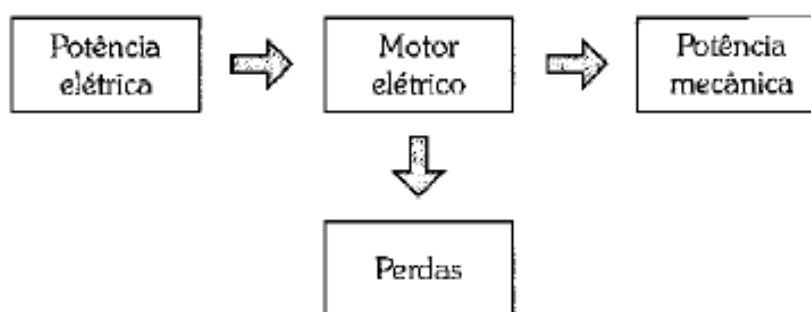


**Figura 6.18 – Gráfico da corrente e tensão alternadas de um circuito trifásico**

Fonte: Franchi (2008, p. 54).

Assim, quando um enrolamento trifásico é alimentado por correntes trifásicas, é criado um campo girante como se houvesse um único par de pólos girantes com intensidade constante. O campo girante, criado pelo enrolamento trifásico do estator, induz tensões nas barras do rotor, nas quais geram correntes e, assim, campo no rotor de polaridade oposta à do campo girante. Como campos opostos se atraem, e sendo o campo girante do estator é rotativo, o rotor tende a acompanhar a rotação desse campo desenvolvendo um conjugado motor que faz com que o rotor gire.

Segundo Franchi (2008) o motor elétrico transforma a potência elétrica fornecida em potência mecânica e uma reduzida percentagem em perdas, como mostra a Figura 6.19.



**Figura 6.19 – Conversão da potência em um motor elétrico**

Fonte: Franchi (2008, p. 55)

## 6.8 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

Para Prudente (2007) o controlador lógico programável (CLP) é definido por como um equipamento composto de componentes eletrônicos e memória programável ou não programável que contenha dados e programas com a finalidade

de ler e executar instruções, podendo interagir com um sistema que deve ser controlado por dispositivos de entrada e saída de dados do digital ou analógico (PRUDENTE, 2007). A Figura 6.20 mostra modelos de LOGO da Siemens.



**Figura 6.20 – LOGO comercial Siemens**

Fonte: [www.siemens.com.br](http://www.siemens.com.br), 06/09/2016

O CLP é um dispositivo que tem a função de controle em vários níveis e por não ser algo tão complexo, pode ser programado e utilizado por pessoas sem ser necessário um vasto conhecimento no uso de computadores. Foi projetado para atuar em ambiente industrial com variações de temperatura, umidade, vibrações, distúrbios elétricos e outras variantes existentes nas indústrias, porém, é necessário verificar os limites mínimos e máximos das variações que o CLP suporta, para manter um funcionamento correto. Desde o seu surgimento, até os dias de hoje, muita coisa evoluiu nos controladores lógicos programáveis, como a variedade de tipos de entradas e saídas, o aumento da velocidade de processamento, a inclusão de blocos lógicos complexos para tratamento de sinais e principalmente o modo de programação e a interface com o usuário. (PRUDENTE, 2007). A Figura 6.21 ilustra um LOGO Siemens, bem como a descrição de cada componente externo do dispositivo.

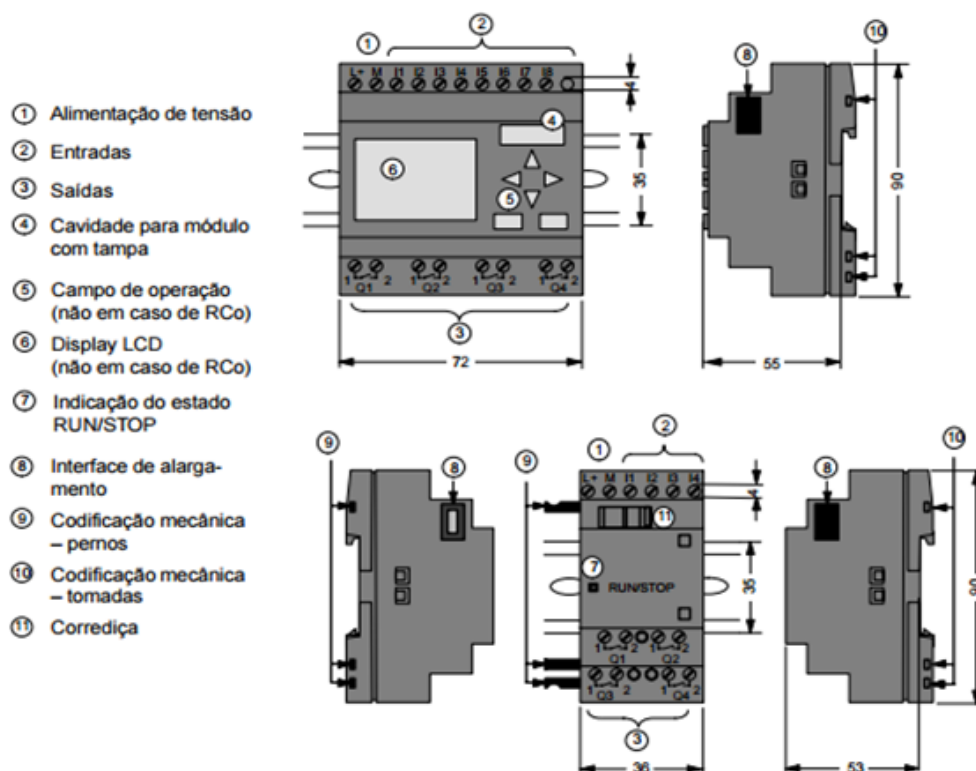


Figura 6.21 - Ilustração do dispositivo LOGO Siemens

Fonte: [www.siemens.com.br](http://www.siemens.com.br), 06/09/2016

O dispositivo LOGO possui uma vasta aplicação e dentre eles, está listado abaixo algumas de suas aplicações:

- Rega de plantas em estufas
- Comando de esteiras de transporte;
- Comando de máquina de curvar;
- Iluminação de vitrinas;
- Instalação de campainhas, por ex. em uma escola;
- Supervisão de estacionamentos de veículos;
- Iluminação exterior;
- Comando de persianas e afins;
- Iluminação exterior e interior de uma residência;
- Comando de máquina de bater produto laticínio;
- Iluminação de ginásios;
- Comando de escoamento de processos para máquinas de soldagem de cabo com grandes secções transversais;
- Atuador de graus para por ex. ventiladores;

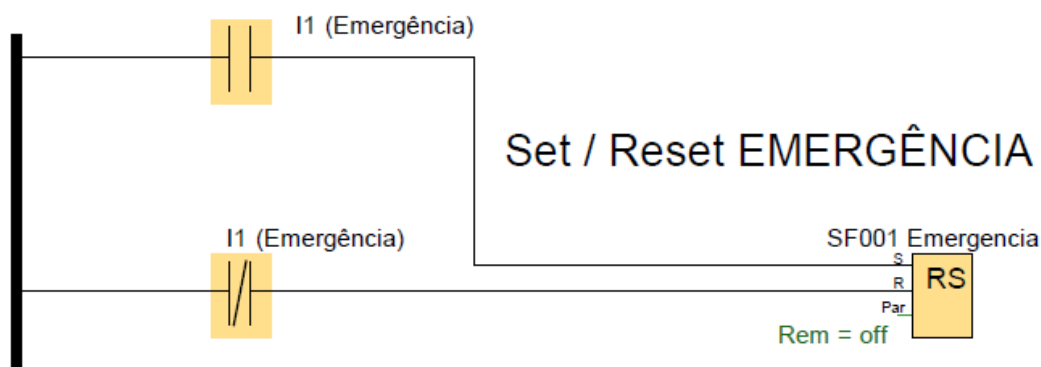
- Controle automático de sequência de caldeirão de calefação;
- Comando de diversos pares de bombas com operação central Dispositivo de corte, por ex. para mecha detonante;
- Acompanhamento da vida útil, por ex. instalações de energia solar;
- Comando de plataforma de elevação;
- Impregnação de artigos têxteis, emissão de impulsos de esteiras de transporte e fitas de aquecimento;
- Comando de instalações para abastecimento de silos.

### 6.8.1 DESCRIÇÃO DO FUNCIONAMENTO E PROGRAMA DA AUTOMAÇÃO

O programa que gerenciará todo o sistema do carrossel foi criado e representado em linguagem LADDER, utilizando o programa LOGO! Soft Comfort da Siemens, versão V8. 0.0.

#### Descrição do Programa

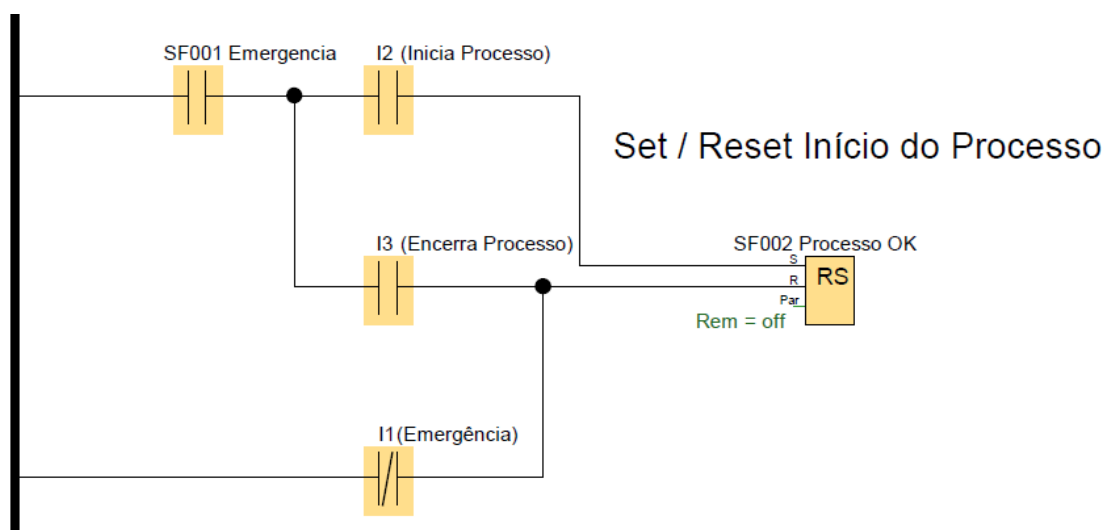
Acionando o botão de emergência, o processo é parado, acionando a luz de emergência, mostrado na Figura 6.22.



**Figura 6.22 – Set / Reset de Emergência**  
**Fonte: Indústria de chicotes elétricos, 2015.**

Ao acionar o botão Inicia processo (I2), o sistema é iniciado e a sinalização de Sistema ligado acenderá, porém ainda não faz com que o carrossel comece a girar.

Quando o carrossel estiver girando é possível desligar todo o sistema, acionando o botão Encerra processo (I3), como mostra a Figura 6.23.

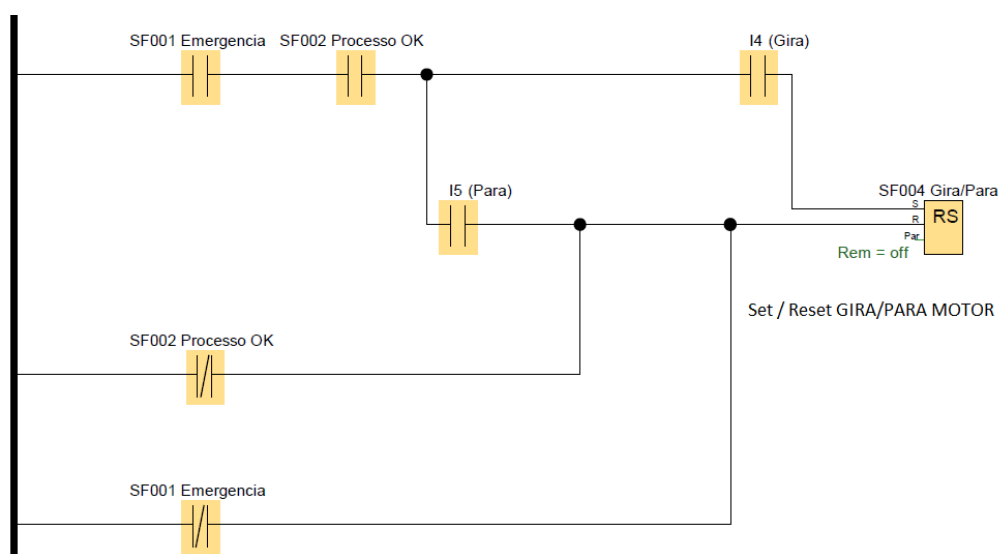


**Figura 6.23 – Set / Reset Início de processo**

Fonte: Indústria de chicotes elétricos, 2015.

Após o Sistema ligado, para iniciar o giro do carrossel, deve-se acionar o botão GIRA (I4), o sinalizador também indicará que o carrossel está em funcionamento.

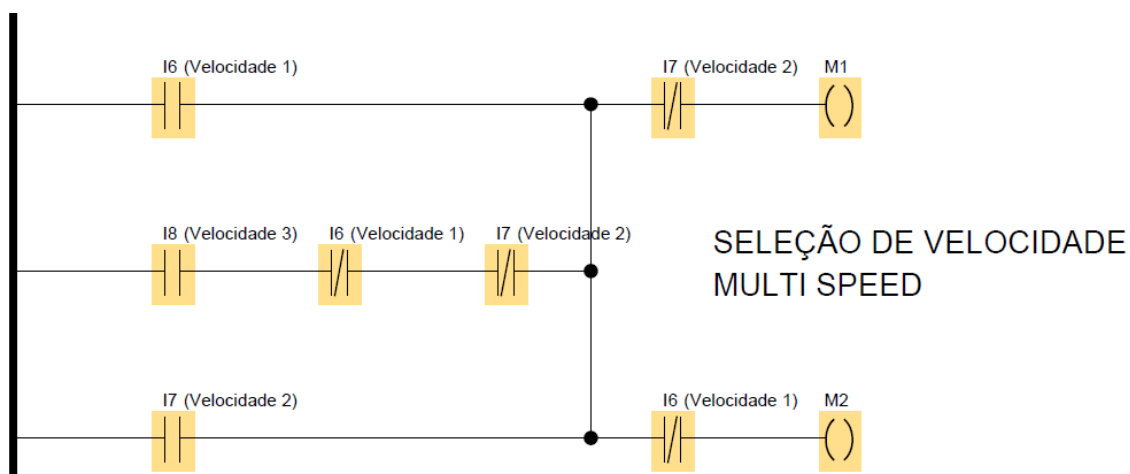
Se necessário parar o carrossel (paradas rápidas), basta acionar o botão PARA que o carrossel vai parar, acionando também o sinalizador que indicará que o carrossel está parado. Para retomar o giro do carrossel, simplesmente deve-se acionar o botão GIRA (I4) novamente, a Figura 6.24 mostra a programação descrita.



**Figura 6.24 – Set / Reset Gira/Para motor**

Fonte: Indústria de chicotes elétricos, 2015.

Tem a função de selecionar a velocidade do carrossel, o programa está definido para velocidade padrão que será a velocidade 1(I6). As outras são para necessidades futuras. Conforme a Figura 6.25.



**Figura 6.25 – Seleção de velocidade**

Fonte: Indústria de chicotes elétricos, 2015.

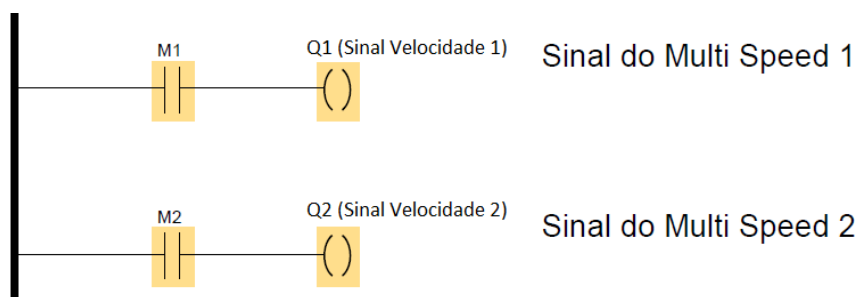
O sinal I6 aciona somente a memória M1 e envia o sinal para a saída do LOGO Q1, quando o sinal I7 está acionado ele alimenta somente a memória M2 e a saída Q2 do LOGO, alternando as velocidades, como mostrado na Figura 6.26.

Dessa forma:

$Q1 = 1$  e  $Q2 = 0$  = velocidade 1

$Q1 = 0$  e  $Q2 = 1$  = velocidade 2

$Q1 = 1$  e  $Q2 = 1$  = velocidade 3

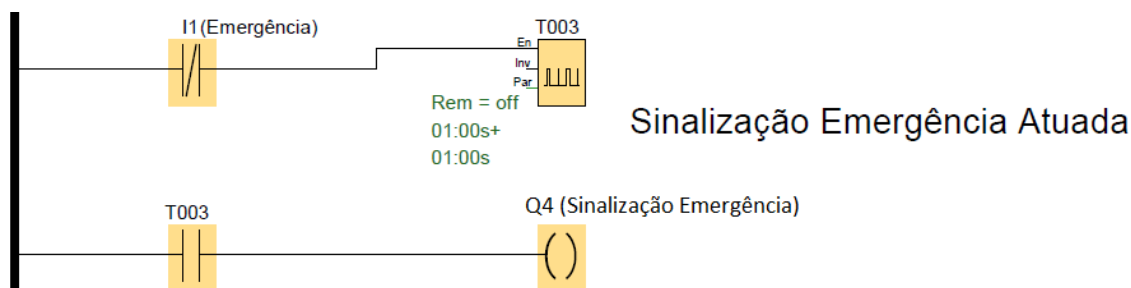


**Figura 6.26 – Sinais multi speed**

Fonte: Indústria de chicotes elétricos, 2015.



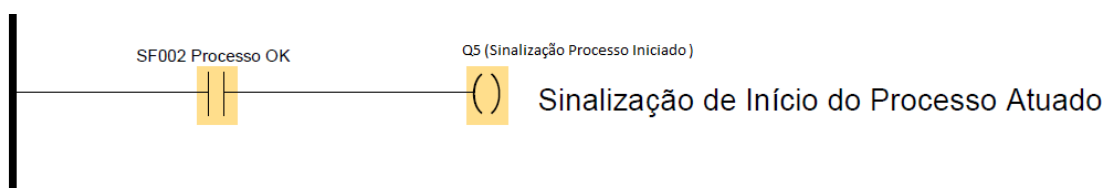
Intertravamento que aciona e faz com que a sinalização de emergência fique piscando, quando acionado o botão de emergência (I1). A Figura 6.27 mostra essa programação.



**Figura 6.27 – Sinalização emergência atuada**

**Fonte: Indústria de chicotes elétricos, 2015.**

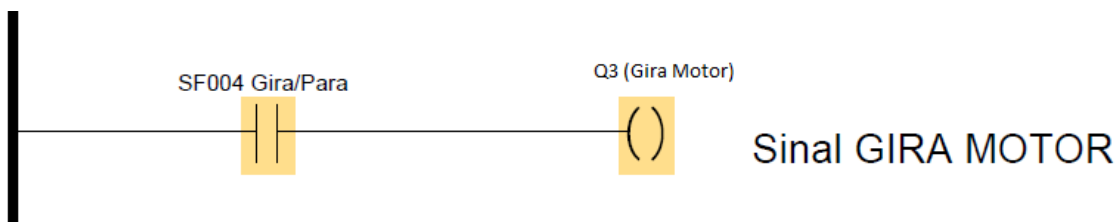
O programa ilustrado na Figura 6.28, mostra que ao acionar o botão Inicia processo (I2), o sistema é iniciado e a sinalização de Sistema ligado acenderá, porém ainda não faz com que o carrossel comece a girar.



**Figura 6.28 – Sinalização de Início do processo atuado**

**Fonte: Indústria de chicotes elétricos, 2015.**

Após o Sistema ligado, para iniciar o giro do carrossel, deve-se acionar o botão GIRA (I4), enviando o comando para girar o motor(Q3), como ilustrado na Figura 6.29.

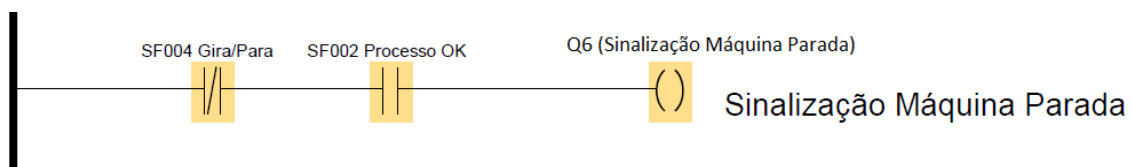


**Figura 6.29 – Sinal Gira motor**

**Fonte: Indústria de chicotes elétricos, 2015.**

Se necessário parar o carrossel (paradas rápidas), basta acionar o botão PARA que

o carrossel vai parar, acionando também o sinalizador que indicará que o carrossel está parado. Para retomar o giro do carrossel, simplesmente deve-se acionar o botão GIRA (I4) novamente, ilustrado pela Figura 6.30.



**Figura 6.30 – Sinalização Máquina Parada**  
**Fonte: Indústria de chicotes elétricos, 2015.**

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o trabalho realizado de otimização e nivelamento da linha de produção, através de aplicações das ferramentas da metodologia lean, se alcança resultados consideráveis.

Mas o trabalho de padronização juntamente com a automação do processo através do carrossel automático é que vai consolidar todo o trabalho feito e é o que vai manter o processo contínuo e automático, eliminando caminhadas desnecessárias dos colaboradores, melhorando a ergonomia na realização das atividades e melhorando os resultados de produção.

O processo de padronização das atividades de produção e a automação possibilitam também a aplicação para montagens de outros chicotes, de outras linhas (quando necessário), para isso, basta ser encontrado o tempo padrão, balanceamento das atividades e input dos dados no sistema de gerenciamento do carrossel.

O nivelamento das atividades de produção equilibra a linha de produção como um todo, facilitando o processo de montagem e eliminando desperdícios de produção e também tempo de espera (ociosidade).

Após um período de adaptação dos operadores, os resultados serão ainda mais satisfatórios, uma vez que os operadores estarão familiarizados com o processo, diminuindo retrabalhos e aumentando a produção diária.

Por fim, os resultados serão uma produção padronizada, mais eficiente, gerando assim mais competitividade para a empresa.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Relatório De Acompanhamento Setorial Autopeças**. Campinas: ABDI, 2008. Disponível em: <http://www.abdi.com.br/Estudo/autope%C3%A7as.pdf>. Acesso em: 16/05/2016.

BASTOS, Bernardo Campbell. **Aplicação de Lean Manufacturing em uma linha de produção de uma empresa do setor automotivo**. 2012. 83f. Dissertação (Mestrado em Eng. Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade de Taubaté, 2012.

CARVALHO, Geraldo. **Máquinas elétricas**. São Paulo: Érica, 2007.  
SIMONE, Gilio Aluisio; CREPPE, Renato Crivellari. **Conversão eletromecânica de energia**. São Paulo: Érica, 2002.

DIAS, Josimara Martins; SENHORAS, Eloi Martins. Tendências Da Indústria Automotiva Brasileira: Um Estudo Do Caso Fiat - UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS – UNICAMP, 2005. Disponível em:<[www.researchgate.net/publication/237801184](http://www.researchgate.net/publication/237801184)>. Acesso em: 11/05/2016.

FILHO, Guilherme Filippo. **Motor de Indução**. São Paulo: Érica, 2002.

FRANCHI, Claiton Moro. **Acionamentos elétricos**. 4. ed São Paulo: Érica, 2008.

LINDGREN, Paulo Cesar Corrêa. **Implementação do Sistema de Manufatura enxuta (lean Manufacturing) na Embraer**. Monografia (MBA em Gerência de Produção e Tecnologia) – Departamento de Economia, Contabilidade, Administração e Secretário Executivo da Universidade de Taubaté, 2001.

MORAES, Cícero Couto de; CASTRUCCHI, Plínio de Lauro. **Engenharia de Automação Industrial**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

PRUDENTE, Francesco. **Automação Industrial – PLC: Teoria e Aplicações – Curso Básico**: 1. ed. São Paulo: LTC, 2007.

RIANI, Aline Mattos. **O Lean Manufacturing Aplicado Na Becton Dickinson**. 2006. 52f. Monografia (Graduação em Eng. de Produção) - Coordenação De Curso De Engenharia De Produção Da Universidade Federal De Juiz De Fora, 2012.

RODRIGUES, Marcus Vinicius. **Entendendo, aprendendo e desenvolvendo sistemas de produção Lean Manufacturing**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

SANTOS, Javier; WYSK, Richard A; TORRES, José Manuel. **Otimizando a produção com a metodologia Lean**. São Paulo: Leopardo, 2009.

SOARES, Itamar Fernandes. **Desenvolvimento De Um Controle Eletrônico De Tensão Para Contatores Eletromagnéticos**. Dissertação (Mestrado em Eng. Elétrica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, 2007.

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. **Normas para elaboração de trabalhos acadêmicos**, Comissão de Normalização de Trabalhos Acadêmicos. Curitiba: UTFPR, 2008.122p.

VANALLE, Rosangela Maria; SALLES, José Antônio Arantes. **Relação entre montadoras e fornecedores: modelos teóricos e estudos de caso na indústria automobilística brasileira**. Gestão & Produção, 2011. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-530X2011000200002&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2011000200002&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 11/05/2016.

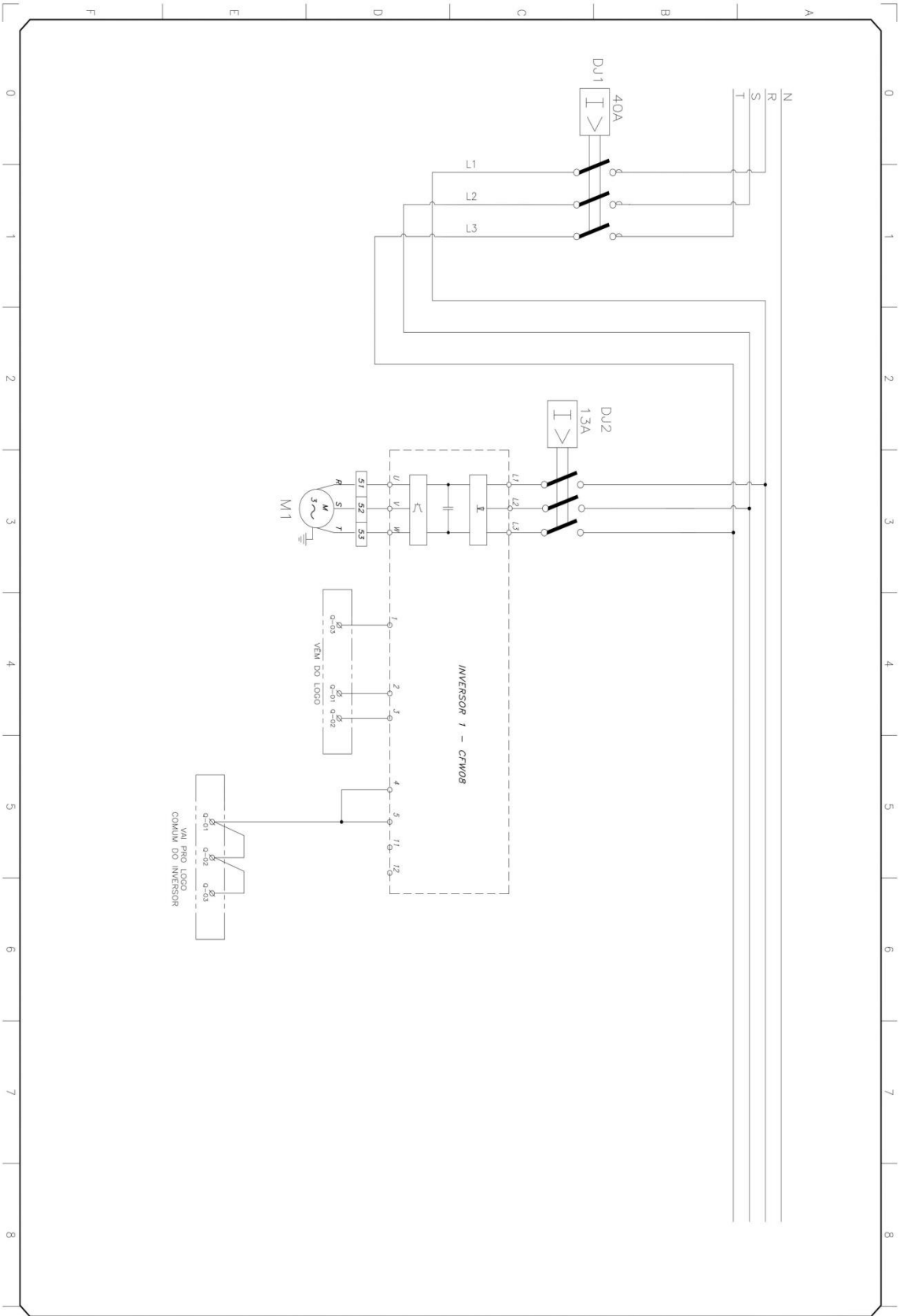
WERKEMA, Maria Cristina Catarino. **Lean Seis Sigma – Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing**. 1. Ed. Belo Horizonte: Werkema Editora, 2006.

WOWACK, James P; JONES, Daniel T; ROOS, Daniel. **A máquina que mudou o mundo**. 5ª Edição. Editora Campus, 2004.

## **APÊNDICES**

APÊNDICE A – Projeto elétrico da automação

APÊNDICE B – Manual prático de operação



PROJETO		REVISÃO	
DATA	FEITO POR	DATA	FEITO POR

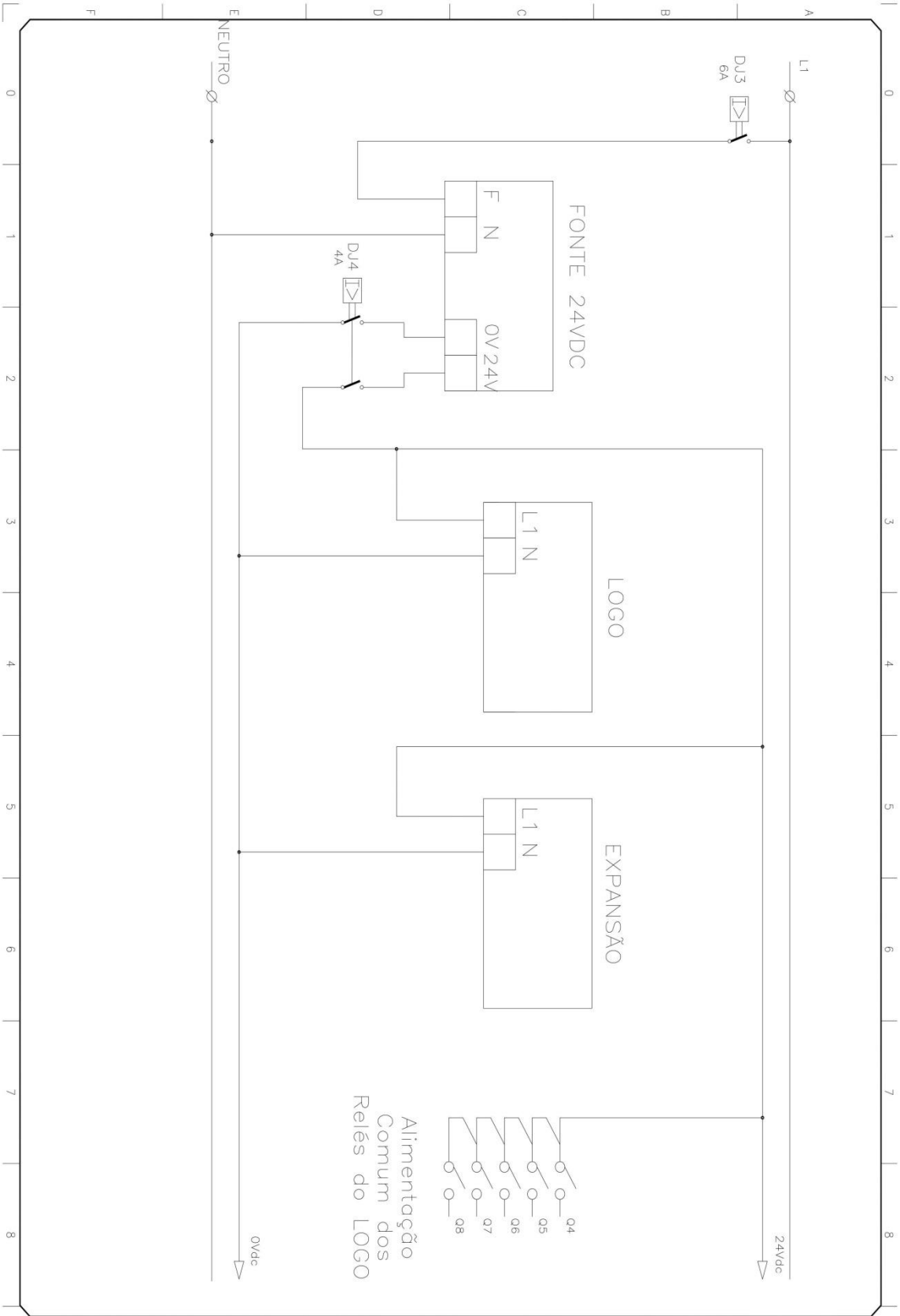
  

COMANDO		CONFERIDA POR	
DATA	FEITO POR	DATA	FEITO POR

Proj. No. SCS-04  
Data: 09/09/00

Proj. No. 04P

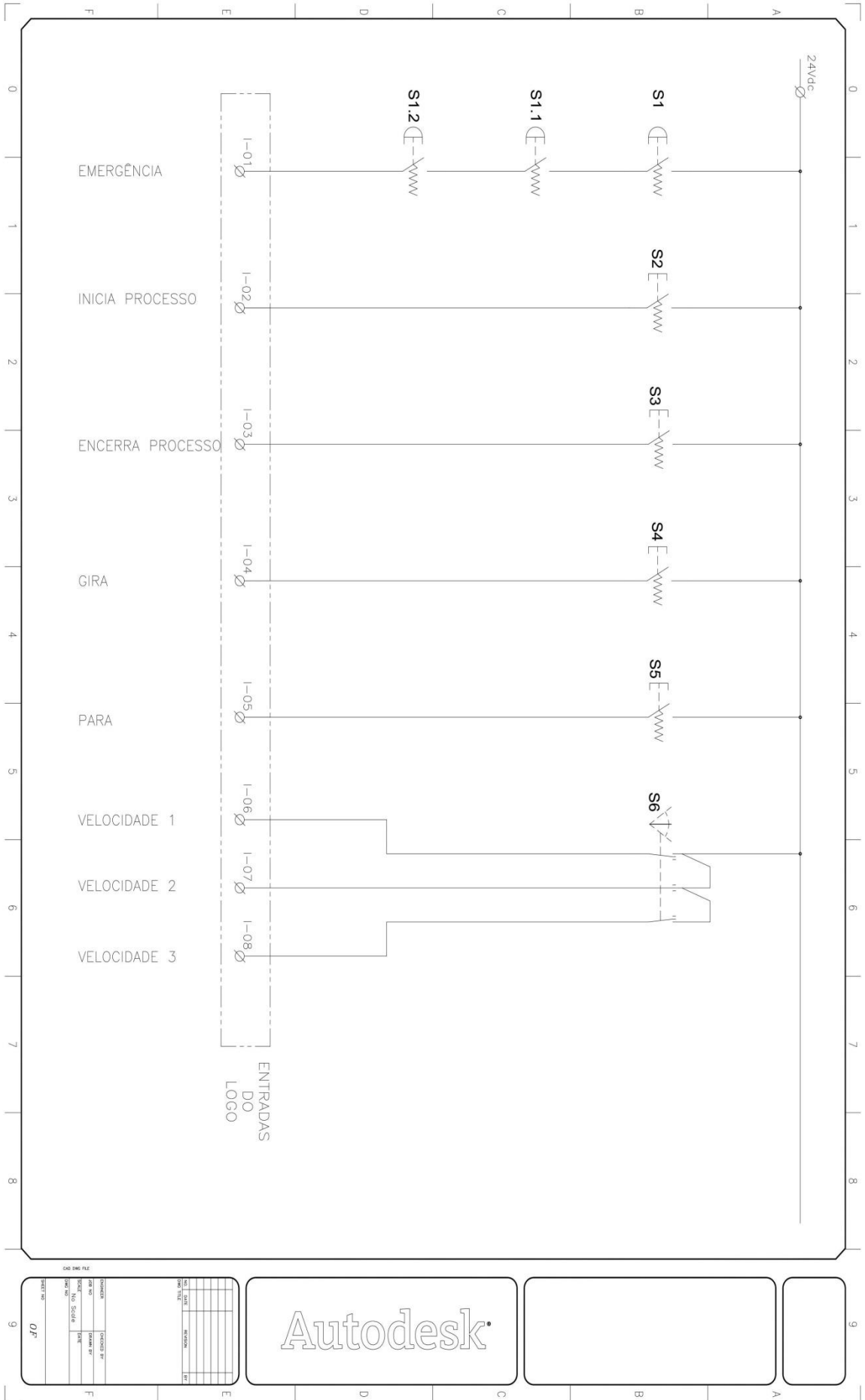
Autodesk



PROJETO	REVISÃO
DATA	FECHA
PROJ. Nº	REVIS. Nº
PROJ. Nome	REVIS. Nome
PROJ. Escala	REVIS. Escala
PROJ. Data	REVIS. Data
PROJ. Autor	REVIS. Autor
PROJ. Aprov.	REVIS. Aprov.
PROJ. Desenh.	REVIS. Desenh.
PROJ. Escala	REVIS. Escala
PROJ. Data	REVIS. Data
PROJ. Autor	REVIS. Autor
PROJ. Aprov.	REVIS. Aprov.
PROJ. Desenh.	REVIS. Desenh.

# Autodesk

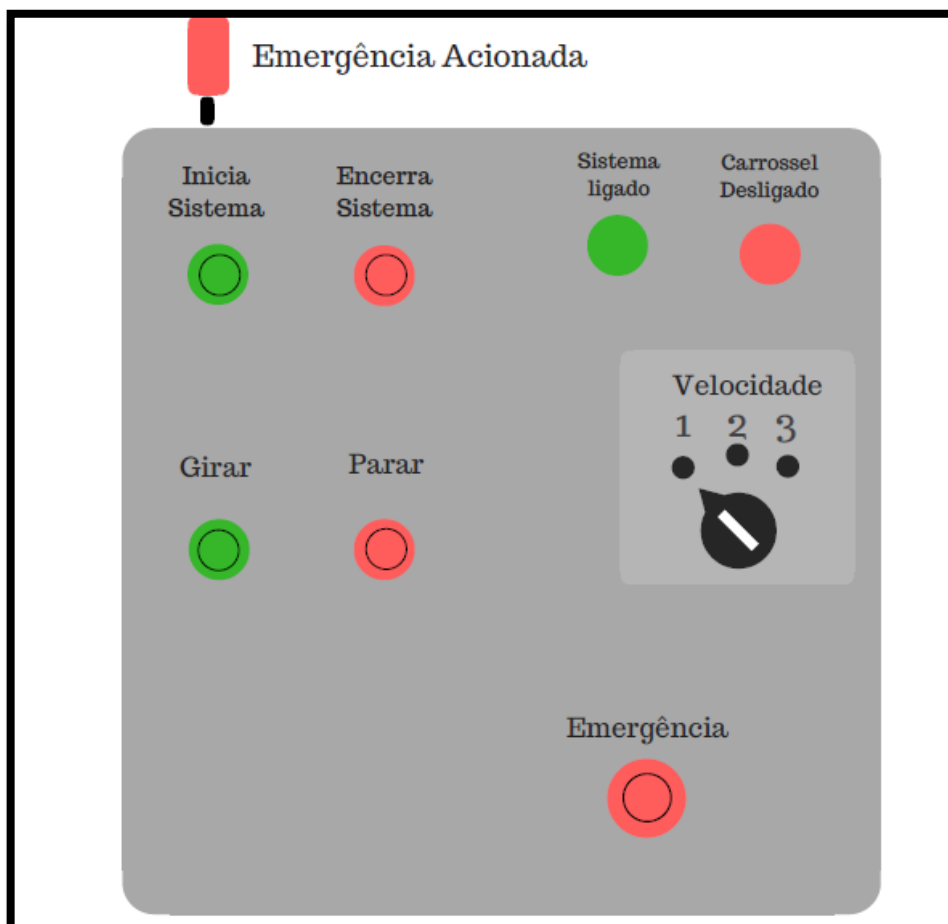






## MANUAL DE OPERAÇÃO DO SISTEMA DE CARROSSEL

A Figura abaixo é uma Ilustração do quadro elétrico do sistema de carrossel automático.



## MANUAL DE OPERAÇÃO DO QUADRO ELÉTRICO

### 1 – Inicia Sistema

Ao acionar o botão Inicia sistema, o sistema é iniciado e a sinalização de Sistema ligado acenderá, porém ainda não faz com que o carrossel comece a girar, pois apenas é dado o primeiro comando para ligar o carrossel.

### 2 – Encerra Sistema

Tem a função de desligar o sistema, pressionando o botão o carrossel desligará.

### **3 – Girar**

Tem a função de ligar o carrossel (após o sistema ser iniciado), pressionando o botão o carrossel iniciará seu funcionamento.

### **4 – Parar**

Tem a função de parar o carrossel, pressionando o botão o carrossel irá parar.

### **5 – Emergência**

Tem a função de desligar o sistema, pressionando o botão o carrossel desligará, para liberar a emergência é necessário girar o botão e iniciar todo o processo de start, pressionando o botão liga sistema e girar, para se retomar a produção (girar o carrossel).

### **6 – Velocidade 1, 2 e 3.**

Tem a função de selecionar a velocidade do carrossel, o programa está definido para velocidade padrão que será a posição 1. As outras são para necessidades futuras.

### **7 - Sinalizadores verde e vermelho.**

Sinalizador verde: Indica sistema ligado.

Sinalizador vermelho: Indica carrossel desligado/parado.

Sinalizador vermelho (piscando): botão de emergência pressionado.