

---

## Automatização De Uma Retificadora Industrial Para Cilindros De Serigrafia

### Automation Of A Grinding Machine Industrial For Screen Printing Cylinder

Wellington Silva Figueiredo<sup>1</sup>, Fabio Cordeiro da Silva<sup>2</sup>, Erik Círiaco dos Santos<sup>3</sup>, Vinicius Martins dos Santos<sup>4</sup>, Luciano Galdino<sup>5</sup>

1.Wellington Silva Figueiredo: Operador e programador de CNC na ABB. Graduando em Engenharia Mecatrônica na Faculdade Eniac. E-mail: wellintonb2012@hotmail.com.

2.Fabio Cordeiro da Silva: Técnico em eletrônica na FANAVID. Graduando em Engenharia de Controle e Automação na Faculdade Eniac. E-mail: fabiocordeirodasilva@ig.com.br.

3.Erik Círiaco dos Santos: Auxiliar de Operações de Cargas na GRU AirPort. Graduando em Engenharia Mecatrônica na Faculdade Eniac. E-mail: erikcit@hotmail.com.

4.Vinicius Martins dos Santos: Assistente de BackOffice na CRM S/A. Graduando em Engenharia Mecatrônica na Faculdade Eniac. E-mail: vinimartins@outlook.com.

5.Luciano Galdino: Professor de Física e Elementos de Máquina na Faculdade ENIAC. Mestre em Ciências Exatas e da Terra na área de Física Nuclear pela USP, especializado em Física pela USP e Licenciado em Matemática pela UNG. E-mail: lucianogaldino1@yahoo.com.br.

#### Resumo

Este artigo apresenta os problemas mais comuns em um maquinário defasado, explicando o que é OEE e como o monitoramento desse índice pode mostrar os caminhos para o aumento da produtividade e também como obter a melhoria contínua da produção, produzindo sempre com mais eficiência e implementando um sistema automatizado teoricamente simples, em uma máquina retificadora de serigrafia, onde por sua vez tem a função de retificar os cilindros para o equipamento principal do processo de fabricação de para-brisas automotivos. Entretanto, para que o tempo de *setup* seja diminuído e a segurança do operador esteja aplicada de forma interdependente diante dessa oportunidade de melhoria contínua, foi acoplada a estrutura da máquina um eixo com fuso esférico e um acionamento elétrico comandado por CLP, e sensores fotoelétricos retroreflectivo, visando uma melhor produtividade e segurança para os envolvidos no processo, onde a economia de tempo de *setup* terá um resultado significativo com relação a custos de produção, e consequentemente diminuirá a fadiga do operador devido a eliminação da operação mecânica que era realizada no equipamento.

**Palavras-chave:** Automatizado, retificadora, produtividade.

## Abstract

*This article presents the most common problems in a lagged machinery, explaining what it is and how OEE monitoring this index can show the way to increased productivity and also how to get continuous improvement of production, always producing more efficiently and implementing a theoretically simple automated system, in a grinding machine screen printing, which in turn serves to rectify the cylinders for the main equipment in the manufacturing of automotive windshields process. However, that setup time is reduced and the safety of the operator is applied interdependently on this opportunity for continuous improvement, was coupled to the machine structure with an axis spherical zone and an electric drive controlled by PLC, photoelectric sensors and retroreflective, to improve productivity and safety for those involved in the process, where saving setup time will have a significant outcome with respect to production costs, and consequently decrease operator fatigue due to elimination of mechanical operation that was performed on the equipment.*

**Keywords:** *Automated, rectifier, productivity.*

---

## 1. Introdução

O gerenciamento da produção é uma das atividades mais difíceis de ser executada em uma fábrica, afinal de contas à fábrica gira em torno da linha de produção, e praticamente o dia a dia dentro de um sistema produtivo é promovido em apagar incêndios, ou seja, alguns imprevistos de produção acabam ocorrendo devido às mudanças nos processos.

Segundo Buffa (1980) nos anos 50, Gestão da Produção era chamada de Gestão Industrial ou Gestão Fabril. Os estudos eram caracterizados por uma abordagem descritiva (descrição de como os sistemas de produção operam) e inúmeras técnicas eram estudadas (estudos de tempos e métodos, layout de fábrica, controle da produção, técnicas matemáticas tais como teoria das filas e simulação). Implicitamente os estudos da década de 50 assumiram que o sistema de produção é isolado do ambiente e é estrategicamente neutro, prevalecem as características técnicas e o objetivo maior é maximizar a produtividade da mão-de-obra. Nos anos 60 e 70, os estudos de Pesquisa Operacional/*Management Science* apresentam-se como a metodologia que prevalece na área de Gestão da produção e ela passa a ser aplicada também na área de serviços.

O que já se sabe é que para gerenciar é fundamental ter informações sobre o que está acontecendo, seja gestão financeira, gestão comercial, gestão de pessoas, etc. de forma geral é necessário ter informação com qualidade, ou seja, com a maior precisão possível, e total controle sobre os dados de produtividade de um maquinário, em suma, a informação tem que ser verdadeira, refletir a realidade.

Na produção, na grande maioria das vezes, é necessário tomar decisões assim que ocorrem os problemas, por exemplo: paradas de máquina, baixa qualidade do produto, tempo muito grande para realizar uma manutenção, problemas com *setup*, etc. Quase tudo na produção exige que se saiba o quanto antes e se tome a decisão ainda com a produção sendo executada. É claro que o gestor da produção necessita também de informações de histórico para avaliar as alterações que estejam sendo realizados, contratação de novos operadores ou treinamento, e a influência desse treinamento na produtividade, mas é fundamental, principalmente com relação a qualidade e performance na linha, ter informação em tempo de setup e de produtos acabados. Para que toda essa sistemática tenha fundamentação, buscam-se informações através de índices de medições, sendo medida por ferramentas de controle, como por exemplo, a TPM (*Total Productive Maintenance*), utilizado em grande parte das empresas e também

a ferramenta chamada OEE (*Overall Equipment Effectiveness*).

## 2. Oee (Overall Equipment Effectiveness)

Johnson e Kaplan (1987) defendem a utilização de indicadores de desempenho de cunho não financeiro para avaliar o desempenho mensal da empresa. Argumentam que apenas a utilização de indicadores financeiros já não reflete o desempenho recente da organização. Sustentam que podem ser contestados pelas rápidas mudanças na tecnologia, pelos ciclos de vida reduzidos dos produtos, pelas inovações na organização das operações de produção e por inclusão de despesas de períodos passados ou aquelas que incluem benefícios que serão concretizados no futuro. Indicadores não financeiros permitem fixar e prever melhor as metas de rentabilidade de longo prazo na empresa. Ainda segundo Johnson e Kaplan (1987), este panorama justifica a necessidade de novos atributos de avaliação do desempenho das empresas que efetivamente reflitam a integração e a flexibilidade de seus recursos. Permite ainda concluir que o desempenho é gerenciável na proporção em que é medido. Sem medidas os gerentes não conseguem fundamentar argumentos para comunicar especificamente quais as expectativas de desempenho, quais os resultados esperados dos subordinados.

Slack (2002) destaca que somente através de uma função de manufatura saudável é possível cumprir as metas e objetivos estratégicos definidos pela organização. Sendo assim, deve ser priorizada a adequada utilização dos ativos fixos das empresas, componentes importantes da manufatura. Além disso, o mercado atual vem promovendo mudanças significativas nas organizações, e com isso, a utilização do Indicador OEE promove ganhos significativos de qualidade e produtividade, pois ajuda a entender melhor como está o desempenho da área de manufatura e a identificar qual é a máxima eficácia possível.

Nesse sentido, a Eficiência Global dos Equipamentos (OEE), indica a real eficácia do processo (fazer bons produtos na velocidade considerada) no tempo que o equipamento está programado para operar. Ainda de acordo com o mesmo autor o indicador OEE possui três componentes: 1º) Disponibilidade ( $\mu_1$ ), que pode ser definida, conforme a norma ABNT NBR 5462 – Confiabilidades e Manutenibilidade, como a “Capacidade de um item estar em condições de executar certa função em um dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado”. 2º) Eficiência de Desempenho ( $\mu_2$ ), que almeja a máxima utilização do equipamento, buscando redução ou eliminação de possíveis paradas ou reduções de velocidade. 3º) Taxa de Qualidade ( $\mu_3$ ), que pode ser caracterizada como a relação

entre as quantidades de produtos bons e o total de produtos fabricados buscando a ausência de defeitos ou retrabalhos. Por consequência e, frequentemente é utilizado um montante considerável de capital para projetar, construir e programar um sistema de maneira que o produto possa ser feito uniformemente, com alta produtividade e mínimas perdas. Qualquer instalação industrial deve levar em consideração projeções com relação à eficiência do seu sistema proposto e como ele irá contribuir para o limite operacional. A empresa deve, inclusive, estar atenta ao grau de risco, caso a esperada eficiência não seja alcançada e sustentada.

Segundo Amorim (2009) o OEE é um indicador que mede o desempenho de uma forma tridimensional, ou seja, em todos os ângulos, pois se considera que quanto tempo útil o equipamento tem para funcionar, ou seja, produzir e a eficiência demonstrada durante o funcionamento, isto é, a capacidade de produzir à cadência normal. Para calcular OEE é necessário medir três índices de máquinas, linhas, células: Disponibilidade, Desempenho e Qualidade. São valores percentuais de cada índice que compõem o OEE. O cálculo do OEE é feito simplesmente multiplicando estes 3 índices ( $OEE = \text{Disponibilidade} \times \text{Desempenho} \times \text{Qualidade}$ ). A conta é fácil, o difícil é obter esses dados com confiabilidade, porque também não adianta nada ter um índice que não seja confiável e além do mais, muitas ações na produção são em

tempo real, de que adianta saber que no ano passado ou no mês passado a empresa não foi eficiente se o problema já foi resolvido semana passada.

### 3. Dispositivos Utilizados No Processo De Automatização

Num projeto de automatização sempre é necessário analisar quais são os dispositivos necessários e quais são os indicados para cada aplicação. A seguir são apresentados alguns dispositivos imprescindíveis na maioria das automações.

#### 3.1 Sensores Fotoelétricos

Sensores nada mais são que elementos provedores de informações para o sistema de automação industrial, ou seja, de uma forma bem exemplificada de se entender eles são os olhos das máquinas automatizadas, podendo ser utilizados no controle de processos discretos, com a medição das variáveis lógicas ou booleanas, e no controle de processos contínuos, em que normalmente se medem grandezas analógicas.

Segundo (Dally, Riley e McConnel, 1993) a aplicação de um sensor em um determinado projeto vai ser definida sob a ação de sua grandeza física, onde pela qual converte um determinado sinal dependendo de sua forma de energia.

### 3.2 CLP (Controlador Lógico Programável)

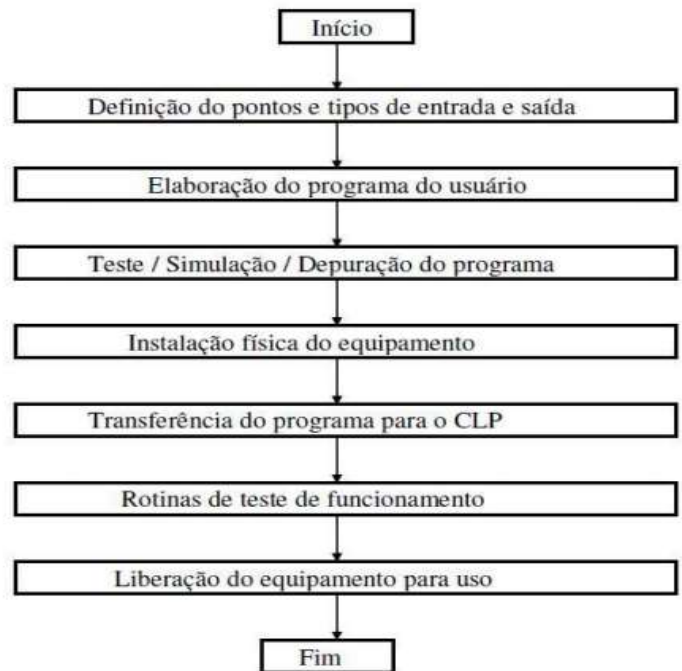
Segundo Antonelli (1998), o PLC, ou em português, CLP – Controlador Lógico Programável surgiu na indústria automobilística devido à grande dificuldade encontrada em mudar a lógica de controle dos painéis de comando a cada mudança de linha de montagem. Este controle era feito por painéis de relés e, neste caso, os sinais acoplados ao equipamento a ser automatizado acionavam circuitos lógicos aos relés, que disparavam as cargas e atuadores. Com o avanço da eletrônica, as unidades de memória ganharam maior capacidade e com isso foi possível armazenar todas as informações necessárias para controlar diversas etapas do processo. Por causa deste avanço, os circuitos lógicos tornaram-se mais rápidos, compactos e capazes de receber mais informações de entrada, atuando sobre um número maior de dispositivos de saída. Isto levou ao surgimento dos microcontroladores, dispositivos responsáveis por receber informações das entradas, associá-las às informações contidas na memória e a partir destas desenvolver uma lógica para acionar as saídas.

A evolução deste dispositivo levou aos sistemas compactos, com alta capacidade de controle, que permitem acionar diversas saídas em função de vários sinais de entradas combinados logicamente. Além das evoluções já citadas, é relevante mencionar o fato da lógica destes

sistemas compactos terem começado a ser desenvolvido através de software, que determina ao controlador a sequência de acionamento a ser desenvolvido. Este tipo de alteração da lógica de controle caracteriza um sistema flexível.

Os PLC's são equipamentos eletrônicos de controle que atuam a partir desta filosofia. (PINTO, 2008). O uso de um PLC para a automatização do equipamento requer sete passos indispensáveis, apresentados na figura 1.

Figura 1: Passos para automação de um CLP



Fonte: Antonelli (1998, p. 56)

Segundo Antonelli (1998), assim que é ligado, o PLC executa uma série de operações pré-programadas, gravadas em seu programa, como a verificação do funcionamento eletrônico da CPU, memórias e circuitos auxiliares; verificação da configuração interna e comparação com os

circuitos instalados; verificação do estado das chaves principais; desativação de todas as saídas; verificação da existência de um programa de usuário e emissão de um aviso de erro.

Os PLC's, assim como os computadores, necessitam de um programa para seu funcionamento. Um programa é uma lista de instruções que coordenam e sequenciam as operações que o microprocessador deve executar. Qualquer programa requer uma linguagem de programação através da qual o usuário pode se comunicar com a máquina. As diversas linguagens de programação são classificadas em linguagem de baixo nível e linguagem de alto nível. O primeiro tipo de linguagem a ser utilizada para programação de PLC foi a linguagem de baixo nível, que corresponde àquela cujas instruções são escritas em código binário para que o microprocessador possa interpretar. Os programas escritos em código binário são difíceis de serem interpretados e manipulados, portanto passou a ser utilizada a linguagem de máquina, que utiliza o código hexadecimal para escrever os programas. Um codificador entre o teclado e o microprocessador traduz o código hexadecimal para o binário correspondente. O segundo tipo de linguagem, e o utilizado atualmente, são chamados de linguagem de alto nível, e se aproxima da linguagem utilizada pelo homem, facilitando seu entendimento e 44 manipulações. Nessa linguagem, o computador usa compiladores que traduzem as instruções de um programa para a linguagem de máquina. As

instruções dos programas são direcionadas para área onde vai ser aplicada.

Porém, não há uma linguagem padrão de programação, o que fez com que fosse criado um comitê da IEC (*International Electrotechnical Commission*) para evitar problemas nas implementações de programas desenvolvidos por fabricantes diferentes. De acordo com Nakaygawa (2009), este comitê tinha como objetivo analisar o projeto completo de PLC's, inclusive hardware, instalação, testes, documentação, programação e comunicações. Com isso foi criada a norma internacional IEC 61131-3 que define os pontos de Inter travamento de sistemas sequenciais, objetivando a visibilidade, equipamentos, manuais, linguagens de programação e sistemas de comunicação.

A norma IEC 61131-3 padronizou cinco linguagens de programação, sendo duas textuais e três gráficas, que hoje em dia são utilizadas por quase todos os controladores lógicos programáveis, independente do fabricante. As normas padronizadas são:

1)IL (*instruction list* ou lista de instruções): Linguagem de baixo nível, semelhante à *assembler*, textual com apenas uma operação por linha. Apresenta alta eficiência em pequenas aplicações ou para melhorar partes de uma aplicação mais complexa.



2) ST (*structured text* ou texto estruturado): Linguagem de alto nível, semelhante ao Pascal, textual e que incorpora vários conceitos intuitivos. É eficiente em implementações complexas, onde é difícil expressar com linguagem gráfica, como linguagem de algoritmos de otimização e inteligência artificial.

3) LD (*Ladder diagram* ou diagrama Ladder): Linguagem gráfica que mimetiza uma escada, na qual duas barras verticais paralelas são interligadas pela lógica de controle. É baseada em símbolos e esquemas elétricos como relês, bobinas e contatos.

4) FBD (*Function block diagram* ou diagrama de blocos de função): Linguagem gráfica que permite procedimentos com binacionais complexos através dos blocos-padrão como AND, OR, NOT, entre outros.

5) SFC (*sequential function chart* ou diagrama funcional sequencial): Divide o processo em um número definido de passos separados por transição. Também é conhecida como *Grafset*.

### 3.3 Fuso ou parafuso de potência.

O fuso é um dispositivo de deslocamento linear que é muito utilizado nos maquinários em todas as divisões da indústria, sendo feito de metal que possui características distintas. Essas características se referem na ação, onde o fuso é

responsável pela conversão do movimento de rotação, geralmente acionado por motores AC, motor de passo e servomotores, em movimento linear deslocando uma castanha que está fixada em um determinado eixo, sendo ele nos três sentidos mais utilizados como X, Y e Z (figura 2).

Figura 2: Fuso e sua respectiva porca



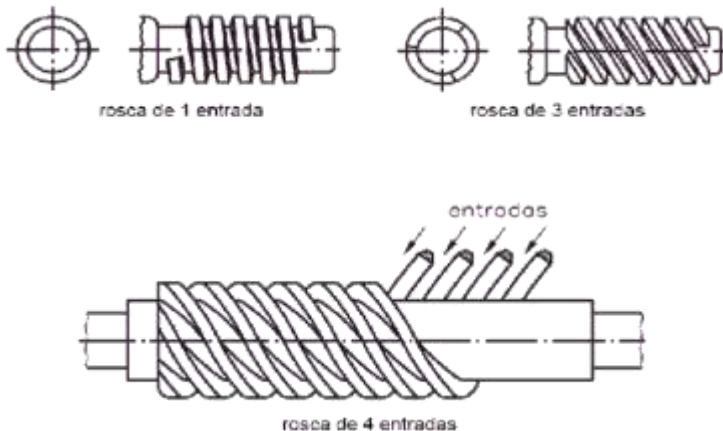
Fonte: Página de domínio público da empresa EGROJ

A aplicação do fuso em um projeto é determinada através do passo (distância entre a ponta de um filete a outro) e fazendo uma volta completa determina o avanço, ou seja, 360 graus, mostrando assim uma medição em milímetros sendo adequado ao seu objetivo. A diversidade do fuso se justifica pelo fato de possuir a característica de uma ou mais entradas, ou seja, no processo de encaixe do fuso com a castanha ou eixo, entretanto os fusos que possuem duas ou mais entradas que geralmente se limita a seis, nota-se esse formato na (figura 3), possibilita um maior avanço axial a cada volta completa, sendo principalmente aplicado em avanços de carros, fresadoras ferramenteiras, e máquinas com controle numérico



computadorizado (CNC), visando uma transmissão de alta eficiência e qualidade.

Figura 3: Fusos com mais de uma entrada.



Fonte: Pagina de domínio público do Telecurso 2º. Grau em 2000.

### 3.4. Motores elétricos

Os motores elétricos são o meio mais indicado para a transformação de energia elétrica em mecânica, em termos industriais, para acionamento das mais variadas cargas, tais como bombas, compressores, sistemas de elevação de peso e outras.

Os motores elétricos têm como a sua diversidade os seguintes tipos: CA monofásica, linear trifásico, assíncrono, síncrono, gaiola de esquilo, rotor bobinado rotor maciço, split-phase, capacitor de partida, capacitor permanente, polos sombreados, capacitor dois valores, repulsão histerese, relutância ímãs permanente, indução

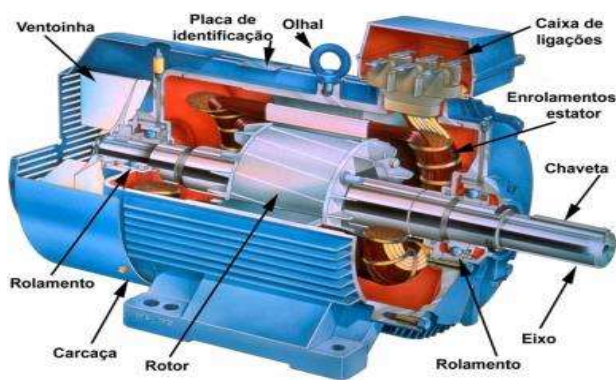
ímãs permanentes, gaiola rotor bobinado, relutância polos lisos, polos salientes, (KOSOW, 1989).

Devida suas inúmeras vantagens, o motor de indução trifásico com rotor curto-circuito, conhecido também por motor de indução trifásico com rotor de gaiola, é o mais utilizado no mundo inteiro (figura 4). Entre suas vantagens estão, menor custo apresenta menor exigência de manutenção, atendem um grande número de diferentes cargas, são utilizáveis em qualquer ambiente, ligação à rede simples e são cargas equilibradas. Suas desvantagens são: fator de potência baixo em carga parcial, rendimento baixo para cargas inferiores a 50% da sua potência nominal, corrente de partida elevada (CAPELLI, 2007).

Atualmente, a aplicação de controles eletrônicos está fazendo com que os motores especiais com rotores bobinados ou de corrente contínua, sejam utilizados somente em casos especiais. O grande problema dos motores de indução são as elevadas correntes de partida, entretanto, o mercado oferece possibilidades para amenizar os efeitos desta corrente, como por exemplo, as antigas chaves estrela-triângulo e, atualmente, os dispositivos de partida suave, conhecidos também como soft-starter e conversores de frequência.

Estes dispositivos utilizam componentes eletrônicos para controlar a tensão aplicada no estator do motor. A partida pode ser programada de forma suave, assim como a parada, reduzindo consequentemente, o pico da corrente de partida. O resultado é a diminuição do estresse térmico e mecânico e logicamente tendo um melhor rendimento. A figura 4 ilustra os dispositivos de um motor Trifásico (GUIMARÃES, 2007).

Figura 4: Motor trifásico



Fonte: Gomes (2013)

#### 4. Funcionamentos Da Retificadora De Serigrafia

A retificadora de serigrafia tem como objetivo retificar rodos. Estes rodos são usados em uma máquina chamada Svecia que tem por objetivo executar o processo de pintura de vidros automotivos, mais precisamente os para-brisas. Como toda máquina, essa também tem seus desgastes o qual atinge principalmente o rodo que

com o tempo de uso vai se deteriorando por ser de borracha. Como esse material tem um custo elevado, foi projetada uma máquina que faz a retífica desses rodos fazendo com que ele tenha maior vida útil.

A figura 5 apresenta a retificadora, onde o esmeril, um dos principais componentes responsável pela retífica, está acoplado a um motor trifásico 220 V, o qual está retificando a borracha do rodo deixando-o com sua geometria original, ou seja, poderá mais uma vez ser aproveitado na máquina.

Figura 5: Eixo principal



Fonte: Foto feita em um experimento dos autores em uma empresa parceira visitada 2014.

**Figura 6: Manivela de apoio**



**Fonte:** Foto feita em um experimento dos autores em uma empresa parceira visitada 2014.

O seu acionamento é feito por um painel obsoleto de simples comando, com um botão liga e desliga, sem controle qualquer. Outro grande problema é o número de vezes que o operador tem que fazer esse movimento.

Devido a esses problemas apontados, houve a necessidade de executar uma automatização da máquina, substituindo o painel obsoleto por outro painel mais adequado capaz de fazer com que o movimento se torne automático, sem precisar que o operador se desgaste, deixando o movimento uniforme e consequentemente evitando falhas no rodo.

Neste painel que será substituído, além de um relé programável da WEG, ele terá um inversor também da WEG que será responsável pelo controle de movimento podendo ajustá-lo com a ajuda de um potenciômetro que será colocado fora do painel, para controle do

operador, junto com botoeiras para iniciar e desligar o seu ciclo ficando mais fácil de operar a máquina e trazendo segurança para o operador e qualidade para o produto.

A figura 7 demonstra a chave acoplada à máquina

**Figura 7: Chave principal.**



**Fonte:** Foto feita em um experimento dos autores em uma empresa parceira visitada 2014.

Serão introduzidos sensores indutivos para que seja possível saber qual sua posição de trabalho, não deixando passar do limite da máquina e funcionando também como segurança. A figura 8 representa um sensor indutivo.

**Figura 8: Sensor Indutivo.**

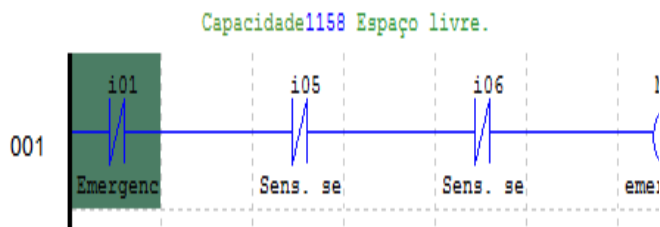


**Fonte:** Elaborado pelos autores nos laboratórios da Faculdade de Tecnologia Eniac 2014.

## 5. Programação

A linha do programa apresentado na figura 9 está relacionada com a segurança e emergência em falhas. Nessa linha do programa pode-se observar que existem três bits de entrada: um botão e dois sensores de segurança, que ligam diretamente uma flag ou memória que é nada mais que uma saída virtual dentro do programa, ou seja, em toda linha do programa teremos essa flag que estará acionado para que o programa funcione, assim se por algum motivo uma das entradas I1, I5, ou I6 forem acionadas automaticamente a linha do comando será interrompida fazendo com que máquina pare.

Figura 9: Linha do programa para a configuração de emergência



Fonte: Elaborado pelos autores nos laboratórios da Faculdade de Tecnologia Eniac 2014.

A figura 10 apresenta a linha do programa para o reset do botão de emergência. Nesta linha pode-se observar que além da flag tem-se mais uma entrada I02, que será nosso botão liga. Ao acioná-lo dará início ao trabalho do motor principal da retífica e será energizado o inversor com as saídas Q1 e Q2.

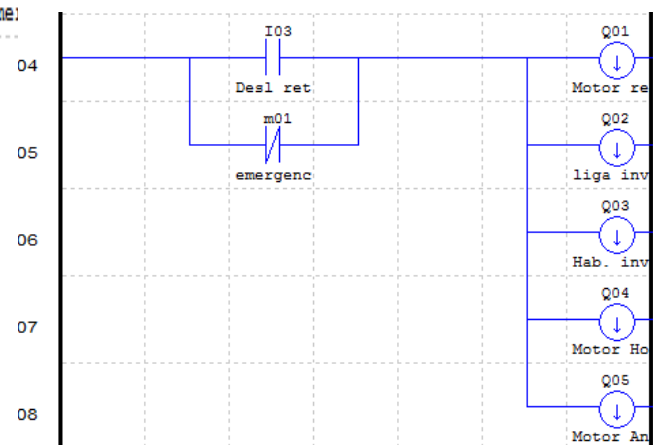
Figura 10: Linha do programa para o reset do botão emergência



Fonte: Elaborado pelos autores nos laboratórios da Faculdade de Tecnologia Eniac 2014.

A linha de programa do botão de acionamento está representada na figura 11. Nesta linha observar-se que todas as saídas estão ligadas a uma única entrada (I03) que será o botão desliga. Ao contrário da anterior, essa entrada aciona o reset das saídas que estão acionadas, fazendo com que os motores e o inversor desliguem, tendo que iniciar novamente o trabalho.

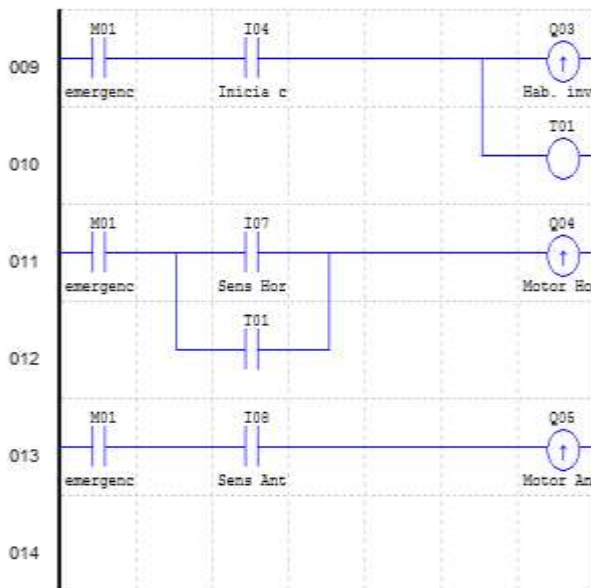
Figura 11: Linha de programa do botão de acionamento



Fonte: Elaborado pelos autores nos laboratórios da Faculdade de Tecnologia Eniac 2014.

A figura 12 apresenta as linhas do programa para o início do trabalho. Nessa parte do programa será acionada a entrada I04 (que poderá ser um botão ou um pedal acionado pelo operador) que habilita Q03 (inversor) e aciona T01 (temporizador), que em poucos segundos dará um pulso no sentido horário. O inversor receberá esse sinal e induzirá o motor a girar no sentido horário, através de Q04, até que o eixo acione a entrada I08 que é o sensor para o movimento anti-horário, que habilita Q05 para movimentar o motor no sentido anti-horário. Assim repetindo esse movimento até que o operador desligue o ciclo.

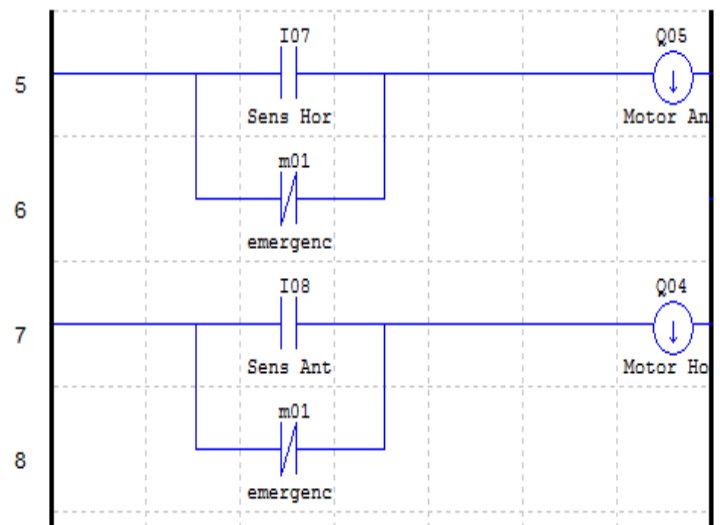
**Figura 12: Linhas do programa para o início do trabalho**



Fonte: Elaborado pelos autores nos laboratórios da Faculdade de Tecnologia Eniac 2014.

As linhas do programa para o sistema de seguranças estão representadas na figura 13. Essa parte do programa é umas das mais importantes e curiosas, é a parte onde será definido qual o momento de ligar o motor em um sentido ou outro, observar-se que ao contrario das linhas anteriores é entrada I07 que aciona Q04 (motor sentido horário), nesta linha ao contrário disso será resetado o sentido anti-horário, não deixando as duas saídas acionarem ao mesmo tempo e não provocando curto circuito no sistema. O mesmo acontecerá com a entrada I08 que resetará o sentido horário, do mesmo modo não acionará ao mesmo tempo.

**Figura 13: Linhas do programa para o sistema de segurança**



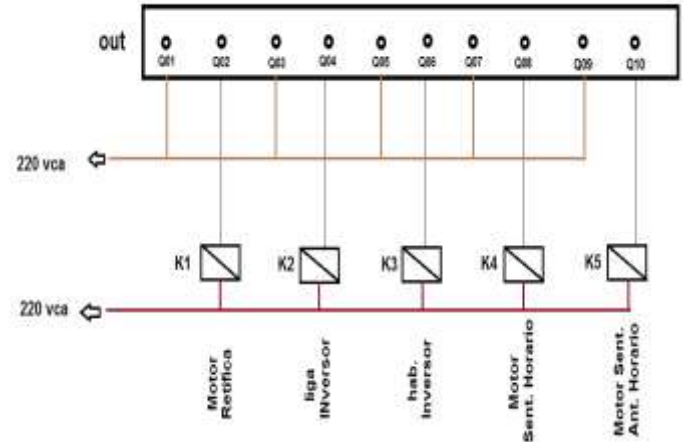
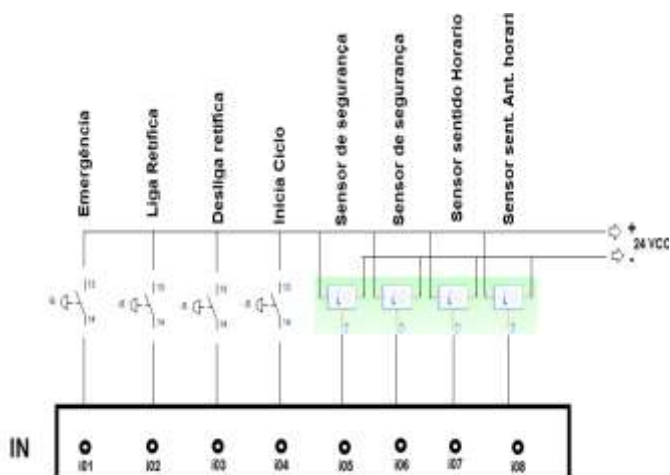
Fonte: Elaborado pelos autores nos laboratórios da Faculdade de Tecnologia Eniac 2014.



## 6. Esquemas Elétricos

Abaixo, na figura 14, têm-se os módulos de entradas e saída do CLP controlador lógico programável, sendo assim que a entrada i01 será nosso botão de emergência para um bloqueio e parada do sistema tem o botão S2 que ira acionar uma entrada digital fazendo com que a saída Q02 ligue o motor principal. Apertando S4 entrada i04 ira inicializar o ciclo acionará a saída Q04 motor do eixo X fazendo a maquina fazer seu trabalho de ir para direita e esquerda, as próximas entradas são i05 e i06 que será uma segurança da maquina para que passe do ponto. Já as entradas i07 e i08 são sensores que iram acionar o sentido de direção do motor eixo X, e por fim entrada i03 botão S3 que desliga a maquina tendo que inicializar novamente o ciclo.

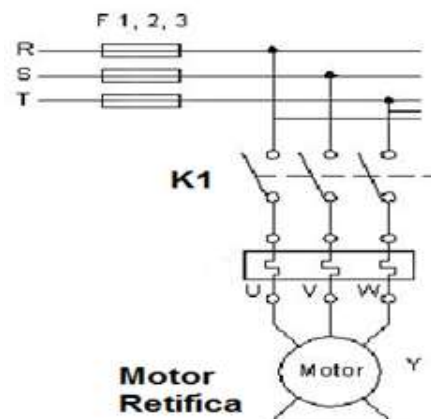
Figura 14: Ilustração total do Esquema Elétrico



Fonte: Elaborado pelos autores nos laboratórios da Faculdade de Tecnologia Eniac 2014.

Nesta parte do esquema elétrico é mostrado o motor principal que se trata da retífica esse motor será acionado pelo contator K1 e esse contator será acionado pela saída do CLP Q02 como demonstra a figura 15.

Figura 15: Esquema elétrico do motor Trifásico

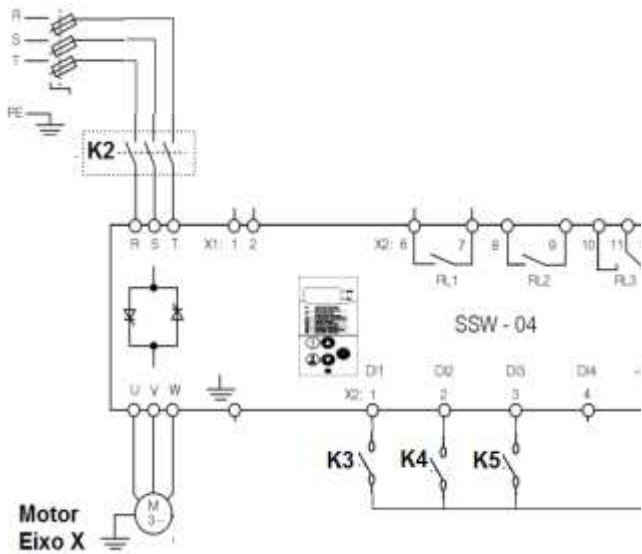


Fonte: Elaborado pelos autores nos laboratórios da Faculdade de Tecnologia Eniac 2014.

Na figura 16 apresenta-se o acionamento do inversor de frequência, que será energizado

pelo contator K2 que por sua vez será acionado pela saída Q06 do CLP, esse inversor será responsável pelo movimento controlado do motor eixo x, que não poderá ser acionado diretamente com 60 hertz, e também acionando sua entrada digital Di2 e Di3 o motor mudará seu sentido de direção como exige o programa no CLP.

Figura 16: Esquema elétrico do acionamento do motor



Fonte: Elaborado pelos autores nos laboratórios da Faculdade de Tecnologia Eniac 2014.

## 7. Custos E Viabilidades Do Projeto

Os índices desejados para que se se tenha um OEE rentável são:

- Desempenho deve ser no mínimo 95%
- Disponibilidade acima de 90%
- Qualidade deve ser de pelo menos 99%

Os dados do OEE anteriores a automatização foram:

- Disponibilidade: 88%
- Desempenho: 85%
- Qualidade: 97%

$$OEE = 0,88 \times 0,85 \times 0,97 = 0,72 \times 100 = 72\% \text{ de rendimento}$$

Os dados após automatização são:

- Disponibilidade: 96%
- Desempenho: 94%
- Qualidade: 99%

$$OEE = 0,96 \times 0,94 \times 0,99 = 0,94 \times 100 = 94\% \text{ de rendimento.}$$

O projeto em si teve o custo R\$ 12.350,00 sendo atrelada a parte material e mão-de-obra, conforme é demonstrado nas tabelas 1 e 2 abaixo:

Tabela 1. Descrição de custo total.

Mão-de-Obra	R\$ 7.730,00
Material	R\$ 3.420,00
Serviços	R\$ 1.200,00

Fonte: Elaborado pelos autores nos laboratórios da Faculdade de Tecnologia Eniac 2014.

Os estudos realizados sobre a lucratividade obtida com o projeto está atrelada com a redução de tempo gasto com setup de máquina, e tanto na questão ergonômica do



funcionário, e conseqüentemente aumenta-se o tempo de disponibilidade do equipamento aumentando assim a produção e o lucro da empresa.

A Tabela 2 mostra o tempo gasto com setup de máquina antes da automatização e período pós-automatizada por peça acabada.

**Tabela 2. Descrição de tempo máquina.**

Peças Acabadas	Antes Automatização	Pós-Automatização
1 unidade	45,15s	27,09s

**Fonte:** Elaborado pelos autores nos laboratórios da Faculdade de Tecnologia Eniac 2014.

Conclui-se que o ganho de tempo pós-automatização foi de 60% a mais de tempo de setup comparado ao período da mecânica obsoleta, onde pela qual, analisa-se que dentro de um período de 1 hora se produz o dobro de peça com relação ao modo defasado que era realizado. Para que se demonstre um índice com uma expressão significativa, podemos levar e considerar os números de produção no período de 1 turno completo, que é feito em média durante uma jornada de 8 horas, sendo equivalente a uma produção de 17 peças, sendo que no período pré-automatização se produzia 8 peças, obtendo como eficiência um ganho de 110%.

Diante de tal desempenho o projeto se limitou em detalhar cálculos de lucratividade sobre o produto final, onde por sua vez, o material fornecido pelo equipamento em questão, é utilizado de suporte para o principal maquinário da empresa, entretanto não nos possibilitando do acesso a tais dados sigilosos.

## Referências

AMORIM, J.P. **OEE – A Forma de Medir a Eficiência dos Equipamentos**, 2009. Disponível em <[www.scribd.com](http://www.scribd.com)> Acesso em 08 de maio de 2014.

ANTONELLI, P. L. **Introdução aos Controladores Lógicos Programáveis (CLPs): Programa de Qualificação e Requalificação Profissional do Ministério do Trabalho**. Brasil, 1998.

BUFFA, E.S.: “**Research in operations management**”. Journal of Operations Management, 1 (1), pp. 1-7, 1980.

CAPELLI, Alexandre. **Automação industrial: controle do movimento e processos contínuos**. 2ª ed. São Paulo: Érica, 2007.

DALLY, W., RILEY, W.F. & MCCONNELL, K.G. **Instrumentation for Engineering**

**Measurements**, Second Edition, New York, Chi Chester, John Wiley and Sons, 1993.

EGROJ, **Fusos de Esfera**. Disponível em <[www.egroj.com.br/produtos.htm](http://www.egroj.com.br/produtos.htm)> Acesso em 12 de junho de 2014.

FIALHO, Arivelto Bustamante – **Automação Pneumática: Projetos, Dimensionamento e Análise de Circuitos**, 7ª ed. – São Paulo: Érica, 2011.

GOMES, Sinésio. **Máquinas e Comandos Elétricos: Resumo das aulas de comandos e instalações de máquinas industriais ministradas nos cursos técnicos em eletroeletrônica e eletricista de manutenção, 2013**. Disponível em <<http://comando.seletricosii.blogspot.com.br/2013/09/aula-27-motor-de-inducao-trifasico-com.html>> Acesso em 16 de outubro de 2014.

GUIMARÃES, Alexandre de Almeida. **Eletrônica Embarcada**. 1ª Edição. São Paulo: Editora Érica, 2007. 326 p.

JOHNSON, T.H.; KAPLAN, R.S. **Relevance Lost**. Boston: Harvard Business School Press, 1987.

NAKAYGAWA, H. R. T. **Controle de vazão de líquido utilizando software de programação**

Augusto Guzzo Revista Acadêmica, 2015, Nº15, 156-172

**de CLP**. Monografia (Trabalho de Final de Curso em Engenharia de Controle e Automação). Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, 2009.

PINTO, Danilo Pereira, Braga, H. A. C. **The Discipline and the Energy Efficiency Laboratory (LEENER): Formation, Development and Transference of Technology for the Combat to the Energy Waste In: Powering 2008**. International Conference on Power Engineering Energy and Electrical Drives, 2008, Setubal.

SLACK, Nigel, CHAMBERS, Stuart, JOHNSTON, Robert - **Administração da Produção: ATLAS**, 2ª ed., 2002.

TELECURSO 2000. **Curso Profissionalizante: Elementos de Máquina** - volume 2. São Paulo: Globo. 2000, 256p.