

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

JOHN WILLIAN DE CAMARGO

**ATUALIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE UM ROBÔ CARTEZIANO PARA
ENCAIXOTAMENTO AUTOMÁTICO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Ponta Grossa, PR.

2013

JOHN WILLIAN DE CAMARGO

**ATUALIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE UM ROBÔ CARTEZIANO PARA
ENCAIXOTAMENTO AUTOMÁTICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Eletrônica no Campus Ponta Grossa da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial à obtenção do grau de Tecnólogo em Automação Industrial.

Orientador: Prof. Dr. Eng. Angelo Marcelo Tusset

Ponta Grossa, PR.

2013



TERMO DE APROVAÇÃO

ATUALIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE UM ROBÔ CARTEZIANO PARA ENCAIXOTAMENTO AUTOMÁTICO

por

JOHN WILLIAN DE CAMARGO

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 11 de Abril de 2013 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Automação Industrial. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Dr. Angelo Marcelo Tusset
Prof. Orientador

Msc. Frederic Conrad Janzen
Membro titular

Msc. Julio Cesar Guimarães
Membro titular

RESUMO

Camargo, John Willian. **Atualização tecnológica de um robô cartesiano para encaixotamento automático**: 2013. Graduação em Tecnologia em Automação Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2013.

Este trabalho teve como objetivo principal demonstrar a viabilidade econômica e os benefícios consequentes da implementação da atualização tecnológica, considerando o caso de um robô cartesiano para encaixotamento automático na fábrica da Brasil Foods, unidade de Ponta Grossa. Para a atualização foi realizada a análise econômica e posteriormente a implementação da atualização do robô. Com o objetivo de reduzir os custos a maioria dos dispositivos na atualização foi obtida de equipamentos que seriam vendidos como sucata, ou de peças sobressalentes de outros equipamentos.

Palavras-chaves: atualização tecnológica. PLC. IHM. Servomotor.

ABSTRACT

Camargo, John Willian. **Technological upgrading of a Cartesian robot for automatic boxing**: 2013. Degree in Industrial automation technology, Federal Technological University of Paraná. Ponta Grossa, 2013.

This work had as main objective demonstrate the viability and economic benefits resulting from the implementation of technological upgrading, considering the case of a Cartesian robot for automatic boxing factory in Brazil Foods, Unit Ponta Grossa. To update the economic analysis was performed and subsequently the implementation of the update of the robot. With the objective of reduce costs most devices in equipment upgrade was obtained which would sell as scrap or spare parts from other equipment.

Keywords: technology update. PLC. HMI. Servomotor.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Bomba de vácuo com dois motores.....	13
Figura 2: Fluxograma que define o tipo de atualização tecnológica.....	17
Figura 3: Robô cartesiano.....	18
Figura 4: Interface de botões.....	19
Figura 5: Servomotor CC.....	21
Figura 6: Bomba de vácuo.....	21
Figura 7: Sensor indutivo não faceado.....	22
Figura 8: Sensor indutivo faceado.....	22
Figura 9: Sensor fotoelétrico.....	23
Figura 10: PT 100.....	23
Figura 11: Transdutor para PT 100.....	24
Figura 12: Representação superior robô sem atualização 1° estágio.....	25
Figura 13: Representação superior robô sem atualização 2° estágio.....	25
Figura 14: Representação lateral robô sem atualização 3° estágio.....	26
Figura 15: Representação lateral robô sem atualização 4° estágio.....	26
Figura 16: Representação lateral robô sem atualização 5° estágio.....	27
Figura 17: Representação lateral robô sem atualização 6° estágio.....	27
Figura 18: Visão interna do robô (1).....	28
Figura 19: Visão interna do robô (2).....	28
Figura 20: Representação superior do robô atualizado 1° estágio.....	29
Figura 21: Representação superior do robô atualizado 2° estágio.....	30
Figura 22: Representação superior do robô atualizado 3° estágio.....	31
Figura 23: Representação superior do robô atualizado 4° estágio.....	32
Figura 24: Representação superior do robô atualizado 5° estágio.....	33
Figura 25: Representação superior do robô atualizado 6° estágio.....	34
Figura 26: Representação superior do robô atualizado 7° estágio.....	35
Figura 27: Representação lateral do robô atualizado 1° estágio.....	36
Figura 28: Representação lateral do robô atualizado 7° estágio.....	37
Figura 29: Representação lateral do robô atualizado 8° estágio.....	38
Figura 30: Representação lateral do robô atualizado 9° estágio.....	39
Figura 31: Representação lateral do robô atualizado 10° estágio.....	40
Figura 32: Representação lateral do robô atualizado 11° estágio.....	41
Figura 33: Representação lateral do robô atualizado penúltimo estágio.....	42
Figura 34: Representação lateral do robô atualizado último estágio.....	43
Figura 35: Fuso.....	44
Figura 36: Bomba de vácuo.....	44
Figura 37: Painel de válvulas pneumáticas.....	45
Figura 38: Foto do braço responsável por empurrar as bandejas.....	45
Figura 39: Fuso e canhão de vácuo.....	46
Figura 40: Foto painel de controle.....	46
Figura 41: Foto painel de força.....	47
Figura 42: Foto robô sem canhão de vácuo.....	53
Figura 43: Canhão de vácuo.....	54
Figura 44: Foto 3 interior do robô.....	54
Figura 45: Foto fuso e canhão de vácuo.....	54
Figura 46: Foto braço empurrador bandejas sistema antigo 1.....	55
Figura 47: Foto interior robô desmontado.....	55

Figura 48: Foto colocação da gaveta 1	56
Figura 49: Foto colocação da gaveta 2	56
Figura 50: Foto braço empurrador de bandeja sistema antigo 2.....	57
Figura 51: Foto montagem braço das ventosas 1	57
Figura 52: Foto braço ventosas completo	58
Figura 53: Foto sistema de correia braço ventosas 1	59
Figura 54: Foto sistema de correia braço ventosas 2	59
Figura 55: Foto sistema de correia braço ventosas 3	60
Figura 56: Foto bomba de vácuo instalada.....	60
Figura 57: Foto vacuostato 1	61
Figura 58: Foto vacuostato 2.....	61
Figura 59: Foto pistão empurrado bandejas fixado	62
Figura 60: Foto começo da montagem do painel	63
Figura 61: Foto painel com IHM fixada.....	63
Figura 62: Foto pistão pneumático com sensores de fim de curso	64
Figura 63: Foto painel válvulas pneumáticas montado.....	64
Figura 64: Foto painel elétrico montado	65
Figura 65: Tela principal IHM	66
Figura 66: Tela controles IHM	66
Figura 67: Tela set point vácuo IHM	67

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Entradas e saídas de dados necessárias para o robô	49
Quadro 2: Recursos financeiros “Categoria 1”	69
Quadro 3: Recursos financeiros “Categoria 2”	69
Quadro 4: Recursos financeiros “Categoria 3”	69

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Projeção de custos.....	51
Gráfico 2: Robô novo x atualização	52
Gráfico 3: Lucro x custo	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CLP	Controlador Lógico Programável
CPU	Central Processing Unit
IEC	International Electrotechnical Commission
IHM	Interface Homem Máquina
LER	Lesão por Esforço Repetitivo
PWM	Pulse Width Modulation
RTD	Resistance Temperature Detector
VCC	Voltagem Corrente Contínua

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 TEMA DA PESQUISA	11
1.1.1 Delimitação do Tema	11
1.2 PROBLEMA	12
1.3 HIPÓTESE	13
1.4 OBJETIVOS	13
1.4.1 Objetivo Geral	13
1.4.2 Objetivos Específicos	13
1.5 JUSTIFICATIVA	14
1.6 MÉTODO DA PESQUISA	14
2. DESENVOLVIMENTO	16
2.1 REVISÃO DA LITERATURA	16
2.1.1 Atualização Tecnológica	16
2.1.2 Robô Cartesiano	17
2.1.3 Controlador Lógico Programável	18
2.1.4 Interface Homem Máquina	19
2.1.5 Servomotores	20
2.1.6 Bomba de Vácuo	21
2.1.7 Sensores	22
2.2 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	24
2.2.1 Avaliação das Possíveis Melhorias	24
2.2.1.1 Proposta para funcionamento do robô	28
2.2.1.2 Principais alterações propostas no robô	44
2.2.2 Componentes Utilizados na Atualização	47
2.2.3 Análise Econômica da Modernização	50
2.2.4 Metodologia para Substituição dos Componentes	53
2.2.5 Readequação Mecânica	56
2.2.6 Montagem do Painel	62
2.2.7 Desenvolvimento dos Programas do CLP e da IHM	65
2.2.8 Testes	67
2.3. RECURSOS UTILIZADOS	68
2.3.1. Recursos Humanos	68
2.3.2. Recursos Físicos	68
2.3.3. Recursos Financeiros	68
3. CONCLUSÃO	70
REFERENCIAS	72

1 INTRODUÇÃO

Investimentos em modernização, instrumentação e automação precisam ser baseados na melhoria da produtividade, na disponibilização de informação de qualidade, nos ganhos para o processo, retorno econômico proporcionado e alinhamento com a estratégia da companhia. Este conceito proporciona significativas vantagens operacionais.

A modernização e atualização de equipamentos é uma área que tem ganho interesse de varias empresas, pois empresas que investiram em tecnologia, técnicas organizacionais e capacitação da mão-de-obra foram as que tiveram maior flexibilidade e que têm tido maiores retornos destes processos. A modernização tornou-se palavra de ordem nos grupos empresariais modernos, contudo nem sempre a compra de um equipamento novo é a melhor opção, as empresas que sabem avaliar se a atualização tecnológica ou a compra de um novo equipamento é o mais viável são as que possivelmente terão maior lucratividade, pois estão investindo seu capital de forma correta.

Ao se realizar uma pesquisa para melhorar um processo, pode-se constatar que atualizar um equipamento já existente é a melhor opção, como sendo o caso deste projeto onde constatou-se que o retorno em se realizar a atualização seria mais indicado financeiramente do que a compra de um equipamento novo.

1.1 TEMA DA PESQUISA

Aplicação de modernização e atualização tecnológica em sistemas de produção robotizados.

1.1.1 Delimitação do Tema

O processo de elaboração do plano de atualização tecnológica procura enfocar a substituição de equipamentos e sistemas convencionais, de tecnologia analógica, associados principalmente às funções de controle, comando, medição, proteção e regulação, por equipamentos e sistemas digitais.

Para tal atualização tecnológica, faz-se necessário a comunicação entre estes dispositivos.

A aplicação de modernização e atualização tecnológica desenvolvidas neste trabalho surgiu da necessidade de reestabelecer as condições de funcionamento da parte mecânica e controle de robô para encaixotamento automático de bandejas de 450 e 500 gramas, na Unidade da Brasil Foods, Ponta Grossa.

1.2 PROBLEMA

Foram realizadas tentativas pela empresa em manter o robô em funcionamento sem atualizar seus componentes, contudo não existindo sucesso o equipamento foi desativado. Assim, o processo de encaixotamento que era automático passou a ser realizado manualmente. No entanto, sendo realizado manualmente observa-se a possibilidade de problemas ergonômicos além da necessidade da ampliação da mão de obra para realizar a atividade.

Para reduzir os riscos ergonômicos e liberar a mão de obra que está realizando o encaixotamento manual para outras funções, é proposta neste trabalho a reconstrução e a atualização do robô.

A atualização tecnológica se faz necessária devido à defasagem dos componentes e do superdimensionamento dos componentes atuais, como observado na Figura 1, onde pode-se observar uma bomba de vácuo com dois motores grandes sendo que o processo não exige tanto. Contudo, para que a atualização seja realizada ela deve-se mostrar viável financeiramente, sendo que uma máquina nova traria todos os benefícios citados, ou seja, vale a pena aplicar a modernização do robô?



Figura 1: Bomba de vácuo com dois motores
Fonte: Autoria Própria

1.3 HIPÓTESE

Para resolver o problema o projeto visa reestruturar o robô tanto sua parte mecânica como de automação, de forma que não seja mais necessária a intervenção direta de três pessoas no processo, sendo que será suficiente a presença de somente uma pessoa para fiscalizar o processo e intervir quando necessário, ou seja, espera-se ganhar o equivalente a salário e encargos de dois funcionários.

Considera-se que a eficiência do robô após a atualização será a mesma de robôs que realizam a mesma função e estão disponíveis no mercado, e que através da atualização o robô ganhará em eficiência quando comparado com as atividades realizadas antes da atualização.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

Determinar a melhor estratégia de atualização e reestruturação de um robô para encaixotamento automático.

1.4.2 Objetivos Específicos

- ✓ Avaliar possíveis melhorias;

- ✓ Levantamento dos componentes que podem ser reutilizados;
- ✓ Levantamento dos componentes que necessitam ser comprados;
- ✓ Análise econômica da modernização;
- ✓ Implementação da atualização;
- ✓ Análise do funcionamento do equipamento;

1.5 JUSTIFICATIVA

Com o robô em funcionamento será necessário apenas um funcionário acompanhando o processo de encaixotamento, dos três que realizam o processo manual de encaixotamento. Ou seja, o projeto se justifica pelo ganho de bem estar para os dois funcionários que não estarão em uma função repetitiva, e pelo ganho financeiro para a empresa, pois os dois funcionários realizarão outras atividades. Conforme informação do supervisor do setor o custo de mão de obra com dois funcionários é de R\$ 3.600,00 mensais. Considerando o custo anual com dois funcionários em R\$ 46.800,00, em um ano a máquina terá dado um retorno de R\$ 36.697,30 necessários para a atualização. Outra vantagem é que segundo informações da supervisão da manutenção a qual autorizou o projeto, um robô novo custa em torno de R\$ 80.000,00. Ao analisar os dados econômicos conclui-se que a modernização é viável economicamente.

1.6 MÉTODO DA PESQUISA

Para realização da pesquisa foram consideradas três metodologias de pesquisa. Inicialmente uma pesquisa de Campo, no segundo momento uma pesquisa Bibliográfica e como última etapa uma pesquisa Operacional.

- ✓ Primeira Etapa: Uma Pesquisa de campo com o objetivo de analisar o funcionamento do robô e quais as possíveis alterações a serem realizadas;
- ✓ Segunda Etapa: Uma pesquisa bibliográfica com o objetivo de verificar quais equipamentos disponíveis são mais adequados na atualização do robô;

- ✓ Terceira Etapa: Uma pesquisa operacional com o objetivo de desenvolver o programa em Ladder para o CLP e sua implantação e a atualização dos componentes do robô.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 REVISÃO DA LITERATURA

2.1.1 Atualização Tecnológica

A elaboração do plano de atualização tecnológica procura focar a substituição de equipamentos e sistemas convencionais, de tecnologia analógica, associados principalmente às funções de controle, comando, medição, proteção e regulação, por equipamentos e sistemas digitais.

Para tal atualização tecnológica, faz-se necessário a comunicação entre estes dispositivos. Porém, mesmo com o surgimento das redes de comunicação, apenas os equipamentos de uma mesma marca conseguiam se comunicar, pois cada fabricante tinha seu próprio sistema. A integração de linguagens conhecida como interoperabilidade só surgiu em 1993 com a publicação da norma IEC 61131-3, que padronizou a programação de controle industrial e, posteriormente, com a introdução da ISA 95, que é o padrão internacional para integração de empresas e sistemas de controle.

Quando se toma a decisão da execução de um plano de atualização tecnológica, é necessário avaliar atentamente as condições do equipamento e seus componentes, se estes já estão obsoletos, danificados ou se estão de acordo com o local em que estão operando. O fim de vida útil pode ser identificado por uma ou mais das seguintes condições:

- a) Custo excessivo de manutenção;
- b) Baixa disponibilidade operativa e;
- c) Reduzido nível de segurança, introduzindo riscos à vida humana, às instalações físicas ou ao sistema elétrico.

O seguinte fluxograma pode ser utilizado no auxílio da tomada de decisão da atualização:

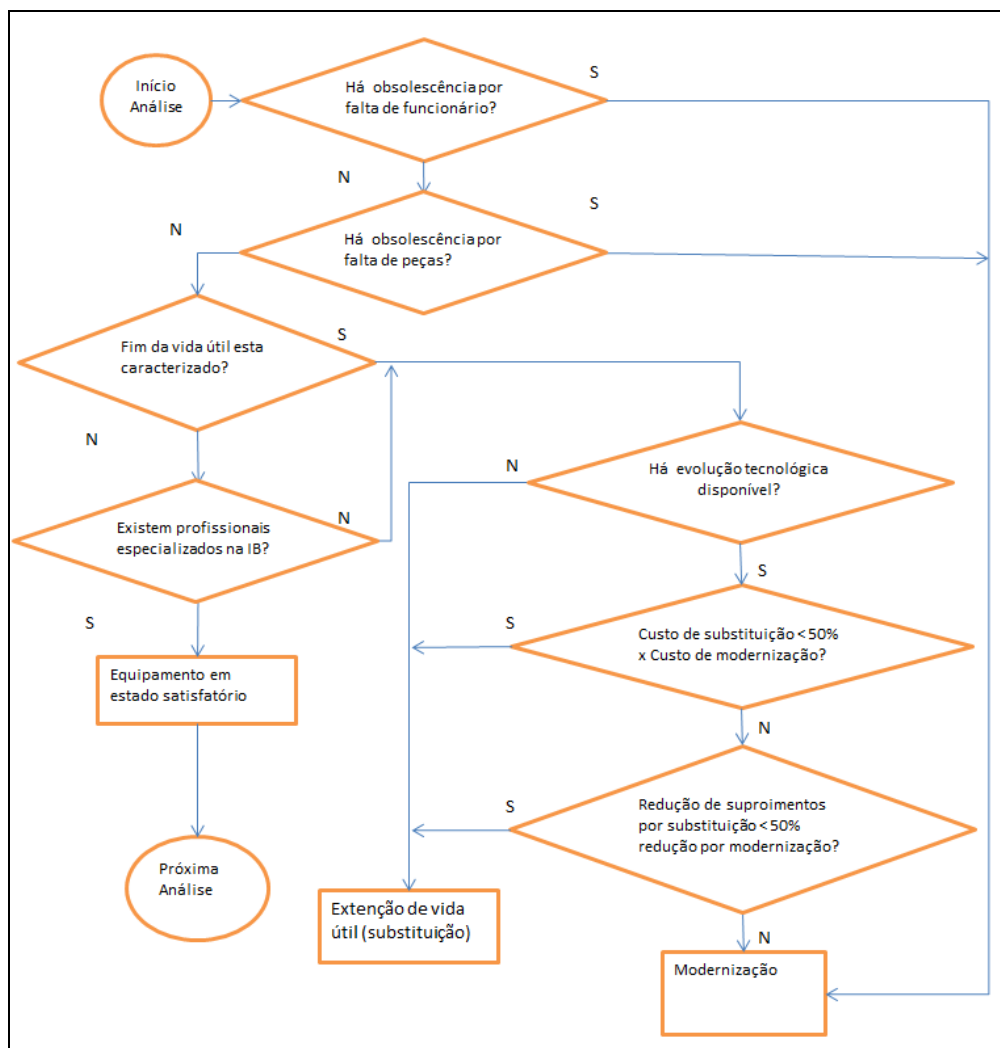


Figura 2: Fluxograma que define o tipo de atualização tecnológica
Fonte: Mendes e Escrivão Filho (2007)

2.1.2 Robô Cartesiano

Destaca-se como característica, o fato de que sua construção com base em juntas lineares tende a uma programação mais simples de controle. Em seu sistema de eixos ortogonais e paralelos tem-se uma ótima eficiência do fator resposta quanto a sua movimentação. Com o deslocamento no sistema de coordenadas simuladas no sistema de controle, pode-se atuar com precisão sobre os deslocamentos do mecanismo real. A rigidez e a leveza da estrutura utilizada na construção do robô são fundamentais para que se alcance um bom desempenho dinâmico. Suas aplicações na indústria variam de um volume de trabalho muito reduzido como em atividades de precisão, até um grande volume de trabalho em operações de carga e descarga.

Nesse modelo de estrutura se ganha uma uniformidade do volume de trabalho com elevação da precisão das posições que o mecanismo pode atuar. Podem ser construídas estruturas de grande porte, utilizadas em células de fabricação manipulando peças dentro da estrutura interna da planta onde se encontra instalada. Na Figura 4 temos uma representação construtiva onde a base é apoiada diretamente no solo.

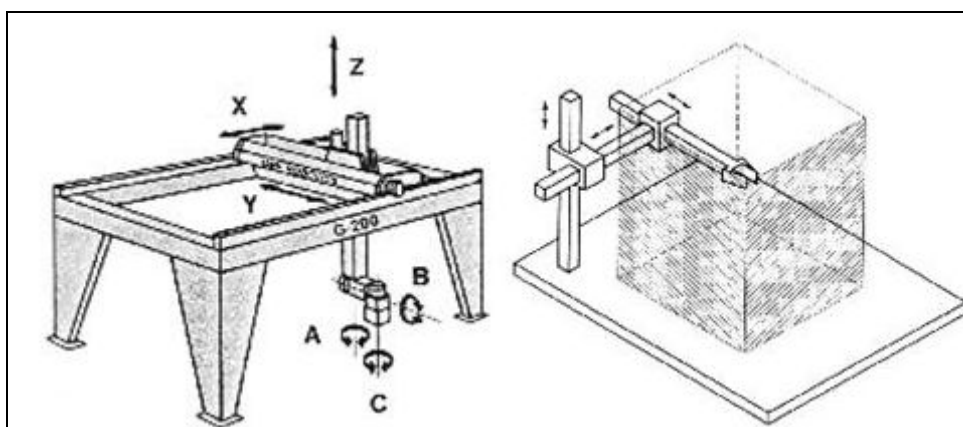


Figura 3: Robô cartesiano
Fonte: SOCIETY OF ROBOTS, 2008

2.1.3 Controlador Lógico Programável

O CLP ou controlador lógico programável surgiu na década de 60 para substituir os painéis de cabina de controle de relés, assim reduzindo o consumo de energia e facilitando a manutenção.

Durante a década de 70 novas funções foram inseridas, tais como: instruções de temporização, operações aritméticas e matriciais controle PID entre outros. No final da mesma década foi a vez dos protocolos de comunicação serem incorporados, o novo recurso embora limitado proporcionava a integração entre si de controladores distantes.

No final da década de 80 a evolução da eletrônica proporcionou uma redução no tamanho físico bem como uma maior velocidade e precisão. Nesta década já era possível realizar a programação por microcomputadores, houve também uma tentativa de padronizar os protocolos de comunicação. A linguagem de programação via microcomputadores só foi padronizada na década de 90 sob o

padrão IEC 1131-3, na mesma década foram desenvolvidas as primeiras IHM's e softwares supervisórios.

Desde o início a comunicação sempre ganhou destaque, sendo que antigamente existiam salas muitas vezes longes dos pontos onde estão os sensores, para transmitir as informações eram necessários vários cabos e que suportassem transmitir dados a tais distâncias. Pesando nisso, se investiu na criação de protocolos de comunicação, assim facilitando a coleta de informações, ou seja, hoje já é possível que expansões de entradas e saídas estejam perto dos instrumentos coletando dados, os quais são enviados para a CPU via um único cabo.

2.1.4 Interface Homem Máquina

Existe a necessidade de o homem enviar suas ordens de execução para a máquina, seja para que ela desligue ou para que seja mais rápida, para isso é necessário uma interface entre o homem e a máquina, ou seja, uma IHM, interface homem máquina.

Os botões, seletoras e sinalizadores, são as primeiras interfaces existentes, contudo apenas dados básicos são possíveis de se monitorar e controlar, tais como estado de ligado ou desligado, valores exatos de temperatura não eram possíveis de se visualizar.



Figura 4: Interface de botões
Fonte: FRANCISCO (2004).

Surgiram então os displays e chaves digitais tipo (“thumbwell switches”), que no caso dos displays nos permitam visualizar os valores das variáveis de processo, bem como mudar parâmetros pré-definidos, como por exemplo, temporizações através das chaves digitais.

No entanto, este tipo de interface trazia problemas claros como a dimensão da superfície do painel, que por muitas vezes necessitava ser ampliado, para alojar tantos botões, ou informações que eram necessárias.

A evolução seguinte foi à utilização de interfaces gráficas ao invés de alfanuméricas.

Quando utilizadas, as interfaces gráficas, em alguns casos mais simples substituem os sistemas supervisórios, ou quando usadas em sistemas de controle, integradas a sistemas supervisórios, estas além das funções das IHMS alfanuméricas já citadas, executam também funções de visualização que aliviam o sistema supervisório.

2.1.5 Servomotores

Servomotor é uma máquina, mecânica ou eletromecânica, diferente da maioria dos demais motores, não gira livremente sem um controle efetivo de posição, ou seja, consiste em um sistema de malha fechada, que ao receber o sinal de controle verifica a posição atual e depois vai para a posição desejada.

Embora seja possível encontrar servos com motores de corrente alternada a maioria utiliza motores de corrente contínua. Também existe um conjunto de engrenagens que forma uma caixa de redução que amplifica o torque.

O sensor geralmente é um potenciômetro preso ao eixo do motor, o qual o valor de sua resistência indica a posição angular em que se encontra o eixo.

O circuito de controle é composto por um oscilador e um controlador PID e que recebe sinal do sensor. Servos possuem três fios de interface sendo dois para alimentação e um para sinal de controle, sendo que o sinal de controle utiliza o protocolo PWM, a largura do pulso de controle determinará a posição do eixo:

- ✓ Largura máxima: equivale ao deslocamento do eixo em + 90° da posição central;
- ✓ Largura mínima: equivale ao deslocamento do eixo em -90°;
- ✓ Demais larguras: determinam a posição proporcionalmente. O pulso de controle pode ser visto na ilustração sobre sinais de controle de servomotores.



Figura 5: Servo motor CC
Fonte: FRANCISCO (2004).

2.1.6 Bomba de Vácuo

Uma bomba de vácuo é capaz de criar vácuo em uma câmara, as bombas de vácuo são usadas em uma ampla variedade de processos industriais. As bombas de vácuo existem a mais de 400 anos.

O princípio básico do funcionamento da bomba de vácuo é o deslocamento positivo, basicamente , quando uma câmara se expande , ela cria um vácuo natural e suga mais gás em seu interior, mesmo princípio do pulmão humano, o pulmão se expande e mais ar entra pelo nariz.

No entanto, em uma câmara, esta expansão teria de crescer indefinidamente, a fim de criar um vácuo. Dividindo a câmara de modo que a seção de expansão possa ser fechada, esta expansão "infinita" pode ser alcançada. Uma câmara dividida poderia expandir um lado, extraindo o gás de seu interior, e em seguida, fechar a parte de vácuo da câmara. Então, o gás no lado expandido é expulso, ou esgotado, e as seções se conectam novamente. A câmara se expande, criando uma forte depressão no lado do vácuo da câmara, e o processo continua.



Figura 6: Bomba de vácuo
Fonte: Francisco (2004).

2.1.7 Sensores

Sensor é o termo utilizado para designar dispositivos sensíveis a alguma forma de energia, relacionando informações sobre uma grandeza física que precisar ser medida, tais como temperatura, velocidade, posição, etc.

Dados os vários tipos de sensores, existem também vários sinais a serem tratados, pois cada tipo de sensor emite um tipo de sinal seja de tensão ou corrente.

O tipo de sensor utilizado depende da aplicação, para processos onde é necessário apenas detectar um objeto normalmente se utiliza sensores digitais, ou seja, o sensor enviará apenas um sinal alto que geralmente é de 24VCC, ou baixo de 0 VCC, mas podem variar conforme o modelo do sensor. Abaixo alguns modelos de sensores digitais:

Sensor indutivo irá enviar sinal 0 ou 1 na presença de material metálico, pode ser do tipo faceado ou não faceado(o segundo tem um campo maior de detecção).



Figura 7: Sensor indutivo não faceado
Fonte: Site Ifm



Figura 8: Sensor indutivo faceado
Fonte: Site Ifm

Os sensores capacitivos têm uma ampla gama de aplicações que, de acordo com os modelos fornecidos pelos fabricantes, podem partir de uma simples

detecção de qualquer material, por exemplo, para contagem em substituição as chaves fim-de-curso, até detector de líquidos.

Um tipo de sensor encontrado em uma grande quantidade de aplicações é o sensor fotoelétrico. Estes sensores são utilizados numa infinidade de aplicações, indo desde sistemas de segurança, controle, máquinas industriais, equipamento médico e eletrônica embarcada. Basicamente ele mudará o nível do sinal de saída quando a luz que ele projeta for interrompida.



Figura 9: Sensor fotoelétrico
Fonte: Site Site Ifm

Já para processo mais complexos que envolvem variáveis que não são discretas, como é o caso da temperatura, se utilizam sensores analógicos, os quais transmitem outro tipo de variáveis. Alguns deles utilizam a variação da resistência que muda conforme influencia externa, como é o caso do PT100, quando a temperatura muda a resistência do sensor muda juntamente. Alguns tipos de controladores possuem entradas específicas para este tipo de sinal chamado de RTD, contudo é comum encontrar transdutores que transformam essa variação de resistência em corrente ou tensão que são os valores os quais são mais comuns de entrarem nos controladores lógicos.



Figura 10: PT 100
Fonte: Site Isbbrasil



Figura 11: Transdutor para PT 100
Fonte: Site Isbbrasil

Existem sensores analógicos para as demais variáveis tais como, velocidade, nível, pressão etc.

2.2 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Estão descritos nesta seção todos os passos para a implementação do projeto, estando em detalhes a avaliação realiza no robô antigo, a proposta para o funcionamento depois da atualização, bem como as alterações necessárias para que o equipamento funcione de acordo ao proposto e os componentes utilizados.

2.2.1 Avaliação das Possíveis Melhorias

Está descrita abaixo como seria o funcionamento do robô sem nenhuma atualização. A figura 12 representa uma vista superior da máquina sem o fuso e o canhão de vácuo, as bandejas entram de duas em duas na máquina, tem-se um cilindro pneumático como barreira na entrada.

- a: Esteira entrada de bandejas;
- b: Servomotor para movimento do braço;
- c: Esteira de entrada de caixas;
- d: Braço movido pelo servo b;
- e: Placa metálica;
- f: Bandejas;

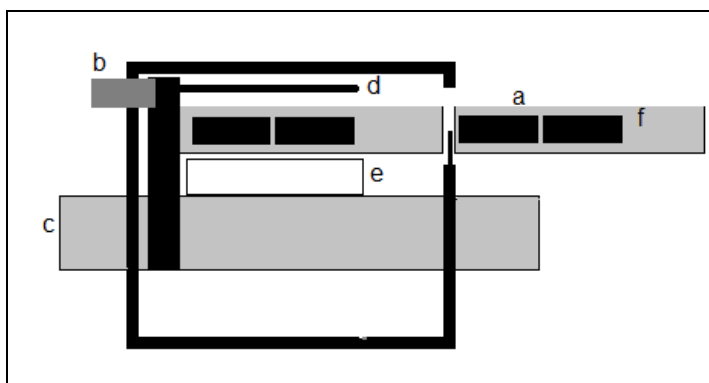


Figura 12: Representação superior robô sem atualização 1º estágio
Fonte: Autoria própria

Na figura 13 pode-se observar uma representação da segunda etapa com vista superior, o braço preso ao servomotor irá empurrar as bandejas em direção ao canhão de vácuo, então as bandejas serão sugadas. Não existe um apoio para que elas fiquem até serem pegas pelo canhão de vácuo.

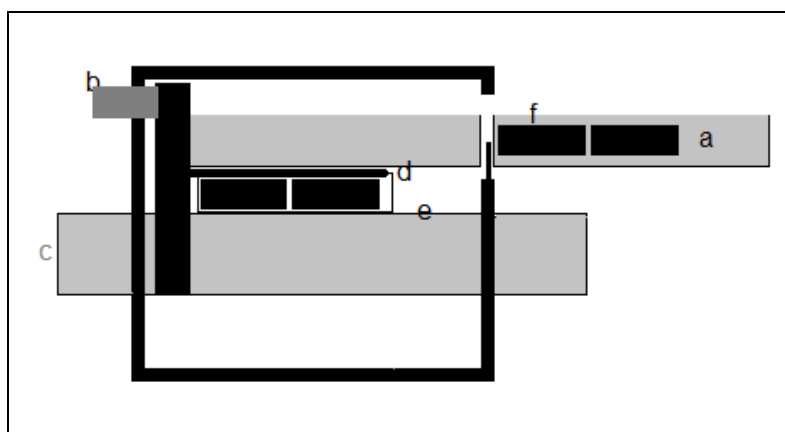


Figura 13: Representação superior robô sem atualização 2º estágio
Fonte: Autoria própria

- a: Esteira entrada de bandejas;
- b: Servomotor para movimento do braço;
- c: Esteira de entrada de caixas;
- d: Braço movido pelo servo b;
- e: Placa metálica;

Na figura 14 pode-se observar a terceira etapa com vista lateral, após serem empurradas pelo braço as duas bandejas serão sugadas pelo canhão de vácuo, que permanece sempre ligado.

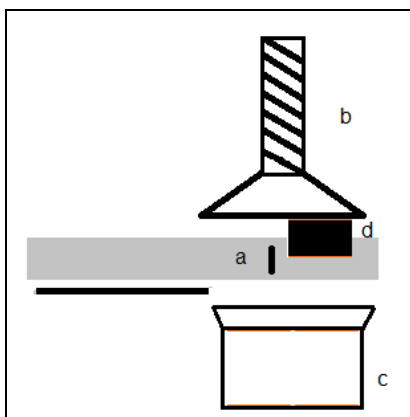


Figura 14: Representação lateral robô sem atualização 3º estágio
Fonte: Autoria própria

- a: Braço movido por servo;
- b: Canhão de vácuo;
- c: Caixa de papelão;
- d: Bandejas;

Na figura 15 pode-se observar a representação da quarta etapa com vista lateral, serão liberadas mais duas bandejas que serão empurradas pelo braço e sugadas pelo canhão.

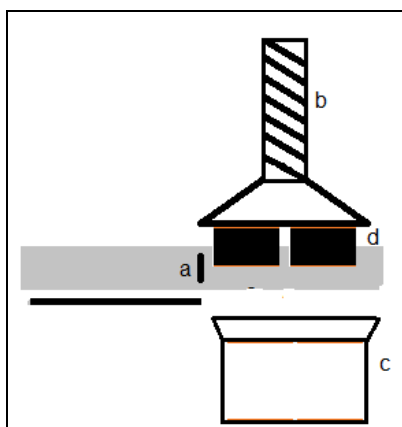


Figura 15: Representação lateral robô sem atualização 4º estágio
Fonte: Autoria própria

- a: Braço movido por servo;

- b: Canhão de vácuo;
- c: Caixa de papelão;
- d: Bandejas;

Na figura 16 pode-se observar a representação da quinta etapa com vista lateral, após as quatro bandejas estarem presas no canhão de vácuo um servomotor será acionado e fará com que um fuso abaixe as bandejas para dentro da caixa.

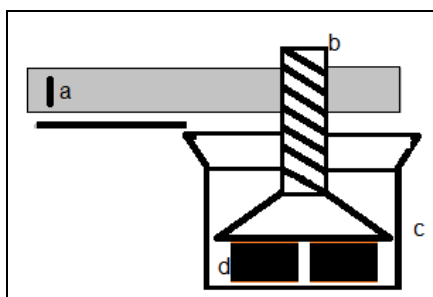


Figura 16: Representação lateral robô sem atualização 5° estágio
Fonte: Autoria própria

- a: Braço movido por servo;
- b: Canhão de vácuo;
- c: Caixa de papelão;
- d: Bandejas;

Na figura 17 pode-se observar uma vista lateral que representa a condição em que as 12 bandejas já estão dentro da caixa, para que isto ocorra o mesmo processo será replicado mais duas vezes. Após isso o fuso irá subir e a caixa será liberada.

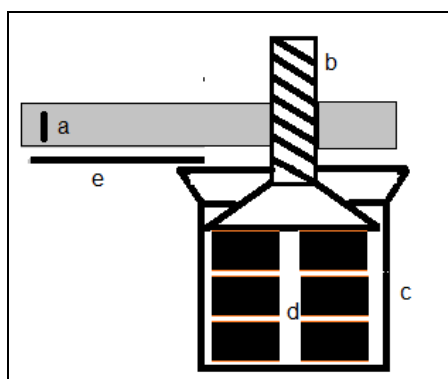
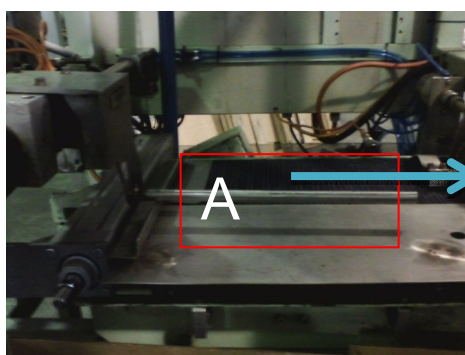


Figura 17: Representação lateral robô sem atualização 6° estágio
Fonte: Autoria própria

- a: Braço movido por servo;
- b: Canhão de vácuo;
- c: Caixa de papelão;
- d: Bandejas;
- e: Placa de metal;

As figuras 18 e 19 apresentam os componentes da máquina.



Braço fixado em servo
que epurra bandejas
para frente

Figura 18: Visão interna do robô (1)
Fonte: Autoria própria

Onde: **A**, é a esteira entrada.



Canhão de vácuo

Figura 19: Visão interna do robô (2)
Fonte: Autoria própria

Na Figura 19 pode-se observar apenas o tubo, faltando a boca de metal.

2.2.1.1 Proposta para funcionamento do robô

Nesta seção está descrito a proposta de funcionamento para o robô atualizado. A figura 20 representa uma vista superior do projeto do robô, sem a presença das ventosas, trata-se do primeiro estágio onde não existe nenhuma bandeja dentro do robô, pois neste estágio as mesmas ainda não foram liberadas pelo pistão pneumático de entrada.

Para serem liberadas propõe-se um sensor antes do pistão de entrada para liberar apenas duas bandejas. Antes de o robô iniciar seu ciclo, será necessário que um sensor posicionado na entrada da esteira "f" identifique a entrada de uma caixa, com a utilização de um pistão pneumático controla-se a entrada das caixas e com outro pistão posicionam-se as caixas na posição correta, ou seja, exatamente abaixo da gaveta onde estão as bandejas.

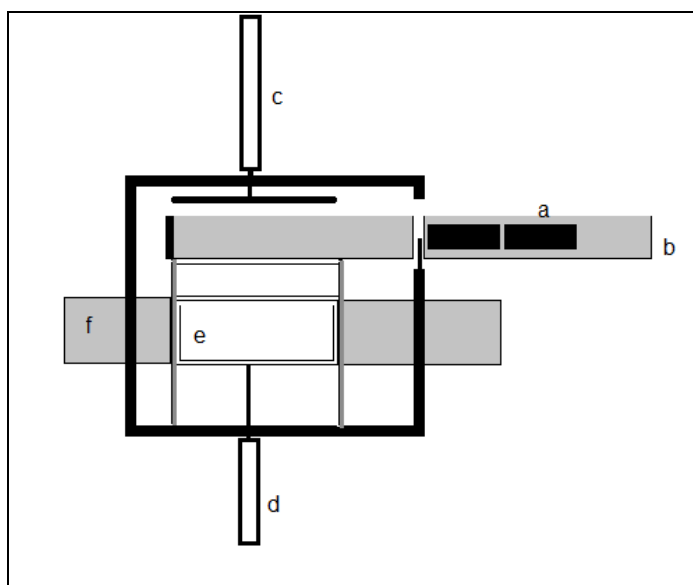


Figura 20: Representação superior do robô atualizado 1º estágio
Fonte: Autoria própria

- a: Bandejas;
- b: Esteira entrada de bandejas;
- c: Pistão pneumático para empurrar bandejas;
- d: Pistão pneumático para recolher a gaveta;
- e: Gaveta;
- f: Esteira de entrada de caixas;

A figura 21 representa o segundo estágio, onde já foram liberadas duas bandejas para o interior do robô, onde já se encontra uma caixa de papelão embaixo da bandeja. Com um sensor no final da esteira identifica-se a existência de bandejas, e se estão na posição correta.

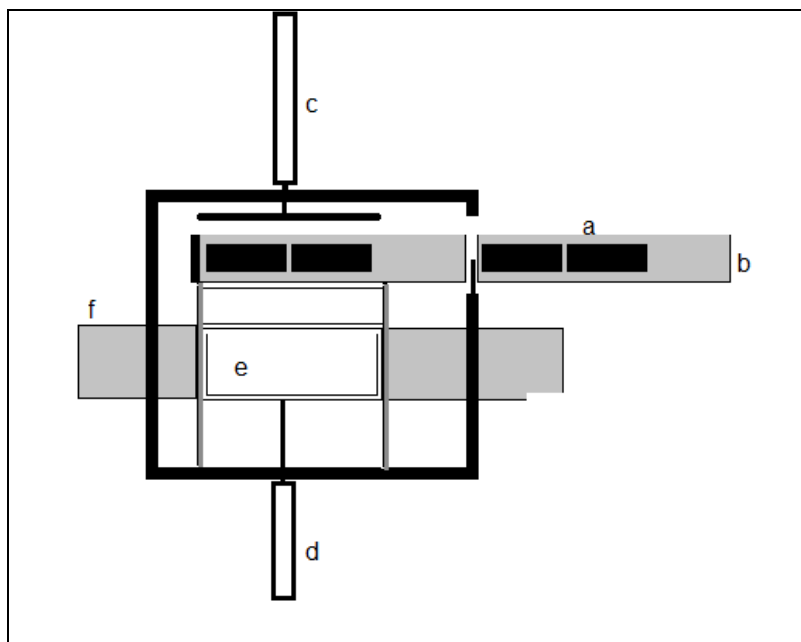


Figura 21: Representação superior do robô atualizado 2º estágio
Fonte: Autoria própria

- a: Bandejas;
- b: Esteira entrada de bandejas;
- c: Pistão pneumático para empurrar bandejas;
- d: Pistão pneumático para recolher a gaveta;
- e: Gaveta;
- f: Esteira de entrada de caixas;

A figura 22 representa o terceiro estágio da máquina, onde o pistão pneumático (letra c) empurra as duas bandejas para dentro da gaveta (letra e). Ambos os pistões com sensores no início e no final de seus cursos.

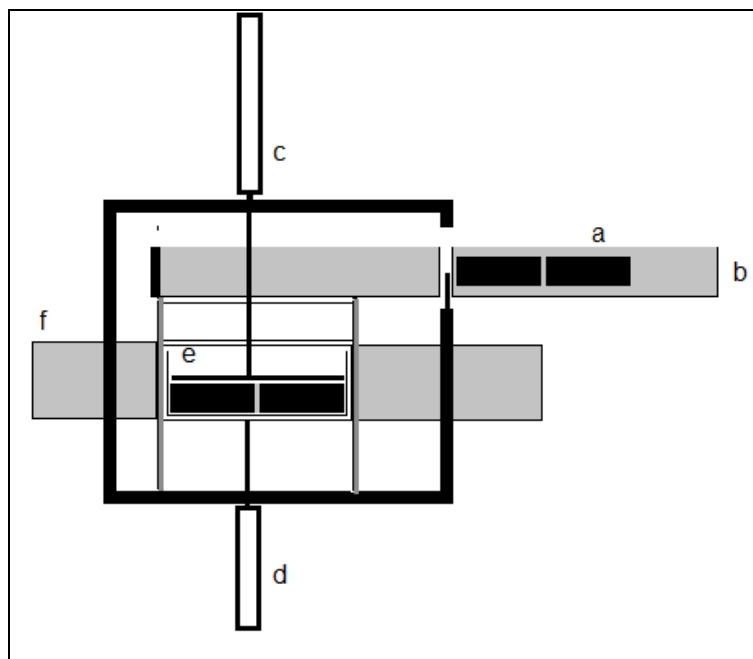


Figura 22: Representação superior do robô atualizado 3º estágio
Fonte: Autoria própria

- a: Bandejas;
- b: Esteira entrada de bandejas;
- c: Pistão pneumático para empurrar bandejas;
- d: Pistão pneumático para recolher a gaveta;
- e: Gaveta;
- f: Esteira de entrada de caixas;

A figura 23 representa o quarto estágio, onde o pistão (letra c) recua e espera a entrada de mais duas bandejas.

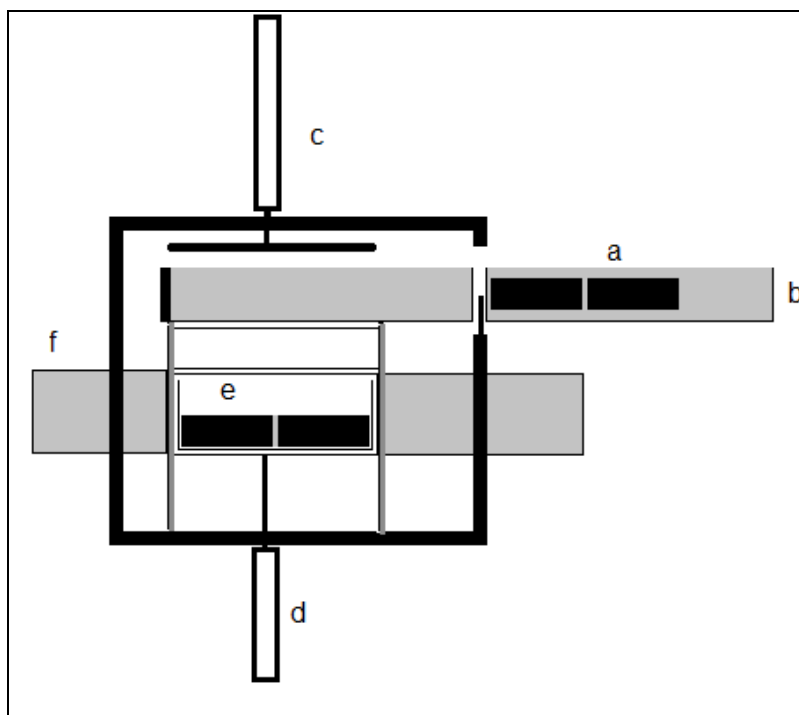


Figura 23: Representação superior do robô atualizado 4º estágio
Fonte: Autoria própria

- a: Bandejas;
- b: Esteira entrada de bandejas;
- c: Pistão pneumático para empurrar bandejas;
- d: Pistão pneumático para recolher a gaveta;
- e: Gaveta;
- f: Esteira de entrada de caixas;

A figura 24 representa o quinto estágio, onde foram liberadas mais duas bandejas para dentro da máquina.

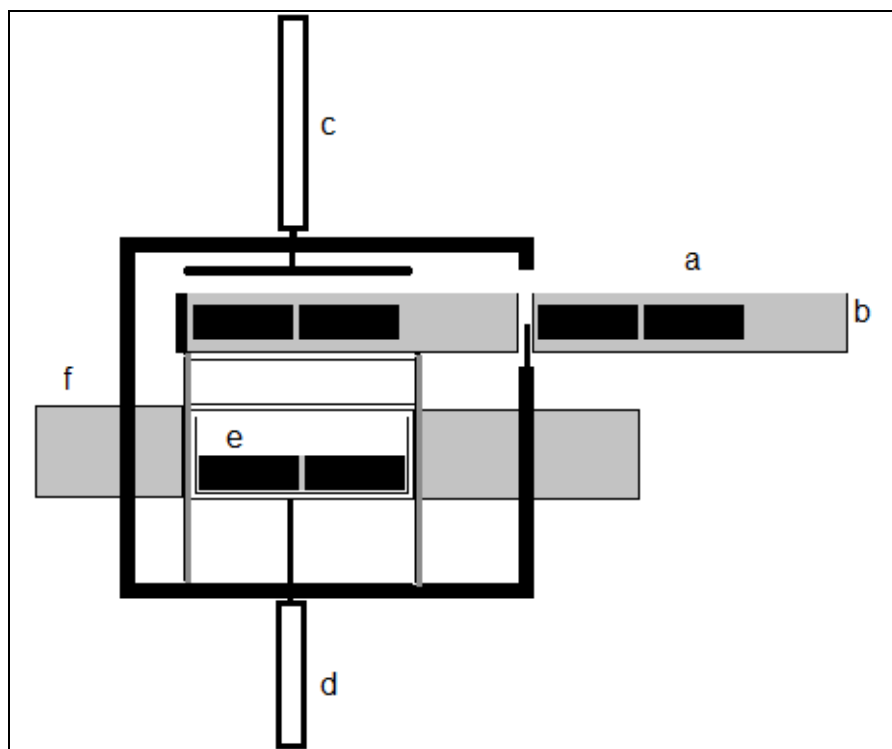


Figura 24: Representação superior do robô atualizado 5º estágio
Fonte: Autoria própria

- a: Bandejas;
- b: Esteira entrada de bandejas;
- c: Pistão pneumático para empurrar bandejas;
- d: Pistão pneumático para recolher a gaveta;
- e: Gaveta;
- f: Esteira de entrada de caixas;

A figura 25 representa o sexto estágio, onde o pistão (letra c) empurra as duas bandejas para dentro da gaveta (letra e) completando as quatro bandejas previstas.

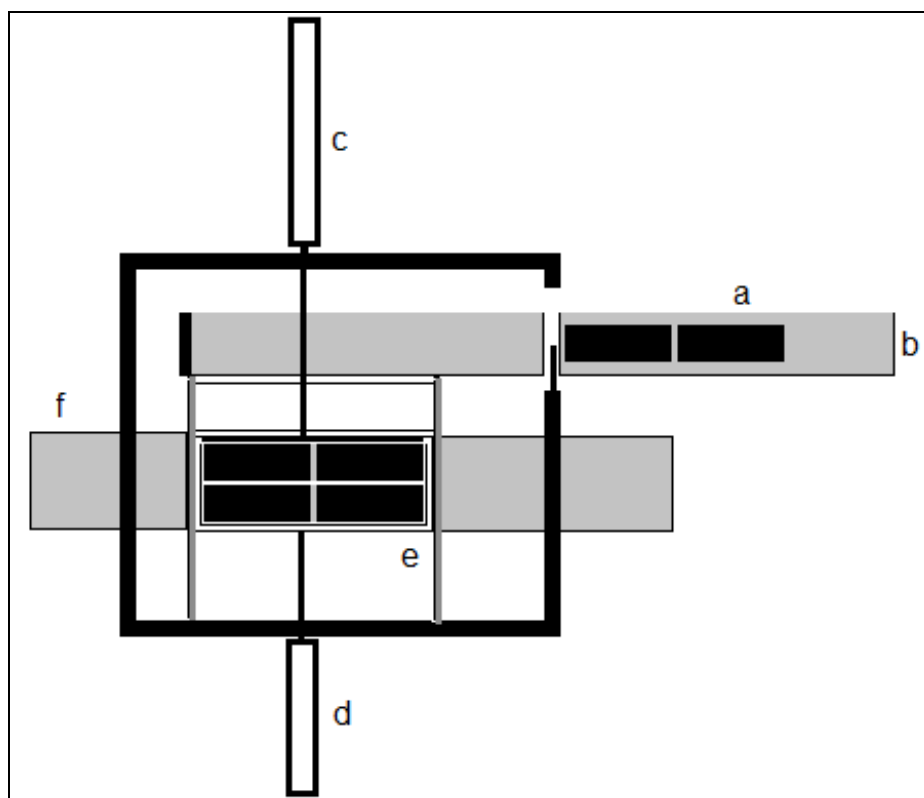


Figura 25: Representação superior do robô atualizado 6º estágio
Fonte: Autoria própria

- a: Bandejas;
- b: Esteira entrada de bandejas;
- c: Pistão pneumático para empurrar bandejas;
- d: Pistão pneumático para recolher a gaveta;
- e: Gaveta;
- f: Esteira de entrada de caixas;

A figura 26 representa o sétimo estágio, onde o pistão (letra c) recua e espera as bandejas serem pegas pelas ventosas e erguidas.

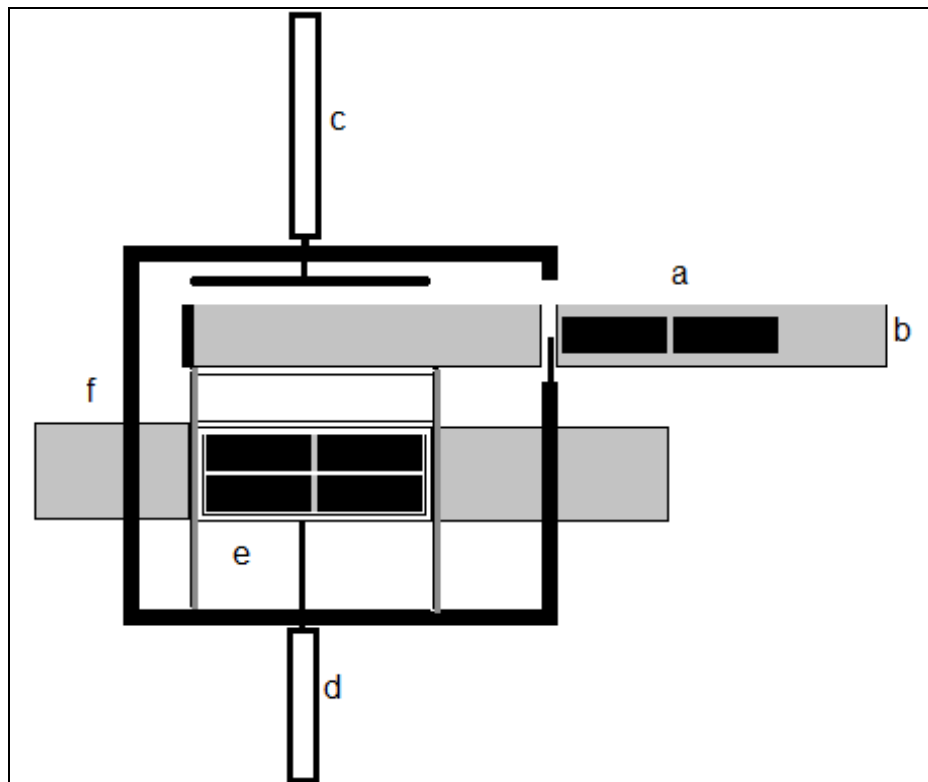


Figura 26: Representação superior do robô atualizado 7º estágio
Fonte: Autoria própria

- a: Bandejas;
- b: Esteira entrada de bandejas;
- c: Pistão pneumático para empurrar bandejas;
- d: Pistão pneumático para recolher a gaveta;
- e: Gaveta;
- f: Esteira de entrada de caixas.

A figura 27 representa uma visão lateral da máquina em seu estágio inicial de operação, sem bandejas no seu interior. Para controlar a posição do braço foi proposta a utilização de cinco sensores na lateral, sendo o primeiro ativado quando o braço estiver como mostrado na figura 27.

Quando não estiver em movimento o servomotor estará apenas energizado para manter a posição.

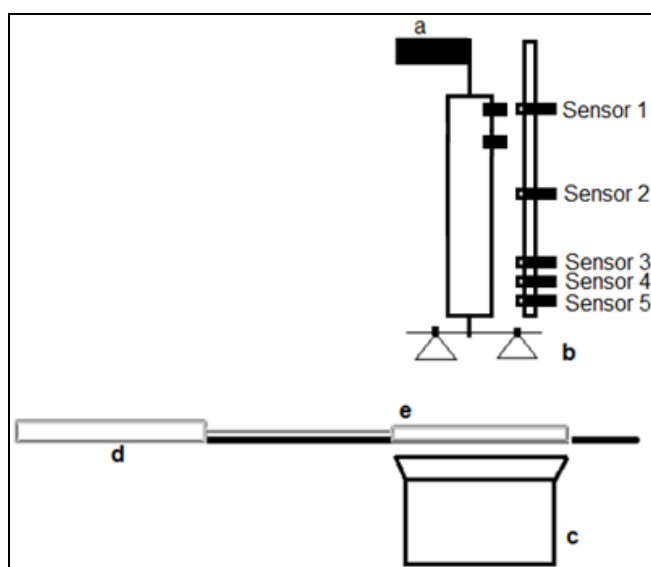


Figura 27: Representação lateral do robô atualizado 1º estágio
Fonte: Autoria própria

- a: Servomotor para mover verticalmente bandeja;
- b: Ventosas;
- c: Caixa de papelão;
- d: Pistão pneumático para recolher a gaveta;
- e: gaveta.

A figura 28 representa o sétimo estágio, onde as bandejas estão em posição de serem erguidas. Quando a máquina chegar neste estágio uma válvula libera o vácuo para as ventosas. Sensor 1 ainda ativado e o servo energizado.

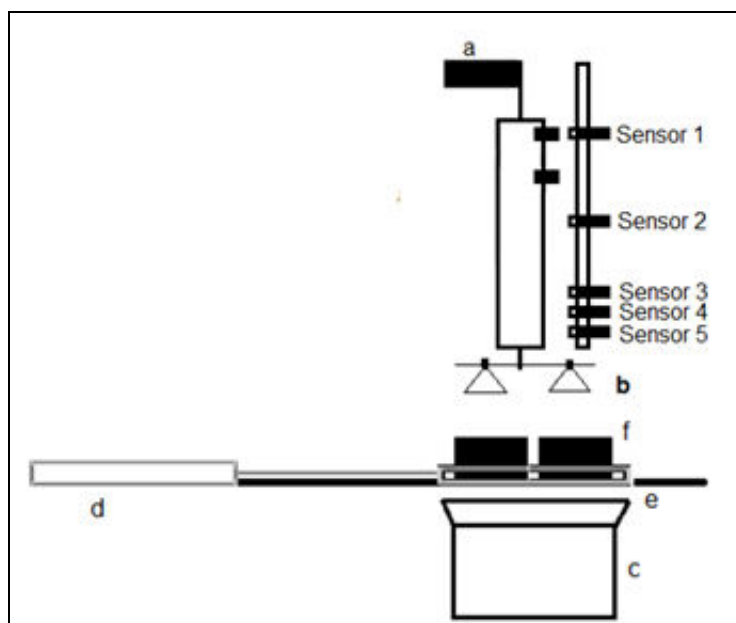


Figura 28: Representação lateral do robô atualizado 7º estágio
Fonte: Autoria própria

- a: Servomotor para mover verticalmente bandeja;
- b: Ventosas;
- c: Caixa de papelão;
- d: Pistão pneumático para recolher a gaveta;
- e: Gaveta;
- f: Bandejas.

A figura 29 representa o oitavo estágio, onde o servomotor (letra a) é acionado abaixando as ventosas. Quando o braço chega à posição correta para pegar as bandejas o sensor 2 é ativado e o servo motor (letra a) para de rotacionar ficando apenas energizado. Para identificar se o vácuo foi atingido foi instalado um vacuostato para realizar a leitura.

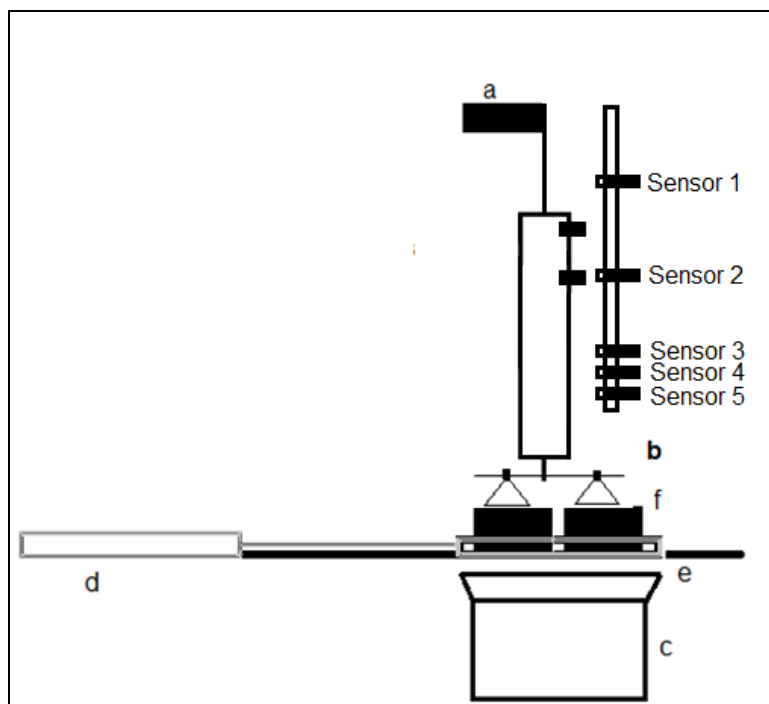


Figura 29: Representação lateral do robô atualizado 8º estágio
Fonte: Autoria própria

- a: Servomotor para mover verticalmente bandeja;
- b: Ventosas;
- c: Caixa de papelão;
- d: Pistão pneumático para recolher a gaveta;
- e: Gaveta;
- f: Bandejas.

A figura 30 representa o nono estágio, onde o servomotor (letra a) é acionado em sentido reverso e levanta as quatro bandejas, que estão presas nas ventosas, por meio de vácuo. O Sensor 1 é acionado para identificar que o braço chegou na posição ideal.

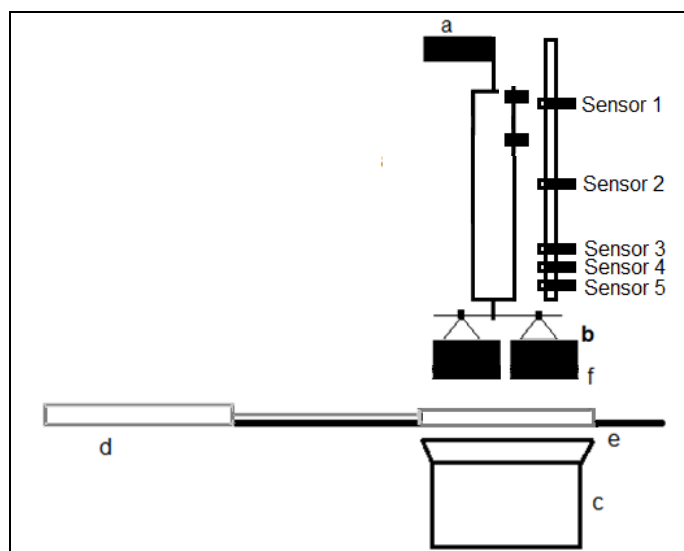


Figura 30: Representação lateral do robô atualizado 9º estágio
Fonte: Autoria própria

- a: Servomotor para mover verticalmente bandeja;
- b: Ventosas;
- c: Caixa de papelão;
- d: Pistão pneumático para recolher a gaveta;
- e: Gaveta;
- f: Bandejas;

A figura 31 representa o décimo estágio, onde o pistão (letra d) é acionado fazendo com que a gaveta (letra e) também recue librando as bandejas para serem colocadas dentro da caixa.

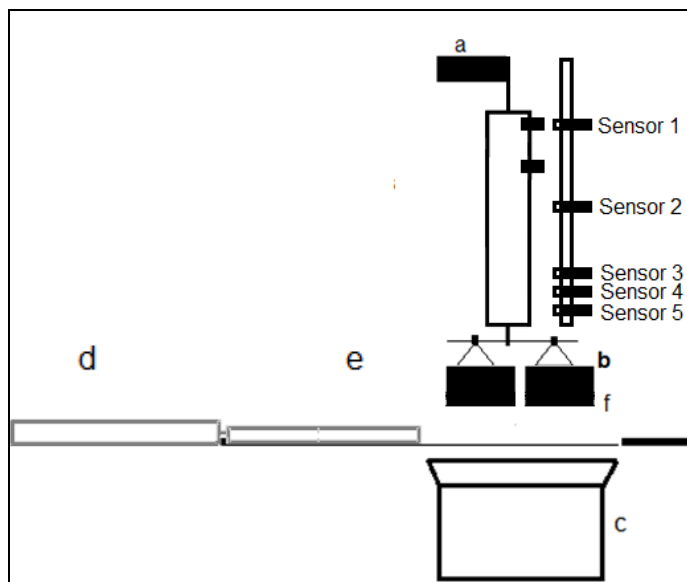


Figura 31: Representação lateral do robô atualizado 10º estágio
Fonte: Autoria própria

a: Servomotor para mover verticalmente bandeja;

b: Ventosas;

c: Caixa de papelão;

d: Pistão pneumático para recolher a gaveta;

e: Gaveta;

f: Bandejas;

A figura 32 representa o décimo primeiro estágio, onde o servomotor (letra a) é novamente acionado para baixo e libera as bandejas dentro da caixa (letra c). Os sensores 3, 4 e 5 são para o controle das 3 camadas de bandejas dentro da caixa, como mostrado na figura 32 o sensor 5 é acionado na primeira camada para determinar a posição ideal para o braço depositar as bandejas, para a segunda camada é acionado o sensor 4 e para a terceira será acionado o sensor 3.

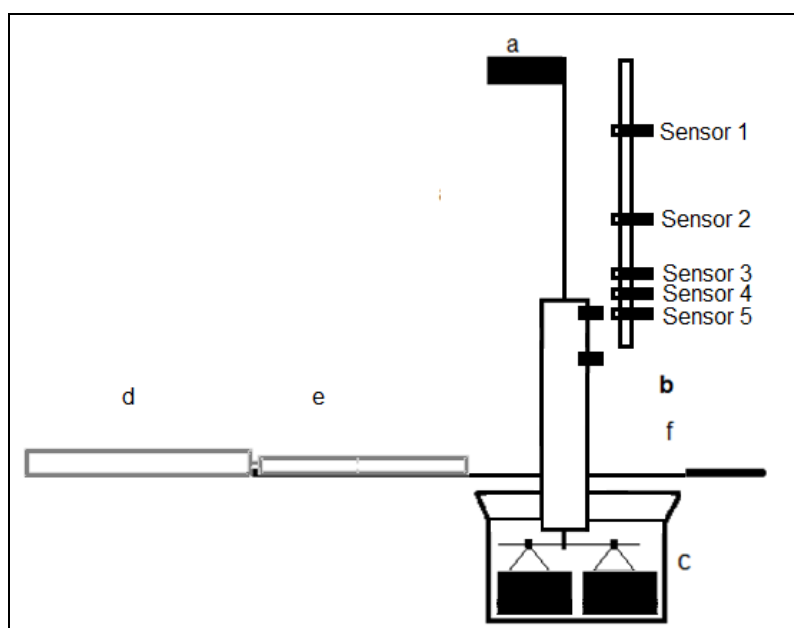


Figura 32: Representação Lateral do robô atualizado 11º estágio
Fonte: Autoria própria

- a: Servomotor para mover verticalmente bandeja;
- b: Ventosas;
- c: Caixa de papelão;
- d: Pistão pneumático para recolher a gaveta;
- e: Gaveta;
- f: Bandejas;

A figura 33 representa o estágio em que a máquina repete o ciclo três vezes e libera mais oito bandejas dentro da caixa completando doze no total. Sensor 3 está ativado mostrando a posição ideal para o braço deixar as bandejas e subir novamente.

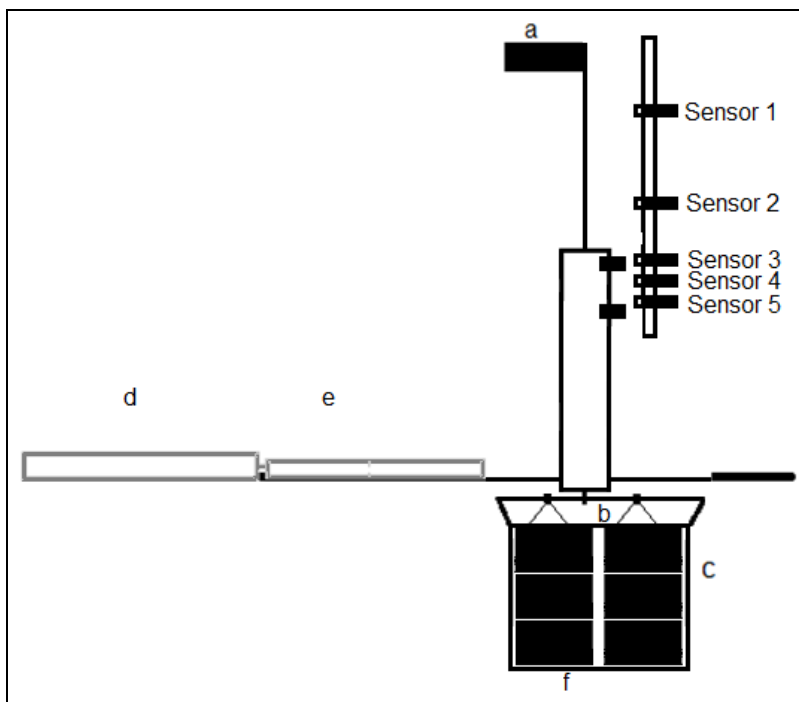


Figura 33: Representação Lateral do robô atualizado penúltimo estágio
Fonte: Autoria própria

- a: Servomotor para mover verticalmente bandeja;
- b: Ventosas;
- c: Caixa de papelão;
- d: Pistão pneumático para recolher a gaveta;
- e: Gaveta;
- f: Bandejas;

A figura 34 representa o último estágio onde a máquina esta em posição inicial e pronta para liberar a caixa completa. Agora somente o sensor 1 está ativado.

Os pistões responsáveis por deixar as abas da caixa aberta são recuados neste estágio.

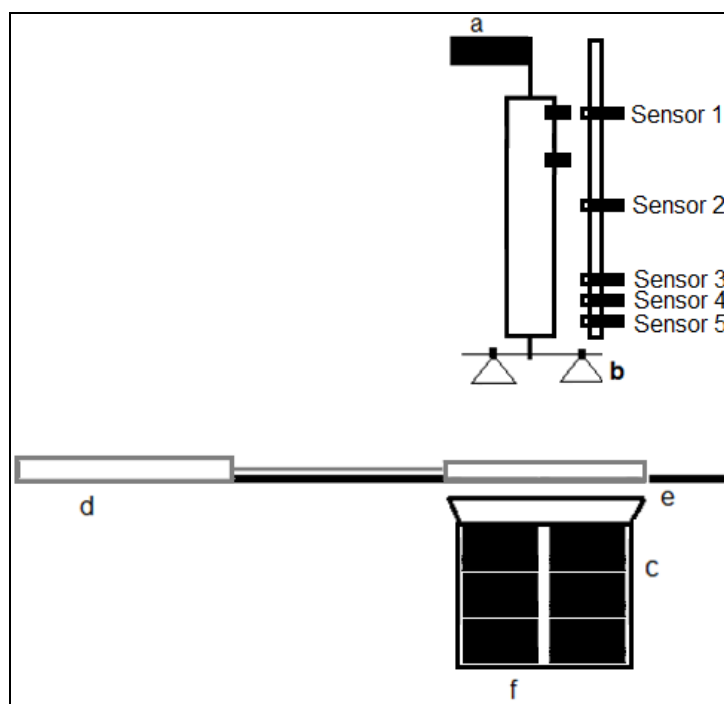


Figura 34: Representação lateral do robô atualizado último estágio
Fonte: Autoria própria

- a: Servomotor para mover verticalmente bandeja;
- b: Ventosas;
- c: Caixa de papelão;
- d: Pistão pneumático para recolher a gaveta;
- e: Gaveta;
- f: Bandejas.

2.2.1.2 Principais alterações propostas no robô

Como o robô foi reestruturado foi necessário ajustá-lo. A seguir serão listadas as principais alterações realizadas, para adequá-lo ao projeto:

1. As portas receberam sensores mecânicos de segurança, pois alguns estavam danificados.
2. Mudança do braço responsável por baixar as bandejas para dentro da caixa, pois o fuso responsável por realizar tal operação esta superdimensionado como mostrado na Figura 35. O fuso pesa cerca de 50Kg e é muito lento , como o processo não necessita levantar um grande volume, é proposto colocar um motor com potência menor o qual deverá ser mais rápido e eficiente. Adaptação do sistema de correias e a instalação de 5 sensores indutivos para o controle de posição do braço.



Figura 35: Fuso
Fonte: Autoria própria

3. Substituição da bomba de vácuo por uma menor, com controle por IHM.



Figura 36: Bomba de vácuo
Fonte: Autoria própria

4. Confecção de uma gaveta para que as bandejas entrem e permaneçam em local adequado para que as ventosas funcionem corretamente. O projeto prevê que a bandeja seja controlada por um pistão pneumático, na dimensão de 320 mm.
5. Montagem de painel novo para as válvulas de atuação dos cilindros pneumáticos.

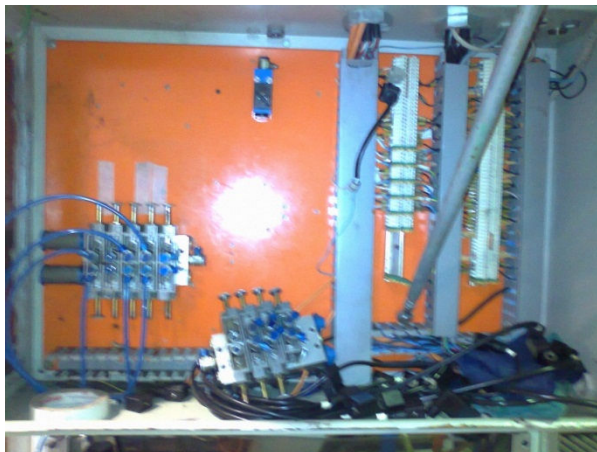


Figura 37: Painel de válvulas pneumáticas
Fonte: Autoria própria

6. Substituição do braço e servo responsáveis por empurrar as bandejas, por um pistão pneumático na dimensão de 350 mm.

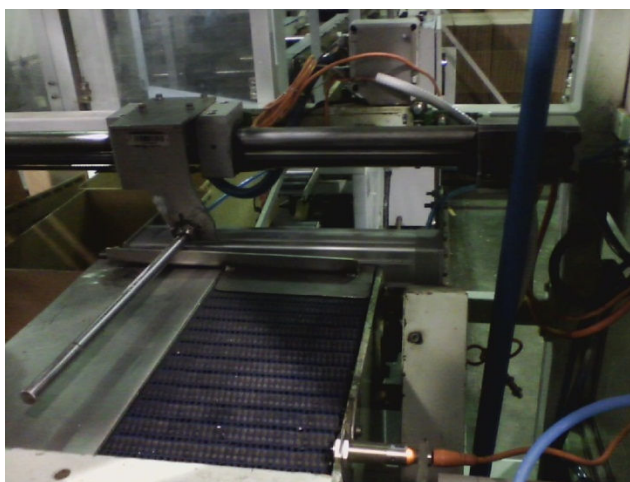


Figura 38: Foto do braço responsável por empurrar as bandejas
Fonte: Autoria própria

7. Substituição o canhão de vácuo por ventosas.



Figura 39: Fuso e canhão de vácuo
Fonte: Autoria própria

8. Substituição do painel de controle e do painel de força e fixação na lateral do robô, pois o painel de força está sobre o teto da fábrica.



Figura 40: Foto painel de controle
Fonte: Autoria própria



Figura 41: Foto painel de força
Fonte: Autoria própria

9. Desenvolvimento de um novo programa do CLP, para o sistema que abre as abas das caixas.

2.2.2 Componentes Utilizados na Atualização

Para determinação dos componentes levou-se em conta tanto as necessidades da máquina quanto as da equipe de manutenção, com o objetivo de facilitar futuras intervenções. Os componentes necessários para o projeto estão detalhados abaixo:

1. Drive e servomotor responsável por mover as bandejas na vertical. O servomotor estava disponível no depósito, entretanto o drive para o mesmo necessitou ser comprado. Especificações do Servomotor:

- ✓ SEW-EURODRIVE
- ✓ TIPO: DFS 56M/TF/RH1M/KK

✓	Nm : 4500rpm	Nm: Rotação nominal
✓	Io : 4,00 A	Io: Corrente nominal
✓	Imax : 16,00 A	Imax: Corrente máxima
✓	Mo : 4 Nm	Mo: Torque de parada
✓	Mdyn: 14.2 Nm	Mdyn: Torque máximo

Especificações do Drive para o servomotor: Tipo: SEW MDX61B0022-5A3-4-00.

- ✓ Tensão= 400v
- ✓ Corrente saída= 5,5 A
- ✓ Motor Indicado até 2,2Kw

2. IHM para realizar a interface com o operador onde deverão ser visualizados todos os alarmes bem como controle de esteiras, vácuo e outras variáveis do robô. O modelo necessário para o projeto estava disponível no almoxarifado de peças novas da empresa.

- ✓ Modelo: Siemes OP77B

3. CLP, equipamento responsável por controlar toda a lógica do robô foi escolhido com base nas necessidades da máquina, e por estar disponível no depósito de peças seminovas.

O quadro 1 representa as necessidades de entradas, saídas e de portas de comunicação do CLP.

Quadro 1: Entradas e saídas de dados necessárias para o robô

Entradas digitais	1 sensor para entrada bandejas
	1 Sensor para identificar presença de bandejas no final da esteira de entrada
	5 Sensores para controle de posição dos pistões
	2 Botões de Emergência
	5 Sensor para identificar a entrada de caixas de papelão
	3 Sensores de segurança das portas
Entrada analógica	1 Sensor de vácuo
Saída digital	8 Saída para motores
	16 Saídas para controlar 8 pistões
Porta de comunicação	1 Porta de comunicação MPI para IHM

Fonte: Autoria própria

As configurações do modelo selecionado são, SIMATIC S7-300, CPU 313C, CPU COMPACTO COM MPI, 24 DI/16 DO, 4AI, 2AO uma PT100, 3 contadores FAST (30 KHZ), integrado com uma fonte de alimentação 24V DC , memória de 128 Kbytes de trabalho, conector frontal (2 X 40PIN) e cartão de memória. Código 6ES7313-5BG04-0AB0, foi necessário a instalação de um cartão de expansão para as saídas digitais.

4. Disjuntores e contadores, disponíveis no estoque de peças seminovas.

- ✓ 3 disjuntores de 1.6-2.5 A Telemecanique ModeloGV2-M07
- ✓ 4 disjuntores de 1.0-1.6 A Telemecanique Modelo GV2-m06
- ✓ 7 contadores Telemecanique Modelo LC1K 0610 M7
- ✓ 2 disjuntores Tripolar
- ✓ 1 disjuntor Monopolar

5. Fonte necessária para alimentar o circuito 24VCC.

- ✓ Modelo: Siemens 6EP1 334-3BA00
- ✓ Alimentação: 120/230-500VAC

- ✓ Saída: 24 VCC/ 10 A

O modelo foi escolhido por ser o padrão da empresa, e por estar disponível no almoxarifado.

6. Os sensores, pistões pneumáticos, painel e a bomba de vácuo foram obtidos no depósito de peças seminovas da empresa;

Dados da placa do motor da bomba de vácuo:

- ✓ Modelo: AEG Tipo: AM 80 NY4;
- ✓ Tensão: 255 V 0,65Kw;
- ✓ Corrente 1,9A;
- ✓ Rotação:1400Rpm.

7. Serviços de usinagem para confeccionar as peças para o braço foram realizados na própria empresa.

8. Os Trilhos, cabos e calhas necessárias foram adquiridos no almoxarifado.

2.2.3 Análise Econômica da Modernização

Os custos estimados para a aplicação da modernização do robô estão listados abaixo. Os gastos com serviços incluem os trabalhos de usinagem e solda necessários.

- ✓ Componentes em estoque: R\$ 3.826,50
- ✓ Componentes novos e Sserviços: R\$ 10.500,00
- ✓ Componentes seminovos: R\$ 22.330,00

O valor aproximado para a aplicação da atualização tecnológica do robô é de **R\$ 36.697,30** sendo que este valor não reflete os custos que a empresa terá que injetar diretamente, pois o valor total também engloba valores que foram estipulados para componentes seminovos encontrados dentro da empresa, se levando em

consideração que a política da empresa é de vender seus maquinários velhos como sucata, o valor dos componentes seminovos não seria considerado como um gasto direto da empresa.

O gráfico 1 demonstra que os gastos diretos da empresa são de apenas 39% do valor estimado, que equivale a soma dos valores dos serviços, dos componentes que foram comprados especificamente para o projeto e dos materiais novos que já existiam no almoxarifado da empresa. Os indicadores ficam melhores se comparar os valores com o preço de um robô novo que é aproximadamente de R\$ 80,000.

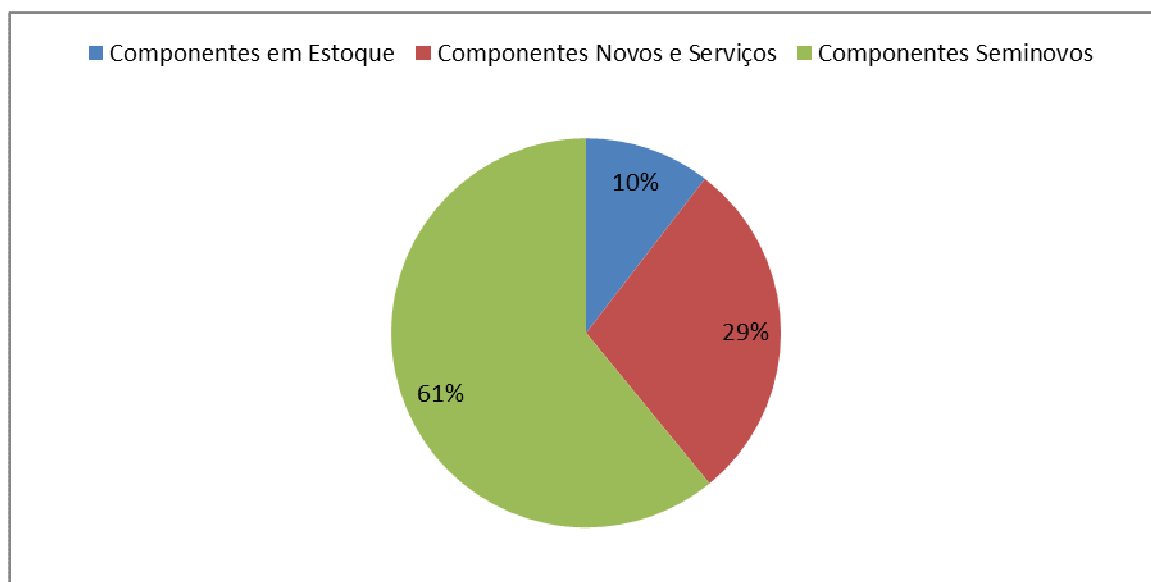


Gráfico 1: Projeção de custos
Fonte: Autoria própria

No gráfico 2 o valor aplicado diretamente é de apenas 18% do valor total de um robô novo. Levando em consideração que os componentes seminovos estavam em boas condições foi aplicado um valor sobre eles para que fosse possível se ter uma avaliação levantando a hipótese em que todos os componentes precisassem ser comprados, vale salientar que os componentes seminovos receberam um valor aproximado de 80% em relação a um novo.

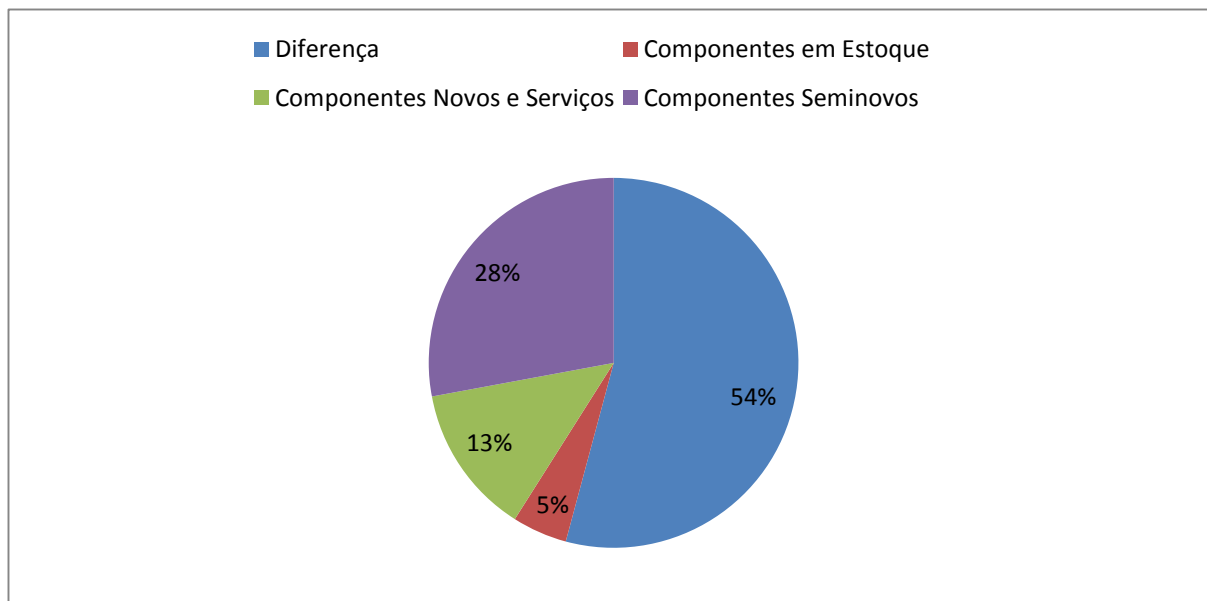


Gráfico 2: Robô novo x atualização
Fonte: Autoria própria

Ao analisar o gráfico 2 verifica-se uma diferença de 54% entre o valor de um robô novo e do valor gasto para a atualização do robô, ou seja, a atualização se torna economicamente viável.

O gráfico 3 demonstra a redução gradual dos custos com a atualização, o lucro existente em colocar o robô em funcionamento se baseia no fato que para realizar a embalagem manual das bandejas são necessárias três pessoas, no entanto após o robô estar em funcionamento apenas uma pessoa é o suficiente. Conforme informação do supervisor do setor o benefício obtido com o remanejamento das duas pessoas é de aproximadamente R\$ 3600,00 mensais.

Analisando o gráfico 3 pode-se observar que em 12 meses tem-se o retorno total do valor investido, ou seja, a partir de dezembro o projeto já foi totalmente pago gerando apenas lucro.

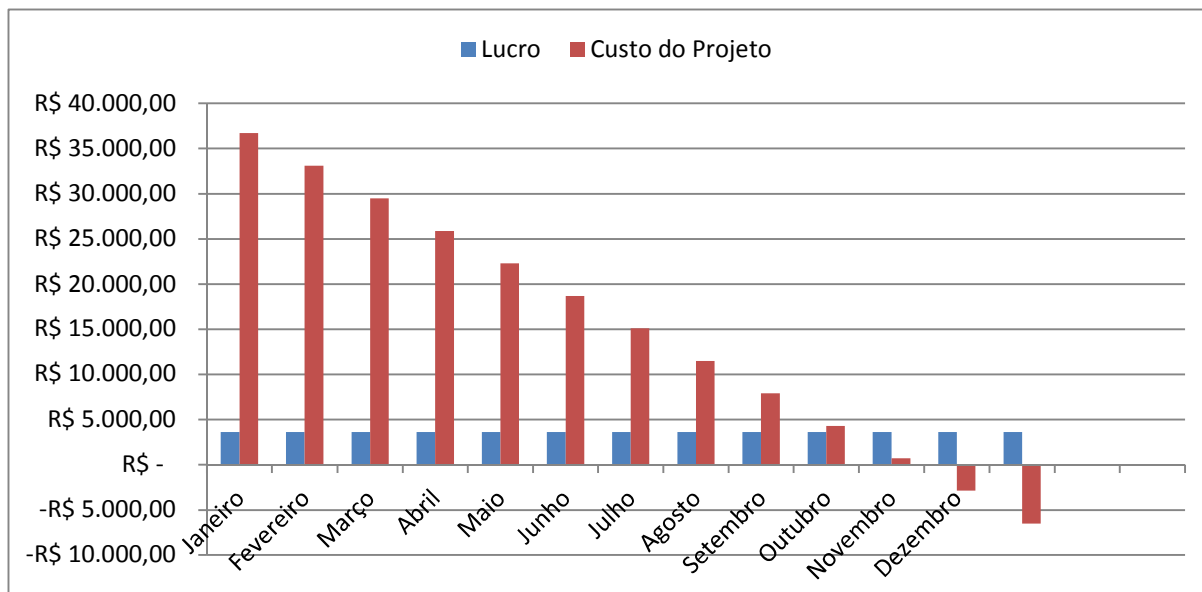


Gráfico 3: Lucro x custo

Fonte: Autoria própria

2.2.4 Metodologia para Substituição dos Componentes

Passo 1, desenergização do painel de comando e força bem como a retirada dos componentes, também foi retirado o painel dos atuadores pneumáticos.

Passo 2, retirada do canhão e da bomba de vácuo. Na figura 42 é possível visualizar o canhão de vácuo já fora da máquina.



Figura 42: Foto robô sem canhão de vácuo

Fonte: Autoria própria



Figura 43: Canhão de vácuo
Autoria: Fonte própria

Passo 3, Retirada do fuso. Na figura 44 é possível visualizar o fuso retirado.



Figura 44: Foto 3 interior do robô
Fonte: Autoria própria



Figura 45: Foto fuso e canhão de vácuo
Fonte: Autoria própria

Passo 4, retirada do servo e do braço. O mesmo sistema utilizado para empurrar as bandejas foi utilizado para mover as ventosas.

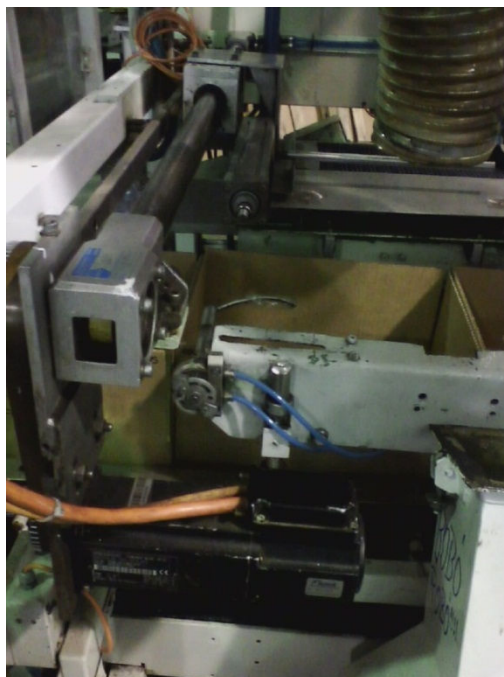


Figura 46: Foto braço empurrador bandejas sistema antigo 1
Fonte: Autoria própria

Na figura 47 é possível visualizar todas as peças retiradas, estando presente somente o pistão responsável por mover a gaveta, que foi fixado previamente.



Figura 47: Foto interior robô desmontado
Fonte: Autoria própria

2.2.5 Readequação Mecânica

Passo 1, adaptação da gaveta, foram colocadas hastes para facilitar o deslizamento. Na figura 48 é possível visualizar o início da adaptação.



Figura 48: Foto colocação da gaveta 1
Fonte: Autoria própria

Na figura 49 já é possível visualizar a gaveta.

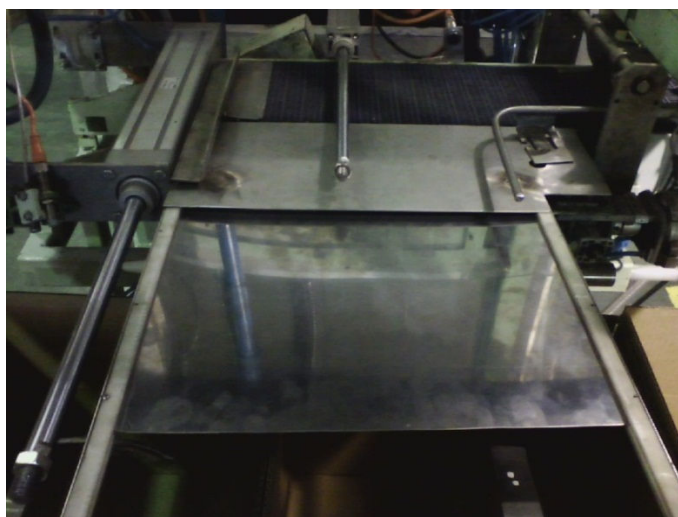


Figura 49: Foto colocação da gaveta 2
Fonte: Autoria própria

Passo 2, fixação da haste que serve de apoio para o sistema que irá mover as ventosas, foi utilizado o mesmo sistema que no robô antigo empurrava a bandeja, no robô atualizado ele é responsável por dar movimento às ventosas. O servo motor

e o drive antigos foram substituídos. Na figura 50 está destacada a peça deslizante onde serão fixadas as ventosas

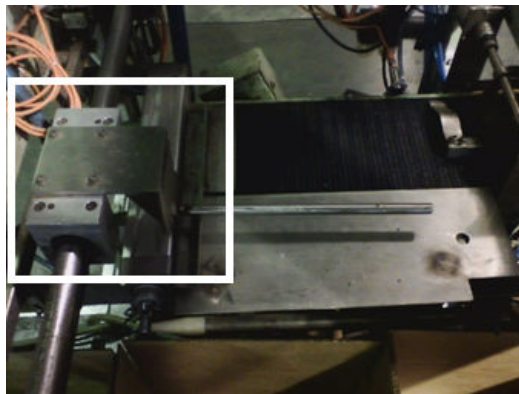


Figura 50: Foto braço empurrador de bandeja sistema antigo 2
Fonte: Autoria própria

Na figura 51 é possível visualizar a guia já fixada, faltando colocar a peça, onde ficam as ventosas e o servo motor. Na figura 50 e 51 está em destaque a mesma peça, ou seja, a peça deslizante onde as ventosas são fixadas.

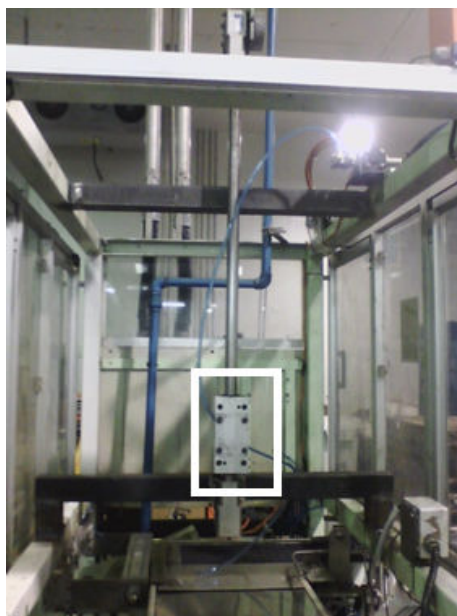


Figura 51: Foto montagem braço das ventosas 1
Fonte: Autoria própria

Passo 3, fixação do conjunto de ventosas, sendo fixado conforme mostra as figuras 50 e 51.

Na figura 52 é possível visualizar, a peça onde são colocadas as ventosas, já fixada, esta peça foi solicitada para terceiros e entrou no cálculo de custos como serviço de usinagem. As mangueiras são ligadas em uma válvula que ligará o vácuo somente quando necessário, no sistema de vácuo foi colocado um vacuostato que serve para indicar uma possível falha na hora de pegar as bandejas, o vácuo medido é diferente de uma situação onde apenas três bandejas são pegadas com outra em que todas as quatro são pegadas. O valor da leitura do vacuostato é comparado no CLP com o valor que o operador irá determinar na IHM, o valor não é fixo, pois conforme a deterioração das ventosas ou a troca do produto para uma bandeja mais alta existe uma variação no valor do vácuo medido.

É necessário ter este controle de bandejas pegadas, pois caso alguma fique solta poderá travar a máquina ou possivelmente não irá entrar de forma adequada na caixa.

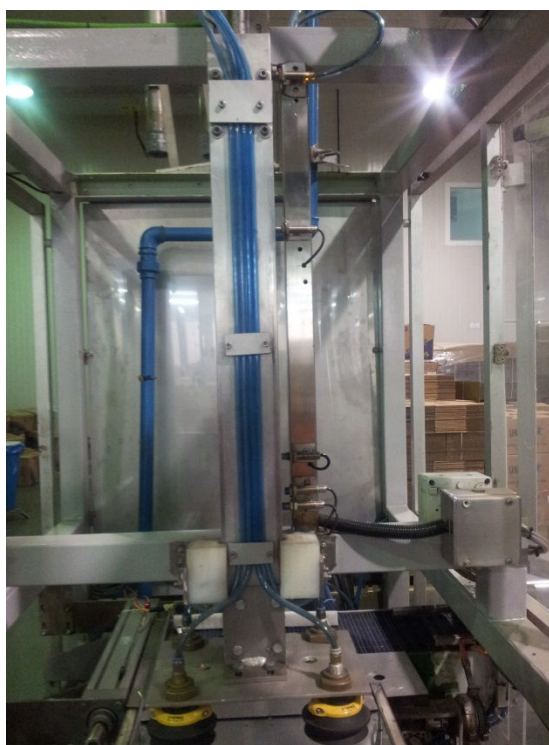


Figura 52: Foto braço ventosas completo
Fonte: Autoria própria

Passo 4, fixação do servomotor bem como as correias. Na figura 53 é possível visualizar o sistema que movimenta o braço das ventosas, a correia visível na figura 53 move a engrenagem maior que por sua vez move a correia 2 que aparece na figura 54.

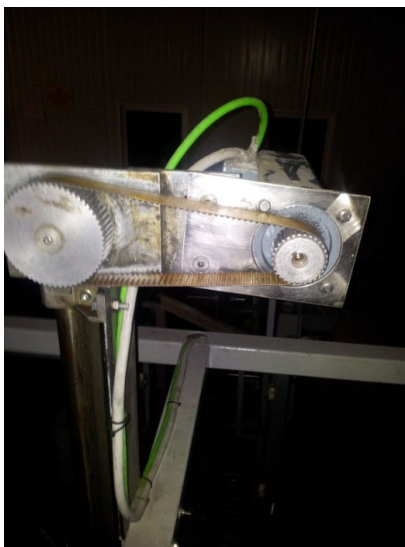


Figura 53: Foto sistema de correia braço ventosas 1
Fonte: Autoria própria

Na figura 54 é possível visualizar a peça deslizante onde antes ficava preso o braço no sistema antigo e que agora movimenta o suporte das ventosas também é possível visualizar a correia já presa na peça deslizante.

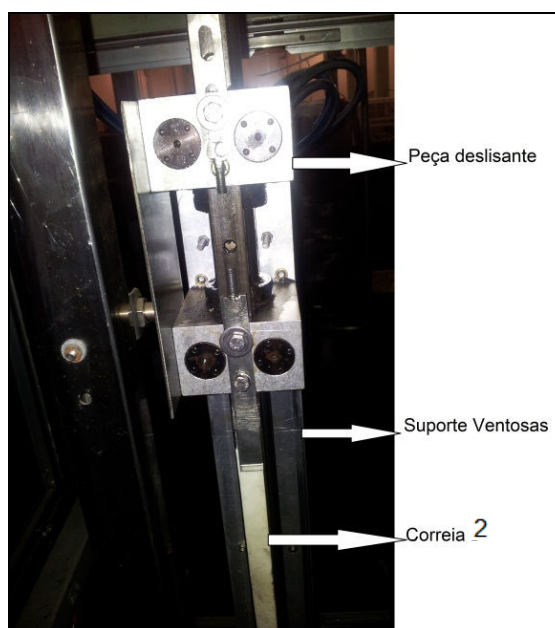


Figura 54: Foto sistema de correia braço ventosas 2
Fonte: Autoria própria

Na figura 55 é possível visualizar a correia 2 saindo da engrenagem superior e indo pra a peça deslizante. Existe também uma engrenagem na parte inferior da haste, que completa o ciclo da correia.

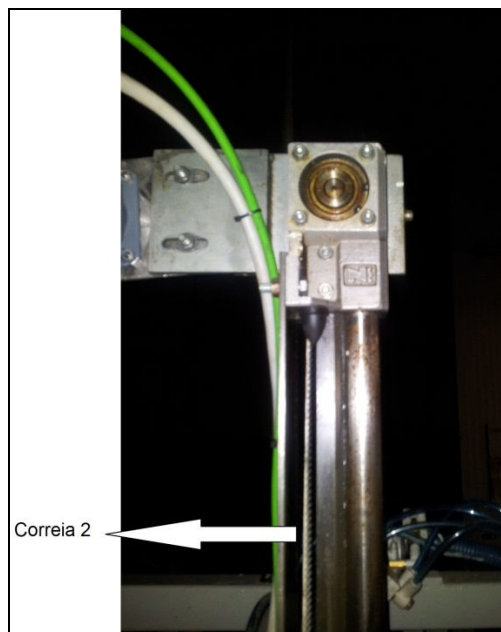


Figura 55: Foto sistema de correia braço ventosas 3
Fonte: Autoria própria

Passo 5, instalação da bomba de vácuo. Na figura 56 é possível visualizar a nova bomba de vácuo já instalada, ela é bem menor se comparada com a do sistema antigo.



Figura 56: Foto bomba de vácuo instalada
Fonte: Autoria própria

Na figura 57 está em destaque a entrada de vácuo sendo possível visualizar o vacuostato. Foi colocada uma válvula que libera o vácuo somente quando necessário.



Figura 57: Foto vacuostato 1
Fonte: Autoria própria

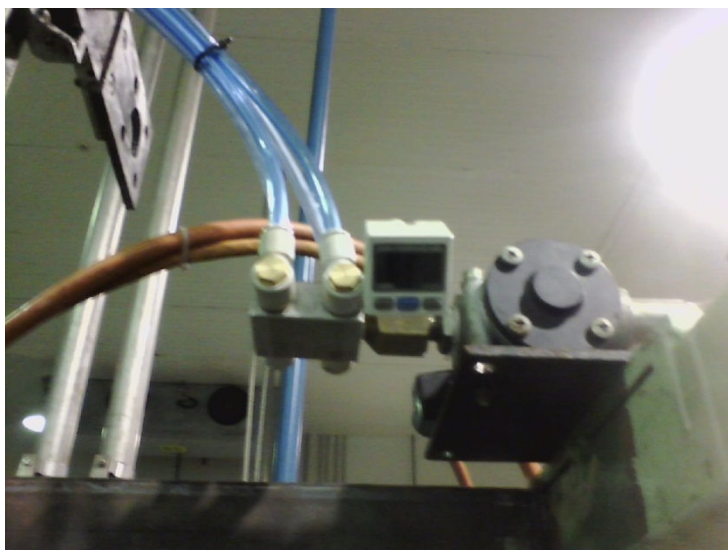


Figura 58: Foto vacuostato 2
Fonte: Autoria própria

Passo 6, instalação do pistão que empurra as bandejas, na figura 59 também é possível visualizar o sensor que indica que as bandejas estão na posição correta.



Figura 59: Foto pistão empurrado bandejas fixado
Fonte: Autoria própria

2.2.6 Montagem do Painel

Como pode ser observado nas figuras anteriores todos os sensores necessários foram instalados em conjunto com as adaptações mecânicas, os sensores instalados foram os descritos no Quadro 1, todos os cabos foram instalados no painel que foi instalado na lateral do robô, além dos cabos dos sensores foram instalados no painel os cabos de alimentação da bomba, do servomotor e de acionamento das válvulas.

Foram instalados no painel os cabos de acionamento das esteiras de entrada e saída do robô que são em um total de 6. Já com todos os cabos no painel, iniciou-se a instalação dos componentes. Primeiramente foram instalados os trilhos e as calhas, posteriormente os componentes elétricos, o primeiro a ser instalado foi o CLP como visto na figura 60.



Figura 60: Foto começo da montagem do painel
Fonte: Autoria própria



Figura 61: Foto painel com IHM fixada
Fonte: Autoria própria



Figura 62: Foto pistão pneumático com sensores de fim de curso
Fonte: Autoria própria

Para o controle dos pistões foram adicionadas duas válvulas 5/2 vias: uma para o controle da gaveta e outra para o avanço das bandejas, já existiam seis válvulas 5/2 vias sendo uma para o pistão da esteira de entrada de bandejas, duas para pistões para posicionar a caixa de papelão e três para pistões que servem para abrir as abas das caixas de papelão no momento em que ela entra na máquina. Não foram feitas alterações mecânicas nos pistões do sistema antigo, pois os mesmos foram apenas adicionados no programa de CLP para serem acionados quando necessário.

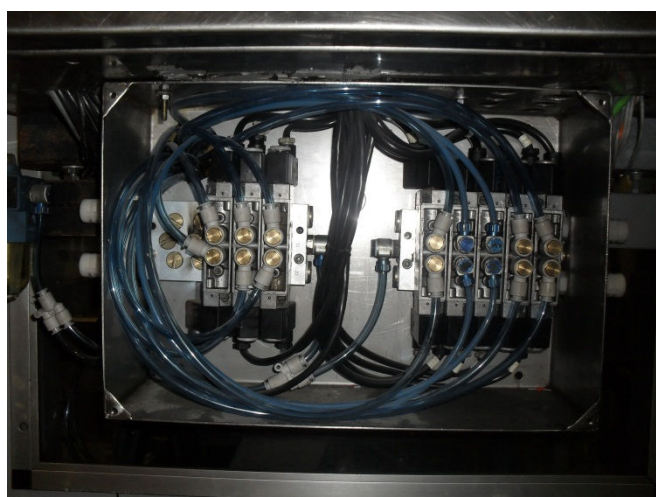


Figura 63: Foto painel válvulas pneumáticas montado
Fonte: Autoria própria

Na figura 64 é possível visualizar o painel já montado.



Figura 64: Foto painel elétrico montado
Fonte: Autoria própria

2.2.7 Desenvolvimento dos Programas do CLP e da IHM.

O programa do CLP foi desenvolvido para a máquina funcionar como o projetado, ao controle do robô foi adicionado uma IHM na qual pode-se executar algumas funções.

Na figura 65 é possível visualizar a tela principal onde podem ser escolhidas quatro telas secundárias; na tela de alarme podem ser visualizados os últimos alarmes; já na tela de senha é onde a senha pode ser alterada, a mesma serve para que uma pessoa não autorizada não modifique o Set Point do vácuo. A tela de alarme será mostrada no momento em que um alarme ocorrer. Os alarmes que foram introduzidos no programa são:

- ✓ Porta lado direito aberta
- ✓ Porta lado esquerda aberta
- ✓ Porta central aberta
- ✓ Emergência painel central atuada

- ✓ Emergência das esteiras atuada
- ✓ Falha vácuo pegador de bandejas

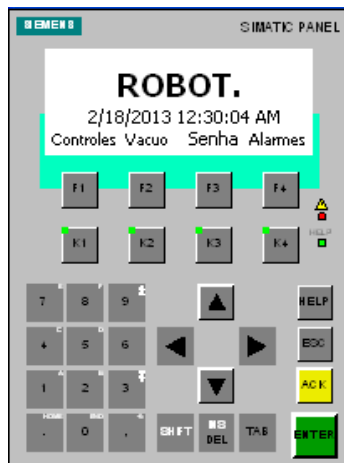


Figura 65: Tela principal IHM
Fonte: Autoria própria

Na figura 66 é possível visualizar a tela de controles, sendo possível ligar as esteiras de entrada e saída, ligar o robô e resetar as falhas. Sem este comando o robô não liga.

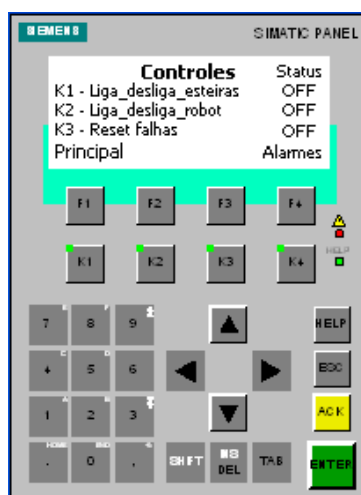


Figura 66: Tela controles IHM
Fonte: Autoria própria

Na figura 67 é possível visualizar a tela de controle do vácuo, nela o operador insere o Set Point do vácuo que corresponde ao valor que o vacuostato deve ler quando as quatro bandejas são pegadas, na tela a variável Valor Real de Vácuo corresponde ao valor do vácuo medido, ou seja, caso a máquina pare e o alarme Falha vácuo pegador de bandejas apareça é porque o valor real esta muito

longe do Set Point, isto pode ocorrer devido uma falha no momento em que o braço pega as bandejas ou o Set Point está errado.

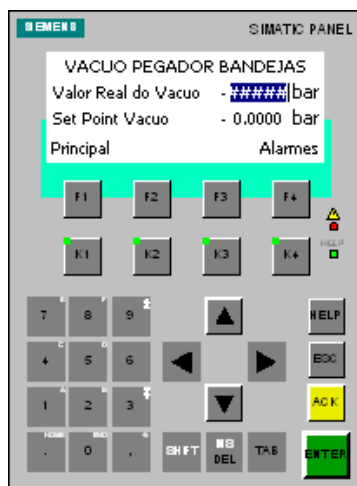


Figura 67: Tela set point vácuo IHM
Fonte: Autoria própria

2.2.8 Testes

Após serem realizadas todas as alterações o robô foi acompanhado durante o período de 05 de Fevereiro de 2013 até 05 de Março de 2013 e apenas duas situações observadas foram relevantes.

A primeira situação encontrada foi que as bandejas que entram no robô em determinados momentos estão com a tampa muito úmida, isso dificulta a sua fixação nas ventosas. Esta condição é própria do processo da embalagem e para a solução do problema foram levantadas algumas soluções, a mais cogitada seria a colocação de uma cortina de ar na entrada do robô, no entanto esta melhoria esta programada para uma ação futura já que a falha ocorre ocasionalmente.

A segunda situação observada foi que a correia 2 vista na figura 55, necessita de um acompanhamento do operador : é necessário que semanalmente o mesmo observe se a mesma está bem esticada. Durante a primeira semana de testes a correia não estava tensionada o suficiente consequentemente, no momento em que o servomotor ligou, a engrenagem girou em falso e danificou os dentes da correia e a mesma necessitou ser substituída, após a substituição o robô funcionou até o fim do período de testes sem maiores problemas.

2.3. RECURSOS UTILIZADOS

2.3.1. Recursos Humanos

Para o desenvolvimento do projeto de modernização e atualização tecnológica do robô cartesiano participaram diretamente no projeto:

- ✓ John Willian de Camargo
- ✓ Funcionários do setor de mecânica da empresa e de empresas terceiras para a fabricação, soldagem e usinagem de peças.

2.3.2. Recursos Físicos

- ✓ Biblioteca da UTFPR e de seus recursos bibliográficos;
- ✓ Os softwares e equipamentos necessários disponibilizados pela Brasil Foods;
- ✓ Acesso á internet, etc;
- ✓ Sala de usinagem da Brasil Foods.

2.3.3. Recursos Financeiros

Os recursos financeiros aplicados no desenvolvimento do projeto foram classificados em três categorias: a primeira refere-se aos recursos utilizados na compra de componentes novos ou serviços com nota fiscal; a segunda refere-se aos componentes novos que já estavam em estoque no almoxarifado da empresa, cujos valores descritos correspondem aos valores presentes no sistema da empresa; a terceira refere-se aos componentes que foram encontrados no depósito de peças usadas, para determinar um valor foi realizada uma redução de 20% no valor aproximado de mercado para componentes novos.

Quadro 2: Recursos financeiros “Categoria 1”

Componente	Valor
Drive Servo Motor SEW MDX61B-00	R\$ 3.500,00
Serviço de usinagem e mão de obra	R\$ 7.000,00
Total	R\$ 10.500,00

Fonte: Autoria própria

Quadro 3: Recursos financeiros “Categoria 2”

Componente	Valor
IHM Siemens OP77B	R\$ 2.000,00
Fonte Siemens 10A	R\$ 1.000,00
Cabos	R\$ 400,00
Conector 2.5MM	R\$ 2,50
Ventosas	R\$ 280,00
Trilho din	R\$ 144,00
Total	R\$ 3.826,50

Fonte: Autoria própria

Quadro 4: Recursos financeiros “Categoria 3”

Componente	Valor
CPU Siemens 313C	R\$ 8.800,00
Modulo de Entrada Digital	R\$ 1.120,00
Modulo de Saída Digital	R\$ 1.600,00
Disjuntor Unipolar	R\$ 4,80
Disjuntor Tripolar	R\$ 240,00
Disjuntor Motor	R\$ 1.680,00
Rele 24VCC	R\$ 448,00
Contator 24 VCC	R\$ 1.008,00
Painel	R\$ 2.800,00
Bomba de Vácuo	R\$ 1.600,00
Sensores	R\$ 800,00
Servomotor	R\$ 1.600,00
Pistão Pneumático Empurrador	R\$ 320,00
Pistão Pneumático Gaveta	R\$ 350,00
Total	R\$ 22.370,80

Fonte: Autoria própria

O total gasto na atualização do robô foi de R\$ 36.697,30. Este valor foi utilizado como base do investimento realizado.

3. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos da atualização do robô cartesiano comprovaram a importância da aplicação da atualização tecnológica e sua viabilidade. Para o caso estudado o fator determinante na tomada da decisão em favor da atualização com relação à compra de um equipamento novo, foi o fato do desenvolvimento da atualização necessitar de um investimento menor que 50% do valor que seria gasto para a compra de um equipamento novo, os benefícios existentes com o remanejamento de duas pessoas e a redução dos riscos de lesões por atividades repetitivas.

Outro fator importante a favor da aplicação de uma atualização tecnologia observado foi à necessidade de a mesma ser realizada por profissionais qualificados. Pois as principais dificuldades observadas da atualização do robô foram decorrentes a um domínio mais aprofundado dos componentes a serem utilizados.

REFERÊNCIAS

AZINHEIRA J.R. **Sensores e Actuadores**. Disponível em:<http://www.agarrados.com/w2box/data/LEEC_05-06/AI-sa_folhas.pdf>. Acesso em 20 nov. 2012

FRANCISCO, Antonio M. S.. **ServoMotores**, 2004. Disponível em: <<http://amsfrancisco.planetaclix.pt/download/Robotica/Servomotores.pdf>>. Acesso em 24 ago. 2011.

VIGLUS, José F.; GALDINO, Maurício; FONSECA, Zito P. da; **Desenvolvimento de Hardware para Controle de Unidade de Fresamento CNC**. Ponta Grossa: TCC, 2011.

Crema, I. **Atualização tecnológica de Itaipu diretrizes, critérios e análise de alternativas**. Xiii eriac décimo tercer encuentro Regional iberoamericano de cigré, Argentina, 2009.

MENDES, J. V.; ESCRIVÃO FILHO, E. **Atualização tecnológica em pequenas e médias empresas: proposta de roteiro para aquisição de sistemas integrados de gestão (ERP)**. Gest. Prod., São Carlos, 2007.

SOCIETY OF ROBOTS. **Robot Arm Tutorial**. Disponível em: <http://www.societyofrobots.com/robot_arm_tutorial.shtml>. Acesso em: nov/2012.

SARAIVA, Flávio. **Bombas a vácuo e seus princípios de funcionamento**, 2011 Disponível em: < <http://www.manutencaoesuprimentos.com.br/conteudo/3772-bombas-a-vacuo-e-seus-principios-de-funcionamento>>. Acesso em 20 nov. 2012.

DELERA. **Produtos**. Disponível em: <<http://www.delara.ind.br/produtos.php>>. Acesso em: 20 out. 2012.

ISBRASIL. **Produtos**. Disponível em: < <http://www.isbbrasil.com.br/> >: Acessado em 21 out 2012.

Ifm. **Produtos**. Disponível em:< <http://www.ifm.com/ifmbr/web/home.htm>>: Acessado em 22 out. 2012.

SOCIETY OF ROBOTS. **Robot Arm Tutorial**. Disponível em: http://www.societyofrobots.com/robot_arm.shtml. Acessado em: nov/2012.