

ESTUDO DE VIABILIDADE E FABRICAÇÃO DE UMA SELADORA INDUSTRIAL SEMI-AUTOMÁTICA (VIABILITY STUDY AND MANUFACTURE OF A SEMI-AUTOMATIC INDUSTRIAL SEALER)

Cláudio Roberto Manzo Junior
Gabriel Costa Chagas
Daniele Pires (Orientador)

RESUMO

Diante dos avanços tecnológicos no ambiente industrial recorrentes no Brasil e no mundo, juntamente com a oportunidade de acesso ao interior dos processos produtivos da empresa Condimentos Portuense LTDA e o conhecimento teórico adquirido pelo curso superior de Engenharia Elétrica fornecido pela instituição de ensino Doctum Juiz de Fora (Centro de Engenharias - Campus Itamar Franco), surgiu-se a oportunidade de um estudo de viabilidade de aplicação prática voltada para automação industrial em uma das linhas de produção da empresa citada. A busca pela automação da produção é um objetivo chave dentro da empresa, visto que proporciona redução do custo produtivo, agilidade no volume diário de produção, padronização dos trabalhos executados, informações online e confiáveis, entre outros benefícios que fazem da empresa cada vez mais competitiva. Tendo em vista todos os recursos tecnológicos disponíveis no mercado como as mídias sociais, crescimento contínuo e acelerado da Indústria 4.0 (*Big Data*, Computação em Nuvem, Internet das Coisas, Robôs Autônomos, Segurança da Informação, Sistemas Integrados) e equipamentos de ponta voltados especificamente para automação industrial, torna-se viável e de grande valor intelectual o desenvolvimento e estudo aprofundado deste trabalho, tendo seu objetivo principal voltado para a análise da fabricação de uma seladora térmica de sacos plásticos.

Palavras-chave: Automação Industrial. Indústria 4.0. Internet das Coisas.

ABSTRACT

In view of the technological advances in the industrial environment that are recurring in Brazil and in the world, together with the opportunity to access the interior of the productive processes of the company Spice Portuense LTDA and the theoretical knowledge acquired by the Electrical Engineering course provided by the teaching institution Doctum Juiz de Fora (Engineering Center - Campus Itamar Franco), the opportunity arose for a practical application viability study aimed at industrial automation in one of the company's production lines. The search for production automation is a key objective within the company, since it provides a reduction in the production cost, agility in the daily production volume, standardization of the works performed, online and reliable information, among other benefits that make the company more and more competitive. In view of all the technological resources available in the market such as social media, continuous and accelerated growth of Industry 4.0 (Big Data, Cloud Computing, Internet of Things, Autonomous Robots, Information Security, Integrated Systems) and equipment specifically for industrial automation, the development and in-depth study of this work becomes viable and of great intellectual value, with its main objective focused on the analysis of the manufacture of a plastic bag thermal sealer.

Keywords: Industrial Automation. Industry 4.0. Internet of Things.

Rede de Ensino Doctum – Unidade Itamar Franco–juninhomanzo1997@hotmail.com – graduando em Engenharia Elétrica

Rede de Ensino Doctum – Unidade Itamar Franco–gabrielcchagas@hotmail.com – graduando em Engenharia Elétrica

Rede de Ensino Doctum – Unidade Itamar Franco -magalhaes.danielep@gmail.com
– Mestra em Engenharia Elétrica

1- Introdução

Na sociedade capitalista atual, não é nenhuma novidade que o desenvolvimento tecnológico esteja acelerado devido ao aumento da procura de produtos e serviços que sejam rápidos, práticos e com baixos custos. Dessa forma, as empresas procuram diminuir o custo interno de um produto e aumentar a velocidade de produção, sendo assim, sempre que possível a substituição do “homem” pela “máquina”.

Em meados do século XVIII, na Inglaterra, iniciou-se a I Revolução Industrial, período caracterizado pelo grande desenvolvimento tecnológico, onde foi substituído o trabalho manual, pelas primeiras máquinas, aumentando exponencialmente a produção das fábricas e diminuindo ao longo do tempo, os custos de produção sob qualquer produto (SOUSA, 2019).

Com alto crescimento em investimentos nas indústrias onde antes o ferro, o carvão e a energia a vapor eram essenciais, os desenvolvimentos das mesmas foram aumentando em tecnologia e fizeram com que o aço, a eletricidade e o petróleo ganhassem força, expandindo, conseqüentemente, a capacidade produtiva para os demais países ao redor do mundo. Tal mudança caracterizou-se como II Revolução Industrial que ocorreu durante o século XIX (SOUSA, 2019).

Em meados do século XX, período em que ocorre a III Revolução Industrial, a eletrônica começa a ganhar força e se inicia um intenso processo de investimento na automação e em redes computacionais e, posteriormente, com o surgimento da internet (SOUSA, 2019).

Após algum tempo, não demorou para que os dois principais tópicos da III Revolução Industrial comesçassem a se comunicar e compartilhar dados e informações entre si. Desta forma, entrando na atual situação em que se presencia a transição da III Revolução Industrial para a IV Revolução Industrial ou Indústria 4.0.

A vista disso, a literatura evidencia que a IV Revolução Industrial, tem como objetivo interligar informações e comunicações entre máquinas via internet, tornando assim, em alguns casos, as mesmas responsáveis por tomadas de decisão onde antes eram feitas pelo trabalho humano. Diante disso, buscando minimizar possíveis erros e ganho de agilidade produtiva (SOUSA, 2019).

Atualmente, dentre os cursos superiores oferecidos, o de engenharia elétrica é um dos que mais tem contato e se familiarizam com os avanços da Indústria 4.0. O conceito de engenharia vem da idéia de criar, construir, melhorar e inventar, e para alguns a engenharia elétrica é a profissão do futuro visto que a grande parte dos

serviços serão dependentes de uma boa comunicação entre homem e máquina (MARCOS, 2018).

Diante das diversas possibilidades de aplicação do curso de engenharia elétrica voltado para automação industrial, em parceria com a empresa Condimentos Portuense LTDA, optou-se por fazer uma melhoria em um dos setores da mesma, desenvolvendo um estudo de viabilidade e fabricação de uma seladora industrial semi-automática, serviço feito manualmente hoje na empresa. Tendo como objetivo aperfeiçoar, padronizar, agilizar e diminuir o custo do processo atual, além de melhorar as condições de trabalho oferecidas ao funcionário do ponto de vista ergonômico.

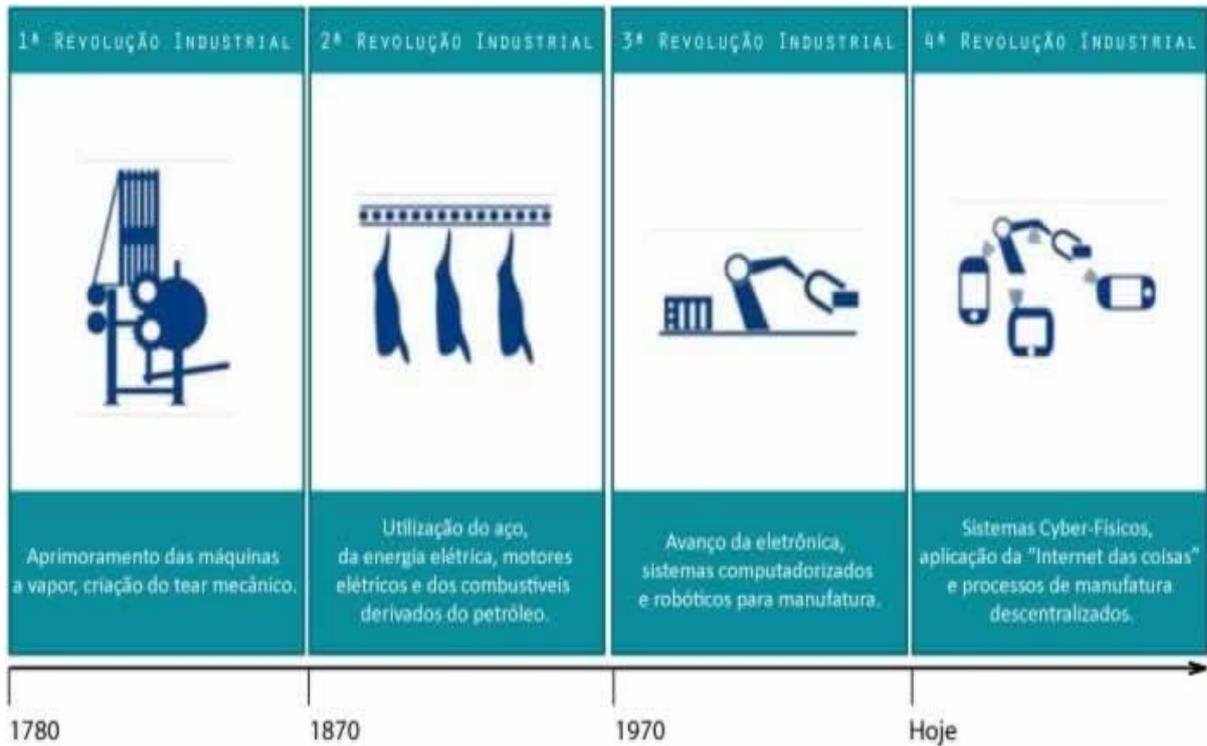
2- Referencial Teórico

Tendo em vista a real e significativa importância para este trabalho dos conhecimentos tecnológicos com foco principal no avanço da indústria 4.0 e em exemplos, modelos e referências relacionadas à automação, nos tópicos a seguir são apresentadas mais detalhadamente informações pertinentes à pesquisa com embasamento teórico.

2- 1. Indústria 4.0

A indústria 4.0 teve seu início na Alemanha com a intenção de colocar o país a frente dos demais nos campos de automação, controle e tecnologia da informação, com aplicação nos processos de manufatura. Este movimento deu início a IV Revolução Industrial.

A Figura 1, a seguir, demonstra o resumo geral das três Revoluções Industriais, seguida da IV Revolução Industrial ou Indústria 4.0:

Figura 1: Resumo das quatro revoluções industriais

Fonte: Silveira (2017)

No entanto, tal movimento tornou-se global e passou a ser conhecido em diversos lugares do mundo. Apesar de suas diferentes “versões”, seus princípios básicos se mantêm os mesmos. Segundo (SILVEIRA, 2019):

- Capacidade de operação em tempo real: Tem como base a aquisição e tratamento de dados de forma praticamente online, permitindo a tomada de decisões em tempo real.
- Virtualização: Atualmente já se utiliza simulações e sistemas supervisórios. Porém, a IV Revolução Industrial propõe a existência de uma cópia virtual das fábricas inteligentes. Tornando possível o rastreamento e monitoramento remoto de todos os processos por meio de diversos sensores espalhados ao longo da planta.
- Descentralização: As tomadas de decisões poderão ser feitas pelo sistema *cyber-físico* de acordo com as necessidades da produção em tempo real. Além disso, as máquinas não apenas receberão comandos, mas poderão fornecer dados relevantes sobre seu ciclo de trabalho. Logo, os setores da indústria inteligente trabalharão de forma descentralizada a fim de aprimorar todos os processos das linhas de produção.

- Orientação a serviços: Utilização de arquiteturas de *software* orientadas a serviços aliado ao conceito de *Internet of Services*.
- Modularidade: Produção de acordo com a demanda, organização de módulos na produção. O que permite flexibilidade para alterar as tarefas das máquinas de forma fácil.

Vista disso, além dos princípios básicos citados, existem “ferramentas” essenciais para a existência do novo período tecnológico em que vivemos. Estas ferramentas e suas descrições, segundo (SOUZA, 2017) são:

- Internet das coisas (*Internet of things*): Trata-se da conexão de máquinas, equipamentos, móveis, veículos e quaisquer objetos existentes nos ambientes, fazendo parte da rede inclusive o ambiente. A conexão acontece via equipamentos eletrônicos que possibilitam a troca de informações entre *software* (Ambiente Virtual) e o *hardware* (Ambiente real). Essa comunicação acontece graças aos sensores e atuadores que servem como base para a indústria 4.0.
- *Big data e Analytics*: Se baseia no armazenamento de todas as informações que precisam ser arquivadas, em geral, salva os dados que foram processados, permitindo análise em outro momento ou em tempo real dessas informações. Isso é primordial para a tomada de decisão dos equipamentos, máquinas e cadeia produtiva. Dessa forma, essas decisões podem variar desde as mais simples, como por exemplo, requisitar a compra de matéria prima, ou mais complexas, como a parada de uma linha produtiva.
- *Cloud computing*: As informações são guardadas na nuvem e podem ser acessadas de qualquer lugar, essa infraestrutura possui recursos físicos compostos de servidores, redes de armazenamento, computadores, etc; e recursos abstratos, como *softwares*, aplicativos e soluções integradas. A computação em nuvem surgiu com o objetivo de facilitar o acesso a informações de forma descentralizada, possibilitando decisões estratégicas.
- Segurança cibernética: Atualmente o mundo está cada vez mais conectado na internet, no contexto de indústria 4.0, praticamente tudo fará parte da rede. Nesta internet industrial, existem informações confidenciais e segredos de fabricação, na verdade, tudo que compõe o negócio está disponível online. Portanto, ataques cibernéticos tornam-se parte da realidade, logo, é crucial proteger esses sistemas contra as ameaças externas.

- Robôs autônomos: Os robôs fazem parte do contexto produtivo desde a terceira revolução industrial, foram criados para reduzir a participação humana principalmente em trabalhos repetitivos, devido ao menor índice de erros e maior produtividade. Porém, com o decorrer do tempo estão se tornando mais inteligentes. A partir disso, o nível de complexidade na realização de tarefas aumenta exponencialmente a cada dia, exigindo maior capacidade de processamento e autonomia para tomada de decisões. Eventualmente, funcionarão de forma segura trabalhando diretamente com seres humanos, aliás, aprenderão com estes.
- Simulação: A simulação já é realidade no desenvolvimento de produtos, aquisição de matérias-primas e processos de produção. Contudo, no futuro as simulações farão parte do dia-dia dos trabalhadores, unirão o mundo real com o virtual através de sistemas *cyber-físicos*, e serão mais assertivos. Desse modo, os operadores tornam-se mais capazes de aperfeiçoar os processos de *setup* das máquinas, arranjo de produtos e processos. Conseqüentemente há redução de custos e aumento da qualidade.
- Manufatura aditiva: A impressão 3D está no mercado desde a década de 1980. Porém, a manufatura aditiva disponível atualmente, tornou-se conhecida em meados dos anos 2000, quando ainda possuía o nome de prototipagem rápida. Devido ao seu alto desempenho, é uma excelente alternativa para produção de componentes individuais e produção de protótipos. Além do mais, são formas descentralizadas de manufatura, o que resulta na menor distância de transporte e estoque em mãos.
- Realidade aumentada: A realidade aumentada trata-se da ação conjunta entre um sistema que envia informações em tempo real, e dispositivos conectados à rede-Internet. Por meio deste tipo de tecnologia, é possível realizar diversos serviços como, efetuar um reparo em uma máquina utilizando um óculos de realidade aumentada que fornece as instruções de reparo em tempo real. Assim sendo, o operador sabe exatamente qual é o problema, além de ver o passo a passo de como resolvê-lo. Portanto, essas são apenas algumas das suas aplicabilidades, a combinação é infinita. O resultado é uma simplificação nos processos, diminuição de erros, menor necessidade de treinamento para resolução de problemas, entre outros benefícios.

- Inteligência artificial: Os ambientes *cyber-físicos* serão inteligentes e capazes de aprender, pensar e agir baseados em informações armazenadas no *big data* ou informações disponíveis em tempo real pela internet das coisas. Por exemplo, as máquinas, equipamentos e ambientes físicos, possuem consciência do impacto de suas ações no sistema, então se comportam de maneira a alcançar o objetivo macro da empresa. Desta forma, nem sempre o que é bom para um setor em específico, contribuirá significativamente no atendimento do resultado final esperado. No contexto industrial atual, por outro lado, pode ocorrer uma disputa interna na busca por resultados, criando uma verdadeira guerra entre setores. Esta visão individualista, micro, impacta diretamente no resultado planejado. Portanto, a inteligência artificial transforma o funcionamento da indústria, visto que combina os recursos da melhor maneira possível para atingir as metas.

Ainda segundo o autor (SILVEIRA, 2019), a indústria 4.0 fará com que o mercado sofra algumas alterações, por exemplo, uma maior exigência dos consumidores, a variedade de produtos customizados de acordo com o gosto ou interesse do comprador, e principalmente, a adaptação de profissionais para o trabalho com as novas gerações de máquinas automatizadas e com comunicação via rede-internet.

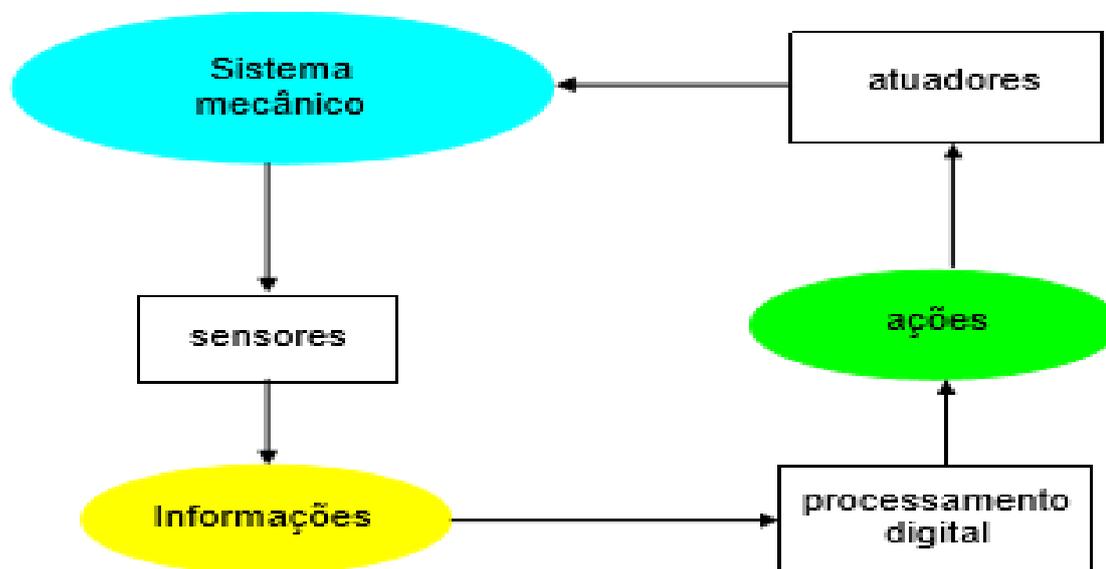
2- 2. Automação Industrial

Devido à grande disputa produtiva entre as empresas da atualidade, novas estratégias foram adotadas visando sempre melhorias relacionadas a custo, qualidade, disponibilidade, e inovação. Dentre meios de se alcançar esse objetivo, temos a automação industrial, que consiste na manipulação de processos industriais por meios mecânicos e automáticos que substituem o trabalho humano, de acordo com (TEIXEIRA; VISOTO; PAULISTA, 2016).

Com o passar dos anos, o mundo tem mostrado um avanço tecnológico cada vez mais acentuado e sem sinais de desaceleração. Como consequência deste fato, pode-se deparar com máquinas e equipamentos cada vez mais eficientes, robustos e acessíveis em indústrias, lojas, residências. Os componentes-chaves dessa nova era em que vivemos, são: sensores, atuadores, microprocessadores, controladores, contadores. Sendo estes essenciais, e estão cada vez mais presentes no nosso cotidiano.

Segue, na Figura 2, um resumo breve de como funciona um esquema de Automação Industrial:

Figura 2: Resumo de uma automação industrial



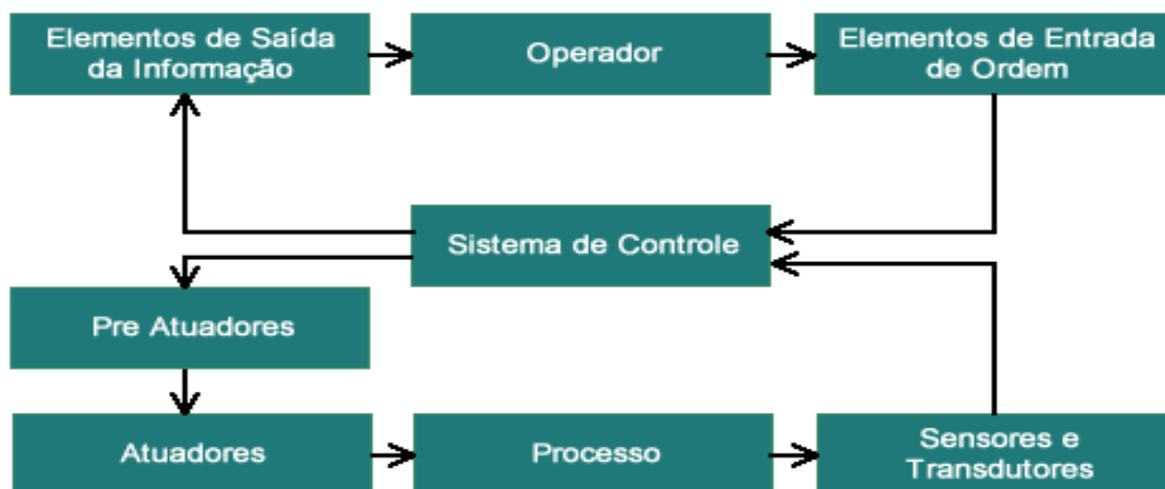
Fonte: ADAMOWSKI (2012)

Assim como qualquer outro processo de evolução, a automação industrial também é dividida em dois subtópicos principais, sendo: parte operacional e parte de controle.

A parte operacional se resume em um conjunto de elementos que retire a máquina da inércia, isto é, que faça a máquina realizar algum tipo de movimento inicial, como: motores, cilindros, compressores de ar, válvulas, pistões, sensor indutivo, sensor capacitivo, sensor de visão, sensor ultrassônico, entre outros. Já a parte de controle, como o próprio nome já diz, tem a função de controlar o sistema, ou seja, necessita de uma lógica de programação para controlar, para acionar a parte operacional do sistema. No passado, eram-se usados relés eletromagnéticos, temporizadores, placas eletrônicas e módulos lógicos. Devido o aumento do volume de dados e a quantidade equipamentos eletrônicos no mercado, o equipamento mais indicado para essa parte de controle é o CLP (Controlador Lógico Programável), visto que o mesmo é o cérebro na automação industrial, onde ele é capaz de se comunicar com todos os componentes que compõem este sistema de forma a reconhecer as entradas, processar a lógica e atualizar as saídas a todo momento (SILVEIRA, 2017).

Veja na Figura 3, o sistema completo de uma Automação Industrial dividida pela parte de controle e pela parte operacional:

Figura 3: Sistema completo de uma automação industrial



Fonte: Silveira (2017)

A partir da definição estabelecida de automação industrial e as características descritas, tem-se as principais vantagens de se adaptar um investimento para sistemas em automação industrial, segundo (SILVEIRA, 2017):

- Aumento da produtividade: Um dos benefícios mais significativos atingidos com a automação industrial é a melhoria e o aumento da produtividade. A automação aplicada às máquinas automáticas permite o alcance de ciclos de produção mais velozes com maior eficiência e repetibilidade. Um trabalhador ou pessoa não pode fazer um trabalho específico de novo e de novo com precisão perfeita, mas um sistema de automação industrial pode fazer este trabalho com o mesmo resultado. Isto é possível, haja vista que o sistema de computador principal é dotado de instruções para executar o trabalho com o máximo de precisão.
- Redução de custos: Um sistema de automação industrial é capaz de reduzir os custos de instalações, visto que podem oferecer um ágil retorno sobre o investimento através do aumento na produtividade e eficiência. Com um sistema automatizado e auto operado não serão mais necessários trabalhadores humanos para realizar atividades extras, pelo fato de vários destes sistemas automatizados são especialmente projetados para executar diferentes métodos de produção sem qualquer instrução de operadores

humanos. Para mais, outro fator contribui para redução de custos reside no fato de que a maioria dos sistemas automatizados são concebidos para economizar energia elétrica quando não estão em uso. Soma-se ainda o fato de que a automação industrial não só simplifica as tarefas de trabalho intensivo e reduz os custos da força de trabalho como também minimiza a criação de materiais e resíduos.

- **Melhoria da qualidade:** Máquinas automatizadas são capazes de fornecer resultados consistentes e repetíveis. Quando os fabricantes utilizam a automação industrial, eles eliminam os problemas de controle de qualidade envolvidos com o erro humano. Com automação industrial, os processos podem ser cuidadosamente regulados e controlados, de modo que a qualidade do produto final seja mais consistente. Assim, se a indústria produz alimentos, a automação garante os tempos de mistura, aquecimento e espera na fabricação do produto. Por outro lado, é uma indústria que necessita produzir soldas exatas e consistentes, robôs em operação farão soldas padrões mantendo a uniformidade e qualidade. Observe que o resultado é a diminuição ou eliminação de erros de processo e consequentemente aumento de qualidade.
- **Segurança:** O projeto de um sistema automatizado industrial deve ter a premissa da segurança, visto que as organizações são totalmente planejadas para reduzir acidentes. No Brasil temos ainda uma norma regulamentadora (NR-12) que obriga os fabricantes de máquinas a seguirem rigorosamente práticas de segurança. Um operador humano pode acidentalmente cometer erros ao operar uma máquina manualmente, mas um sistema industrial automatizado não pode cometer erros, desta forma é um sistema operado por computador e devido a este controle, as chances de acidentes são muito mais baixas em um sistema automatizado. As máquinas industriais geralmente são projetadas para trabalhar em ambientes de temperaturas extremas, locais explosivos, fundição, processos químicos e outros ambientes que envolvem riscos potenciais para trabalhadores humanos. Nestes locais onde existem riscos à saúde no manuseio e produção dos produtos, os sistemas de automação industrial são capazes de fornecer o máximo de segurança, pois além de operarem com movimentos pré-programados, podem eliminar totalmente a necessidade do contato humano.

- **Vantagem competitiva:** A fim de sobreviver na economia global de hoje, as empresas devem manter-se cada vez mais competitivas. E outra vez, a automação industrial tem proporcionado às empresas de manufatura a capacidade de ficar em sintonia ou até mesmo passar à frente dos seus concorrentes. Células robóticas, por exemplo, são capazes de fornecer às empresas as ferramentas necessárias para diminuir os tempos de ciclo, melhorar a qualidade e reduzir custos. Sendo assim, a automação industrial possibilita às empresas permanecerem mais fortes diante de turbulências econômicas e ameaças externas.
- **Precisão:** A precisão é um dos principais pontos dos benefícios da automação industrial, todas as variáveis envolvidas nos processos de produção são medidas pelo computador principal, que geralmente possui um programa de inteligência artificial embutido. Este programa assegura a precisão e o tempo para a produção, sem ele seria impossível manter uma boa precisão e *timing*. Além disso, o sistema está em uso, diferentes tipos de sensores e processadores também são utilizados para o monitoramento de todo o processo para manter a precisão. Assim, as probabilidades de falhas na linha de produção são reduzidas ao máximo.
- **Monitoramento remoto:** O monitoramento remoto é um dos benefícios que mais obteve avanço nos últimos anos. A operação remota e os sistemas de controle estão cada vez mais integrados na maioria dos sistemas de automação industrial. Estes sistemas permitem a um operador monitorar e controlar, se necessário, os processos de produção a partir de uma determinada distância. É possível ainda estabelecer uma conexão Wi-Fi ou pela internet para se comunicar a partir de uma distância muito maior. Os sistemas podem ainda ser baseados em sinais de rádio, infravermelhos ou *Bluetooth*.

3- Metodologia

Com base no que foi estudado durante o curso de engenharia elétrica, na análise de viabilidade para iniciação do projeto e em conhecimentos extracurriculares, iniciou-se o trabalho de reconstrução e melhoria de um modelo de seladora de pacotes, atualmente manual com acionamento por pedal de força mecânica, para uma seladora semi-automática controlada por comandos e equipamentos elétricos, mecânicos e pneumáticos.

Segue na Figura 4, o modelo de uma seladora manual que é usado atualmente:

Figura 4: Modelo de seladora manual



Fonte: R. Baião (2020)

A empresa citada anteriormente se prontificou em disponibilizar todo material, recursos e todos os investimentos necessários para o estudo da viabilidade e posteriormente a fabricação do produto final. Seguindo as demandas e normas da indústria alimentícia, foram estabelecidos os materiais para a construção da seladora em questão:

- Uma estrutura totalmente montada em aço inox 304 para uma melhor durabilidade;
- Um contador digital 220 v da marca “COEL” modelo “LCWR” para a realização da contagem da produção diária ou semanal;
- Um controlador de temperatura digital 220 v do modelo “XMTD series TEMP CONT” para realizar o aquecimento da resistência 220 v, 200 w utilizada;
- Um termopar tipo J para aferição e controle da temperatura desejada durante o processo produtivo;

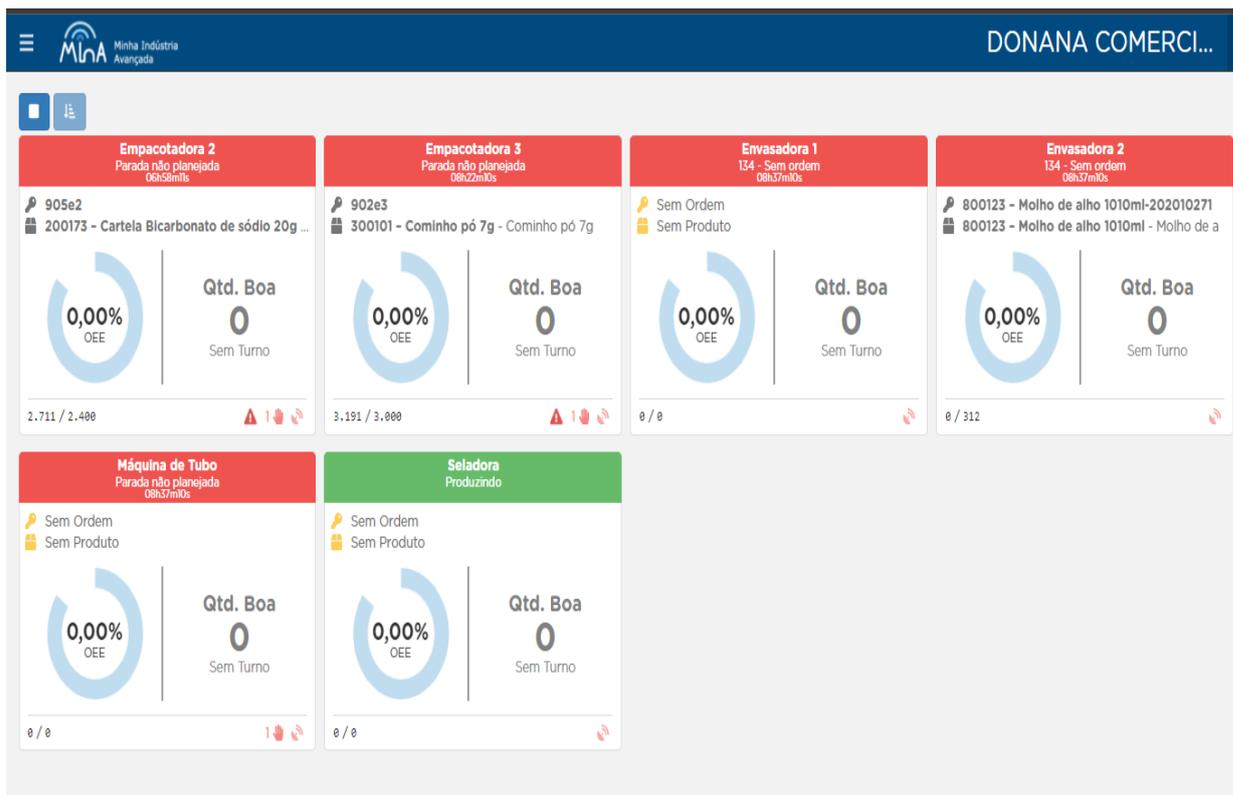
- Um pistão pneumático da marca “Parker” modelo “P1A 25x50” para a execução do trabalho mecânico de pressão do mordente durante a selagem;
- Uma válvula pneumática 3/2 vias também da marca “Parker”;
- Um equipamento IoT com conexão Wi-Fi ligado direto com o sistema da empresa contabilizando produção, tempo de máquina parada/ligada e justificando as paradas quando ocorridas.
- Além de outras melhorias estéticas, ergonômicas e segurança.

A intenção com o projeto é iniciar uma automatização de determinado setor produtivo da empresa, buscando substituir a maior parte do trabalho manual que é utilizado atualmente para acionamentos automáticos, que produzem em maior escala, em menor tempo, com melhor qualidade e para este caso, facilitando até mesmo as condições para o operador.

Com relação a adequação à Indústria 4.0, todas as informações geradas pela máquina em atividade produtiva estarão disponíveis em uma plataforma online de acesso restrito. Nesta plataforma estarão disponíveis informações de produção, paradas de máquina, trocas de produto, manutenções, gráficos de rendimento, geração de ordens de produção e outros recursos ofertados.

Na figura 5, a seguir, segue um print screen da imagem da tela inicial da plataforma citada anteriormente com seis máquinas que já possuem a conectividade com a rede, entre a elas a seladora semi-automática na qual se trata o estudo:

Figura 5: Tela inicial da plataforma usada pelo equipamento IoT



Fonte: Autores (2020)

4- Desenvolvimento e Resultados

Considerando que o processo anterior à automação era totalmente manual, pode-se pontuar diversas atividades executadas pelo operador em que existia grande chance de erro ou desperdício. Anteriormente o ajuste da temperatura era feito por um regulador analógico que variava em uma escala de 0 a 10, sendo difícil para o operador alcançar a temperatura correta de trabalho e com isto, ocasionando diversas perdas de pacotes ao fazer testes antes de iniciar de fato a produção.

Outro ponto modificado foi a pressão mecânica exercida pelo mordente para selar os pacotes, obtida por meio do peso colocado no pedal da máquina pelas próprias pernas do operador, desta forma, não era possível manter padrão na solda já que o controle desta força exercida nunca permanecia o mesmo.

A nova seladora fabricada foi colocada na linha de produção para testes no dia 19 de outubro de 2020 e os resultados foram melhores que os esperados, a produção diária subiu em aproximadamente 40% e o número de pacotes com defeito e desperdiçados caiu cerca de 80%.

Quanto à qualidade dos produtos notou-se significativa melhora e padronização, agregando credibilidade e valor para a marca.

Ao compararmos o final de um mês de trabalho (22 dias úteis) temos um valor próximo de 39.600 unidades produzidas no modelo manual enquanto no semi-automático temos 55.000 unidades.

As informações mencionadas nos parágrafos acima podem ser vistas e comparadas com mais clareza na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1: Comparativos entre as seladoras manual e semi-automática

TABELA COLETA DE DADOS PRÉ AUTOMAÇÃO		TABELA COLETA DE DADOS PÓS AUTOMAÇÃO	
Nº FUNCIONARIOS USADOS NO PROCESSO	1	1	Nº FUNCIONARIOS USADOS NO PROCESSO
PRODUÇÃO DIA EM UNIDADE	1800	2500	PRODUÇÃO DIA EM UNIDADE
PRODUÇÃO DIA EM PORCENTAGEM	100%	139%	PRODUÇÃO DIA EM PORCENTAGEM
PRODUÇÃO MÊS EM UNIDADE	39600	55000	PRODUÇÃO MÊS EM UNIDADE
PERDAS DIA EM UNIDADE	40	5	PERDAS DIA EM UNIDADE
PERDAS DIA EM PORCENTAGEM	2,2%	0,2%	PERDAS DIA EM PORCENTAGEM
CUSTO POR UNIDADE	R\$0,60	R\$0,45	CUSTO POR UNIDADE
VALOR DE VENDA DA UNIDADE	R\$1,55	R\$1,55	VALOR DE VENDA DA UNIDADE
FATURAMENTO DIÁRIO	R\$2.728,00	R\$3.867,25	FATURAMENTO DIÁRIO
LUCRO DIÁRIO	R\$1.648,00	R\$2.742,25	LUCRO DIÁRIO
VALOR DO INVESTIMENTO NA MÁQUINA	R\$750,00	R\$3.000,00	VALOR DO INVESTIMENTO NA MÁQUINA

Fonte: Autores (2020)

Considerando o valor cotado atual de uma seladora manual como R\$750,00 e o custo final do modelo semi-automático como R\$3.000,00 temos uma diferença de um pouco mais de 1/3 do valor, no entanto, essa diferença diminui com o passar do tempo levando em conta que os componentes usados no modelo novo são muito mais resistentes e duradouros quando comparados aos do modelo antigo. Além disso, no modelo novo quando necessária substituição, os componentes são encontrados facilmente e substituídos por qualquer pessoa capacitada, já os do modelo antigo são fornecidos única e exclusivamente pelo fabricante, sendo assim obtendo preços bem elevados.

Sendo os valores de custo da unidade do produto de referência escolhido R\$0,60 para a seladora antiga e R\$0,45 para o modelo novo em razão do aumento da produção, e os valores de venda em unidade de ambos R\$1,55 pode-se dizer que com pouco menos de 3 dias trabalhados a nova seladora pague seu investimento.

A seguir, na Tabela 2, uma projeção para 10 dias trabalhados com a seladora manual e a seladora semi-automática, e a diferença (em reais) do lucro diário produzido pelas duas:

Tabela 2: Projeções de produção dia entre as seladoras

DIAS CORRIDOS	SELADORA MANUAL	SELADORA SEMI-AUTOMÁTICA	DIFERENÇA
1	R\$1.648,00	R\$2.742,25	R\$1.094,25
2	R\$3.296,00	R\$5.484,50	R\$2.188,50
3	R\$4.944,00	R\$8.226,75	R\$3.282,75
4	R\$6.592,00	R\$10.969,00	R\$4.377,00
5	R\$8.240,00	R\$13.711,25	R\$5.471,25
6	R\$9.888,00	R\$16.453,50	R\$6.565,50
7	R\$11.536,00	R\$19.195,75	R\$7.659,75
8	R\$13.184,00	R\$21.938,00	R\$8.754,00
9	R\$14.832,00	R\$24.680,25	R\$9.848,25
10	R\$16.480,00	R\$27.422,50	R\$10.942,50

Fonte: Autores (2020)

As Figuras 6 e 7, a seguir, são fotografias da máquina e apresenta o resultado final da nova seladora fabricada e montada pronta para uso no setor produtivo e as duas seladoras envolvidas na pesquisa lado a lado, manual e semi-automática:

Figura 6: Seladora semi-automática fabricada e montada



Fonte: Autores (2020)

Figura 7: Seladora manual ao lado esquerdo e semi-automática ao lado direito

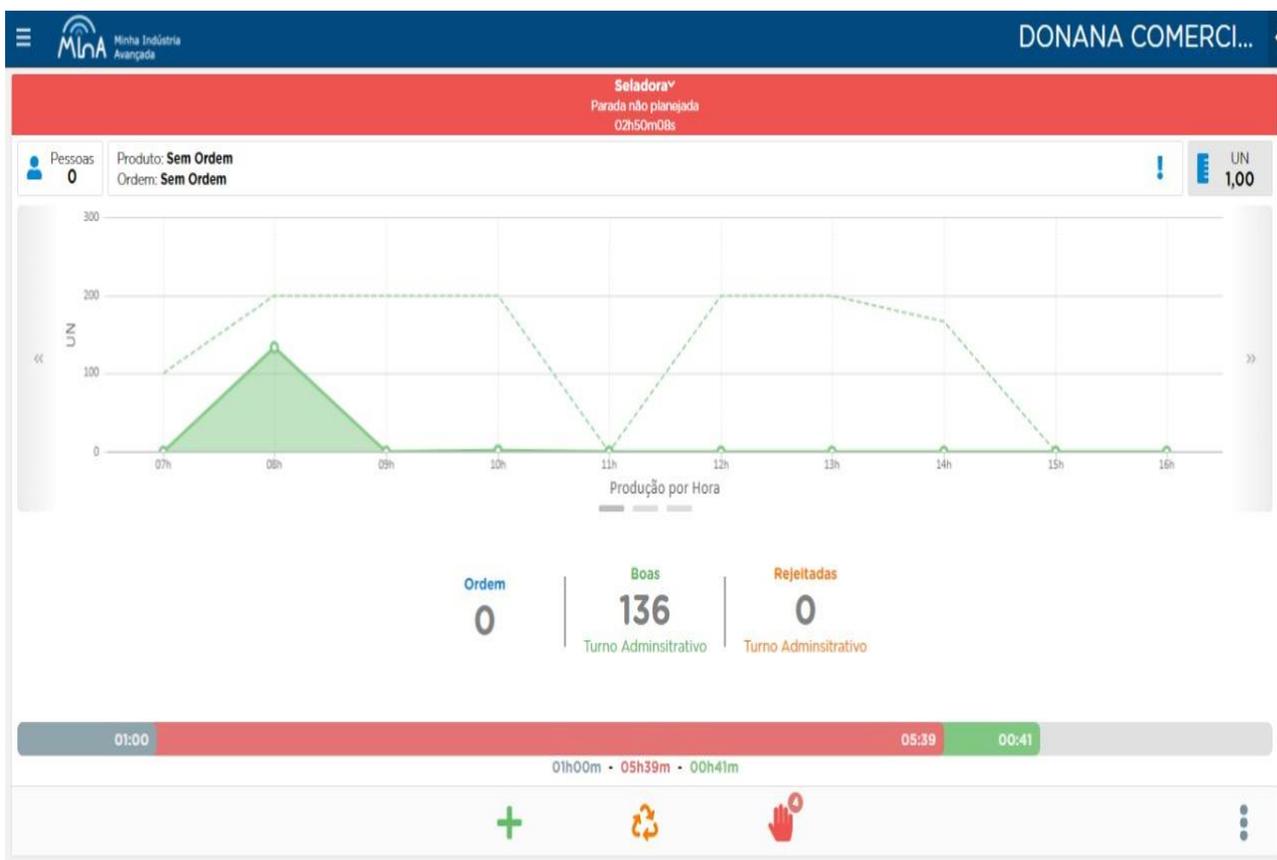


Fonte: Autores (2020)

Ao ser colocada na linha produtiva para testes após a finalização da montagem da nova seladora, foram coletados alguns dados referentes a informações do período em que a máquina foi usada e em seguida expostos na plataforma mencionada anteriormente.

A Figura 8 a seguir, mostra um print screen da plataforma IoT usada pela empresa e que apresenta todas as informações coletadas. Dentre elas pode-se exemplificar: a máquina em questão, se ela está parada ou em funcionamento, se a parada é não planejada ou planejada (almoço, manutenção preventiva), há quanto tempo ela está parada, qual o nome/número da ordem de produção e seus detalhes, o gráfico de trabalho real e metas do dia, o número de produtos bons, o número de produtos desperdiçados.

Figura 8: Resultados na plataforma IoT



Fonte: Autores (2020)

5- Considerações Finais

A partir das pesquisas e do estudo de viabilidade realizado, seguido pela fabricação da nova máquina, conclui-se que o investimento é viável, visto que o ganho de produtividade e qualidade sob o produto se mostra muito significativo.

Além disso, a nova seladora superou as expectativas criadas pela empresa e pelos estudantes em questão, o qual se obteve resultados superiores ao que se era estimado e calcula-se que durante a primeira semana trabalhada a máquina pague seu investimento, sendo assim, a partir deste ponto obtendo-se apenas lucro para a empresa.

Referências

- SILVEIRA, C. B., 2017. **O Que é Indústria 4.0 e Como Ela Vai Impactar o Mundo** <<https://www.citisystems.com.br/industria-4-0/>>. Acesso em 06 mai. 2020.
- SOUZA, P. H. M., 2017. **Indústria 4.0: Contribuições para Setor Produtivo Moderno** <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_WIC_238_384_34537.pdf>. Acesso em 08 mai. 2020.
- FREITAS, A. P. P., 2018. **Análise Bibliométrica da Produção Científica Sobre Indústria 4.0.** <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/23617/3/AnaliseBibliometricaProducao.pdf>>. Acesso em 11 mai. 2020.
- ADAMOWSKI, J. C., 2012. **Mecatrônica – Uma Abordagem Voltada à Automação Industrial** <<http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/19/artigos/157.pdf>>. Acesso em 12 mai. 2020.
- TEIXEIRA, A. F. S.; VISOTO, N. A. R.; PAULISTA, P. H., 2016. **Automação Industrial: Seus Desafios E Perspectivas** <<http://revista.fepi.br/revista/index.php/revista/article/viewFile/404/278>>. Acesso em 20 mai. 2020.
- SILVEIRA, C. B., 2017. **O Que é Automação Industrial** <https://www.citisystems.com.br/o-que-e-automacao-industrial/#disqus_thread>. Acesso em 03 jun. 2020.
- SILVEIRA, C. B., 2017. **Sete benefícios conquistados através da Automação Industrial** <<https://www.citisystems.com.br/sete-beneficios-automacao-industrial/>>. Acesso em 03 nov. 2020.
- SOUSA, Rafaela, 2019. **"Primeira Revolução Industrial"** <<https://brasilescola.uol.com.br/geografia/primeira-revolucao-industrial.htm>>. Acesso em 17 nov. 2020.
- SOUSA, Rafaela, 2019. **"Segunda Revolução Industrial"** <<https://brasilescola.uol.com.br/geografia/segunda-revolucao-industrial.htm>>. Acesso em 17 nov. 2020.
- SOUSA, Rafaela, 2019. **"Terceira Revolução Industrial"** <<https://brasilescola.uol.com.br/geografia/terceira-revolucao-industrial.htm>>. Acesso em 17 nov. 2020.

SOUSA, Rafaela, 2019. **5 informações sobre a Quarta Revolução Industrial**
<<https://brasilecola.uol.com.br/clube-do-empreendedorismo/5-informacoes-sobre-a-quarta-revolucao-industrial.htm>>. Acesso em 17 nov. 2020.

MARCOS, João, 2018. **Engenharia elétrica: uma profissão com futuro promissor** <<https://www.tuiuti.edu.br/blog-tuiuti/engenharia-eletrica-uma-profissao-com-futuro-promissor>>. Acesso em 17 nov. 2020.

BAIÃO, R., 2020. **Máquinas para embalagens**
<<https://www.catral.com.br/seladora-de-pedal-multiuso-barra-quente-40cm-311-rbaião-bivolt/p>>. Acesso em 19 nov. 2020.