

RETROFIT DE MÁQUINA ONDULADEIRA DE ARAME

Jardel Dalchasso¹
Marcelo Kenzi Makiyama²
Bruno Turmina Guedes³
Daiane Carla Casonatto⁴

RESUMO

O avanço da tecnologia nos ambientes industriais requer equipamentos mais velozes, com maior precisão dos controles, melhor gerenciamento das falhas, maior segurança ao operador e redução do tempo de produção. Assim, este trabalho teve como objeto realizar um estudo de caso envolvendo o *retrofit* de uma máquina de ondular arame responsável pelo processo de fabricação de telas artísticas de uma empresa especializada em esquadrias. Foi realizada revisão bibliográfica sobre o histórico tecnológico da revolução industrial, o *retrofit* de equipamentos industriais e os benefícios da automatização e modernização de máquinas e processos. Foi realizado visitas técnicas para compreensão do processo, executado o *retrofit* da máquina e avaliado a eficácia da implantação. Teve como resultados a máquina automatizada com dispositivos eletrônicos, pneumáticos, controladores e adaptações mecânicas. Com a automatização, o processo tem o seu início com controlador eletrônico que recebe informações do *encoder* e envia os sinais elétricos para as bobinas das válvulas solenoides que dão o acionamento mecânico dos sistemas. Assim, foi substituída a pedaleira de acionamento manual, a medição de comprimento e o corte foram automatizados, bem como o corte antes realizado por um alicate, passou a ser realizado por uma guilhotina automática. Foi verificado que houve um ganho de produção de 333,33% em relação à produção de quando a máquina era operada manualmente. Portanto, concluiu-se que a automatização tende a trazer maior lucratividade para a empresa, visto que a precisão da execução e monitoramento do produto sendo produzido é maior, bem como o seu tempo de produção reduzido drasticamente.

Palavras-chave: Retrofit. Automatização. Equipamento industrial.

1 INTRODUÇÃO

Os ambientes de produção industrial vêm se aprimorando cada vez mais, através de máquinas mais velozes, componentes mais compactos, processos que necessitam de maior controle, melhor gerenciamento de falhas e uma redução no tempo de parada, o que aumenta a eficiência na produção. As novas tecnologias utilizadas nesses processos de automação industrial englobam o emprego da Interface Homem-Máquina, comumente chamada de IHM, que está presente em boa parte dos equipamentos e sistemas automatizados de forma a

¹ Acadêmico de Engenharia Mecânica, UCEFF. E-mail: esquadrias@dalchasso.com.br.

² Docente de Engenharia Mecânica, UCEFF. E-mail: marcelokem@uceff.edu.br.

³ Docente do curso de Eng. Mecânica. E-mail: brunoguedes@uceff.edu.br.

⁴ Docente do curso de Engenharia Mecânica. E-mail: daianecasonatto@uceff.edu.br.

desempenhar um papel importante em diversas funções, tais como a verificação de status de produção, cumprimento de ordens do controlador, avisos de alarme, entre outras (VIEIRA, 2004). Por conseguinte, o *retrofit* de máquinas e equipamentos industriais, também conhecidos como reforma ou modernização, é uma solução para empresas que pretendem dar uma “sobrevida” para máquinas antigas, ou seja, fazer com que essas máquinas tenham um tempo maior de funcionamento, desde que mantenham um bom estado de conservação mecânica (LEITE, 2007). Segundo Barrientos (2004) “*retrofit* é a conjunção do termo “retro” oriundo do latim, cujo significado é “movimentar-se para trás”, e “*fit*” do inglês, onde significa adaptação, ajuste”.

Devido ao grande avanço da tecnologia, das exigências do mercado e da importância dos temas ligados à flexibilidade, qualidade, redução ou eliminação de perdas e segurança, as empresas devem ser competitivas para se manterem no mercado. Para isso são utilizadas estratégias gerenciais aliadas à tecnologia que fornecem soluções para atender os pré-requisitos que o comércio exige. A necessidade de plantas fabris ágeis, com grande produtividade e um número muito pequeno de paradas. Tudo isso foi conseguido graças à integração de sistemas e distribuição da inteligência nos diversos pontos da cadeia produtiva (CAPELLI, 2006).

Qualquer que seja o segmento industrial, a automação tornou-se necessária à sobrevivência em mercados dinâmicos e flexíveis, onde a presença humana é cada vez mais rara e bem remunerada (CAPELLI, 2006).

Muito se fala sobre ganho de produtividade como estratégia de competição entre as empresas, principalmente no que tange ao ramo industrial, à produção de bens e consumo. Assim, este artigo visou avaliar o *retrofit* de uma máquina ondulateira de arames de forma a otimizar a sua utilização. Isto posto, outro aspecto a ser considerado quando diz respeito a ganho de produtividade, é fator humano. Existe uma escassez de mão de obra qualificada nas indústrias, além de a empresa ter de prover alto custo para manutenção de um colaborador. Ainda, entende-se que o rendimento de um colaborador é variável de acordo com cada pessoa, diferentemente de uma máquina automática bem programada.

Assim, analisando o processo atual de fabricação de telas artísticas da empresa Esquadrias Dalchasso, percebeu-se que a máquina utilizada para o corte e ondulação do arame encontrava-se em modo manual, sendo necessário o acionamento de um pedal para a realização da curva da tela, bem como o corte manual do arame, dependendo exclusivamente de um operador.

Neste sentido pôde-se formular o seguinte problema de pesquisa: **Quais intervenções deveriam ser realizadas na máquina onduladeira de arame a fim de alcançar maior rendimento?**

O objetivo geral deste artigo foi realizar um estudo de caso envolvendo o *retrofit* de uma máquina de ondular arame responsável pelo processo de fabricação de telas artísticas de uma empresa especializada em esquadrias. Desta forma, os objetivos específicos foram prescritos em: revisar bibliograficamente sobre o histórico tecnológico da revolução industrial, sobre o *retrofit* de equipamentos industriais e os benefícios da realização da automatização e modernização de máquinas e processos; compreender sobre o processo de ondulação de arame para a fabricação de telas artísticas; Realizar avaliação da máquina onduladeira de arame e posterior definição das intervenções necessárias para realizar a sua automação; e fazer a automatização da máquina e avaliar a eficácia da implantação do *retrofit*.

Este artigo se justifica em função do equipamento ser projetado para beneficiar o sistema de produção. Ocorre que dependendo da máquina, comprar uma nova exige alto custo despendido de dinheiro e tempo, principalmente se o equipamento for muito específico. No *retrofit*, os equipamentos e peças, onde a vida útil está longe de terminar, permanecem na máquina, permitindo a troca somente das peças realmente necessárias para atualização e estruturação daquele equipamento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 HISTÓRICO TECNOLÓGICO REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

A revolução industrial foi à transição para novos processos de manufatura no período compreendido entre 1760 a 1840. Esta transição incluiu a mudança de métodos de produção artesanais para a produção com a utilização de máquinas, a fabricação de novos produtos químicos, novos processos de produção de ferro, maior eficiência da hidro energia, o crescente uso da energia a vapor e o desenvolvimento de máquinas e ferramentas, além da adoção do carvão como biocombustível. Tendo seu início na Inglaterra e em poucas décadas se espalhando para a Europa Ocidental e posteriormente os Estados Unidos.

A revolução industrial divide a história e grande parte dos aspectos da vida cotidiana da época influenciando de alguma forma quase que todos os processos cotidianos. As rendas médias das populações começaram a experimentar um crescimento sustentado

sem precedentes históricos. De acordo com Robert (2002):

“Pela primeira vez na história os padrões de vida das massas de pessoas comuns começaram a se submeter a um crescimento sustentado. Nada remotamente parecido com este comportamento econômico é mencionado por economistas clássicos, até mesmo uma possibilidade teórica.”

Assim, a revolução industrial, no que tange a evolução da tecnologia culminou para que dispositivos fossem criados para facilitar o trabalho do homem, bem como de otimizar processos com mais agilidade e precisão.

2.2 RETROFIT DE EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS

O termo *retrofit* é utilizado em várias indústrias e de acordo com Barrientos (2004), *retrofit* é a união de “retro”, oriundo do latim, que significa mexer-se para trás, e de “*fit*,” do inglês, que significa adaptação, ajuste. Desta forma, o propósito desta prática nas organizações segundo Ribeiro, Almeida, Souza e Lima (2007), consiste

“na reforma em máquinas que possuem sistemas obsoletos com o objetivo de estender a vida útil, por meio do incremento de novas tecnologias, materiais e processos. A obsolescência, que é definida como sendo a perda do valor de um ativo ou de um bem devido à superação antecipada de sua vida do que tinha sido previsto, ocorre pelo fato de que o aumento da produtividade exige dos fabricantes um melhoramento contínuo dos seus sistemas, principalmente eletrônicos, acarretando em uma diminuição do ciclo de vida dos equipamentos (PLOTTEGUER, 2012).

Segundo Ribeiro (2007), as modificações são realizadas principalmente nos conjuntos eletrônicos, pois são os itens que mais foram aperfeiçoados nos últimos tempos e que continuam em rápida transformação. Por conseguinte, a atualização tecnológica torna-se necessária uma vez que os componentes ou sistemas que se enquadram nessa situação têm o fornecimento interrompido pelos fabricantes. Essa técnica também serve como estratégia de baixo custo, pois os itens e máquinas que ainda podem trabalhar, ou seja, que não tiveram seu tempo de trabalho finalizado pela incapacidade de exercer sua função, são mantidos no equipamento. Desta forma, o tempo e o dinheiro despendidos nestes projetos são mais baixos (CETNAROWSKI & GRAMS, 2014).

Em se tratando da vida útil de máquinas e componentes, a curva da banheira, que segundo Kardec e Nascif (2009) o gráfico que correlaciona o índice de quebras com a vida útil do equipamento, mostra que a maior taxa de falha ocorre na fase de mortalidade infantil, logo após a instalação; e durante a última fase do equipamento, que é a fase de envelhecimento. Enquanto na primeira fase as falhas acontecem principalmente por falhas do

projeto eu erro de montagem, na última fase a causa das quebras é devido à deterioração, levando em consideração a proporcionalidade entre o tempo de trabalho e o nível de desgaste (MOURA, BATALHA, GOMES & BASTOS, 2015).

Desta forma, o tema automação industrial é bem abrangente com características multidisciplinares. A mesma, em um simples projeto, pode abranger informática, eletricidade, eletrônica, física, química, matemática, etc., entre outras grandezas. Assim, segundo Moura, Batalha, Gomes & Bastos (2015) define-se automação industrial:

“como sendo um conjunto de técnicas através das quais se constroem sistemas ativos capazes de atuar com uma eficiência ótima pelo uso de informações recebidas do meio sobre o qual atuam, com base nas informações o sistema calcula a ação corretiva mais apropriada. Um sistema de automação comporta-se exatamente como um operador humano o qual, utilizando as informações sensoriais, pensa e executa a ação mais apropriada”.

Por conseguinte, quando uma indústria decide por realizar a automação de máquinas e equipamentos, ela propõe objetivos que estabelece as vantagens ofertadas por tal modernização do processo de produção. Estes benefícios são caracterizados pela melhoria das condições de operação, o que compreende a viabilidade técnica na aplicação de operações que são difíceis de serem realizadas por métodos convencionais, devido a, a título de exemplo, um ambiente que ofereça perigo ao operador; bem como o prejuízo a qualidade, ou seja, fabricação em faixas de tolerância a erros mais estreitas, de forma a utilizar um controle de qualidade mais eficaz; e também a flexibilidade, ou seja, permitir que sejam realizadas mudanças nos parâmetros dos processos com facilidade e agilidade.

2.2.1. Etapas do retrofit

Para a execução do *retrofitting*, precisam-se obedecer às seguintes etapas: 1- avaliação do equipamento; 2- desenvolvimento do projeto; 3- compra dos componentes; 4- implementação do projeto; 5- testes.

Assim, compreendeu-se que em um *retrofitting*, a primeira informação a definir é qual o objetivo do projeto. Após isso é traçado o caminho para alcançá-lo, através de uma avaliação inicial da máquina. Nesta avaliação, através de conversas com os mantenedores tanto da parte elétrica como da mecânica é recolhido os dados dos componentes e definida a melhor forma de executar o projeto. Essas identificações podem ser feitas através de medidas quantitativas das importâncias dos componentes definidos para garantir a confiabilidade, através destas medidas, pode-se melhorar o sistema eliminando repetições em componentes

críticos (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009). Por conseguinte, tendo como base o projeto original do equipamento é feito um outro projeto contendo as modificações que serão feitas na revitalização da máquina.

Ainda segundo Fogliatto e Ribeiro (2009), após avaliação é feita a aprovação do orçamento escolhido para execução do projeto, são determinadas ordem de compra dos componentes especificados. Esta etapa é fundamental para a manutenção, pois efetuará cronograma com prazos de entrega dos componentes e elaboração do projeto para o conhecimento e programação dos responsáveis da produção.

Por fim, os autores entendem que com a chegada dos componentes e com a data definida, inicia a execução do projeto, fazendo a desmontagem de todos os componentes que serão substituídos e instalando os novos projetados.

Conforme a montagem é realizada, pequenos testes são feitos para garantir o funcionamento das partes executadas. Com a instalação dos novos componentes finalizados, é feito o teste com todos os conjuntos e “ajustes finos” de parâmetros, somente para testes com a máquina em vazio, sem produto. Esses testes têm como objetivo o recolhimento de dados confiáveis em um menor período possível, para fornecer informações sobre o desempenho dos componentes instalados em condições normais de operação (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009).

2.3 DISPOSITIVOS UTILIZADOS PARA AUTOMATIZAÇÃO

Para a realização do *retrofit*, são utilizados dispositivos afim de otimizar a autonomia dos equipamentos. Para tal, este trabalho realizou um comparativo dos controladores, sensores e *encoders* mais utilizados.

2.3.1 Sensores

No estudo da automação em sistemas industriais, comerciais, domésticos, etc., é necessário determinar as condições do sistema e obter os valores das variáveis físicas do ambiente a ser monitorado. Essa é a função dos sensores.

Segundo Roggia e Fuentes (2016), o sensor é um elemento sensível a uma forma de energia do ambiente (energia cinética, sonora, térmica, entre outras), que relaciona informações sobre uma grandeza que precisa ser medida como temperatura, pressão, vazão, posição e corrente. Um sensor nem sempre tem as características elétricas necessárias para ser

utilizado em um sistema de controle. Normalmente o sinal de saída deve ser manipulado e isso geralmente é realizado com um circuito de interface para produção de um sinal que possa ser lido pelo controlador. Quando este circuito está acoplado a um sensor, o dispositivo recebe o nome de transdutor. De acordo com a natureza do sinal de saída, os sensores podem ser classificados em sensores digitais (discretos) e sensores analógicos (contínuos).

Assim, segue Quadro 1 com 03 sensores diferentes:

Quadro 1 - Tipos de sensores

TIPOS DE SENSORES	FUNCIONALIDADES
Indutivos	São dispositivos eletrônicos que detectam proximidade de elementos metálicos sem a necessidade de contato. Seu princípio de funcionamento baseia-se na geração de um campo eletromagnético por uma bobina ressonante instalada na face sensora. Quando um metal se aproxima do campo, ele absorve a energia do campo, diminuindo a amplitude do sinal gerado no oscilador. Essa redução do valor original aciona o estágio de saída.
Capacitivos	Os sensores capacitivos são dispositivos eletrônicos que detectam proximidade de materiais orgânicos, plásticos, pós, líquidos, etc., sem a necessidade de contato. Seu princípio de funcionamento baseia-se na geração de um campo elétrico por um oscilador controlado por capacitor. O capacitor é formado por duas placas metálicas montadas na face sensora de forma a projetar o campo elétrico para fora do sensor. Quando um material se aproxima do sensor o dielétrico do meio se altera, alterando a capacitância. Essa alteração aciona o estágio de saída.
Eletromecânicos (Encoder)	São dispositivos/sensores eletromecânicos, cuja funcionalidade é transformar posição em sinal elétrico digital. Com a utilização de <i>encoder</i> , é possível quantizar distâncias, controlar velocidades, medir ângulos, número de rotações, realizar posicionamentos, rotacionar braços robóticos e etc. <i>Oencoder</i> é composto basicamente por um disco com marcações, um componente emissor e um receptor.

Fonte: Roggia e Fuentes (2016).

2.3.2 Controlador

Os controladores têm grande relevância para os sistemas de controle e por consequência para a automação industrial, por essa razão a ênfase aos CLPs. Por conseguinte, entende-se que o CLP é um suporte eletrônico-digital capaz de armazenar instruções de funções singulares, como de lógica, sequências, contagem e aritméticas, todas direcionadas ao controle de máquinas e processos.

Assim, de acordo com Vianna (2015):

“controladores são os dispositivos que tornam possível uma efetiva ação de controle no meio onde atuam. Pode-se citar como principais controladores o CLP

(Controlador Lógico Programável); CP (Controlador Programável); SLC (*Single Loop Controller*); MLC (*Multi-Loop Controller*); CNC (Comando numérico computadorizado); Interfaces para PC, CP ou CLP; Micro controladores em qualquer dispositivo, incluindo sensores e atuadores.”

Desta forma, o CLP tem como principais características a utilização de processos discretos, bem como a aplicação em automação fixa ou flexível; realiza lógica de combinação que significa produzir uma combinação de variáveis de saída a partir de uma combinação de entradas; realiza lógica sequencial, uma combinação de entradas juntamente com uma combinação das situações anteriores dessas ou de outras variáveis, produzem determinadas saídas; utiliza linguagens de programação entre outras (VIANNA, 2015).

2.4 BENEFÍCIOS DA AUTOMATIZAÇÃO DE PROCESSOS

Segundo Guimarães e Resende (2013), a automação é a tecnologia que está relacionada a aplicação de mecânica, eletrônica e sistemas baseados em computadores que tem como objetivo desempenhar determinadas funções com a finalidade de melhorar a sua eficiência e a segurança no processo. A principal finalidade d automação consiste em buscar maior qualidade e flexibilidade nas operações, de forma a tornar os equipamentos mais eficientes e em consequência disto diminuir os custos operacionais, resultando em empresas cada vez mais competitivas. Já segundo Gutierrez e Pan (2008), um argumento para os altos custos de investimentos que têm sido realizados nesta área, é a preocupação com a segurança de processos industriais e de infraestrutura críticos, pois a automação tem sido vista como uma forma de minimizar o erro humano.

Com a automação surgiram equipamentos capazes não só de prolongar os músculos do homem, mas também de suprir o seu sistema sensorial, sua capacidade de pensamento e de ação (SANTOS, 2007). A sua presença na economia global e na vida humana diária é crescente, sendo também considerada hoje um instrumento fundamental para a qualidade e a produtividade das empresas (GUTIERREZ e PAN 2008).

Segundo Teixeira, Visoto e Paulista (2016), um sistema automatizado pode contribuir de diversas maneiras para o aumento da competitividade. Dentre elas, pode-se ressaltar: o aumento da qualidade do produto, devido a precisão das máquinas; a redução de custos de estoque, e menor tempo gasto nos projetos e fabricações de novos produtos com a utilização de máquinas aptas a desempenhar diferentes operações.

A automação passa então a ser vista como uma oportunidade para as empresas competirem em seus segmentos, fortalecendo sua infraestrutura, investindo na qualificação e

modernização de suas instalações, potencializando ganhos em eficiência e produtividade que podem ser repassados aos clientes (MILAN, PRETTO e BASSO, 2007).

Segundo Roig (2017), as empresas concorrem uma contra outra para obter a fidelidade do cliente em função da alta competitividade e o mercado acirrado. Para tal, a organização, precisa produzir mais, em menor tempo, com menor custos e qualidade superiores. Assim, pode-se relacionar estas melhorias diretamente com a automação de processos, uma vez que a mesma traz subsídios e vantagens para que a empresa consiga alcançar esta otimização.

Sobre automatização de processos Amaral (2017) afirma que “cada vez mais organizações têm buscado a automatização de seus processos”, mas também aumentam “as frustrações, por não conseguirem ver na prática as mudanças que pretendiam promover por meio dessa transformação”. Isso ocorre em decorrência de alguns motivos que vão de um planejamento ineficiente até a falta de apoio da gestão. Dessa maneira Amaral (2017) relata que não contratar especialistas em processos, bem como não estruturar a metodologia, não preparar os funcionários para mudanças, não estabelecer metas, não realizar reuniões de acompanhamento, são alguns dos motivos que levam ao erro e devem ser evitados.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A matéria prima utilizada na máquina de ondular arames é o arame galvanizado em diversas bitolas, que depois de processado, são utilizados para fabricação de telas artísticas, alambrados, cercas, telas para portões, divisórias, proteção de janelas e etc.

Assim, para o acionamento das engrenagens responsáveis pelas ondulações, o dispositivo possui um motor trifásico, ligado a polias e correias, ambas apoiadas por um eixo em mancal, que quando uma pedaleira é acionada manualmente por um operador, um sistema mecânico com alavancas que faz com que as engrenagens sobrepostas uma sobre as outras rodem puxando o arame para parte interna e deformando plasticamente o material, dando a forma desejada através da regulagem feita por parafusos, que limitam a profundidade que se é necessário para a confecção do material. Sendo assim os equipamentos utilizados foram escolhidos com base em suas características principais, para viabilizar a integração do sistema e análise técnica.

Desta forma, a onduladeira manual tem como processo básico inicial, o desenrolador do arame, dispositivo onde é colocado o rolo comercial de arame, alimentando a máquina,

seguido de roldanas metálicas com regulagem de aperto para alinhar a matéria prima antes da confecção das “ondas”.

Por conseguinte, no processo manual, antes do acionamento, toda operação é determinada por uma trena ou régua na definição do comprimento do arame, isso é feito gerando muita mão de obra para qualquer tipo de alteração na medida que é preciso para diferentes tipos de telas.

Assim sendo, após ser definido o comprimento, o operador precisa acionar a pedaleira manualmente e solta-la de acordo com o comprimento estabelecido anteriormente para o arame nas medidas padrões na confecção de uma tela em específico. Depois de ondulado o material, definidos no comprimento estabelecido anteriormente, a operação finaliza-se por uma cortadeira de arames posicionada na frente das engrenagens, acionada manualmente pelo mesmo operador cortando e finalizando o processo de produção. Basicamente neste ciclo de alimentação de arame, depois de definido o comprimento que se deseja, no acionamento da pedaleira, o arame passa nas engrenagens, logo é finalizado pelo corte na cortadeira, deste modo sucessivamente iniciando todo o processo mais uma vez.

4 RESULTADO E ANÁLISE DOS DADOS

A máquina onduladeira de arame, originalmente manual, conforme mostra a Figura 1, passou por um retrofit onde o foco foi realizar a sua automação.

Figura 1 - Máquina onduladeira de arame



Fonte: Rodemaq (2020).

A Figura 1 acima mostra a máquina ondulateira de arame antes da sua automatização. Pode-se perceber a pedaleira manual, o suporte onde deve ser colocado o rolo de arame, a guilhotina, tudo acionada pelo operador.

Assim, para a realização do *retrofit* da máquina ondulateira de arame, foram utilizados dispositivos eletrônicos, pneumáticos, controladores e adaptações mecânicas de tal maneira que, conforme evidenciado na Figura 2.

Figura 2 - Máquina de ondular arames automatizada



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

A Figura 2 acima evidencia a máquina de ondular arame após a realização das intervenções realizadas para a automatização. Com ela, é possível verificar que processo tem o seu início com controlador eletrônico conforme mostrado na Figura 3 previamente programado para executar os comandos.

Figura 3 - Controlador eletrônico



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Na sequência foi escolhido o *encoder* como sensor, pois de acordo com Matias (2002), o *encoder* é um dos equipamentos mais usados em automação industrial, pois com ele consegue-se converter movimentos angulares e lineares em informações úteis à máquina ou processo.

Os *encoders* são dispositivos eletromecânicos usados para servo posicionamento dos eixos. São eles que fornecem os dados de posição para o controle de acionamento dos motores. Um *encoder* típico usa sensores óticos para fornecer uma série de pulsos que são traduzidos em movimento, posição ou direção (MORAES, 2003). Assim, no projeto em questão o controlador recebe informações do *encoder*, conforme mostra a Figura 4 que envia os sinais elétricos para as bobinas das válvulas solenoides.

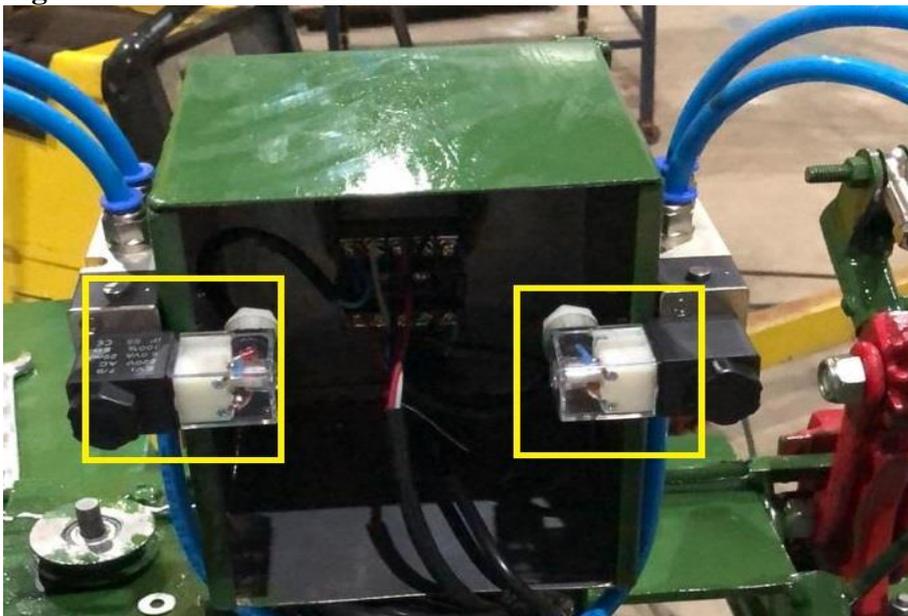
Figura 4 - Encoder



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Na Figura 5 está evidenciada as válvulas solenoides, que por sua vez dão o acionamento mecânico dos sistemas.

Figura 5 - Válvulas solenoides



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Pelo controlador, um sistema de medição linear com uma roda foi acoplado junto ao arame que passa através das engrenagens que é responsável por fazer a medição do comprimento automaticamente, conforme Figura 6.

Figura 6 - Engrenagens, roldanas e roda de medição



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Assim, enquanto o arame passa pelas engrenagens tomando forma desejada, a roda acoplada faz a leitura do comprimento do material, com a programação do controlador, fazendo com que o operador apenas defina a medida manualmente no visor do controlador. Com as medidas estabelecidas, o controlador conta com reles de saída, que enviam sinais para as bobinas das válvulas pneumáticas, que liberam o ar comprimido para os cilindros pneumáticos Figura 7, que acionam mecanicamente a máquina.

Figura 7 - Cilindro pneumático

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Em suma, estas intervenções foram responsáveis pela substituição da pedaleira manual, onde o acionamento era realizado pelo operador, assim como a medição do comprimento do corte do arame era realizado pelo mesmo, com o auxílio da trena e o corte era feito manualmente com um alicate de corte, sendo substituído por uma guilhotina automática acoplada ao equipamento e comandada pelo controlador juntamente com o acionamento e medição.

A automatização realizada na máquina de ondular arames trouxe inúmeros benefícios para a empresa no que tange a ganho com tempo de produção, precisão do corte, economia de material, redução de um operador melhora da segurança do mesmo.

O ganho de produção foi evidenciado através da Tabela 1, onde pôde-se evidenciar que quando a operação era executada de maneira manual havia uma produção de 600 metros lineares por hora, e quando passou a ser realizada com a máquina automática, a produção elevou para 2000 mil metros lineares por hora, ou seja, a produção em metros aumentou aproximadamente 333,33%. Estes dados foram coletados em 3 dias de trabalho, considerando que a máquina onduladeira de arame tenha disponibilidade de 8 horas por dia. Foi realizada uma média para verificação do ganho de produção em hora.

Tabela 1 - Produção manual X Produção automático (Por hora)

Tempo	Produção - Unidade de medida: metro linear	
	MANUAL	AUTOMÁTICO
1 hora	600 m	2000 m

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

O corte do arame antes realizado manualmente pelo operador passou a ser medido automaticamente pela roda do *encolder*, fazendo que o operador apenas defina previamente na programação do controlador a medida a peça. No modo manual, o operador por vezes cortava a peça em tamanho maior, o que ocasionava muita perda de material. Da mesma maneira, ocorria de o corte ser efetuado menor do que o especificado, e também se perdia material. Com a máquina automática, houve melhora nível de precisão do corte, visto que a máquina faz a medição, levando a economia de material e menor tempo de medição e corte, visto que o operador tinha que medir o arame com a trena e depois efetuar o corte quando efetuado manualmente.

Por conseguinte, outro ponto a ser evidenciado como melhoria foi a redução de mão de obra. Com a máquina no modo manual, eram necessários que dois funcionários realizassem o trabalho. Enquanto um realizava medição e corte do arame, o outro fazia a alimentação e ondulação do arame. Com a máquina automática, faz-se necessário apenas um funcionário para fazer a alimentação da máquina e o acompanhamento da produção.

Outro fator a ser destacado, é que a de maneira automática, o funcionário somente alimenta a máquina, e isso impede que o mesmo se machuque com as ferramentas que utilizava manualmente, ou seja, reduzindo o risco de acidentes de trabalho.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este projeto apresentou a aplicação de um *retrofit* em uma máquina onduladeira de arame em uma fábrica de telas artísticas. Este processo teve como objetivo evidenciar a as vantagens com a automatização da máquina, ou seja, a eficácia da automatização de processo.

As etapas do desenvolvimento deste projeto foram conduzidas por uma equipe formada por integrantes do setor de produção da empresa. Assim, esta equipe atestou que com a automatização da máquina, obtiveram ganhos de produtividade, economia, de material, redução de mão de obra e maior segurança para o operador. Em suma, houve um ganho financeiro muito grande.

Pode-se concluir que, automatizar máquinas e conseqüentemente os processos, tende a trazer maior lucratividade para a empresa, visto que a precisão da execução e monitoramento do produto sendo produzido é maior, bem como o seu tempo de produção reduzido drasticamente.

Porquanto, pôde-se concluir também que as empresas, e de maneira mais específica as empresas que investem em automação de processos, tem obtido cada vez mais lucratividade e sendo mais competitivas com os benefícios que a automação traz para as mesmas. São inúmeros os fatores financeiros e fatores humanos que mostram que a automação é uma ferramenta estratégica para as empresas que buscam evoluir continuamente.

REFERÊNCIAS

AMARAL, B. **10 principais erros cometidos na automatização de processos**. 2018. Acesso realizado em: 16/05/2020. Disponível em: <https://blog.smlbrasil.com.br/2017/11/09/10-principais-erros-cometidos-na-automatizacao-de-processos/>.

BARRIENTOS, M. I. G. G. **Retrofit de edificações: estudo de reabilitação e adaptação das edificações antigas às necessidades atuais**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004. Acesso realizado em: 18/05/2020. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/handle/11422/1652>.

CAPELLI, Alexandre. **Automação industrial: controle do movimento e processos contínuos**. 2ª ed. São Paulo: Érica Ltda, 2006.

CETNAROWSKI, E., & Grams, C. A. **Retrofit em Máquinas Industriais: estudo de caso**. Trabalho de conclusão de curso de graduação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, Pr, 2014. Acesso realizado: 18/05/2020. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3151/1/CT_COMET_2014_1_03.pdf.

FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. São Paulo: Campus; Elsevier, 2009.

GUTIERREZ, R.M.V.; PAN, S.S.K. **Complexo Eletrônico: Automação do Controle Industrial**, 2008. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, 2008.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica**. 3a. ed. São Paulo:Qualitymark, 2009.

LEITE, Ednei de Oliveira. **Retrofitting Industrial – O Uso De Novas Tecnologias**. Universidade São Francisco. Campinas: 2007. Acesso realizado em: 16/05/2020. Disponível em: <http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/1358.pdf>.

MILAN, G.S.; PRETTO, M.R.; BASSO L.C. **Um estudo de caso sobre o funcionamento de um armazém automatizado**. Revista REAd. v. 13, n. 1, jan./abr. 2007.

MOURA, C. F., Batalha, L. D., Gomes, N. C., & Bastos, R. M. **Formulação de uma estratégia de manutenção baseada na análise de falhas de quatro máquinas de corte e solda em uma indústria de termoplásticos**. Anais do III Simpósio de Engenharia de Produção, gestão de informações como aporte de competitividade para organizações produtivas. João Pessoa, 2015.

PLOTEGUER, S. L. (2012). **Proposta de método de referência aplicado a retrofitting de máquinas ferramentas**. Tese de doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, Brasil. Acesso realizado em: 18/05/2020. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18156/tde-12092013-094431/pt-br.php>.

RIBEIRO, A. S., Almeida A. G. S., Souza, M. B., & Lima, E. J. (2007). **Metodologia para implementação de retrofitting de controladores de equipamentos de automação de processos**. Anais do 8º Congresso Ibero-americano de Engenharia Mecânica, Cusco, Peru, 8.

RODEMAQ, **Indústria de Máquinas Ltda**. Crissiumal – RS. Acesso realizado em: 31/10/2020. Disponível em: <http://www.rodemaq.ind.br/>.

ROIG, M. **7 Benefícios da automação de processos**, 2017. Acesso realizado em: 16/05/2020. Disponível em: <http://www.administradores.com.br/noticias/negocios/7-beneficios-da-automacao-de-processos/120576/>.

SANTOS, A. R. **Metodologia Científica: a construção do conhecimento**. 3. ed. Rio de Janeiro: Editora DP&A, 2000. SANTOS, J. J. H. **Automação Industrial: o controle do movimento e processos contínuos**. Editora LTC, 1979.

TEIXEIRA, VISOTO E PAULISTA; Ana F. S. Teixeir,a, Nayanne A. R. Visoto e Paulo H. Paulista. **Automação Industrial: Seus desafios e perspectivas**. VII Congresso de Iniciação Científica da FEPI (Centro Universitário de Itajubá), 2016. Acesso realizado em 03/06/2020. Disponível em: <http://revista.fepi.br/revista/index.php/revista/article/viewFile/404/278>.

VIEIRA, S. As novas tecnologias das IHMs. **Mecatrônica Atual: Automação industrial de Processos e Manufatura**. São Paulo, 2004. Acesso realizado em: 16/05/2020. Disponível em: <http://www.mecatronicaatual.com.br/secoes/leitura/428>.