

ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA E FINANCEIRA PARA A SUBSTITUIÇÃO DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO NÃO AUTOMATIZADA POR UMA AUTOMATIZADA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Matheus Ferreira da Silva (Unifacid) E-mail: mthsferreira11@gmail.com
Ítalo Rodrigo Monte Soares(Unifacid) E-mail: italo.rodriigo@unifacid.edu.br
Marcos Guilherme Carvalho Braulio Barbosa (UFPI) E-mail: marcosguilherme@ufpi.edu.br
José Weliton Nogueira Júnior(Unifacid)E-mail: jose.nogueira@professores.facid.edu.br
Rômulo Ribeiro Magalhães de Sousa (UFPI) e-mail: romulorms@gmail.com
Francisco de Tarso Ribeiro Caselli (UFPI) E-mail: tarso.caselli@ufpi.edu.br
Thercio Henrique de Carvalho Costa (UFRN) e-mail: thercioc@gmail.com
Francisco Rafael Campos de Macedo (Unifacid) E-mail: francisco.macedo@professores.facid.edu.br

Resumo: Como vantagem competitiva no mercado, o processo de automação na linha de produção traz inúmeros benefícios para os setores industriais e empresas. A adoção de novos aparatos e transformações tecnológicas, característica da atual revolução industrial que estamos passando atualmente, propicia indiscutivelmente o melhoramento e aproveitamento do tempo disponível, bem como a redução dos custos, além de garantir produtos personalizados e diferenciados. Assim, a linha de produção, ou ainda linha de montagem, é uma produção em massa em que os produtos são padronizados, buscando rapidez, qualidade e lucratividade no processo produtivo. E a automação constitui uma série de técnicas para a construção de sistemas capazes de receber informações e dados e assim realizar determinadas ações com o mínimo de intervenção humana durante todo o processo, possibilitando a existência de máquinas autônomas e independentes. Unindo esses dois conceitos, pode-se constatar a viabilidade da transposição para um sistema automatizado, sendo necessário investimentos tecnológicos e capacitação dos operadores, para que as indústrias consigam maximizar a lucratividade e ganhar destaque nos níveis competitivos diante do mercado consumidor.

Palavras-chave: Automação, Linha de Produção, Tecnologia, Automação da Produção, Viabilidade.

ECONOMIC AND FINANCIAL FEASIBILITY STUDY FOR THE REPLACEMENT OF A NON-AUTOMATED PRODUCTION LINE BY AN AUTOMATED ONE: A BIBLIOGRAPHIC REVIEW

Abstract: As a competitive advantage in the market, the automation process in the production line brings countless benefits to industrial sectors and companies. The adoption of new devices and technological transformations, characteristic of the current industrial revolution that we are currently going through, undoubtedly provides the improvement and use of the available time, as well as the reduction of costs, in addition to guaranteeing personalized and differentiated products. Thus, the production line, or assembly line, is mass production in which products are standardized, seeking speed, quality and profitability in the production process. And automation is a series of techniques for building systems capable of receiving information and data and thus performing certain actions with a minimum of human intervention throughout the process, enabling the existence of autonomous and independent machines. Combining these two concepts, one can see the feasibility of transposing to an automated system, requiring technological investments and training of operators, so that industrial companies can maximize profitability and gain prominence at competitive levels in the face of the consumer market.

Keywords: Automation, Production Line, Technology, Production Automation, Feasibility.

1. Introdução

A indústria 4.0, ou ainda a 4ª revolução industrial, está intrinsecamente ligada ao uso de tecnologias para que máquinas possam desenvolver atividades de forma autônoma. O uso de

inteligência artificial interligada em equipamentos conectados à internet interage entre si para que as máquinas consigam realizar atividades mais complexas e adaptações às possíveis mudanças e/ou falhas. Esse gerenciamento autônomo interligado aos aparelhos inteligentes faz com que a linha produtiva atenda às demandas atuais (SANTOS et al, 2018).

Consoante a isso, as transformações que ocorrem nestes sistemas produtivos devido à integração de Sistemas Ciber-Físicos (Cyber-Physical Systems – CPS) constroem um sistema ordenado e uma maior autogestão que afeta diversos níveis dos processos produtivos. A comunicação entre os sistemas facilita configurar, diagnosticar, operar, auxiliar e ter retorno de informações e dados em tempo real para poder realizar ações autônomas no processo (PEREIRA e SIMONETTO, 2018).

Assim, a automação industrial no desenvolvimento de uma linha produtiva se mostra como uma vantagem competitiva. Devido à autonomia das máquinas no sistema produtivo, há uma melhor utilização dos recursos humanos, do maquinário e das matérias-primas, além de proporcionar a redução de perdas dentro do processo produtivo (SCHRÖDER et al, 2015). Entretanto, mesmo com todas as vantagens, devem ser analisadas a viabilidade para se automatizar uma linha produtiva, como base tecnológica, investimento e disponibilidade/capacitação de mão de obra (SANTOS et al, 2018).

A justificativa para a construção desse estudo se baseia no fato de que com a inserção da globalização no mundo, o fluxo competitivo entre as empresas tem aumentado significativamente ao longo dessas últimas décadas. Diante de tal fato, para as empresas, torna-se cada vez mais importante o investimento em tecnologias que viabilizem e possibilitem aumentar a produtividade e a eficiência da produção. Nesse sentido, o processo de automação surge como uma solução viável para as empresas.

Entretanto, a automação é um investimento relativamente pesado para o bolso dos interessados e, portanto, é primordial que as empresas desenvolvam um estudo de viabilidade, econômica e financeira, antes mesmo de aplicar qualquer decisão. O objetivo deste estudo é justamente proceder a uma revisão bibliográfica sobre o tema exposto e, assim, contribuir para o debate acerca da possível substituição de uma linha de produção não automatizada por uma automatizada.

Partindo de todas as informações fornecidas, cabe destacar a seguinte pergunta a respeito do presente estudo: É possível realizar a transposição de uma linha de produção não automatizada por uma automatizada? Realizado essa pergunta, tem-se como perguntas secundárias: Que benefícios, ou malefícios, a adoção da automação pode proporcionar no desenvolvimento da eficiência da produção? Quais desafios podem ser encontrados na aplicação de tecnologia na linha produtiva? E quais possíveis soluções para enfrentar tais desafios?

Assim, o presente artigo tem por objetivo analisar a viabilidade de substituição de uma linha produtiva não automatizada por uma automatizada considerando fatores como a viabilidade financeira e econômica, bem como descrever os conceitos de linha produtiva e automatização, identificar os principais obstáculos à substituição da linha produtiva não automatizada para uma automatizada, analisar as possibilidades de solução para os obstáculos identificados, e argumentar a viabilidade de mudança de um sistema para outro.

2. Metodologia Científica

A abordagem metodológica do presente estudo foi desenvolvida a partir de uma pesquisa básica, o que se refere à sua natureza. Quanto ao objetivo da pesquisa, foi

desenvolvido uma pesquisa explicativa. Em relação aos procedimentos, é uma pesquisa bibliográfica. Referente a abordagem utilizada, foi uma pesquisa qualitativa, realizando a análise de conceitos e ideias.

Por intermédio da base de dados do sistema do Google Scholar, foram realizadas pesquisas de publicações e artigos científicos voltados para a área da engenharia e da tecnologia nos últimos 15 anos, na língua portuguesa. O levantamento bibliográfico, que foi realizado através de livros e textos, consistiu de publicações atualizadas a respeito da literatura especializada. Foram empregadas palavras-chave como linha de produção, automação, produção em massa, indústria 4.0, tecnologia aplicada e palavras similares, usadas tanto separadas como em combinação.

3. Referencial teórico

3.1 Linha de produção

Na era industrial, tinha-se que todo o processo de produção dependia apenas de 4 fatores principais, onde a empresa era um fator integrador responsáveis por garantir que os outros três fatores de produção tivessem uma maior lucratividade. A natureza, que viabiliza os insumos necessários, o capital, que fornece o dinheiro, e o trabalho, que é a mão de obra especializada, são os outros fatores que juntos deram certo até a década de 1990, porém se encontram no limite. E atualmente, na era da informatização, as riquezas das nações vão além e consistem também no conhecimento, nas habilidades e nas competências para garantir maior produtividade (CHIAVENATO, 2014).

Ainda segundo Chiavenato (2014), os produtos e serviços disponibilizados por uma empresa são representações dos conhecimentos que a empresa consegue fazer e produzir. E visto que não se obtém um único produto, se faz necessário a produção de uma extensa linha de produtos para que se possa satisfazer as demandas atuais do mercado. Assim, ele caracteriza a linha de produção como uma produção em massa onde os produtos são padronizados, almejando a redução de custos, a melhora da qualidade e maior rapidez nos processos produtivos.

Oliveira et al. (2017), entretanto, pontua que as linhas produtivas apresentam grandes desafios intrinsecamente relacionados ao gerenciamento da capacidade para obter baixos custos de transformação nas indústrias. Assim, se faz necessidade de realizar um balanceamento de linha de produção como alternativa para enfrentar tais desafios. Ainda, o balanceamento da linha de produção “busca otimizar e sintetizar os recursos necessários para o processamento de um produto ou serviço, de forma a atender a demanda nas quantidades e datas previstas” (DEMOGURSKI; OLIVEIRA; NEUMANN, 2008).

Uma linha produtiva, seja automatizada ou manual, integra mais do que uma estação de trabalho para almejar um efeito de colaboração. E possui três formas de se relacionar com os humanos: de forma manual, integração entre máquina-homem e automatizado, como mostrado na figura 1. O sistema de produção manual é caracterizado pelo trabalho realizado manualmente pelo homem. Outro tipo é relação entre o trabalhador e máquina onde se utiliza equipamentos motorizados como auxílio. E por último o sistema automatizado, onde a máquina realiza o processo sem intervenção direta do homem, comandada por instruções programadas (RODRIGUES, 2016).

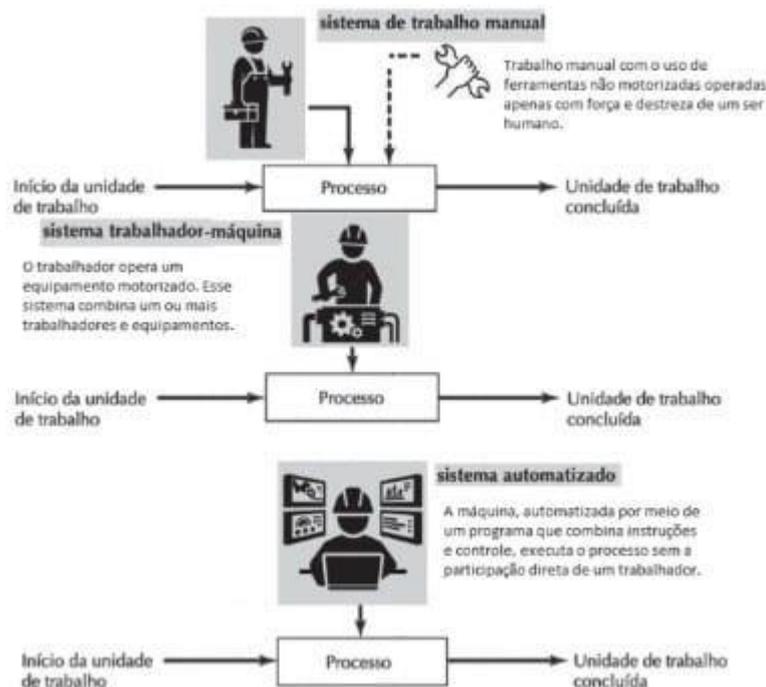


Figura 1: categorias de sistemas de produção

Fonte: (RODRIGUES, 2016)

3.2 Automação

O termo automação está em alta nessas últimas décadas considerando todo o avanço tecnológico difundido em inúmeros processos automatizados. A interligação de sistemas em qualquer processo que exista a relação entre o computador e o seu controle com o mínimo de interferência humana visa tanto a segurança humana como o aumento da eficiência. E compreender o monitoramento de dados através de softwares facilita a relação entre o homem e a máquina e auxilia na análise de possíveis problemas que venham ocorrer na linha produtiva (REZENDE JUNIOR, 2021).

Assim, de acordo com Silveira e Santos (2009) a respeito do conceito de automação:

A automação é um conceito e um conjunto de técnicas por meio 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 para a execução da ação.

Conforme as exigências por parte dos consumidores em geral, a automação na linha de fabricação é uma ferramenta extremamente importante de auxílio para a produção. E ela pode ser compreendida de três formas dependendo da produção. A automação rígida envolve um processo linear para a demanda de um alto volume de produtos. A automação programável trabalha com uma grande gama de materiais em que o equipamento é planejado para a modificação das configurações do produto. E a automação flexível lida melhor com as variações de um produto a outro, mesclando um pouco dos outros dois tipos de automação presentes na indústria (SCHRÖDER et al, 2015).

Ainda, Capelli (2013), estabelece uma “pirâmide” da automação industrial que possui um intervalo de 0 até 5 representando os níveis do processo produtivo automatizado. Os

níveis 0 e 1 relacionam-se com os equipamentos, tanto os que estão próximos dos produtos (sensores, atuadores etc.) como os de processo (agem diretamente na fabricação), respectivamente. O nível 2 relaciona-se com a supervisão e controle operacional, e o 3 com a supervisão e controle da produção, recursos e otimização de processo. O nível 4 é responsável pelo controle geral do processo da produção. E a gestão estratégica da empresa é realizado no nível 5, que integra desde a entrada de material até a sua gestão dos recursos.

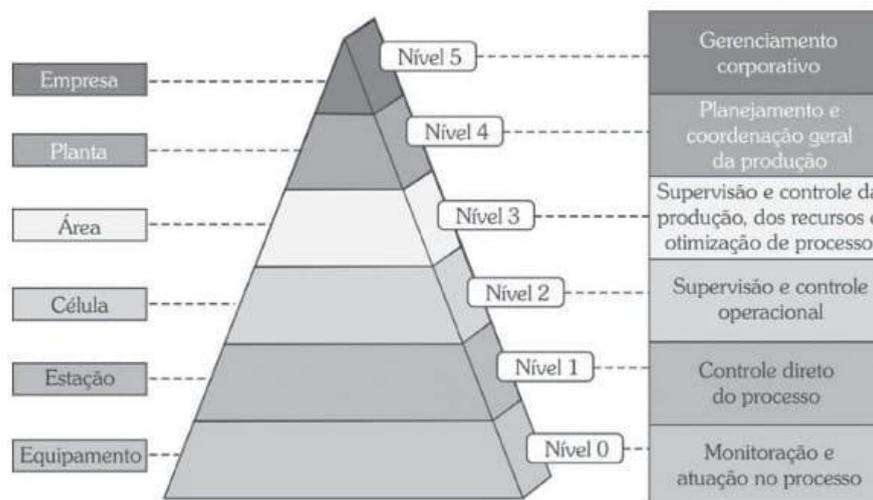


Figura 2: Pirâmide da automação industrial

Fonte: (Capelli, 2013)

3.3 Aplicação da automação na linha de produção

O fator econômico e financeiro representa grande importância no desenvolvimento de projetos que visam realizar a integração do processo de automação nos meios produtivos. Considerando o modelo econômico capitalista vigente nos países, entender quais riscos, custos, vantagens e desvantagens envolvidas em todo o processo da linha de produção auxilia nas tomadas de decisões. Assim, pode-se saber se a aplicação do investimento é ou não rentável, bem como entender a relação do dinheiro com o tempo, e o retorno do capital que foi investido (PAIVA, 2011).

Cabe ressaltar que a implementação de tecnologia no processo produtivo implica em alguns desafios a serem superados para atingir ótimos resultados dentro das organizações e o desenvolvimento econômico dos países. A automação no processo de produção em massa propicia produtos personalizados, porém, tem que prover mudanças na organização de trabalho e capacitação cognitiva dos trabalhadores. Desta forma, sendo necessário investimentos em programas de formação para a adaptação desse fenômeno tecnológico (SANTOS et al., 2018).

Consoante a isso, o primeiro passo a se dar na adoção da automatização na linha produtiva deve ser uma inserção da cultura digital. Os trabalhadores devem se aprimorar para se adaptar aos novos meios e formas da produção e conseguir utilizar as ferramentas a sua disposição, como os softwares integrados. E, desta forma, a relação entre as tecnologias que visam a autonomia das máquinas e os meios produtivos causa transformações inovadoras na sociedade e nas indústrias (CHIAVENATO, 2014).

No estudo realizado por Vindima (2009), a respeito da qualidade e melhoria na

indústria de mármore, cita que uso de aplicação tecnológica no processo de transformação da pedra representa um progresso no processamento de rochas ornamentais. E as inovações através do controle numérico computadorizado, bem como os processos de CAD e CAM, desenho assistido por computador, evidenciam vantagens como um melhor aproveitamento, qualidade no acabamento da peça e aumento da produtividade. E a estudo infere ainda que as linhas produtivas automatizadas e computadorizadas acresce no aumento da competitividade e valorização dos produtos no mercado internacional.

Atrelado a isso, na China, o uso de tecnologia para a automatização na linha de produção do setor automobilístico vem se tornando cada vez mais utilizado nas etapas do processo de montagem, desde a pintura da carroceria até a montagem propriamente dita dos veículos. A tecnologia em questão é a utilização de robôs industriais que possuem uma capacidade de trabalho maior e mais ampla se comparado com o trabalho realizado por humanos. E a adoção da automação no processo proporciona a redução de custos e desperdícios na linha de produção, e aumenta os níveis de segurança e eficiência de fabricação (WANG, 2020).

Entretanto, a utilização da automação na linha produtiva que reflete diretamente na qualidade e quantidade dos produtos produzidos possui um pequeno inconveniente relacionado à utilização da mão de obra humana. Ao se pensar em automatizar um processo, as empresas e indústrias devem levar em consideração os recursos que irão ser utilizados para dispor de funcionários qualificadas capazes de manusear, programar e entender as máquinas autônomas que são utilizados. E entender o processo é crucial para que o processo de automação consiga ser bem-sucedido (ARAÚJO JUNIOR; CHAGAS; FERNANDES, 2003).

Destacam ainda Lugli e Sobrinho (2012), a respeito do uso de conexão sem fio na utilização de processos industriais para se ter processos autônomos, que a tecnologia apresenta certas desvantagens no meio industrial. Entretanto, no mesmo estudo, infere que a tecnologia sem fio é um determinante na automação industrial. E de modo geral, compreende-se que quando aplicada nos processos gera um menor custo de instalação e manutenção, facilitando o dia a dia operacional e aumentando a flexibilização e mobilidade dos equipamentos.

Na pesquisa realizada por Pinheiro (2018) sobre o uso de automação no processo produtivo de sal marinho, pode-se inferir que bons resultados são obtidos com a aplicação de tecnologias para ampliar as possibilidades no aumento produtivo de uma determinada indústria. Com a associação de um framework de modelagem conceitual à técnica IDEF-SIM (Integrated Definition Methods – Simulation) é relatado que houve um aumento no nível produtivo, conseqüentemente na estocagem do sal também. Também é apresentado inclinações positivas em relação a análise financeira.

Ainda, a aplicação tecnologia ao que diz respeito ao armazenamento temporário de produtos sem intervenção do operador, traz consigo a vantagem de ter um melhor aproveitamento de tempo, sem que seja necessário realizar paradas indesejadas na linha de montagem. Os buffers, assim chamados esse procedimento, funcionam da seguinte maneira: limitam o aumento de interrupções, bem como ajudam a alimentar máquinas, tornando-as mais autônomas. E melhorar a automação desse processo dita o ritmo da linha de produção (LIMA, 2022).

4. Considerações finais

O mercado consumidor, baseado em uma economia capitalista, está cada vez mais pautado em uma produção que exigem duas características presentes nos produtos:

diferenciação e personalização. Enquanto que as indústrias tentam atender a essas expectativas dos consumidores consolidando uma produção eficiente, qualificada e sem muitos desperdícios para elevar os seus níveis de competitividade diante do mercado. E a inserção de automação no processo aproxima as indústrias a alcançarem essas metas e ganhar destaque.

Entretanto, cada mudança traz consigo desafios para serem superados para assim poder viabilizar a sua devida aplicação. Em relação ao processo de automação na linha produtiva, a sua aplicação passou a exigir maior qualificações e competências cognitivas do trabalhador, sendo necessários ele adaptar-se às novas formas de tecnologias e saber como usá-las para conseguir atender as demandas produtivas atuais. Além disso, cabe as industriais avaliar suas capacidades e sua adaptação para implementar no momento correto.

Assim, foi possível ver viabilidade das indústrias para realizar a transposição de uma linha de montagem não automatizada para uma automatizada, sendo necessário realizar as devidas considerações econômicas e financeiras. E com a inserção dessa tecnologia massiva, pode-se ter a leve impressão de que as máquinas roubariam ou até mesmo substituiriam o fator humano quase que completamente, entretanto, a adaptabilidade e flexibilização da tecnologia em situações extremas e perigosas poupam os trabalhadores de possíveis acidentes e degradações a sua saúde. E com a inserção da cultura digital e qualificação adequada faz com que não haja perda do fator humano no processo, e sim uma realocação de tarefas e funções realizados por humanos sem comprometer sua segurança.

Referências

- ARAÚJO JÚNIOR, Antônio Pereira de; CHAGAS, Christiano Vasconcelos das; FERNANDES, Raphaela Galhardo. Uma rápida análise sobre automação industrial. 2003.
- CAPELLI, Alexandre. **Automação industrial: controle do movimento e processos contínuos**. 3ª Edição. Ed. Érica, 2013.
- CHIAVENATO, Idalberto. Gestão da produção: uma abordagem introdutória. **Barueri, São Paulo**, p. 11, 2014.
- DEMOGURSKI, Renan Augusto; OLIVEIRA, M. de; NEUMANN, Clóvis. Balanceamento de linha de produção. **XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Rio de Janeiro**, p. 22, 2008.
- LIMA, Ângela TP et al. Desenvolvimento de um sistema de buffer automatizado na linha de produção de ar-condicionado na LG Electronics em Manaus, 2022.
- LUGLI, Alexandre Baratella; SOBRINHO, Darlan Guilherme. Tecnologias Wireless para automação Industrial: Wireless_Hart, Bluetooth, Wisa, Wi-fi, ZigBee e Sp-100. **Instituto Nacional de Telecomunicações Inatel**, 2012.
- OLIVEIRA, Isaac Messias Diniz et al. Balanceamento de linha e arranjo físico: estudo de caso em uma linha de produção de cabines para máquinas de construção. **Exacta**, v. 15, n. 1, p. 101-110, 2017.
- PAIVA, Wislainy Gabriele. VIABILIDADE DE PROJETO: aplicação do estudo de viabilidade econômico-financeira em projeto de automação em estamparia industrial. 2011.
- PEREIRA, Adriano; SIMONETTO, Eugênio de Oliveira. Indústria 4.0: conceitos e perspectivas para o Brasil. *Revista da Universidade Vale do Rio Verde*, v. 16, n. 1, 2018.
- PINHEIRO, Daniela Cordeiro de Sousa. Análise econômica de investimento da automatização do processo produtivo de sal-marinho de uma refinaria localizada no estado do Rio Grande do Norte a partir da modelagem conceitual. 2019.
- REZENDE JUNIOR, Elcio. Simulação aplicada a uma linha de produção de pães automatizada. 2021.
- RODRIGUES, Rodrigo. Controle e Automação da Produção. Porto alegre: SAGAH, 2016.
- SANTOS, BEATRICE PAIVA ET AL. Indústria 4.0: desafios e oportunidades. *Revista Produção e Desenvolvimento*, v. 4, n. 1, p. 111-124, 2018.

SCHRÖDER, Ronaldo et al. Análise da implantação de um processo automatizado em uma empresa calçadista: um estudo de caso a luz do sistema hyundai de produção e a indústria 4.0. Revista ESPACIOS| Vol. 36 (Nº 18) Año 2015, 2015.

SILVEIRA, Paulo R.; SANTOS, Winderson E. Automação e Controle Discreto-9ª Edição. São Paulo: Editora Érica, 2009.

VINDIMA, Tomé Alexandre Gomes. **Melhoria da qualidade e da produtividade na indústria de transformação de mármore**s. 2009. Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências e Tecnologia.

WANG, Weizheng. Applied research of industrial robots in automotive intelligent manufacturing production line. In: **Journal of Physics: Conference Series**. IOP Publishing, 2020. p. 042061.