

AUTOMAÇÃO NOS PROCESSOS INDUSTRIAIS: PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO E O PAPEL DO GESTOR DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

153

AUTOMATION IN INDUSTRIAL PROCESSES: IMPLEMENTATION PROCESS AND THE ROLE OF THE INFORMATION TECHNOLOGY MANAGER

Eric Sampaio De Oliveira¹, Silvio César Cardoso Bacci¹, Lucio Rogerio Pelizer Paris², Wladimir José Camillo Menegassi³, Joaquim M. F. Antunes Neto⁴

1- Formandos do CST em Gestão da Tecnologia da Informação da FATEC Itapira;
2- Especialista em Engenharia de Sistemas, ESAB, Brasil, graduado em Sistemas de Informação e Informática. Docente da ETEC Itapira e FATEC Itapira; 3- Mestre no Programa de Mestrado Multiprofissional em Saúde e Educação, UNAERP, Ribeirão Preto, São Paulo. Especialista em Gestão Empresarial, graduado em Análise de Sistemas. Docente da FATEC Itapira; 4- Doutor em Biologia Funcional e Molecular, IB, UNICAMP, Campinas, São Paulo. MBA em Gestão de Estratégia Empresarial e Especialista em Tecnologias para a Indústria 4.0, graduado em Biologia. Docente e orientador na FATEC Itapira.

Contato: joaquim.antunes@fatec.sp.gov.br

RESUMO

A automação nos processos industriais tem se mostrado essencial para a competitividade e eficiência das empresas, impulsionando a busca por inovação e aprimoramento contínuo. O presente estudo aborda a relevância da automatização nesse contexto, explorando também o papel estratégico desempenhado pelo gestor de Tecnologia da Informação (TI) nesse processo. Através de uma revisão bibliográfica abrangente, são discutidos os conceitos fundamentais de automação industrial, incluindo suas tecnologias, benefícios e desafios. Além disso, são examinadas as competências e responsabilidades do gestor de TI na concepção, implementação e gestão de soluções de automação, destacando sua contribuição para a integração entre TI e operações industriais. Com base em um estudo de caso fictício, são apresentados os resultados e análises de uma simulação empresarial, demonstrando os impactos da automação na eficiência operacional, qualidade dos produtos e competitividade da empresa. Por fim, são oferecidas reflexões sobre as implicações práticas e teóricas desses resultados, bem como recomendações para profissionais e organizações interessadas em adotar estratégias eficazes de automatização industrial sob a liderança do gestor de TI. Este trabalho contribui para a compreensão e valorização do papel do gestor de TI na transformação digital e inovação dos processos industriais.

Palavras-Chave: Automatização industrial. Gestão de TI. Automação de processos industriais.

ABSTRACT

Automation in industrial processes has proven to be essential for the competitiveness and efficiency of companies, driving the search for innovation and continuous improvement. This study addresses the relevance of automation in this context, also exploring the strategic role played by the Information Technology (IT) manager in this process. Through a comprehensive literature review, the fundamental concepts of industrial automation are discussed, including its technologies, benefits, and challenges. In addition, the skills and responsibilities of the IT manager in the design, implementation and management of automation solutions are examined, highlighting their contribution to the integration between IT and industrial operations. Based on a fictitious case study, the results and analyses of a business simulation are presented, demonstrating the impacts of automation on operational efficiency, product quality and company competitiveness. Finally, reflections on the practical and theoretical implications of these results are offered, as well as recommendations for professionals and organizations interested in adopting effective industrial automation strategies under the leadership of the IT manager. Finally, reflections on the practical and theoretical implications of these results are offered, as well as recommendations for professionals and organizations interested in adopting effective industrial automation strategies under the leadership of the IT manager. This work contributes to the understanding and appreciation of the role of the IT manager in the digital transformation and innovation of industrial processes.

Key words: Industrial automation. IT Management. Automation of industrial processes

1 INTRODUÇÃO

No cenário industrial contemporâneo, a automação dos processos desempenha um papel crucial na busca incessante por eficiência, qualidade e competitividade. A interseção entre a automação industrial e a gestão de tecnologia da informação (TI) é um campo de estudo cada vez mais relevante, uma vez que a integração dessas áreas tem o potencial de revolucionar a maneira como as organizações operam e se posicionam no mercado (OTANI et al., 2024).

Este trabalho tem como objetivo explorar a automação nos processos industriais e o papel do gestor de TI nesse contexto. A automação industrial, que se caracteriza pela substituição de tarefas manuais por sistemas automáticos e informatizados, está intrinsecamente ligada à eficiência operacional, ao aumento da produtividade e à redução de custos (SIMÕES, 2021). Por outro lado, a gestão de TI desempenha um papel fundamental na implementação e no gerenciamento desses sistemas, garantindo sua integração adequada com os processos de negócio e alinhamento com os objetivos estratégicos da organização (SILVA, 2021).

No decorrer deste trabalho, serão abordados os fundamentos da automação industrial, incluindo suas tecnologias e ferramentas, bem como o impacto dessa automação na produção e na eficiência industrial. Além disso, serão discutidas as competências e responsabilidades do gestor de TI no contexto da indústria automatizada, destacando sua importância na integração entre os sistemas de automação e os processos de negócio.

Por meio de estudos de caso, referenciais teóricos categorizados e análises aprofundadas, será possível compreender como a integração entre automação

industrial e gestão de TI pode gerar valor para as organizações, impulsionando a inovação, a eficiência operacional e a competitividade no mercado globalizado. Ao final deste trabalho, espera-se não apenas elucidar os desafios e oportunidades nesse campo, mas também oferecer insights valiosos para profissionais e pesquisadores interessados na convergência entre tecnologia da informação e automação industrial.

2 METODOLOGIA

Trata-se de um estudo de revisão bibliográfica narrativa, a qual se concentra em sintetizar e analisar o conhecimento existente sobre um determinado tópico de interesse (GIL, 2010). Na revisão bibliográfica narrativa, busca-se reunir, descrever e interpretar uma ampla gama de fontes de informação, como artigos de periódicos, livros, teses, relatórios técnicos e outros documentos relevantes. Em vez de se concentrar apenas em dados quantitativos ou em evidências específicas, esse tipo de revisão enfatiza a análise qualitativa e a síntese interpretativa do conhecimento disponível.

Para realizar a revisão bibliográfica narrativa sobre "Automatização nos Processos Industriais e o Papel do Gestor de Tecnologia da Informação", adotou-se uma metodologia que envolveu, primeiramente, uma busca abrangente no Google Acadêmico, utilizando termos de busca relacionados ao tema, como "automatização industrial", "gestão de TI na indústria", "automação de processos" e "papel do gestor de TI". Essa busca foi limitada a artigos científicos, dissertações, teses e relatórios técnicos publicados nos últimos 10 anos para garantir a relevância e atualidade das fontes. Foram realizadas buscas complementares em outras fontes de informação, como livros-texto, conferências, revistas especializadas, relatórios de empresas e sites de organizações relacionadas à indústria e tecnologia da informação, para obter uma visão abrangente e multidisciplinar do tema, incluindo perspectivas teóricas e práticas.

Após a coleta inicial de referências, realizou-se uma triagem dos documentos para selecionar aqueles mais relevantes e alinhados aos objetivos do trabalho. Os critérios de inclusão consideraram a adequação ao tema, a qualidade metodológica, a originalidade das contribuições e a atualidade das informações. Documentos duplicados foram removidos, e os restantes organizados em um banco de dados bibliográfico para facilitar a gestão e análise.

O constructo do trabalho surge de uma análise crítica e sintética das referências selecionadas, identificando padrões, lacunas de conhecimento e tendências emergentes relacionadas à automatização nos processos industriais e ao papel do gestor de TI. Isso envolveu a extração de informações relevantes, a categorização dos conteúdos e a elaboração de sínteses descritivas e analíticas.

Os resultados desta revisão bibliográfica estão apresentados de forma clara e organizada no corpo do trabalho, integrando as evidências obtidas com a discussão teórica e os objetivos do estudo. Destacou-se as principais conclusões, estratégias e recomendações para futuras pesquisas, contribuindo assim para o avanço do conhecimento nessa área específica.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico deste trabalho oferece uma base sólida e abrangente para a compreensão dos conceitos fundamentais relacionados à automatização nos processos industriais e ao papel do gestor de TI. Neste contexto, a literatura acadêmica e técnica proporciona informações relevantes sobre os avanços tecnológicos na automação industrial, os sistemas e ferramentas utilizados, bem como os desafios e oportunidades associados à integração entre TI e operações industriais.

Coube neste referencial teórico examinar o papel estratégico do gestor de TI na concepção, implementação e gestão de soluções tecnológicas voltadas para otimização e eficiência dos processos industriais, destacando suas competências, responsabilidades e contribuições para o sucesso organizacional. Ao explorar esse arcabouço teórico, busca-se fornecer uma base sólida para a análise e discussão dos temas abordados neste estudo.

3.1 Automação nos Processos Industriais

Automação e automatização são termos frequentemente usados de forma intercambiável, mas têm significados ligeiramente diferentes. A automação refere-se ao processo de tornar um sistema operar automaticamente, sem intervenção humana direta. Isso pode envolver o uso de máquinas, equipamentos ou sistemas de controle para realizar tarefas previamente executadas por seres humanos. A automação visa aumentar a eficiência, a precisão e a consistência das operações, além de reduzir o tempo e os custos associados às atividades manuais. Por outro lado, a automatização refere-se mais especificamente à implementação de sistemas ou processos automáticos para realizar tarefas específicas. É um subconjunto da automação que se concentra na mecanização de determinadas funções ou processos. A automatização pode envolver a introdução de dispositivos mecânicos, elétricos ou computadorizados para executar tarefas de forma programada e sistemática (MARTINEZ; MALTEZ, 2017).

Pode ser classificada considerando quatro processos (IBM, 2022):

- ♦ **Automação Básica:** automatiza tarefas simples e básicas. Esse nível de automação trata da digitalização do trabalho usando ferramentas para simplificar e centralizar tarefas rotineiras, como usar um sistema de mensagens compartilhadas em vez de ter as informações em silos desconectados. O gerenciamento de processos de negócios (BPM) e a automação de processos robóticos (RPA) são tipos de automação básica;
- ♦ **Automação de Processos:** voltada ao gerenciamento de processos de negócios para garantir uniformidade e transparência. Normalmente, isso é feito por um *software* dedicado e por aplicativos de negócios. Tem como finalidade melhorar a produtividade e a eficiência dos negócios, fornecendo novos olhares sobre os desafios de negócios e sugerir soluções para eles. As automações de mineração de processos e de fluxo de trabalho são tipos de automação de processos;
- ♦ **Automação de Integração:** as máquinas imitam as tarefas humanas e repetem ações conforme as regras definidas para elas por pessoas. Um exemplo é o "colaborador digital", definidos como robôs de *software* treinados para trabalhar com humanos e realizar tarefas específicas. Eles têm um conjunto específico de habilidades e podem ser "contratados" para trabalhar em equipe;

- ♦ **Automação Inteligente:** é o nível mais complexo de automação envolvendo a inteligência artificial (IA). A inclusão da IA significa que as máquinas podem "aprender" e tomar decisões com base em situações passadas que encontraram e analisaram. Por exemplo, no atendimento ao cliente, os assistentes virtuais podem reduzir os custos e ajudar os clientes e os agentes por meio de uma experiência de atendimento ao cliente ideal.

O uso de um conjunto replicável de processos pode aumentar a produtividade e a eficiência da TI e reduzir os erros humanos. A automação industrial é o uso de sistemas de controle, como computadores ou robôs, e tecnologias da informação para manusear diferentes processos e maquinários em uma indústria, substituindo, em parte ou totalmente, a intervenção humana.

A principal finalidade dessa prática é aumentar a eficiência, a precisão e a segurança das operações industriais. Desde a Revolução Industrial, as máquinas têm evoluído continuamente, e a automação moderna agora integra avançados sistemas de controle e inteligência artificial para otimizar a produção e reduzir custos operacionais (BRANCO; AHLERT; MOTA, 2015).

A pirâmide de automação é um modelo conceitual amplamente utilizado na indústria para representar os diferentes níveis de automação presentes em um sistema (TEIXEIRA; VISOTO; PAULISTA, 2016). Composta por diversos níveis hierárquicos, essa estrutura organiza os sistemas de controle e automação em camadas distintas, cada uma com sua função específica, conforme visto na **Figura 1**.

A **Figura 1** mostra que a pirâmide de automação industrial é um modelo hierárquico que descreve a estrutura de sistemas e tecnologias de automação utilizados nas indústrias para garantir eficiência e controle. Na base da pirâmide encontram-se os dispositivos de campo, como sensores e atuadores, que coletam dados brutos e executam ações físicas.

Acima deles, os Controladores Lógicos Programáveis (CLPs) processam esses dados e controlam os processos em tempo real. O próximo nível é composto pelos Sistemas de Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA), que monitoram e controlam os processos industriais a partir dos dados fornecidos pelos CLPs. No topo da pirâmide estão os Sistemas de Execução de Manufatura (MES) e os Sistemas de Planejamento de Recursos Empresariais (ERP), que gerenciam a produção e os recursos empresariais, respectivamente, proporcionando uma visão abrangente da operação industrial e facilitando a tomada de decisões estratégicas. Cada nível da pirâmide interage e troca informações com os níveis adjacentes, garantindo uma operação harmoniosa e eficiente de todo o sistema industrial.

Um dos conceitos centrais da automação industrial reside no nível dois da pirâmide, onde ocorre o controle de processos, que envolve a regulação automática de variáveis como temperatura, pressão, fluxo e nível de líquidos em sistemas industriais. Para isso, são utilizados controladores, sensores e atuadores que trabalham em conjunto para manter essas variáveis dentro de limites predefinidos. Esses sistemas de controle podem variar de simples dispositivos mecânicos a complexos sistemas digitais, como os controladores lógicos programáveis (PLCs), que são amplamente utilizados para gerenciar processos industriais complexos (SILVERA; LIMA, 2003).

Figura 1. Os diferentes níveis de controle e automação em uma planta industrial.



Fonte: adaptado de Soft Automação (2021)¹.

Outro conceito fundamental é a integração de sistemas, onde diferentes equipamentos e processos industriais são conectados e gerenciados de forma centralizada. Essa integração permite uma comunicação eficiente entre diferentes partes da planta, facilitando a troca de informações e a coordenação das operações. Tecnologias como *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) e *Manufacturing Execution Systems* (MES) são frequentemente empregadas para monitorar e controlar

¹ Disponível em: <https://www.softautomacao.com/piramide-da-automacao-industrial/>

processos industriais em tempo real, proporcionando uma visão abrangente e detalhada do funcionamento da planta.

A automação industrial também implica a utilização de robótica para realizar tarefas repetitivas, perigosas ou que exigem alta precisão. Os robôs industriais são projetados para operar em ambientes adversos, reduzindo os riscos para os trabalhadores humanos e aumentando a produtividade. Além disso, com o advento da Internet das Coisas (IoT) e da Indústria 4.0, os sistemas automatizados estão se tornando cada vez mais inteligentes e conectados, permitindo a coleta e análise de grandes volumes de dados para a tomada de decisões informadas e a manutenção preditiva, onde os problemas podem ser identificados e resolvidos antes mesmo de causarem interrupções na produção

3.1.1 Histórico e Evolução da Automação Industrial

A automação industrial teve seu início na Revolução Industrial do século XVIII, quando as máquinas começaram a substituir o trabalho manual. Naquela época, a introdução de tecnologias como o motor a vapor e o tear mecânico revolucionou a produção, permitindo que fábricas aumentassem significativamente sua produtividade. Esse período marcou o começo da mecanização e do uso de máquinas para realizar tarefas que antes eram feitas exclusivamente por humanos, criando um novo paradigma na produção industrial (SILVEIRA; LIMA, 2003).

Com o avanço do século XX, a automação industrial evoluiu rapidamente com o desenvolvimento de novas tecnologias. A introdução da eletricidade nas fábricas foi um dos grandes impulsionadores dessa transformação. Máquinas elétricas mais eficientes e flexíveis permitiram que as fábricas adotassem linhas de produção mais complexas e automatizadas.

Somente após a 2ª guerra mundial que surgiram as primeiras máquinas por comando numérico e os sistemas de controle para processos. Surgiram também, nesta época, os circuitos integrados analógicos, que criaram uma nova geração de sistemas de automação. Em meados da década de 1970, surgiram os primeiros computadores comerciais que eram utilizados para controlar grandes sistemas de automação. No entanto, com os altos custos de manutenção e às dificuldades de programação, estes computadores foram substituídos por uma tecnologia mais sofisticada e projetada especificamente para processos industriais, o Controlador Lógico Programável (PCL), representando um marco importante, pois possibilitou a automação de processos com maior precisão e confiabilidade (SILVEIRA; LIMA, 2003).

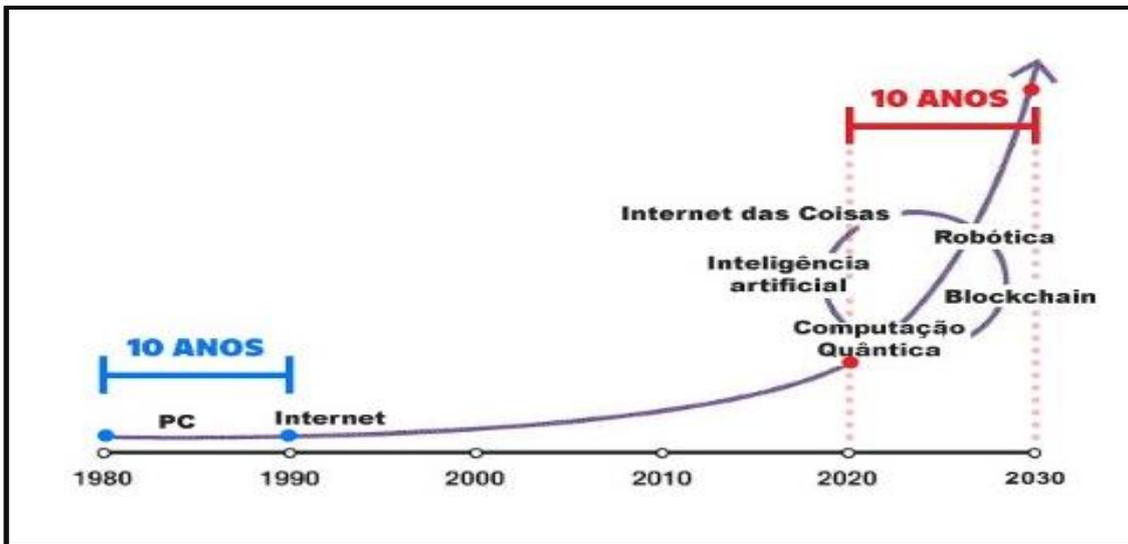
Já nos anos 1990, a tecnologia avançou e concebeu circuitos e máquinas com alta capacidade de armazenamento, o que tornou os sistemas de automação cada vez mais rápidos, eficientes e confiáveis, possibilitando escalabilidade na produção com custos cada vez menores.

Nas décadas seguintes, a integração de computadores e tecnologia da informação nas fábricas deu origem à era da automação digital. Os sistemas de controle distribuído (DCS) e os sistemas de supervisão e aquisição de dados (SCADA) se tornaram comuns, permitindo que as operações industriais fossem monitoradas e controladas em tempo real. A digitalização dos processos industriais facilitou a coleta e

análise de grandes volumes de dados, melhorando a eficiência, a qualidade e a capacidade de resposta das fábricas (BRANQUINHO et al., 2014).

Atualmente, a automação industrial está entrando em uma nova fase, impulsionada pela Indústria 4.0, que integra tecnologias avançadas como a Internet das Coisas (IoT), inteligência artificial (IA) e Big Data. Essa nova era da automação busca criar fábricas inteligentes, onde máquinas e sistemas se comunicam e cooperam autonomamente para otimizar a produção. A evolução contínua da automação industrial promete transformar ainda mais o setor, tornando-o mais eficiente, sustentável e adaptável às demandas dinâmicas do mercado global. A **Figura 2** apresenta os avanços da tecnológicos que permitiram as operações automatizadas:

Figura 2. Avanços tecnológicos decisórios do processo de automação industrial.



Fonte: Adaptado de Rosário (2009).

Considerando a **Figura 2**, a automação industrial está cada vez mais interligada com a Internet das Coisas (IoT), Inteligência Artificial (IA), Computação Quântica, *Blockchain* e Robótica, formando um ecossistema tecnológico avançado e integrado. A IoT facilita a comunicação entre máquinas, dispositivos e sistemas, permitindo uma coleta massiva e constante de dados que alimenta algoritmos de IA para otimização de processos e tomadas de decisões autônomas e inteligentes. A Computação Quântica, por sua vez, promete revolucionar a capacidade de processamento e análise de dados, tornando possível resolver problemas complexos em tempo real, que seriam inviáveis com a computação tradicional. O *Blockchain* oferece segurança e transparência nas transações e no compartilhamento de dados, crucial para a integridade e confiabilidade das operações automatizadas. Por fim, a Robótica avança continuamente, permitindo que máquinas realizem tarefas com precisão e eficiência, reduzindo a necessidade de intervenção humana e aumentando a produtividade e qualidade dos produtos. Essa

sinergia entre tecnologias promove uma revolução na automação industrial, ampliando significativamente suas capacidades e benefícios.

A automação industrial fundamenta-se no desenvolvimento e implementação de sistemas ciber-físicos, que combinam softwares e máquinas para potencializar melhorias em diversos processos. Através IoT, esses sistemas se interconectam ou utilizam a internet para a transferência e monitoramento de dados, criando um sistema coeso. Toda essa tecnologia inteligente tem a capacidade de coletar e transmitir informações em tempo real (RIBEIRO, 2017).

Essa interconectividade possibilita um monitoramento constante e preciso, além de uma análise detalhada de dados, proporcionando informações que podem ser utilizados para otimizar a produção e reduzir custos operacionais. Contudo, os sistemas mecânicos e eletrônicos tradicionais ainda são amplamente utilizados, pois há processos que necessitam da intervenção humana para assegurar a qualidade do produto final. Ademais, a implementação dos sistemas ciber-físicos enfrenta desafios devido aos altos custos envolvidos.

A automação industrial contemporânea é caracterizada por:

- ♦ **Interoperabilidade:** comunicação integrada entre máquinas (sistemas ciber-físicos) e pessoas através da Internet das Coisas e da Computação em Nuvem.
- ♦ **Virtualização:** simulações virtuais do ambiente industrial.
- ♦ **Descentralização:** máquinas que podem tomar decisões de forma autônoma, alinhadas com as necessidades de produção.
- ♦ **Capacidade em Tempo Real:** coleta de dados, análise e distribuição de insights dessas análises em tempo real.
- ♦ **Orientação a Serviço:** oferta de serviços por meio da Computação em Nuvem.
- ♦ **Modularidade:** habilidade de ajustar a produção de maneira flexível, conforme a expansão, substituição, remoção ou modificação de módulos.

A automação industrial atualmente representa a evolução contínua dos processos produtivos que começaram com a Primeira Revolução Industrial no século XVIII. Enquanto as primeiras máquinas a vapor substituíram em grande parte o trabalho manual, a Segunda Revolução Industrial introduziu a eletrificação e a produção em massa, refinando a eficiência e a escala da manufatura. A Terceira Revolução Industrial, ou Revolução Digital, trouxe a automação baseada em eletrônica e tecnologia da informação, permitindo uma maior precisão e controle. Hoje, a Quarta Revolução Industrial, impulsionada por sistemas ciber-físicos e a Internet das Coisas, integra todos esses avanços históricos, promovendo uma interconectividade sem precedentes e a capacidade de analisar e agir sobre dados em tempo real. Essa progressão histórica reflete uma tendência contínua de aumentar a eficiência, reduzir custos e melhorar a qualidade dos produtos, ao mesmo tempo em que adapta novas tecnologias para atender às necessidades e desafios contemporâneos da indústria (PASQUINI, 2020).

3.1.2 Tecnologias e Ferramentas Utilizadas no Processo de Automação

As tecnologias e ferramentas utilizadas na automação dos processos industriais têm avançado significativamente, permitindo um aumento notável na eficiência e produtividade das fábricas. Entre as principais tecnologias destacam-se os Controladores Lógicos Programáveis (CLPs), que são dispositivos essenciais para automação, permitindo o controle preciso de máquinas e processos. Eles são programáveis e podem ser facilmente reconfigurados para diferentes tarefas, o que os torna extremamente versáteis. Os CLPs podem ser integrados a uma variedade de sistemas de automação, como sensores, atuadores, sistemas de visão e sistemas de gerenciamento de produção (MES). Essa integração permite uma comunicação fluida entre diferentes partes do processo de produção, facilitando a adaptação e a otimização em tempo real (CARVALHO, 2017).

Os CLPs são dispositivos essenciais na automação industrial, projetados para monitorar entradas, tomar decisões com base no seu programa armazenado e controlar saídas para automatizar processos e máquinas. O desenvolvimento de CLPs envolve várias etapas detalhadas que começam com a concepção do *hardware*. Esta etapa inclui a seleção de componentes eletrônicos, como microcontroladores ou microprocessadores, memória (RAM e ROM), interfaces de comunicação e módulos de entrada/saída (I/O). Os CLPs precisam ser robustos e capazes de operar em ambientes industriais adversos, o que requer um design físico resistente a choques, vibrações, temperaturas extremas e interferências eletromagnéticas. Além disso, a eficiência energética e a capacidade de atualização do *hardware* são aspectos importantes considerados durante o desenvolvimento (CARVALHO, 2017).

A programação do *firmware* é a próxima etapa fundamental no desenvolvimento dos CLPs. O *firmware* é o *software* embarcado no *hardware* do CLP, responsável por controlar suas operações básicas e fornecer uma interface para o usuário desenvolver e executar programas de controle. Os engenheiros de *firmware* escrevem código em linguagens de baixo nível, como *Assembly* ou "C", para garantir a máxima eficiência e controle sobre o *hardware*. Este *software* deve ser capaz de lidar com multitarefas, interrupções e garantir a execução determinística dos programas, o que é essencial para aplicações de controle em tempo real. Além disso, o *firmware* inclui protocolos de comunicação para permitir a integração do CLP com outros dispositivos e sistemas de controle, como SCADA (AMARAL, 2007).

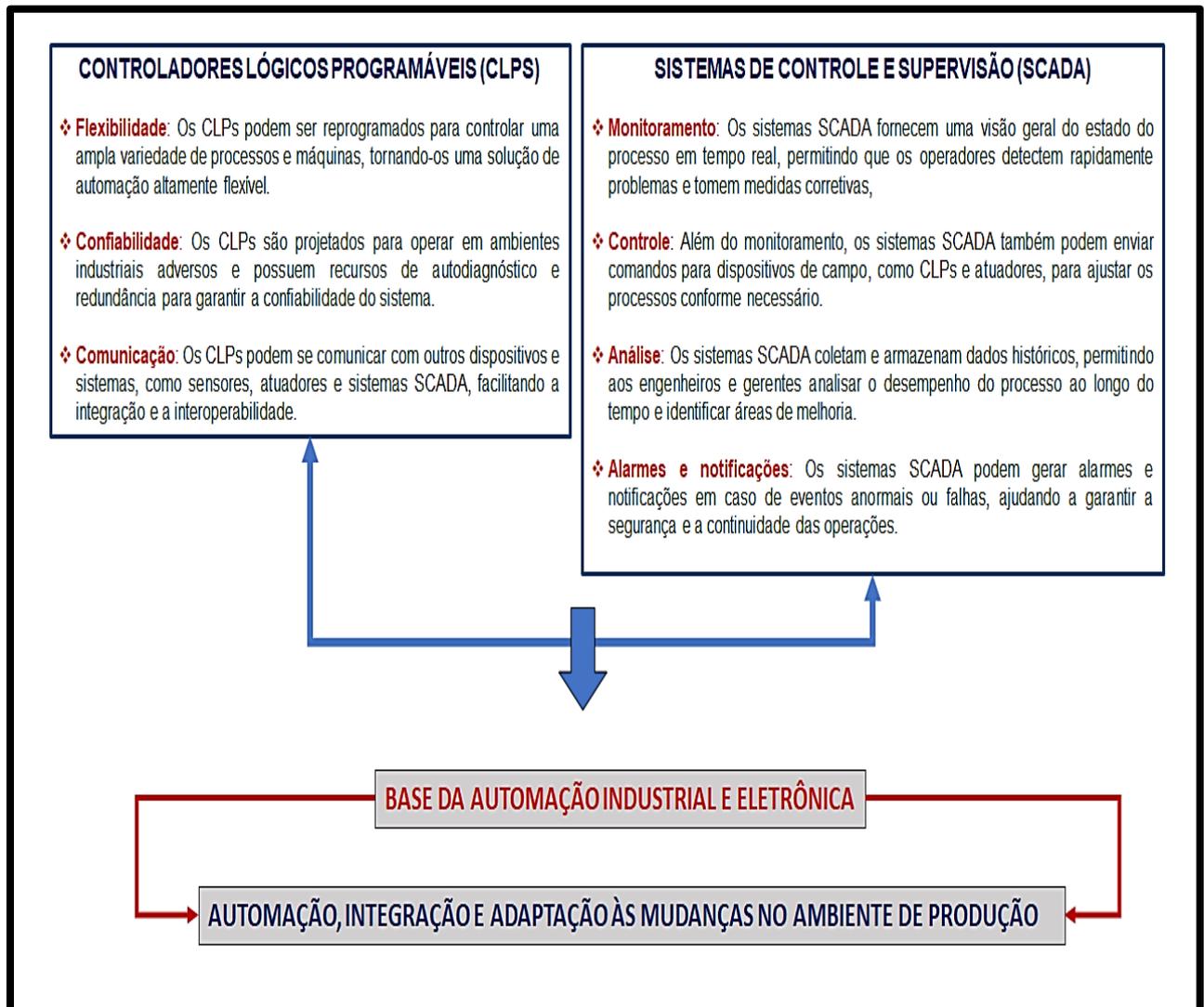
O desenvolvimento de CLPs envolve a criação de ambientes de programação e ferramentas de suporte. Estes ambientes, como *softwares* de programação *ladder* (*Ladder Logic*), gráfico de função sequencial (SFC), diagrama de blocos funcionais (FBD) e texto estruturado, são projetados para serem intuitivos e permitir que engenheiros de controle programem o CLP sem a necessidade de conhecimentos avançados de programação. Ferramentas de simulação e depuração são integradas para testar programas antes da implementação real, minimizando erros e otimizando o desempenho do sistema. Além disso, o suporte contínuo e as atualizações de *software* são fornecidos para manter os CLPs compatíveis com as novas tecnologias e exigências do mercado, garantindo a longevidade e a relevância dos dispositivos na automação industrial (AQUINO, 2015).

Os sistemas SCADA são desenvolvidos para monitorar e controlar processos industriais e infraestruturas críticas, como redes de energia elétrica, sistemas de água e esgoto, e linhas de produção em fábricas. O desenvolvimento desses sistemas

começa com uma análise aprofundada dos requisitos do projeto, que inclui a identificação dos processos a serem monitorados, os pontos de controle necessários e os dados que precisam ser coletados e analisados. Essa fase inicial também envolve a definição das especificações de *hardware* e *software*, incluindo sensores, controladores lógicos programáveis (PLCs), interfaces homem-máquina (HMIs) e redes de comunicação (COUTINHO, 2007).

A **Figura 3** apresenta a interdependência dos dois sistemas de automação:

Figura 3. Relação entre os sistemas CLP e SCADA.



Fonte: elaborado pelos autores.

Na fase de *design* e implementação, os engenheiros de sistemas SCADA escolhem e configuram os componentes de *hardware* e *software* de acordo com os requisitos definidos. O *software* SCADA é desenvolvido ou customizado para se comunicar com os dispositivos de campo por meio de protocolos de comunicação específicos, como Modbus, DNP3 ou IEC 61850. As interfaces de usuário são criadas para permitir que os operadores visualizem o estado dos processos em tempo real, configurem alertas e alarmes, e controlem remotamente os equipamentos. Os bancos de dados são configurados para armazenar grandes volumes de dados históricos, que são usados para análises posteriores e otimização dos processos (COUTINHO, 2007).

A fase final envolve testes rigorosos e integração do sistema. Os engenheiros realizam testes unitários e de integração para garantir que todos os componentes do sistema funcionem corretamente e se comuniquem de maneira eficiente. O sistema SCADA é então implantado no ambiente operacional, onde são realizados testes adicionais em condições reais para garantir a robustez e a confiabilidade do sistema. Após a implantação, a manutenção contínua e a atualização do sistema são essenciais para lidar com problemas de segurança, aprimoramentos tecnológicos e mudanças nos requisitos operacionais. Isso inclui monitoramento constante, diagnósticos remotos, e intervenções programadas para garantir que o sistema continue operando de maneira eficiente e segura.

A **Figura 3** esquematiza de forma simples que os sistemas CLP e SCADA possuem uma interdependência relacional em sistemas de automação industrial. O CLP serve como o núcleo de controle em um sistema, executando algoritmos e lógicas pré-programadas para monitorar e controlar dispositivos físicos. Ele lida com entradas e saídas digitais e analógicas, garantindo o funcionamento seguro e eficiente dos processos industriais.

Os sistemas CLP e SCADA são fundamentais para a tomada de decisões informadas em ambientes industriais, pois oferecem um fluxo contínuo de informações precisas e em tempo real. O CLP executa o controle direto dos processos industriais, monitorando e gerenciando entradas e saídas de diversos sensores e atuadores, garantindo que as operações ocorram conforme os parâmetros definidos. Essas informações são então transmitidas ao sistema SCADA, que agrega, analisa e visualiza os dados coletados de maneira compreensível através de interfaces intuitivas. Com isso, os operadores e gestores conseguem identificar rapidamente anomalias, tendências e pontos críticos do processo, permitindo intervenções precisas e oportunas. Além disso, o SCADA facilita o registro histórico de dados, oferecendo informações importantes para a otimização contínua e planejamento estratégico, promovendo uma base sólida para decisões que melhoram a eficiência, segurança e produtividade da planta industrial (PASZINSKI, 2017).

O projeto de um sistema SCADA tem início com unidades terminais remotas, RTUs e/ou CLPs. São esses equipamentos microprocessados que se comunicam e interagem com dispositivos de campo e interface homem-máquina (IHMs). Estes dados, vindo de sensores e atuadores, são roteados para computadores onde um software interpreta e exibe os dados, permitindo que operadores analisem e reajam aos eventos do sistema (NOGUEIRA, 2022).

Por outro lado, o SCADA atua como a interface entre o operador e o sistema, fornecendo uma visualização abrangente e em tempo real de todo o processo. Ele coleta

dados do CLP e de outros dispositivos, apresentando-os em gráficos, telas de monitoramento e relatórios. Além disso, o SCADA permite que os operadores controlem o sistema, ajustando parâmetros e definindo alarmes conforme necessário. Assim, a relação funcional entre o CLP e o SCADA é simbiótica, onde o primeiro executa as operações de controle e o segundo fornece a interface de supervisão e gerenciamento, permitindo uma automação industrial eficaz e eficiente (DOMETERCO, 2007).

Outra ferramenta vital na automação industrial é MES, que conecta, monitora e controla sistemas de produção no chão de fábrica. O MES garante que as operações de fabricação sejam executadas de acordo com o planejamento e proporciona uma integração eficiente entre os sistemas de controle de produção e os sistemas de gestão empresarial (ERP) (NEVES, 2017). Além disso, tecnologias como Internet das Coisas (IoT) têm revolucionado a automação industrial, permitindo a comunicação entre dispositivos e sistemas de maneira sem precedentes. Sensores inteligentes conectados por IoT podem monitorar continuamente as condições das máquinas, antecipar falhas e programar manutenções preventivas, reduzindo significativamente o tempo de inatividade (ALVES, 2017).

Há também o Sistema de Planejamento Avançado (APS), que desempenha um papel importante na otimização da cadeia de suprimentos e na coordenação eficiente da produção, situando-se entre o sistema de execução de manufatura - MES e o planejamento de recursos empresariais - ERP. O APS foca na análise detalhada e na programação avançada, lidando com a complexidade do planejamento da produção em curto prazo e ajustando-se dinamicamente às mudanças nas condições de produção. Ele utiliza algoritmos sofisticados para gerar cronogramas otimizados, considerando restrições como capacidade de recursos, disponibilidade de materiais e prazos de entrega (OLIVEIRA, 2023).

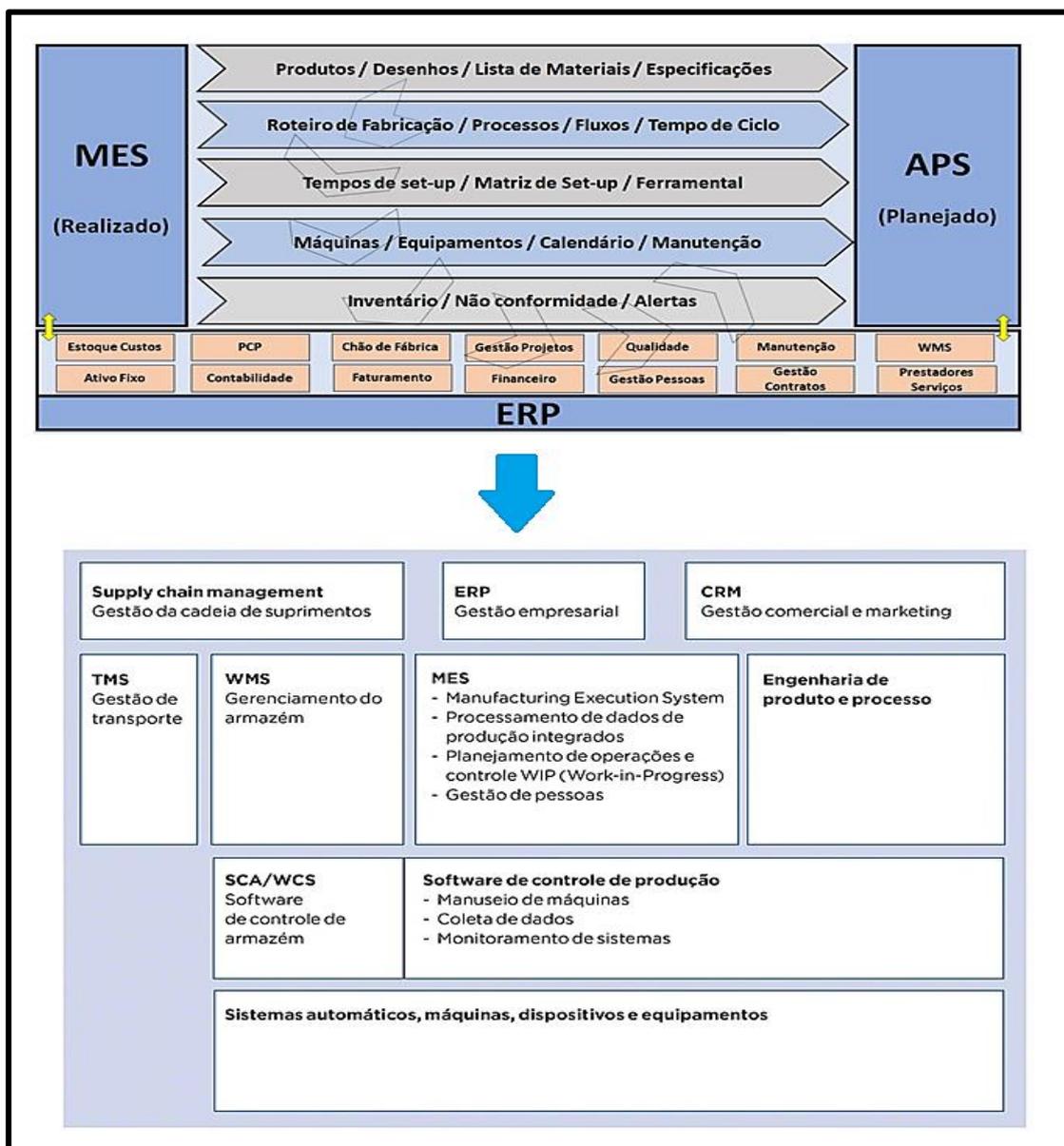
O MES, focado na execução e monitoramento em tempo real do processo produtivo, garante que as operações de produção sigam os planos estabelecidos, coletando dados de desempenho e gerenciando ordens de trabalho. O ER, por oferecer uma visão integrada de todas as operações empresariais (finanças, compras, estoque e recursos humanos), proporciona a base para o planejamento estratégico e a gestão dos recursos organizacionais. O APS complementa o ERP ao fornecer um planejamento detalhado e otimizado que pode ser executado pelo MES, criando uma sinergia onde o planejamento estratégico e a execução tática se alinham perfeitamente para melhorar a eficiência operacional e a responsividade às demandas do mercado (TEIXIERA, 2009).

A **Figura 4** apresenta as interações entre ERP, APS e MES. Observe na Figura que o ERP funciona como um guarda-chuva para todos os outros sistemas, incluindo o MES. Apesar de controlar todos os processos de gestão empresarial, o ERP não é especializado na gestão produtiva de fábricas. Portanto, os sistemas MES e ERP operam integrados e se comunicam constantemente. Porém, o MES possui informações muito mais detalhadas sobre as linhas de produção, as máquinas com que operam, os lotes de produtos que geram, a rastreabilidade e a qualidade dos processos, entre outros. A ilustração evidencia que sistemas MES são essenciais para o planejamento de produção otimizado na era da Indústria 4.0, caracterizada pela digitalização e maior integração de processos em toda a cadeia de suprimentos.

Um sistema ERP é composto por módulos integrados que se comunicam e compartilham um banco de dados comum, desempenhando o papel de sistema

repositório de dados. Cada módulo do ERP é especializado numa função empresarial, estão todos interligados e utilizam os mesmos dados para executar suas atividades diárias. Mas os ERPs não atendem plenamente a dinâmica e as especificidade do ambiente produtivo e chão de fábrica. Surgem então APS e MES. Portanto, os sistemas ERP, APS e MES coabitam o mesmo ecossistema. São complementares e não excludentes de forma que a interação é frequente, com troca de dados e informações ocorrendo a todo instante, nos mais variados tópicos.

Figura 4. Interações entre ERP, APS e MES.



Fonte: adaptado de Josadak Marçoca² (figura superior) eMECALUX³ (figura inferior).

A robótica também desempenha um papel central na automação industrial. Robôs industriais são empregados em diversas tarefas, desde montagem e soldagem até pintura e embalagem. Eles oferecem precisão, consistência e velocidade, superando as capacidades humanas em várias aplicações. Com os avanços na inteligência artificial e aprendizado de máquina, os robôs estão se tornando ainda mais sofisticados, capazes de aprender e se adaptar a novas tarefas com menor intervenção humana. Essa evolução está levando a um novo nível de automação, onde os robôs colaborativos (cobots) trabalham lado a lado com os trabalhadores humanos, aumentando a produtividade e segurança no ambiente de trabalho.

A computação em nuvem tem se tornado uma ferramenta indispensável na automação industrial moderna. Ela permite o armazenamento e processamento de grandes volumes de dados coletados dos processos industriais, facilitando a análise de dados e a implementação de soluções baseadas em inteligência artificial. A computação em nuvem também oferece escalabilidade e flexibilidade, permitindo que as empresas ajustem seus recursos conforme a demanda. Com essas tecnologias e ferramentas avançadas, a automação industrial está se transformando, criando fábricas mais inteligentes e eficientes, capazes de responder rapidamente às mudanças no mercado e nas necessidades dos clientes.

Softwares de automação são ferramentas digitais projetadas para automatizar processos repetitivos e sistemáticos, substituindo a necessidade de intervenção humana direta. Esses softwares são amplamente utilizados em diversos setores para melhorar a eficiência, reduzir erros, economizar tempo e permitir que os colaboradores se concentrem em tarefas mais complexas e estratégicas. No presente estudo, o foco reside nos softwares de Automação Industrial, destinados a controlar e monitorar processos industriais. Isso pode incluir o controle de máquinas e equipamentos, gerenciamento de linhas de produção e monitoramento de sistemas de energia. Exemplos: *Siemens TIA Portal*, *Rockwell Automation*.

As ferramentas de automação abrangem um espectro diversificado de tecnologias projetadas para otimizar processos e aumentar a eficiência operacional em uma organização, conforme mostra o **Quadro 1**. Isso inclui desde softwares de gestão empresarial, como sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*), que integram dados e processos em diferentes áreas, até ferramentas de automação robótica de processos (RPA), que automatizam tarefas repetitivas e baseadas em regras. Além disso, tecnologias emergentes como inteligência artificial e *machine learning* desempenham um papel fundamental na automação, possibilitando a automação de decisões complexas e a análise preditiva de dados. Juntas, essas ferramentas formam um conjunto poderoso que impulsiona a automação em uma organização, permitindo maior agilidade, precisão e escalabilidade em seus processos (TEIXEIRA; VISOTO; PAULISTA, 2016).

² Disponível em: <https://josadakmarcola.com.br/pcp-as-grandes-interacoes-entre-erp-aps-mes/>

³ Disponível em: <https://www.mecalux.com.br/blog/sistema-mes-manufacturing-execution-system>

A inteligência artificial (IA) desempenha um papel fundamental na automação nas organizações, capacitando sistemas a aprender com dados, reconhecer padrões e tomar decisões autônomas. Por meio da IA, as organizações podem automatizar uma variedade de processos, desde tarefas rotineiras até análises complexas de dados. Além disso, a IA permite a criação de sistemas de autoatendimento e assistentes virtuais que melhoram a experiência do cliente e a eficiência operacional.

O AIOps (Operações de TI com IA) utiliza técnicas de IA e aprendizado de máquina para aprimorar a monitorização e a gestão de operações de TI. Ao analisar grandes volumes de dados em tempo real, o AIOps identifica padrões, antecipa problemas e automatiza resoluções, ajudando as organizações a manterem seus sistemas funcionando de forma eficiente e confiável.

Quadro 1. Ferramentas de automação.

<p>INTELIGENCIA ARTIFICIAL (IA) E MACHINE LEARNING</p> <p>Os sistemas de IA poderão automatizar as configurações do robô e usar o processamento preditivo e probabilístico para aprender e interagir. A IA e o <i>machine learning</i> usam dados e experiências para aprender e oferecer insights mais informados e sofisticados a cada novo conjunto de dados. Ao aplicá-los na automação de TI, IA/ML estão detectando anomalias, começando novos processos, reencaminhando processos em atividade e fazendo recomendações de ações a serem tomadas.</p> <p>AIOps</p> <p>A inteligência artificial para operações de TI (AIOps) é utilizada para melhorar e automatizar os serviços de TI e o gerenciamento de operações. Os processos realizados individualmente e as operações de TI executadas manualmente são integrados mediante uma única ferramenta inteligente e automatizada. Isso permite que o time de operações de TI responda mais rapidamente e até proativamente a eventos que, se ignorados, podem gerar lentidão e cortes na distribuição de recursos. Uma plataforma de operação AIOps permite ter também uma visão completa e todo o contexto dos processos.</p> <p>TRABALHADOR DIGITAL</p> <p>O trabalhador digital são robôs de software, treinados para trabalhar com humanos ou de maneira independente, para realizar tarefas específicas ou processos usando as habilidades e recursos de IA, como <i>machine learning</i>, visão computacional e processamento de linguagem natural.</p> <p>FinOps</p> <p>FinOps é a junção de finanças com DevOps. É uma disciplina emergiu da busca da otimização de custos utilizando as melhores práticas desenhadas para maximizar retornos de investimentos em ambientes híbridos e de <i>multicloud</i>.</p> <p>TI VERDE OU SUSTENTÁVEL</p> <p>A TI sustentável foca em aplicar a automação para tornar o desempenho dos sistemas de computação, armazenamento e rede mais eficientes. Isso auxilia a empresa a evitar gastos com desperdícios e desperdício de energia, que geralmente ocorre em ambientes super provisionados.</p> <p>AUTOMAÇÃO INTELIGENTE</p> <p>A combinação de IA e tecnologias de automação é imperativa para os negócios poderem escalar a automação de maneira inteligente para maximizar os retornos e ganhar vantagem competitiva.</p> <p>HIPERAUTOMAÇÃO</p> <p>A hiperautomação é a fusão do, dos softwares e das ferramentas de automação para maximizar o número de processos de automação.</p> <p>LOW-CODE, NO-CODE</p> <p>A expressão <i>Low-code, no-code</i> se refere a softwares que requerem uma mínima quantidade de codificação ou até mesmo nenhuma de codificação. Isso permite que pessoas expertas, porém, não técnicas, possam automatizar processos utilizando um design visual ou linguagem de processamento natural.</p>

Fonte: Elaborado pelos autores.

O trabalhador digital é uma extensão da automação, representando a automação de processos cognitivos e interativos que eram anteriormente executados por humanos. Esses "trabalhadores" digitais são capazes de realizar uma variedade de tarefas, desde atendimento ao cliente até análises de dados, liberando os funcionários para se concentrarem em atividades de maior valor agregado.

O FinOps (Operações Financeiras) é uma prática que utiliza automação e análise de dados para otimizar os custos de infraestrutura de TI. Por meio do FinOps, as organizações podem monitorar, analisar e controlar os gastos de TI, garantindo que os recursos sejam alocados de forma eficiente e que os orçamentos sejam otimizados.

A TI Verde Sustentável refere-se à prática de utilizar tecnologias de forma sustentável, minimizando o impacto ambiental e reduzindo o consumo de recursos. A automação desempenha um papel importante na TI Verde, permitindo que as organizações otimizem o uso de energia, reduzam o desperdício e adotem práticas mais sustentáveis em suas operações de TI.

A automação inteligente combina IA, automação de processos robóticos (RPA) e análise de dados para automatizar tarefas complexas que exigem inteligência e tomada de decisão. Essa abordagem permite que as organizações automatizem processos *end-to-end*, melhorando a eficiência operacional e liberando os funcionários para atividades mais estratégicas.

A hiperautomação é uma abordagem abrangente para a automação, que combina várias tecnologias como IA, RPA, análise de dados e automação de fluxo de trabalho. A hiperautomação visa automatizar não apenas tarefas individuais, mas processos completos e interconectados em toda a organização, criando fluxos de trabalho mais eficientes e integrados.

O *low-code* e *no-code* são abordagens de desenvolvimento de software que permitem que pessoas com pouca ou nenhuma experiência em programação criem aplicativos e automações. Essas plataformas fornecem interfaces visuais e ferramentas de arrastar e soltar para construir soluções personalizadas, acelerando o processo de desenvolvimento e permitindo que as organizações automatizem mais rapidamente seus processos e fluxos de trabalho.

A relação entre Inteligência Artificial (IA), AIOps (Operações de TI com Inteligência Artificial), trabalhador digital, FinOps (Operações Financeiras), TI Verde Sustentável, automação inteligente, hiperautomação e plataformas *low-code* e *no-code* para automação nas organizações é intrinsecamente interconectada em direção a uma eficiência operacional otimizada e um impacto sustentável. A IA e o AIOps capacitam a automação inteligente, permitindo a análise de dados em tempo real para identificar e corrigir proativamente problemas de TI, enquanto os trabalhadores digitais, habilitados por IA, colaboram com humanos em tarefas repetitivas e cognitivamente intensivas. O FinOps complementa essa eficiência, garantindo uma alocação financeira precisa e otimizada para as operações de TI. A abordagem de TI Verde Sustentável considera o impacto ambiental das operações, integrando práticas ecologicamente conscientes na automação e no uso de recursos digitais. A hiperautomação, que incorpora IA, automação robótica de processos (RPA) e outras tecnologias, estende a automação além de tarefas isoladas para processos completos, impulsionando a eficiência organizacional. Enquanto isso, plataformas *low-code* e *no-code* democratizam a

automação, permitindo que usuários de negócios desenvolvam e implementem soluções automatizadas sem profundo conhecimento em programação, acelerando a transformação digital e promovendo uma cultura de inovação ágil nas organizações.

3.1.3 Manufatura 4.0

A Manufatura 4.0 representa a integração de tecnologias avançadas na produção industrial para criar fábricas inteligentes e altamente eficientes. Esta nova era da manufatura é caracterizada, conforme já apresentado, pelo uso de tecnologias como a Internet das Coisas (IoT), inteligência artificial (IA), *big data*, computação em nuvem, robótica avançada e impressão 3D. Essas tecnologias permitem a comunicação e a coordenação em tempo real entre máquinas, sistemas e seres humanos, resultando em processos de produção mais flexíveis, personalizados e eficientes. A automação e a coleta de dados em grande escala permitem que as empresas otimizem a produção, reduzam desperdícios, melhorem a qualidade dos produtos e respondam rapidamente às mudanças nas demandas do mercado (GIMENEZ; SANTOS, 2019).

Além disso, a Manufatura 4.0 promove a criação de cadeias de suprimentos mais interconectadas e transparentes, onde todas as partes envolvidas podem acessar e compartilhar informações cruciais de forma instantânea. Isso facilita a tomada de decisões baseada em dados, a manutenção preditiva e a adaptação rápida às condições de mercado e operacionais. Com a digitalização de processos e a análise de dados em tempo real, as empresas podem antecipar problemas antes que ocorram, personalizar produtos em massa e aumentar a competitividade no mercado global. A Manufatura 4.0 não só transforma a maneira como os produtos são feitos, mas também impacta significativamente a eficiência operacional e a sustentabilidade das indústrias modernas (GIMENEZ; SANTOS, 2019).

O cenário atual da manufatura 4.0 no Brasil é caracterizado por um crescente interesse e adoção destas tecnologias avançadas apresentadas acima. Essas tecnologias estão transformando o setor industrial, promovendo maior eficiência, flexibilidade e personalização na produção. Empresas brasileiras, especialmente aquelas de grande porte, estão investindo significativamente em infraestrutura tecnológica e capacitação de seus colaboradores para se adaptarem a essa nova realidade. Contudo, a implementação dessas tecnologias ainda enfrenta desafios, como a necessidade de investimentos elevados, a falta de mão de obra qualificada e a integração de sistemas legados com as novas tecnologias (PISCHING, 2017).

Apesar dos obstáculos, o Brasil tem demonstrado avanços notáveis em setores específicos, como a indústria automotiva e a agroindústria, que têm sido pioneiras na adoção da manufatura 4.0. O governo e entidades de fomento também estão desempenhando um papel crucial, oferecendo incentivos e programas de apoio à inovação tecnológica e à digitalização industrial. Além disso, parcerias entre empresas, universidades e centros de pesquisa têm sido fundamentais para impulsionar o desenvolvimento e a implementação de soluções inovadoras. No entanto, para que o Brasil alcance um nível mais elevado de maturidade em manufatura 4.0, será necessário um esforço conjunto e contínuo para superar barreiras estruturais e promover uma cultura de inovação e desenvolvimento tecnológico em todo o setor industrial (PISCHING, 2017).

Contieri (2022) apresenta um estudo que sugere uma forma de medir o grau de maturidade de um sistema produtivo no processo transitório entre a terceira e a quarta revolução industrial, com base na infraestrutura e tecnologias aplicadas no processo. Nessa avaliação de maturidade, o processo deve estar digitalizado e conectado como premissas e pré-requisitos para a Indústria 4.0. Apenas quando os dados gerados nos elementos do processo se tornam computáveis, visíveis ao próprio processo e transparentes aos demais elementos da manufatura, que se pode considera-lo como um sistema 4.0.

Compreender o grau de maturidade em uma manufatura 4.0 é essencial para várias dimensões da gestão industrial. Primeiramente, conhecer esse grau de maturidade permite que as empresas avaliem seu nível de integração tecnológica e digitalização, identificando pontos fortes e áreas que necessitam de melhorias. Isso possibilita a criação de um plano estratégico de desenvolvimento, alinhado com as melhores práticas do setor e as necessidades específicas da organização, promovendo uma evolução contínua e estruturada rumo à automação total (CONTIERI, 2022).

Além disso, a avaliação do grau de maturidade auxilia na gestão eficiente dos recursos, tanto humanos quanto financeiros. Ao saber em que estágio a manufatura se encontra, a empresa pode direcionar seus investimentos de maneira mais assertiva, priorizando as tecnologias e processos que trarão maior retorno sobre o investimento. Isso evita gastos desnecessários e maximiza o aproveitamento das capacidades existentes, garantindo uma transição mais suave e eficaz para os níveis mais avançados de manufatura 4.0 (GRESSLER et al., 2020).

Por fim, Gressler e colaboradores (2020) enfocam que o conhecimento do grau de maturidade é crucial para a competitividade no mercado. Empresas que entendem bem seu estágio de desenvolvimento tecnológico podem se posicionar melhor frente aos concorrentes, oferecendo produtos de maior qualidade, com menor tempo de produção e custos otimizados. Além disso, a maturidade em manufatura 4.0 está frequentemente associada à capacidade de inovar e responder rapidamente às mudanças do mercado, fatores críticos para a sustentabilidade e o sucesso a longo prazo em um ambiente industrial cada vez mais dinâmico e competitivo.

Para medir o grau de maturidade de um sistema produtivo, diversas ferramentas e modelos podem ser utilizados. Essas ferramentas avaliam diferentes aspectos da eficiência, automação, integração e capacidade de adaptação dos sistemas produtivos. Entre as principais ferramentas estão (DINIZ, 2024):

1. **Modelo de Maturidade de Processos (CMMI - Capability Maturity Model Integration):** Originalmente desenvolvido para a indústria de software, o CMMI é amplamente aplicado em diferentes setores para avaliar a maturidade dos processos organizacionais. Ele classifica a maturidade em cinco níveis, desde processos iniciais e ad hoc até processos otimizados e continuamente aprimorados.
2. **Modelo de Maturidade da Indústria 4.0:** Este modelo específico para a indústria avalia a maturidade em relação à adoção de tecnologias da Indústria 4.0, como a Internet das Coisas (IoT), big data, inteligência artificial e manufatura aditiva. Ele ajuda as empresas a identificar onde estão em sua jornada de transformação digital e quais áreas precisam ser desenvolvidas.

3. **Lean Manufacturing Assessment Tools:** Ferramentas de avaliação Lean, como o *Value Stream Mapping* (VSM) e o *Lean Audit*, são usadas para medir a eficiência dos processos de produção, identificando desperdícios e oportunidades de melhoria. Esses métodos avaliam a maturidade em termos de implementação de práticas enxutas e eficiência operacional.
4. **ISO 9001 Maturity Model:** Baseado na norma ISO 9001 para sistemas de gestão da qualidade, este modelo avalia a maturidade dos processos produtivos em relação aos requisitos de qualidade. Ele mede o grau de implementação de um sistema de gestão da qualidade eficaz e a capacidade da organização de melhorar continuamente.
5. **Balanced Scorecard (BSC):** Embora não seja uma ferramenta de maturidade no sentido tradicional, o BSC é usado para medir o desempenho organizacional em diversas perspectivas: financeira, do cliente, dos processos internos e de aprendizado e crescimento. Ele ajuda a entender como diferentes áreas da empresa contribuem para a maturidade geral do sistema produtivo.
6. **Manufacturing Maturity Model (MMM):** Este modelo avalia a maturidade dos processos de manufatura em termos de tecnologia, processos, pessoas e infraestrutura. Ele fornece uma visão holística do nível de maturidade e ajuda a identificar lacunas e áreas para melhoria.

Essas ferramentas e modelos fornecem uma estrutura para as organizações avaliarem e melhorarem continuamente seus sistemas produtivos, permitindo que alcancem níveis mais altos de eficiência, qualidade e competitividade no mercado.

O setor automotivo brasileiro é amplamente considerado o mais avançado em termos de manufatura 4.0. A indústria automotiva no Brasil tem investido significativamente em tecnologias de ponta para otimizar a produção e aumentar a eficiência. As fábricas de automóveis no país estão adotando sistemas de produção inteligentes que permitem a comunicação entre máquinas, melhorando a coordenação e a precisão na fabricação. Além disso, a implementação de robótica avançada e sistemas de controle de qualidade em tempo real tem ajudado a reduzir erros e defeitos, melhorando a qualidade dos produtos e reduzindo os custos de produção (QUINTELLA; ROCHA, 2007).

Essa adoção de tecnologias da indústria 4.0 no setor automotivo também é impulsionada pela necessidade de competir em um mercado global cada vez mais competitivo. As montadoras internacionais que operam no Brasil, como Volkswagen, General Motors e Fiat, trazem consigo as melhores práticas globais e investem continuamente em inovação para manter suas operações eficientes e competitivas. A colaboração com startups tecnológicas e instituições de pesquisa locais também tem sido crucial para a integração de novas tecnologias e o desenvolvimento de soluções inovadoras. Como resultado, o setor automotivo brasileiro não apenas lidera na adoção de manufatura 4.0, mas também serve como um exemplo para outros setores industriais no país (REIS, 2024).

A manufatura 4.0 incorpora uma série de sistemas avançados para otimizar e automatizar a produção. Entre esses sistemas, destaca-se o uso de Internet das Coisas (IoT), que permite a interconexão de máquinas, dispositivos e sensores em uma rede inteligente, facilitando a coleta e análise de dados em tempo real. Essa conectividade é fundamental para a implementação de sistemas ciber-físicos (CPS), que integram processos físicos com computação e comunicação, permitindo um monitoramento e

controle mais eficazes dos processos produtivos. Além disso, a manufatura 4.0 utiliza a análise de big data para extrair insights valiosos dos dados gerados, possibilitando melhorias contínuas e preditivas nos processos de produção.

Outro sistema essencial na manufatura 4.0 é a automação avançada, que inclui robótica colaborativa (cobots) e inteligência artificial (IA). Cobots são projetados para trabalhar ao lado de humanos, aumentando a eficiência e segurança das operações. A IA, por sua vez, é utilizada para otimização de processos, manutenção preditiva e tomada de decisões autônomas, melhorando a qualidade e a flexibilidade da produção. Sistemas de realidade aumentada (AR) também são implementados para assistência na montagem e manutenção, fornecendo aos operadores informações visuais em tempo real. Por fim, o uso de manufatura aditiva, como a impressão 3D, permite a produção de peças complexas com rapidez e personalização, contribuindo para a agilidade e inovação na manufatura 4.0 (SOARES; LUCATO, 2021).

Na era da Manufatura 4.0, diversos *softwares* desempenham papéis essenciais na integração e automação dos processos industriais, aumentando a eficiência e a produtividade. Entre eles, os Sistemas de Execução de Manufatura (MES) são fundamentais, pois monitoram e controlam a produção em tempo real, facilitando a comunicação entre o chão de fábrica e os sistemas empresariais. Além disso, os sistemas de Planejamento de Recursos Empresariais (ERP) permitem a integração de todos os aspectos do negócio, desde finanças até logística e produção, proporcionando uma visão holística e otimizada das operações. Outro software essencial é o CAD (*Computer-Aided Design*), que permite a criação de modelos digitais precisos de produtos, agilizando o processo de design e facilitando a comunicação entre engenheiros e a produção (ALBERTIN et al., 2017).

Os softwares de Internet das Coisas (IoT) também são vitais na Manufatura 4.0, possibilitando a conectividade e o monitoramento em tempo real de máquinas e equipamentos. Esses sistemas coletam dados valiosos, permitindo análises preditivas e a manutenção preventiva, reduzindo o tempo de inatividade e aumentando a eficiência operacional. Além disso, o uso de sistemas de inteligência artificial (IA) e aprendizado de máquina (ML) está se tornando cada vez mais comum, com esses softwares ajudando a otimizar processos, prever falhas e melhorar a qualidade do produto. Ferramentas de análise de Big Data complementam esse ecossistema, permitindo que as empresas interpretem grandes volumes de dados para tomar decisões informadas e estratégicas. Por fim, os sistemas de robótica avançada, controlados por software de última geração, são responsáveis pela automação de tarefas repetitivas e complexas, aumentando a precisão e reduzindo erros humanos (ALBERTIN et al., 2017).

Na era da Manufatura 4.0, o gestor de TI enfrenta o desafio de integrar a IA de forma eficaz para otimizar processos produtivos e manter a competitividade da empresa. A IA, com sua capacidade de processar grandes volumes de dados e aprender com eles, oferece oportunidades significativas para melhorar a eficiência operacional, prever falhas em equipamentos, e personalizar produtos conforme as necessidades dos clientes. No entanto, a implementação dessas tecnologias exige do gestor de TI um profundo conhecimento técnico e estratégico. Ele deve garantir que a infraestrutura de TI da empresa esteja preparada para suportar a complexidade e as demandas de processamento da IA, além de promover uma cultura organizacional que valorize a

inovação e a adoção de novas tecnologias (SANTOS DURÃO; CARVALHO; SENZI ZANCUL, 2017).

Além dos aspectos técnicos, o gestor de TI também deve lidar com questões relacionadas à segurança e à ética na utilização da IA. A proteção dos dados sensíveis e a garantia de que os algoritmos de IA operem de maneira transparente e justa são preocupações centrais. O gestor precisa implementar medidas robustas de cibersegurança e estabelecer políticas claras para o uso ético da IA, assegurando conformidade com as regulamentações vigentes. Ademais, é crucial que ele invista em capacitação e treinamento contínuo da equipe, preparando-a para trabalhar em um ambiente cada vez mais automatizado e digitalizado. Em suma, o gestor de TI deve desempenhar um papel estratégico, equilibrando a inovação tecnológica com a gestão de riscos e a preparação do capital humano para a transformação digital na manufatura.

3.1.4 Linguagens de Programação e Sistemas de Automação

As linguagens de programação são fundamentais nos processos de automação industrial, pois elas fornecem as instruções precisas e detalhadas que controlam máquinas e sistemas ciber-físicos. Com o uso de linguagens como Python, C++, e ladder logic, os engenheiros podem desenvolver algoritmos e programas que permitem às máquinas executar tarefas complexas de forma eficiente e precisa. Esses programas podem automatizar tarefas repetitivas, minimizar erros humanos e aumentar a produtividade. Além disso, a capacidade de personalizar e ajustar essas instruções conforme necessário permite uma maior flexibilidade na produção e a possibilidade de responder rapidamente a mudanças nas demandas do mercado (CRAVO, 2024).

Além de controlar as operações das máquinas, as linguagens de programação desempenham um papel crucial na integração de diferentes sistemas e tecnologias dentro de uma planta industrial. A interoperabilidade entre sistemas, um dos pilares da Indústria 4.0, é facilitada pela utilização de linguagens de programação que permitem a comunicação e a troca de dados entre diversos dispositivos e plataformas. Por exemplo, protocolos de comunicação como MQTT e OPC UA, que são frequentemente implementados em linguagens de programação, permitem a integração de sensores, atuadores e sistemas de controle, formando um ecossistema coeso e interconectado. Essa integração não apenas otimiza o fluxo de trabalho, mas também melhora a coleta e análise de dados, essencial para a manutenção preditiva e a otimização de processos (PAULA et al., 2020).

A importância das linguagens de programação na automação industrial também se estende à capacidade de inovar e desenvolver novas tecnologias. Com a evolução constante das necessidades industriais, a habilidade de programar novas funcionalidades e melhorar as existentes é crucial para manter a competitividade. As linguagens de programação permitem que engenheiros e desenvolvedores criem soluções personalizadas que atendam às especificidades de diferentes indústrias e processos. Além disso, o desenvolvimento de novas linguagens e frameworks facilita a implementação de tecnologias emergentes, como inteligência artificial e *machine learning*, que estão revolucionando a automação industrial ao permitir que sistemas aprendam e se adaptem autonomamente às condições de operação. Dessa forma, as

linguagens de programação não apenas sustentam a automação atual, mas também pavimentam o caminho para inovações futuras

Para suportar essas tecnologias, várias linguagens de programação desempenham papéis essenciais. A linguagem C/C++ é amplamente utilizada devido à sua eficiência e capacidade de lidar com sistemas em tempo real, como os controladores lógicos programáveis (PLCs) e os sistemas embarcados, que são fundamentais na automação industrial. O Python, conhecido por sua simplicidade e ampla biblioteca de ferramentas para ciência de dados e aprendizado de máquina, é crucial para a análise de big data e desenvolvimento de algoritmos de IA. Além disso, o Java e o JavaScript são vitais para o desenvolvimento de aplicações web e móveis que permitem a interface e controle remoto dos sistemas de manufatura (GEORGINI, 2002).

Outra linguagem significativa é o SQL (*Structured Query Language*), que é essencial para a gestão de bancos de dados que armazenam grandes volumes de dados gerados pelos sensores e dispositivos IoT. A linguagem R também ganha destaque na análise de dados e visualização, oferecendo ferramentas estatísticas avançadas que são úteis para otimização de processos e previsão de falhas. Além disso, linguagens como MATLAB e LabVIEW são utilizadas para modelagem, simulação e controle de sistemas complexos, enquanto o Ladder Logic continua sendo relevante para a programação de PLCs em ambientes industriais. Juntas, essas linguagens de programação fornecem a base necessária para a implementação eficaz e eficiente dos princípios da Manufatura 4.0, permitindo uma produção mais inteligente, conectada e automatizada (MEZZARI; LEAL; VIEGAS, 2019).

As linguagens de programação voltadas para a inteligência artificial (IA) são projetadas para facilitar a implementação de algoritmos complexos e a manipulação de grandes volumes de dados. Essas linguagens geralmente oferecem bibliotecas e frameworks específicos para tarefas de IA, como aprendizado de máquina, processamento de linguagem natural e visão computacional. Python, por exemplo, é amplamente utilizado devido à sua sintaxe clara e às bibliotecas robustas como *TensorFlow*, *PyTorch* e *scikit-learn*, que simplificam a construção e o treinamento de modelos de IA. Além disso, essas linguagens frequentemente suportam operações matemáticas avançadas e permitem a integração com outras ferramentas e plataformas de big data, essencial para a análise e processamento de grandes conjuntos de dados.

Em conjunto das bibliotecas especializadas, as linguagens de programação para IA também se destacam por sua capacidade de paralelização e execução eficiente em hardware especializado, como GPUs e TPUs. Linguagens como R e Julia são populares em comunidades científicas e acadêmicas por suas capacidades estatísticas e desempenho em cálculos numéricos intensivos. A flexibilidade e a interoperabilidade são características cruciais, permitindo que desenvolvedores combinem diferentes linguagens e ferramentas para otimizar o desempenho e a funcionalidade dos sistemas de IA. A estrutura das linguagens de programação voltadas para IA se baseia em fornecer um ambiente eficiente, flexível e rico em recursos, capaz de lidar com as complexidades dos algoritmos de IA e as exigências dos dados em grande escala.

Desenvolver tecnologia na manufatura 4.0 envolve um processo multifacetado que abrange várias disciplinas, desde a engenharia de *software* até a engenharia de produção. Um profissional de TI desempenha um papel fundamental no desenvolvimento de tecnologias e linguagens de programação voltadas para a

Manufatura 4.0. O **Quadro 2** apresenta como esse profissional pode atuar nesse contexto, em conjunto com uma equipe multidisciplinar com expertises variadas que agreguem ao processo de desenvolvimento tecnológico:

Quadro 2. Processo multifacetado de desenvolvimento tecnológico na manufatura 4.0.

- 1. Identificação de necessidades e objetivos:** Inicialmente, é crucial compreender as necessidades e os objetivos específicos da empresa ou indústria em que a tecnologia será implementada. Isso pode incluir a otimização de processos, redução de custos, melhoria da eficiência ou desenvolvimento de produtos inovadores.
- 2. Análise de requisitos técnicos:** Uma vez que os objetivos são definidos, é necessário realizar uma análise detalhada dos requisitos técnicos para atender a esses objetivos. Isso pode envolver a seleção de tecnologias específicas, como sensores IoT, sistemas de controle automatizados, robótica industrial, etc.
- 3. Desenvolvimento de algoritmos e lógica de controle:** Em seguida, os engenheiros de software irão projetar e desenvolver algoritmos e lógica de controle que permitirão a automação e otimização dos processos de produção. Isso pode envolver a criação de modelos de simulação, algoritmos de controle PID (Proporcional, Integral e Derivativo), algoritmos de aprendizado de máquina, entre outros.
- 4. Seleção de linguagens de programação:** As linguagens de programação desempenham um papel crucial no desenvolvimento de software para a manufatura 4.0. Dependendo das necessidades específicas do projeto, podem ser utilizadas linguagens como Python, C++, Java, MATLAB, entre outras. A escolha da linguagem depende dos requisitos de desempenho, integração com hardware, facilidade de desenvolvimento e outros fatores.
- 5. Implementação de sistemas de comunicação:** Na manufatura 4.0, é essencial que os diferentes dispositivos e sistemas possam se comunicar entre si de forma eficiente. Isso pode envolver o desenvolvimento e implementação de protocolos de comunicação como MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*), OPC UA (*Open Platform Communications Unified Architecture*), RESTful APIs (*Application Programming Interfaces*), entre outros.
- 6. Integração de hardware e software:** Uma vez que o software é desenvolvido, ele precisa ser integrado com o hardware existente na fábrica. Isso pode envolver a instalação e configuração de sensores, controladores, dispositivos IoT, robôs industriais, entre outros equipamentos.
- 7. Testes e validação:** Antes da implementação em larga escala, é crucial realizar testes extensivos para garantir que o software e os sistemas desenvolvidos atendam aos requisitos técnicos e de desempenho estabelecidos. Isso pode incluir testes de funcionalidade, testes de estresse, simulações de produção, entre outros.
- 8. Implantação e monitoramento:** Uma vez que o sistema é validado, ele pode ser implantado na produção em larga escala. É importante monitorar continuamente o desempenho do sistema e realizar ajustes conforme necessário para garantir que ele opere de forma eficiente e confiável.
- 9. Iteração e melhoria contínua:** A manufatura 4.0 é um campo em constante evolução, e é importante estar aberto a novas tecnologias e melhorias. Após a implantação inicial, é necessário continuar iterando e melhorando o sistema com base no *feedback* dos usuários e nas mudanças nas necessidades da indústria.

Fonte: Adaptado de IEDI (2018).

O **Quadro 2** apresenta o processo multifacetado de desenvolvimento tecnológico na manufatura 4.0 representa uma confluência de inovações que estão transformando radicalmente a produção industrial. Integrando sistemas ciber-físicos, a

Internet das Coisas (IoT), big data, inteligência artificial e automação avançada, a manufatura 4.0 promove uma eficiência sem precedentes, permitindo a produção altamente personalizada e responsiva. Esse desenvolvimento tecnológico multifacetado não apenas otimiza os processos existentes, mas também cria novos modelos de negócios e oportunidades de mercado. A conectividade e a análise em tempo real viabilizam uma tomada de decisão mais informada e ágil, enquanto a capacidade de adaptação e escalabilidade das operações industriais permite uma resposta rápida às mudanças nas demandas globais. Em suma, a manufatura 4.0 simboliza uma era de inovação contínua e integração tecnológica que redefine os limites da produção industrial moderna.

3.1.5 Impactos da Automação na Produção e Eficiência Industrial

A automação dos processos industriais tem gerado impactos significativos na produção e eficiência das indústrias. Um dos principais benefícios observados é o aumento da produtividade. Sistemas automatizados permitem que as operações sejam realizadas com maior rapidez e precisão, reduzindo o tempo de produção e aumentando o volume de produtos fabricados. Além disso, a automatização minimiza a necessidade de intervenção humana em tarefas repetitivas e perigosas, o que não apenas aumenta a segurança dos trabalhadores, mas também reduz a probabilidade de erros humanos que poderiam resultar em defeitos nos produtos (BARBOSA; CANAZARO; BARBOSA, 2020).

Outro impacto importante da automação é a melhoria da qualidade dos produtos. Máquinas e sistemas automatizados são programados para seguir padrões rígidos de qualidade, garantindo que cada unidade produzida atenda às especificações desejadas. Essa consistência na produção é difícil de alcançar com processos manuais, onde a variabilidade humana pode introduzir inconsistências. Assim, a adoção de tecnologias automatizadas contribui para uma redução significativa nos índices de rejeição e retrabalho, resultando em uma maior satisfação dos clientes e uma reputação aprimorada para a empresa (ROIG, 2027).

A eficiência energética também é um aspecto que tem se beneficiado da automatização industrial. Sistemas automatizados são capazes de otimizar o uso de energia, ajustando operações em tempo real para minimizar o desperdício. Por exemplo, sensores e controles inteligentes podem desligar equipamentos quando não estão em uso ou ajustar a operação de máquinas para operar em condições ideais de consumo energético. Isso não só reduz os custos operacionais, mas também contribui para a sustentabilidade ambiental, um fator cada vez mais valorizado no cenário industrial moderno.

Sendo assim, automatização permite uma melhor gestão dos recursos e do tempo. Com a capacidade de monitorar e controlar processos em tempo real, os gestores podem tomar decisões mais informadas e rápidas, reagindo prontamente a quaisquer problemas que possam surgir durante a produção. A coleta e análise de dados provenientes de sistemas automatizados também fornecem insights valiosos para a melhoria contínua dos processos, identificando pontos de ineficiência e oportunidades para inovação. Dessa forma, a automatização não só eleva a eficiência

operacional, mas também promove uma cultura de melhoria contínua dentro das organizações industriais.

3.2 O Papel do Gestor de Tecnologia da Informação

O gestor de TI desempenha um papel crucial na automação dos processos industriais, sendo responsável pela integração e implementação de sistemas tecnológicos que otimizam a produção e melhoram a eficiência operacional. A definição deste profissional inclui a gestão de recursos tecnológicos, a supervisão de projetos de TI e a garantia de que as soluções tecnológicas estejam alinhadas com os objetivos estratégicos da organização. Além disso, o gestor de TI deve possuir uma compreensão profunda tanto das necessidades da indústria quanto das capacidades oferecidas pelas tecnologias emergentes (SANTOS, 2023).

A importância do gestor de TI na automação dos processos industriais se destaca pela sua capacidade de transformar dados em processos acionáveis que impulsionam a tomada de decisões informadas. Com a crescente dependência de sistemas automatizados e interconectados, o gestor de TI assegura que a infraestrutura tecnológica seja robusta, segura e capaz de suportar a carga de trabalho necessária. Este papel é vital para evitar interrupções na produção, reduzir o tempo de inatividade e garantir que os processos industriais funcionem de maneira contínua e eficiente (RAMOS, 2016).

O gestor de TI atua como um facilitador de inovação dentro da indústria. Ao implementar novas tecnologias, como Internet das Coisas (IoT), inteligência artificial (IA) e big data, este profissional ajuda a criar um ambiente de produção mais inteligente e adaptável. A IoT tem se tornado uma componente essencial no processo multifacetado de automação nas empresas, promovendo uma interconectividade sem precedentes entre dispositivos, máquinas e sistemas. No ambiente industrial, a IoT facilita a coleta e análise de dados em tempo real, permitindo que as empresas monitorem e controlem suas operações com uma precisão nunca antes alcançada. Sensores e dispositivos inteligentes integrados em equipamentos e processos produtivos enviam dados contínuos sobre desempenho, condições operacionais e possíveis falhas. Esse fluxo constante de informações possibilita a implementação de manutenção preditiva, reduzindo o tempo de inatividade e os custos operacionais, além de aumentar a eficiência geral da produção (SILVA, 2013).

Além da melhoria operacional, a IoT transforma a automação industrial ao promover a flexibilidade e a personalização da produção. Sistemas interconectados permitem que as empresas ajustem rapidamente suas linhas de produção em resposta a mudanças na demanda do mercado, introduzindo novos produtos ou modificando os existentes com agilidade. A IoT também facilita a integração de tecnologias emergentes, como a inteligência artificial e o machine learning, que podem analisar grandes volumes de dados e otimizar processos em tempo real. Dessa forma, a IoT não apenas melhora a eficiência e a produtividade, mas também capacita as empresas a inovar e se adaptar rapidamente às novas tendências e desafios do mercado, solidificando seu posicionamento competitivo na indústria (SILVA, 2013).

Tais tecnologias não apenas melhoram a eficiência dos processos industriais, mas também proporcionam uma maior flexibilidade e capacidade de resposta às mudanças nas demandas do mercado. O gestor de TI, portanto, não apenas gerencia a infraestrutura tecnológica existente, mas também explora e integra novas soluções que podem oferecer vantagens competitivas significativas (RAMOS, 2016).

Por fim, o gestor de TI tem um papel fundamental na segurança da informação, especialmente em um contexto industrial onde a automação e a interconectividade podem expor a organização a novos riscos cibernéticos. Este profissional é responsável por implementar medidas de segurança que protejam os sistemas automatizados contra ameaças externas e internas, garantindo a integridade e a confidencialidade dos dados operacionais. A capacidade de gerenciar esses aspectos críticos torna o gestor de TI indispensável para a modernização e sustentabilidade dos processos industriais em um mundo cada vez mais digitalizado (SANTOS, 2023).

3.2.1 Competências e Habilidades Necessárias do Gestor de TI

A automatização dos processos industriais requer uma gestão eficaz de Tecnologia da Informação (TI), e, para isso, o gestor de TI deve possuir um conjunto específico de competências e habilidades. Primeiramente, é essencial que esse profissional tenha um profundo conhecimento técnico sobre sistemas de automação industrial, incluindo o funcionamento de tecnologias como PLCs SCADA e redes industriais. Esse conhecimento técnico permite ao gestor de TI compreender as necessidades e desafios da automação, possibilitando a implementação de soluções que aumentem a eficiência e a produtividade da produção industrial (GEORGINI, 2002).

Além do conhecimento técnico, o gestor de TI precisa ter habilidades de gestão de projetos. A implementação de sistemas de automação é geralmente complexa e envolve múltiplas fases, desde a concepção e planejamento até a execução e manutenção. O gestor de TI deve ser capaz de coordenar equipes multidisciplinares, gerenciar prazos e orçamentos, e assegurar que todos os componentes do projeto estejam alinhados com os objetivos estratégicos da organização. Habilidades em gestão de projetos também incluem a capacidade de identificar e mitigar riscos, garantindo que a transição para sistemas automatizados ocorra de maneira suave e eficiente (SANTOS, 2023).

Outra competência crucial para o gestor de TI é a capacidade de comunicação. A automatização dos processos industriais frequentemente envolve a colaboração entre diferentes departamentos, como operações, engenharia e finanças. O gestor de TI deve ser capaz de traduzir os requisitos técnicos em termos compreensíveis para todas as partes envolvidas, facilitando o entendimento e a cooperação. Além disso, habilidades de comunicação são vitais para negociar com fornecedores e parceiros externos, assegurar a aquisição de tecnologias adequadas e resolver problemas que possam surgir durante a implementação (RINALDI, 2017).

O gestor de TI deve possuir uma forte visão estratégica e capacidade de inovação. A automação industrial está em constante evolução, com novas tecnologias e metodologias surgindo regularmente, de forma que o gestor de TI precisa estar atento às tendências do mercado e ser proativo na busca por inovações que possam beneficiar

a organização. Isso inclui não apenas a adoção de novas tecnologias, mas também a criação de estratégias para integrar essas tecnologias de forma a maximizar o retorno sobre o investimento e melhorar continuamente os processos produtivos. Essa visão estratégica permite que a empresa mantenha uma vantagem competitiva no mercado, adaptando-se rapidamente às mudanças e demandas do setor industrial (RINALDI, 2017).

3.2.2 Responsabilidades e Atribuições no Contexto Industrial

As responsabilidades e atribuições no contexto industrial, especialmente na automação dos processos, envolvem uma série de funções críticas que garantem a eficiência, segurança e continuidade das operações. Os gestores de TI desempenham um papel central ao supervisionar a integração de sistemas automatizados com a infraestrutura existente da empresa. Eles são responsáveis por avaliar as necessidades tecnológicas da organização, selecionar as ferramentas e plataformas adequadas e garantir que a implementação seja realizada de forma suave e eficiente. Além disso, devem manter-se atualizados sobre as novas tecnologias emergentes para assegurar que a empresa permaneça competitiva no mercado (PEDRO, 2023).

A segurança cibernética é uma responsabilidade primordial no contexto da automação industrial. Com a crescente interconectividade dos sistemas industriais, os gestores de TI devem implementar medidas robustas para proteger os sistemas contra ataques cibernéticos e garantir a integridade dos dados. Isso inclui a instalação de firewalls, sistemas de detecção de intrusões e a realização de auditorias de segurança regulares. Também é crucial desenvolver políticas de segurança abrangentes e treinar os funcionários sobre as melhores práticas de segurança cibernética para minimizar riscos (MOREIRA, 2022).

A gestão de dados é outra atribuição significativa no contexto da automação industrial. Com a automação, grandes volumes de dados são gerados continuamente a partir de diferentes pontos do processo produtivo. Os gestores de TI são responsáveis por desenvolver sistemas eficientes de coleta, armazenamento e análise desses dados. Isso não apenas auxilia na otimização dos processos, mas também fornece insights valiosos para a tomada de decisões estratégicas. A análise de dados pode revelar padrões e tendências que podem ser utilizados para melhorar a eficiência operacional e reduzir custos (MOREIRA, 2022).

A coordenação entre diferentes departamentos é uma responsabilidade vital para garantir o sucesso da automação industrial. Os gestores de TI devem colaborar estreitamente com equipes de engenharia, produção, manutenção e outras áreas relevantes para garantir que os sistemas automatizados atendam às necessidades específicas de cada departamento. Essa colaboração envolve a comunicação contínua, a resolução de problemas técnicos e a adaptação dos sistemas às mudanças nas demandas operacionais. Dessa forma, a automação pode ser plenamente integrada na cultura organizacional, resultando em operações mais eficientes e alinhadas com os objetivos estratégicos da empresa.

3.2.3 Interação com Outras Áreas da Empresa

Na implementação de sistemas de automatização nos processos industriais, a interação com outras áreas da empresa desempenha um papel crucial. O profissional de TI atua como um elo entre os departamentos operacionais e de produção, traduzindo suas necessidades em soluções tecnológicas viáveis. Esta interação envolve uma compreensão profunda dos processos industriais e das demandas específicas de cada área, permitindo a customização e adaptação dos sistemas às necessidades de cada setor (TURBAN, VOLONINO, 2013).

Além disso, o profissional de TI colabora estreitamente com equipes de engenharia, manutenção e qualidade para garantir que a implementação da automatização seja feita de forma integrada e harmoniosa. Isso requer uma comunicação eficaz e uma coordenação cuidadosa para garantir que as soluções tecnológicas atendam aos requisitos técnicos e operacionais de todas as partes envolvidas. A colaboração entre essas áreas também é fundamental para identificar possíveis problemas e propor soluções em tempo hábil, minimizando interrupções na produção (TURBAN, VOLONINO, 2013).

A interação com o departamento financeiro é essencial para avaliar o retorno sobre o investimento (ROI) das soluções de automatização. O profissional de TI precisa articular os benefícios tangíveis e intangíveis da automatização, como aumento da eficiência, redução de custos operacionais e melhoria da qualidade do produto, para justificar os investimentos em tecnologia. Essa colaboração é fundamental para alinhar os objetivos de negócios com os recursos financeiros disponíveis, garantindo uma implementação bem-sucedida e sustentável da automatização nos processos industriais (PEDRO, 2023).

3.3 Integração entre Automação Industrial e Gestão de TI

Os sistemas de controle e gestão da produção desempenham um papel fundamental na automatização dos processos industriais, impulsionando a eficiência e a produtividade das operações. Entre esses sistemas, destacam-se o SCADA, o MES e o ERP, cada um com suas próprias funcionalidades e áreas de atuação. Abordou-se de forma aprofundada no tópico 3.1.2 a funcionalidade dos sistemas CLP e SCADA (SOUZA, 2022).

De forma breve, pode-se retomar que o sistema SCADA é uma solução de software e hardware que permite monitoramento, controle e gerenciamento de processos industriais em tempo real. Ele integra diversos dispositivos de campo, como sensores e atuadores, coletando dados sobre o estado do processo industrial. Esses dados são então processados, analisados e apresentados de forma visual através de uma interface gráfica amigável, que fornece informações detalhadas sobre o funcionamento do sistema.

Além disso, o SCADA permite a configuração de alarmes para situações anormais, facilitando a detecção e ação rápida em caso de falhas ou eventos críticos. Sua funcionalidade técnica inclui também a capacidade de registrar e armazenar dados históricos para análise posterior, suporte à comunicação com outros sistemas de automação e a possibilidade de integração com sistemas de gestão empresarial. Essas

características fazem do SCADA uma ferramenta essencial para aumentar a eficiência operacional, garantir a segurança dos processos e otimizar a produção industrial (SOUZA, 2022).

182

O **Quadro 3** apresenta os componentes, funcionalidade e aplicações do sistema SCADA:

Quadro 3. Características do sistema SCADA.

<p>COMPONENTES DO SCADA</p> <p>Unidades Terminais Remotas (RTUs): São dispositivos instalados no campo que coletam dados de sensores e equipamentos. As RTUs enviam esses dados para o sistema SCADA central.</p> <p>Software de Supervisão: O <i>software</i> SCADA é o componente central do sistema, onde os operadores monitoram e controlam os processos. Ele exibe dados em tempo real, fornece alertas e permite que os operadores interajam com os sistemas.</p> <p>Comunicação: O SCADA utiliza protocolos de comunicação para transferir dados entre as RTUs e o <i>software</i> de supervisão. Os protocolos comuns incluem Modbus, DNP3 e OPC.</p> <p>Banco de Dados: O SCADA armazena dados históricos para análise posterior e geração de relatórios. Isso ajuda na tomada de decisões e na identificação de padrões de desempenho.</p> <p>FUNCIONALIDADES DO SCADA</p> <p>Monitoramento em Tempo Real: Os operadores podem visualizar o estado atual dos processos industriais através de interfaces gráficas intuitivas.</p> <p>Controle Remoto: O SCADA permite que os operadores controlem dispositivos e sistemas remotamente, ajustando parâmetros e configurando operações.</p> <p>Alarmes e Notificações: O sistema pode gerar alertas automáticos quando ocorrem eventos anormais ou condições de alarme são detectadas.</p> <p>Análise de Dados: O SCADA pode realizar análises em tempo real e históricas dos dados coletados, identificando tendências e padrões para otimização de processos.</p> <p>APLICAÇÕES DO SCADA</p> <p>Indústria de Energia: Monitoramento e controle de usinas de energia, subestações elétricas e distribuição de energia.</p> <p>Indústria Química e Petroquímica: Controle de processos de produção, armazenamento e transporte de produtos químicos.</p> <p>Indústria de Água e Saneamento: Controle de sistemas de tratamento de água, distribuição e monitoramento de redes de esgoto.</p> <p>Indústria de Manufatura: Monitoramento e controle de linhas de produção, máquinas e equipamentos.</p>

Fonte: elaborado pelos autores.

Por sua vez, o MES atua como uma ponte entre o chão de fábrica e os sistemas de gestão, otimizando a execução das ordens de produção, gerenciando recursos e materiais, e rastreando o progresso da produção em tempo real. Com funcionalidades como rastreabilidade de produtos e análise de desempenho, o MES desempenha um

papel crucial na melhoria contínua dos processos industriais. Esse sistema atua como uma ponte entre o planejamento da produção e o chão de fábrica, proporcionando uma visão em tempo real das operações e facilitando a tomada de decisões. Por meio do MES, as empresas podem monitorar e coordenar atividades como programação de produção, controle de qualidade, rastreamento de materiais e recursos, gerenciamento de estoques e otimização do fluxo de trabalho. Além disso, o MES integra-se com outros sistemas empresariais, como o ERP (*Enterprise Resource Planning*), garantindo a sincronização entre a produção e as operações comerciais. Ao fornecer uma visão abrangente e detalhada da linha de produção, o MES não apenas aumenta a eficiência e a produtividade, mas também permite a identificação rápida de problemas e a implementação de melhorias contínuas, essenciais para a competitividade no mercado industrial (SOUZA, 2022).

O MES, destinado para a execução de manufatura, e o ERP, um sistema clássico planejamento de recursos empresariais, são componentes essenciais na gestão integrada de processos industriais. O MES fornece dados detalhados sobre o desempenho da produção, permitindo a otimização de processos e a identificação de gargalos. Por outro lado, o ERP atua em um nível mais amplo, abrangendo todas as operações da empresa, incluindo finanças, vendas, compras e recursos humanos. Ele centraliza dados de toda a organização, facilitando a gestão eficiente de recursos e processos. A relação funcional entre o MES e o ERP é fundamental, pois o MES fornece informações operacionais detalhadas que alimentam o ERP com dados em tempo real, garantindo uma visão completa e atualizada da cadeia de suprimentos e da produção. Isso permite uma melhor coordenação entre as operações de chão de fábrica e os processos de negócios, otimizando a eficiência e a tomada de decisões estratégicas (MENDES; BORTOLI; COSTA, 2022).

Todos esses sistemas desempenham papel relevante na gestão e controle dos processos de produção industrial. Em conjunto, esses sistemas oferecem uma abordagem abrangente para a automatização dos processos industriais, fornecendo controle operacional, rastreabilidade, otimização de recursos e integração entre os diferentes setores da empresa. Ao adotar uma estratégia que aproveite o potencial dessas ferramentas, as organizações industriais podem alcançar níveis mais altos de eficiência, qualidade e competitividade no mercado (MENDES; BORTOLI; COSTA, 2022).

O **Quadro 4** traz uma abordagem comparativa das funcionalidades técnicas de SCADA, MES e ERP:

Quadro 4. Aspectos funcionais comparativos entre SCADA, MES e ERP.

Funcionalidade	SCADA (<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>)	MES (<i>Manufacturing Execution System</i>)	ERP (<i>Enterprise Resource Planning</i>)
Visão Geral	Sistema de controle e aquisição de dados em tempo real	Sistema de execução de manufatura	Sistema de planejamento e gestão de recursos empresariais
Funções Principais	Monitoramento e controle de processos industriais	Rastreamento e controle de produção	Gestão integrada de processos de negócio
Integração de Dispositivos	Integração com dispositivos de automação e sensores	Integração com sistemas de automação e chão de fábrica	Integração com todos os departamentos e processos da empresa
Controle de Processos	Controle de processos industriais em tempo real	Coordenação e otimização de atividades de produção	Gestão de processos operacionais, financeiros e logísticos
Monitoramento	Monitoramento de variáveis de processo e equipamentos	Monitoramento de desempenho e qualidade da produção	Monitoramento e relatórios de todas as atividades empresariais
Aquisição de Dados	Coleta de dados de sensores e dispositivos de campo	Coleta e armazenamento de dados de produção	Coleta e armazenamento de dados de todas as áreas da empresa
Controle de Acesso	Gerenciamento de permissões e acesso às funcionalidades	Controle de acesso a informações e funções do sistema	Controle de acesso a módulos e dados específicos da empresa
Análise de Dados	Análise de dados históricos para identificar tendências	Análise de dados de produção para tomada de decisões	Análise de dados para planejamento estratégico e tático
Rastreamento de Produção	Rastreamento de produtos ao longo do processo de fabricação	Rastreamento de lotes e unidades de produção	Rastreamento de todos os recursos e atividades da empresa
Integração com ERP	Integração opcional com sistemas de planejamento empresarial	Integração com sistemas de planejamento e gestão empresarial	Integração nativa com todos os módulos do sistema ERP

Fonte: Adaptado de Souza (2022); Mendes; Bortoli; Costa (2022).

O **Quadro 4** permite concluir que os sistemas SCADA, MES E ERP desempenham funções distintas, mas inter-relacionadas, no contexto da automação industrial. O SCADA é responsável pela supervisão e controle de processos em tempo real, monitorando dispositivos de campo e coletando dados para visualização e controle. O MES atua na camada intermediária, coordenando e otimizando as operações de produção, integrando dados do chão de fábrica com sistemas empresariais, melhorando a eficiência e a rastreabilidade da produção. Por outro lado, o ERP opera no nível mais alto da hierarquia, abrangendo todas as áreas empresariais, desde finanças e recursos humanos até suprimentos e vendas, unificando dados e processos para fornecer uma visão global e estratégica da organização. Enquanto o SCADA é focado em controle de processos, o MES se concentra na gestão da produção e o ERP engloba a gestão empresarial como um todo, proporcionando uma visão integrada e holística das operações.

3.3.1 Segurança da Informação em Ambientes Industriais Automatizados

A segurança da informação desempenha um papel vital em ambientes industriais automatizados, onde a integração de sistemas e a conectividade digital aumentaram significativamente. Com a adoção crescente de tecnologias como Internet das Coisas (IoT), sistemas SCADA e redes industriais, os riscos cibernéticos também se intensificaram. A proteção dos dados e sistemas contra ameaças internas e externas tornou-se uma prioridade fundamental para garantir a continuidade dos processos industriais e a segurança dos ativos da empresa. Além disso, a interconexão entre sistemas de TI e OT (Tecnologia Operacional) em ambientes industriais exige uma abordagem holística de segurança, que considere não apenas a proteção de dados, mas também a integridade e disponibilidade dos sistemas críticos (BRAGANÇA; ANDRADE; KLEVENHUSE, 2020).

A complexidade dos ambientes industriais modernos apresenta desafios únicos para a segurança da informação. A diversidade de dispositivos conectados e sistemas legados, muitas vezes operando em diferentes protocolos e padrões de segurança, cria uma superfície expandida de vulnerabilidades. Além disso, a necessidade de garantir a segurança em tempo real, sem comprometer a eficiência e a produtividade das operações, torna essencial a implementação de medidas de segurança proativas e adaptáveis. Diante desses desafios, as empresas estão cada vez mais investindo em soluções de segurança cibernética específicas para ambientes industriais, incluindo firewalls industriais, sistemas de detecção de intrusos e tecnologias de autenticação avançadas (BARBOSA; CANAZARO; BARBOSA, 2020).

Um aspecto elementar da segurança da informação em ambientes industriais automatizados é o envolvimento ativo da alta administração e da equipe de gestão de TI. A definição de políticas de segurança claras, a alocação adequada de recursos e a criação de uma cultura organizacional consciente da segurança são fundamentais para mitigar os riscos cibernéticos. Além disso, a educação e treinamento contínuos dos funcionários sobre práticas de segurança cibernética e a implementação de procedimentos de resposta a incidentes são essenciais para fortalecer a resiliência do sistema contra ameaças em constante evolução. A segurança da informação em ambientes industriais automatizados é um desafio multifacetado que exige uma abordagem abrangente e colaborativa para proteger os ativos críticos e garantir a

continuidade das operações industriais (BRAGANÇA; ANDRADE; KLEVENHUSE, 2020).

Existem várias ferramentas de TI que podem ser utilizadas para garantir a segurança da informação em ambientes industriais automatizados (PEDRIALI; GALEGALE; ARIMA, 2022). Aqui estão algumas delas:

1. **Firewalls Industriais:** São dispositivos de segurança que monitoram e controlam o tráfego de dados entre redes, protegendo os sistemas industriais contra ameaças externas e internas.
2. **Sistemas de Detecção e Prevenção de Intrusões (IDS/IPS):** Esses sistemas identificam e respondem a atividades suspeitas na rede, como tentativas de acesso não autorizado ou ataques cibernéticos, ajudando a proteger os sistemas industriais contra ameaças.
3. **Antivírus e Antimalware:** Softwares de segurança que detectam e removem vírus, malware e outras ameaças de segurança que possam comprometer os sistemas industriais.
4. **Gestão de Identidade e Acesso (IAM):** Ferramentas que controlam e gerenciam o acesso dos usuários aos sistemas e dados industriais, garantindo que apenas usuários autorizados tenham permissão para acessar recursos específicos.
5. **Criptografia de Dados:** Tecnologias que protegem os dados confidenciais por meio de algoritmos de criptografia, garantindo que apenas usuários autorizados possam acessar e decifrar as informações.
6. **Sistemas de Gerenciamento de Eventos e Informações de Segurança (SIEM):** Plataformas que coletam, analisam e correlacionam dados de segurança de várias fontes, ajudando a identificar e responder a incidentes de segurança em tempo real.
7. **Auditoria e Monitoramento de Segurança:** Ferramentas que monitoram continuamente a atividade do sistema e registram eventos de segurança para análise posterior e conformidade com regulamentações.
8. **Soluções de Backup e Recuperação de Dados:** Sistemas de backup automatizados que protegem os dados críticos contra perda ou corrupção, permitindo a recuperação rápida em caso de falha do sistema ou ataque cibernético.

Essas ferramentas são essenciais para garantir a segurança da informação em ambientes industriais automatizados, protegendo os sistemas contra ameaças cibernéticas e garantindo a integridade, confidencialidade e disponibilidade dos dados.

3.3.2 Gestão de Dados e Big Data na Automação Industrial

A gestão de dados e o uso de tecnologias de Big Data desempenham um papel fundamental na otimização dos processos industriais modernos. Com a crescente complexidade e quantidade de dados gerados pelas operações industriais, torna-se crucial implementar estratégias eficazes de gestão de dados para extrair insights valiosos. A utilização de plataformas de Big Data permite às empresas coletar, armazenar e analisar grandes volumes de dados em tempo real, possibilitando uma visão abrangente e em tempo hábil do desempenho operacional (GUIMARÃES; BEZERRA, 2020).

Além disso, a integração de sistemas de gestão de dados com os sistemas de automação industrial oferece vantagens significativas, como a identificação precoce de falhas e a previsão de manutenção, contribuindo para a redução de custos e o aumento da eficiência. A capacidade de analisar dados em grande escala também permite às empresas identificar padrões e tendências que podem ser utilizados para otimizar processos, melhorar a qualidade do produto e aumentar a produtividade.

No entanto, a gestão de dados e Big Data na automação industrial também apresenta desafios, como a garantia da segurança e privacidade dos dados, a integração de diferentes fontes de dados e a capacidade de lidar com a velocidade e variedade dos dados gerados. Superar esses desafios requer uma abordagem abrangente que envolve a implementação de políticas de segurança robustas, a seleção e integração adequada de tecnologias de gestão de dados e a capacitação dos profissionais para lidar com a complexidade dos dados industriais em evolução (GONTIJO; HAMANAKA; ARAÚJO, 2022).

Desenvolver um Sistema de Gestão de Dados e Big Data na Automação Industrial envolve uma abordagem ampla que integra hardware, software e processos para capturar, armazenar, processar e analisar grandes volumes de dados gerados por dispositivos e sensores em um ambiente industrial (GUIMARÃES; BEZERRA, 2020; GONTIJO; HAMANAKA; ARAÚJO, 2022). Abaixo, as etapas e procedimentos principais que atendem ao desenvolvimento de um Sistema de Gestão de Dados e Big Data na Automação Industrial:

- **Primeira etapa:** estabelecer uma infraestrutura de rede robusta para garantir a comunicação confiável entre os dispositivos de campo, os sistemas de automação e os servidores de armazenamento de dados.
- **Segunda etapa:** necessita-se selecionar e configurar as ferramentas de coleta de dados, como CLPs, sistemas SCADA e sensores inteligentes, que capturam informações sobre processos industriais em tempo real. Paralelamente, deve-se implementar sistemas de gerenciamento de bancos de dados escaláveis, como bancos de dados NoSQL ou sistemas de armazenamento distribuído, capazes de lidar com grandes volumes de dados de forma eficiente.
- **Terceira etapa:** o desenvolvimento de algoritmos de análise de dados e modelos de *machine learning* é o ponto principal para extrair informações pontuais dos dados coletados, identificando padrões, anomalias e tendências que possam melhorar a eficiência operacional, otimizar processos e prever falhas.
- **Quarta etapa:** envolve a implementação de interfaces de visualização de dados intuitivas e personalizadas, tanto para operadores de chão de fábrica quanto para gestores e engenheiros, permite uma análise mais eficaz e uma tomada de decisão informada em tempo real, contribuindo para aprimorar a produtividade, a qualidade e a segurança dos processos industriais.

3.3.3 Convergência entre Tecnologia da Informação e Tecnologia Operacional (IT/OT)

A convergência entre TI e Tecnologia Operacional (TO) desempenha um papel crucial na automatização dos processos industriais, transformando radicalmente a forma como as fábricas e plantas operam. Anteriormente, esses dois domínios eram distintos

e operavam separadamente, mas com os avanços tecnológicos, tornou-se cada vez mais evidente a necessidade de integrá-los. Esse processo de integração permite que os sistemas de controle e monitoramento das operações industriais estejam conectados à infraestrutura de TI da empresa, resultando em maior eficiência, produtividade e capacidade de resposta (PEDRIAL; GALEGAL; ARIMA, 2022).

Tal convergência facilita a coleta, análise e compartilhamento de dados em tempo real, permitindo que os gestores tenham uma visão abrangente e precisa das operações industriais. Isso possibilita a identificação rápida de problemas, a implementação de melhorias e a tomada de decisões mais informadas. Além disso, a integração de sistemas de automação com sistemas de gestão empresarial, como ERP e MES, proporciona uma coordenação mais eficaz entre as atividades de chão de fábrica e os processos de negócio (MACHADO; BAX, 2020).

Com a convergência TI/TO, as fábricas se tornam mais ágeis e adaptáveis às mudanças do mercado e às demandas dos clientes. A comunicação contínua entre sistemas de automação, dispositivos IoT (Internet das Coisas) e a infraestrutura de TI permite que as empresas ajam de forma proativa, antecipando problemas potenciais e otimizando continuamente seus processos. Essa abordagem integrada não apenas aumenta a eficiência operacional, mas também impulsiona a inovação e a competitividade no mercado global.

4 RESULTADOS

Para mostrar a aplicabilidade deste trabalho teórico sobre “Automação nos Processos Industriais: Processo de Implementação e o Papel do Gestor de Tecnologia da Informação”, optou-se por introduzir como resultados um estudo centrado em uma empresa fictícia. Nesse contexto, a empresa fictícia “InovaTec Indústrias Ltda.” emerge como um exemplo representativo do setor industrial contemporâneo, enfrentando os desafios da competição global e da constante busca por eficiência operacional.

O objetivo foi destacar as implicações práticas e estratégicas dessa abordagem, assim como o papel crucial do gestor de TI no delineamento e execução dessas iniciativas. Mediante a análise dos resultados advindos dessa simulação empresarial, foram identificados os impactos da automação na eficiência operacional, na qualidade dos produtos e nos custos de produção, fornecendo informações relevantes para profissionais e organizações do setor industrial que almejam aprimorar suas práticas de gestão e competitividade no mercado atual.

4.1 Estudo de Caso: Descrição da Empresa/Indústria

A empresa “InovaTec Indústrias Ltda.” é uma fabricante líder no setor automotivo, especializada na produção de componentes eletrônicos para veículos de última geração. Com sede em uma metrópole industrializada, a empresa possui uma vasta infraestrutura fabril e uma extensa cadeia de fornecimento global.

4.1.2 Implementação de Sistemas de Automação

A InovaTec adotou uma abordagem progressiva para automatizar seus processos industriais, visando aumentar a eficiência, a qualidade e a flexibilidade de sua produção. A automação foi implementada em várias etapas, abrangendo diferentes áreas da fábrica:

- **Automatização da Linha de Montagem:** A empresa investiu em robôs industriais de última geração para realizar tarefas de montagem precisas e repetitivas. Esses robôs são programados para trabalhar em conjunto com os operadores humanos, garantindo uma produção contínua e livre de erros.
- **Controle de Qualidade Automatizado:** A empresa implantou sistemas de visão computacional e sensores avançados para realizar inspeções automatizadas de qualidade em tempo real. Esses sistemas são capazes de identificar defeitos e irregularidades com precisão, reduzindo o tempo de inspeção e melhorando a qualidade do produto final.
- **Logística e Gerenciamento de Estoque:** A empresa implementou um sistema de gerenciamento de armazém automatizado (SGA) para otimizar o fluxo de materiais e componentes dentro da fábrica. Esse sistema utiliza tecnologias como RFID e AGV (veículos guiados automaticamente) para rastrear e movimentar os itens de forma eficiente e segura.

4.1.3 Papel do Gestor de TI na Implementação

O Gestor de TI desempenhou um papel fundamental em todas as fases da implementação da automação industrial na empresa InovaTec. Suas responsabilidades incluíram:

- **Planejamento e Estratégia:** colaborou com os líderes de negócios para definir objetivos claros para a automação e desenvolver uma estratégia abrangente para sua implementação.
- **Seleção de Tecnologia:** liderou o processo de seleção e avaliação de tecnologias de automação, garantindo que fossem escolhidas soluções que atendessem às necessidades específicas da empresa.
- **Integração de Sistemas:** supervisionou a integração dos sistemas de automação com os sistemas de informação existentes na empresa, garantindo uma comunicação eficiente e uma troca de dados sem problemas entre os diferentes sistemas.
- **Treinamento e Capacitação:** coordenou programas de treinamento para os funcionários, garantindo que estivessem devidamente capacitados para operar e manter os sistemas de automação.

4.1.4 Resultados e Benefícios Alcançados

A implementação de sistemas de automação industrial na InovaTec resultou em uma série de benefícios significativos, incluindo:

- **Aumento da Produtividade:** A automação permitiu que a empresa aumentasse a velocidade e a eficiência de sua produção, reduzindo os tempos de ciclo e aumentando a capacidade de produção.
- **Melhoria da Qualidade:** A automação ajudou a reduzir erros e defeitos na produção, resultando em produtos de melhor qualidade e uma diminuição nas taxas de retrabalho e devoluções.
- **Redução de Custos:** A automação permitiu à empresa reduzir os custos de mão de obra e melhorar a eficiência energética, resultando em economias significativas a longo prazo.
- **Maior Flexibilidade e Agilidade:** A automação tornou os processos de produção mais flexíveis e adaptáveis, permitindo à empresa responder rapidamente a mudanças na demanda do mercado e introduzir novos produtos com mais rapidez.
- **Melhoria da Segurança:** A automação ajudou a reduzir os riscos de acidentes de trabalho e lesões ocupacionais, criando um ambiente de trabalho mais seguro e saudável para os funcionários.

Esses resultados demonstram o impacto positivo da automação industrial e o papel relevante do Gestor de TI na sua implementação e gestão dentro da InovaTec.

4.2 Implementação de Sistemas de Automação

A implementação de sistemas de automação industrial representa um marco na modernização e otimização dos processos produtivos em ambientes industriais. Esse processo envolve a integração de tecnologias avançadas, como sensores, atuadores, controladores lógicos programáveis (CLPs), sistemas de supervisão e aquisição de dados (SCADA), e, mais recentemente, a Internet das Coisas (IoT) e a Inteligência Artificial (IA). A implementação desses sistemas visa automatizar tarefas repetitivas, aumentar a eficiência operacional, reduzir custos e melhorar a qualidade do produto final (SANTOS; SOUZA FILHO, PEREIRA, 2021). O **Quadro 5** traz a sequência dos eventos.

De forma resumida, observa-se no **Quadro 5** que a fase inicial da implementação de sistemas de automação envolve uma análise detalhada dos processos existentes na indústria, identificando as áreas onde a automação pode trazer maior benefício. Isso geralmente é feito por meio de estudos de viabilidade e análises de retorno sobre o investimento (ROI), onde são avaliados os custos de implementação em relação aos benefícios esperados. Posteriormente, são desenvolvidos projetos de automação, que incluem a seleção de equipamentos e tecnologias adequadas, o desenvolvimento de algoritmos de controle e a integração com os sistemas de informação da empresa (GONÇALVES, 2016).

Durante a fase de implementação, são realizados testes e simulações para garantir a eficácia e a segurança dos sistemas antes da sua implantação em escala real. Isso envolve a programação e configuração dos dispositivos de automação, a criação de interfaces de usuário intuitivas e a integração com outros sistemas de TI, como sistemas de gestão empresarial (ERP) e sistemas de gestão da cadeia de suprimentos (SCM). Além disso, é essencial treinar os operadores e técnicos para operar e manter os sistemas de automação de forma eficiente e segura (GONÇALVES, 2016).

Uma vez implementados, os sistemas de automação industrial proporcionam uma série de benefícios significativos para as empresas, incluindo aumento da produtividade, redução de erros e retrabalho, melhoria da qualidade do produto, flexibilidade operacional e maior capacidade de resposta às demandas do mercado. No entanto, a implementação bem-sucedida de sistemas de automação requer uma abordagem multidisciplinar, envolvendo não apenas engenheiros de automação e tecnologia da informação, mas também profissionais de diversas áreas, como engenharia de processos, manutenção, segurança do trabalho e gestão de projetos. Essa abordagem colaborativa é fundamental para garantir que os sistemas de automação atendam às necessidades específicas da empresa e contribuam para o seu sucesso a longo prazo.

Quadro 5. Processo de implantação de sistema automatizado.

<p>1. Identificação das Necessidades e Objetivos de Automação</p> <ul style="list-style-type: none">- Realizar levantamento dos processos a serem automatizados- Definir objetivos específicos da automação <p>2. Análise de Viabilidade</p> <ul style="list-style-type: none">- Avaliar recursos necessários (financeiros, humanos, tecnológicos)- Analisar o retorno sobre o investimento (ROI)- Verificar compatibilidade com a estratégia organizacional <p>3. Planejamento do Projeto de Automação</p> <ul style="list-style-type: none">- Definir escopo do projeto- Estabelecer cronograma de atividades- Designar equipe responsável- Identificar potenciais riscos e estratégias de mitigação <p>4. Escolha e Aquisição de Tecnologia</p> <ul style="list-style-type: none">- Pesquisar e selecionar fornecedores e soluções de automação- Negociar contratos e acordos de fornecimento- Adquirir hardware, software e equipamentos necessários <p>5. Desenvolvimento e Testes</p> <ul style="list-style-type: none">- Configurar e instalar os sistemas de automação- Desenvolver e customizar software, se necessário- Realizar testes de funcionamento e integração- Corrigir e ajustar possíveis falhas e bugs <p>6. Implementação</p> <ul style="list-style-type: none">- Treinar pessoal envolvido na operação dos sistemas- Realizar migração gradual ou total para os novos sistemas- Monitorar e acompanhar o processo de implementação <p>7. Monitoramento e Manutenção</p> <ul style="list-style-type: none">- Estabelecer procedimentos de monitoramento contínuo- Realizar manutenção preventiva e corretiva dos sistemas- Avaliar e atualizar periodicamente os sistemas de automação <p>8. Avaliação de Resultados</p> <ul style="list-style-type: none">- Comparar resultados antes e depois da automação- Avaliar o alcance dos objetivos definidos- Coletar feedback dos usuários e stakeholders
--

Fonte: Elaborado pelos autores.

4.2.1 Papel do Gestor de TI na Implementação da Automação Industrial

Conforme trazido no referencial teórico, Santos (2023) coloca que o papel do Gestor de TI desempenha uma função decisiva no processo de automatização de processos produtivos nas indústrias. Em primeiro lugar, o gestor de TI é responsável por compreender as necessidades e requisitos específicos da empresa em termos de automação, identificando as áreas que podem se beneficiar da implementação de tecnologias automatizadas. Isso envolve uma análise detalhada dos processos existentes, identificando pontos de melhoria e oportunidades para otimização por meio da automação.

Pôde-se conferir no desenvolvimento do estudo que o gestor de TI desempenha um papel fundamental na seleção, implementação e integração de sistemas de automação (SIMÕES, 2021; SILVA, 2021). Isso inclui a avaliação de diferentes soluções tecnológicas disponíveis no mercado, considerando aspectos como funcionalidade, custo, escalabilidade e compatibilidade com os sistemas existentes na empresa. O gestor de TI também coordena a equipe responsável pela implementação, garantindo que o processo seja realizado de forma eficiente e dentro do prazo estabelecido.

Outra função importante do gestor de TI no processo de automatização, conferida pelos autores do presente estudo, é a de garantir a segurança da informação e a integridade dos dados. À medida que mais processos se tornam automatizados e interconectados, aumenta-se a vulnerabilidade a ataques cibernéticos e falhas de segurança. Portanto, o gestor de TI deve implementar medidas de segurança robustas, como firewalls, criptografia de dados e políticas de acesso, para proteger as informações da empresa contra ameaças externas e internas.

Concluiu-se que o gestor de TI desempenha um papel estratégico na maximização dos benefícios da automação para a empresa. Isso envolve monitorar e analisar constantemente o desempenho dos sistemas automatizados, identificando áreas de oportunidade para melhorias adicionais. Além disso, o gestor de TI deve estar atento às tendências tecnológicas emergentes e às mudanças no mercado, garantindo que a empresa esteja sempre na vanguarda da inovação tecnológica e possa manter sua competitividade no longo prazo.

4.2.2 Principais Desafios na Automação dos Processos Industriais

A implementação da automação nos processos industriais enfrenta uma série de desafios significativos que podem impactar sua eficácia e sucesso. Um dos principais desafios é a integração de sistemas legados com novas tecnologias. Muitas indústrias possuem sistemas antigos que não são compatíveis com as soluções modernas de automação, o que torna o processo de integração complexo e custoso. Além disso, a garantia da segurança cibernética é um desafio fundamental, pois com a crescente conectividade dos sistemas industriais, há um aumento no risco de ataques cibernéticos, exigindo medidas robustas de segurança para proteger os ativos e dados da empresa.

No presente estudo, levantou-se significativas informações sobre o desafio enfrentado quanto a resistência à mudança por parte dos funcionários (BARBOSA; CANAZARO; BARBOSA, 2020; TEIXEIRA; VISOTO; PAULISTA, 2016; GONTIJO; HAMANAKA; ARAÚJO, 2022).

Com a análise dos estudos levantados, pôde-se aferir que a automação muitas vezes implica em mudanças nos processos de trabalho e na natureza das funções dos colaboradores, o que pode gerar desconforto e resistência. É essencial investir em programas de treinamento e comunicação eficazes para garantir a aceitação e colaboração dos funcionários durante o processo de automação. Além disso, a complexidade na seleção e implementação das tecnologias adequadas é um obstáculo comum. Com uma vasta gama de soluções disponíveis no mercado, encontrar as tecnologias certas que atendam às necessidades específicas da indústria pode ser desafiador. Isso requer uma análise cuidadosa das opções disponíveis e um planejamento estratégico detalhado para garantir uma implementação bem-sucedida.

Por outro lado, a automação traz desafios significativos para o setor de gestão da tecnologia, especialmente no que diz respeito à adaptação e ao desenvolvimento de competências. A rápida evolução tecnológica exige que os profissionais de TI adquiram novas habilidades e conhecimentos continuamente para lidar com sistemas automatizados avançados. Além disso, a integração de tecnologias automatizadas pode enfrentar resistência interna, necessitando de uma mudança cultural dentro das organizações para aceitação e uso eficaz desses sistemas. A automação também levanta preocupações sobre segurança cibernética, pois sistemas automatizados podem se tornar alvos de ataques sofisticados. Portanto, a gestão da tecnologia deve incorporar estratégias robustas de segurança e desenvolver políticas de governança que assegurem a integridade e a confidencialidade dos dados. Pesquisas sugerem que a formação contínua e a adaptação estratégica são essenciais para mitigar os riscos associados à automação, garantindo que as organizações possam maximizar os benefícios oferecidos por essas tecnologias avançadas (ALBERTIN et al., 2017).

Teixeira et al. (2019) refletem que a introdução da automação no setor de suporte técnico tem provocado mudanças profundas na dinâmica operacional e no papel dos profissionais envolvidos. A automação de processos rotineiros, como triagem de problemas, diagnóstico preliminar e encaminhamento de solicitações, tem resultado em uma redução significativa da carga de trabalho para os técnicos de suporte. Ferramentas de automação baseadas em inteligência artificial e aprendizado de máquina conseguem lidar eficientemente com grande volume de incidentes, acelerando o tempo de resposta e minimizando erros humanos. Isso tem impactos positivos na eficiência operacional das empresas, permitindo uma melhor utilização dos recursos disponíveis.

No entanto, a automação também apresenta desafios para os profissionais de suporte técnico. A natureza complexa e variada dos problemas enfrentados requer habilidades humanas únicas, como empatia, raciocínio crítico e criatividade, que ainda não podem ser totalmente replicadas por sistemas automatizados. Como resultado, os técnicos de suporte estão sendo cada vez mais direcionados para tarefas que exigem intervenção humana, como resolução de problemas complexos, atendimento personalizado e interações com clientes. Essa mudança de foco demanda uma requalificação dos profissionais, que precisam adquirir habilidades complementares em áreas como comunicação, gestão de relacionamento com o cliente e gerenciamento de projetos.

4.2.3 Barreiras Tecnológicas e Organizacionais

A implementação bem-sucedida da automatização nos processos industriais enfrenta várias barreiras tecnológicas e organizacionais que podem impactar significativamente o processo (IEDI, 2018). Em primeiro lugar, as barreiras tecnológicas podem surgir devido à complexidade e diversidade das tecnologias envolvidas na automação, desde sistemas de controle até sensores e dispositivos IoT. A integração dessas tecnologias pode ser desafiadora, especialmente quando as infraestruturas existentes não são facilmente adaptáveis ou compatíveis com as novas soluções.

Além disso, as barreiras organizacionais representam desafios relacionados à cultura empresarial, processos internos e resistência à mudança. Muitas vezes, a falta de compreensão sobre os benefícios da automatização ou o medo da substituição de trabalhadores por máquinas pode gerar resistência por parte dos funcionários. A falta de alinhamento entre os departamentos, como produção, manutenção e TI, também pode dificultar a implementação eficaz da automação, resultando em conflitos de interesse e objetivos.

O Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial (IEDI, 2018) ressalta a carência de um Plano Nacional e a falta de coordenação entre as instituições públicas entre si e entre elas e o setor privado para a uma política que emergja nos padrões da Indústria 4.0 no Brasil. Os documentos comentados apresentam propostas às vezes divergentes, e a falta de coordenação e de definição política fica evidenciada, enquanto outros países bastante citados como exemplos, Estados Unidos, Alemanha e China formularam estratégias nacionais de longo prazo. No caso do Brasil, no tema da política industrial e tecnológica, um grande problema é a institucionalidade frágil, o que se reflete em documentos e mesmo em decisões que não são efetivamente implementados; políticas sem definição de prioridades; proposição de políticas sem estabelecimento de instrumentos de ação; falta de articulação entre instituições do setor público; falta de cooperação efetiva entre governo e empresariado industrial etc.

Por fim, a falta de liderança e apoio de alto nível dentro da organização pode representar uma barreira significativa para a automatização. Sem um compromisso claro e uma visão estratégica por parte dos líderes, os esforços de automação podem ser desarticulados e subestimados. É essencial que os líderes organizacionais reconheçam a importância da automação para a competitividade e o crescimento sustentável, incentivando uma cultura de inovação e colaboração para superar as barreiras tecnológicas e organizacionais, apontadas no **Quadro 6**:

Quadro 6. Principais barreiras tecnológicas e organizacionais no processo de automação industrial.

195

- ♦ **Integração de sistemas:** Os sistemas de automação muitas vezes precisam lidar com dispositivos e equipamentos de diferentes fabricantes, exigindo protocolos de comunicação interoperáveis e interfaces compatíveis.
- ♦ **Segurança cibernética:** Com a crescente conectividade dos sistemas industriais, a segurança cibernética torna-se uma preocupação primordial, garantindo proteção contra ameaças como ataques de malware e hackers.
- ♦ **Manutenção preditiva:** Implementar sistemas de monitoramento e análise de dados para prever falhas em equipamentos e processos, reduzindo o tempo de inatividade e os custos de manutenção.
- ♦ **Capacitação da equipe:** Com a evolução da tecnologia, é essencial capacitar os operadores e técnicos para entender e operar os sistemas de automação de forma eficiente e segura.
- ♦ **Robustez e confiabilidade:** Os sistemas de automação devem ser projetados para lidar com ambientes industriais adversos, resistindo a condições como vibração, temperatura extrema e interferências eletromagnéticas.
- ♦ **Customização e flexibilidade:** Os processos industriais podem exigir adaptações frequentes para atender às demandas do mercado, tornando essencial a capacidade de personalização e flexibilidade dos sistemas de automação.
- ♦ **Interoperabilidade entre tecnologias legadas e modernas:** Muitas indústrias possuem sistemas legados que ainda desempenham um papel crítico. Integrar esses sistemas com tecnologias mais modernas sem interromper as operações é um desafio significativo.
- ♦ **Otimização de energia:** Com o aumento dos custos de energia e as preocupações ambientais, a otimização do consumo de energia nos processos industriais torna-se cada vez mais importante, exigindo sistemas de automação inteligentes e eficientes.
- ♦ **Compliance regulatório:** As indústrias estão sujeitas a uma variedade de regulamentos e padrões de segurança que devem ser cumpridos, o que requer monitoramento constante e conformidade por parte dos sistemas de automação.

Fonte: Adaptado de IEDI (2018).

4.2.4 Oportunidades de Melhoria e Inovação

Os presentes autores puderam conferir que as oportunidades de melhoria e inovação no contexto da automação nos processos industriais são vastas e promissoras. Primeiramente, a integração de tecnologias emergentes, como Internet das Coisas (IoT), inteligência artificial e *machine learning*, oferece novas possibilidades para otimizar a eficiência operacional e a qualidade dos produtos. Essas tecnologias permitem a coleta e análise de dados em tempo real, proporcionando insights valiosos para a tomada de decisão e aprimoramento contínuo dos processos.

Além disso, a adoção de abordagens de manufatura digital, como a digitalização de fábricas e a simulação de processos, abre caminho para a criação de ambientes de produção mais flexíveis e adaptáveis. Isso possibilita a rápida reconfiguração de linhas

de produção para atender às demandas do mercado e a realização de testes virtuais para identificar e corrigir potenciais falhas antes que ocorram na prática.

A colaboração entre diferentes setores, incluindo engenharia, TI, produção e gestão, é fundamental para impulsionar a inovação na automação industrial. A criação de equipes multidisciplinares e a promoção de uma cultura de experimentação e aprendizado contínuo permitem a identificação e implementação de soluções criativas e disruptivas, contribuindo para a competitividade e sustentabilidade das indústrias.

4.2.5 Futuro da Automação Industrial e o Papel do Gestor de TI

O futuro da automação industrial, conforme conferido pelos presentes autores deste estudo, encontra-se em uma contínua evolução tecnológica que transformará radicalmente os processos produtivos. A integração de dispositivos inteligentes, IoT, inteligência artificial (IA) e análise de dados promete aumentar ainda mais a eficiência, a flexibilidade e a personalização na produção industrial. Nesse cenário, o papel do gestor de TI torna-se fundamental, assumindo responsabilidades ampliadas na implementação e otimização dessas tecnologias. Além de garantir a infraestrutura tecnológica necessária, o gestor de TI desempenhará um papel estratégico na análise de dados, na segurança cibernética e na integração dos sistemas de automação com os processos de negócios.

À medida que a automação industrial avança, o gestor de TI se posiciona como um facilitador-chave na adoção e adaptação contínuas das novas tecnologias. Sua expertise em gerenciamento de sistemas, segurança da informação e análise de dados será fundamental para garantir a interoperabilidade e a eficácia dos sistemas automatizados. Além disso, o gestor de TI será responsável por liderar iniciativas de transformação digital, colaborando estreitamente com equipes de engenharia, produção e gestão para identificar oportunidades de automação que impulsionem a competitividade e a inovação da empresa no mercado global (PEREIRA et al., 2022).

No contexto futuro da automação industrial, o papel do gestor de TI se expandirá além das funções tradicionais, exigindo uma visão estratégica e uma compreensão profunda tanto das necessidades operacionais quanto das tendências tecnológicas emergentes. Como arquiteto-chave da infraestrutura digital da empresa, o gestor de TI terá a responsabilidade de promover a cultura da inovação, garantindo que a automação industrial seja implementada de maneira sustentável e alinhada aos objetivos de negócios de longo prazo. Em suma, o futuro da automação industrial dependerá cada vez mais da liderança e do conhecimento técnico do gestor de TI para impulsionar a excelência operacional e a competitividade da empresa.

A automação no setor de produção tem gerado impactos significativos que podem ser analisados sob diferentes perspectivas (PEREIRA et al., 2022). Primeiramente, do ponto de vista econômico, a automação contribui para a redução de custos operacionais e aumento da produtividade. Estudos demonstram que a incorporação de tecnologias automatizadas em linhas de produção resulta em maior eficiência e precisão, minimizando erros humanos e desperdícios de materiais. Do ponto de vista social, a automação no setor de produção apresenta tanto desafios quanto oportunidades. A substituição de trabalhadores por máquinas pode levar ao

desemprego estrutural, especialmente entre aqueles cuja função é repetitiva e de baixa qualificação. Contudo, a automação também cria novas oportunidades de emprego em áreas como tecnologia da informação, engenharia e manutenção de sistemas automatizados. Assim, a transição para um ambiente automatizado exige políticas robustas de requalificação profissional e educação continuada para capacitar a força de trabalho a assumir essas novas funções.

Do ponto de vista organizacional, a automação influencia a estrutura e os processos de gestão das empresas. A introdução de sistemas automatizados requer uma reavaliação das estratégias de gestão de recursos humanos, com foco na integração entre tecnologia e trabalho humano. A automação pode melhorar as condições de trabalho ao eliminar tarefas perigosas ou fisicamente exigentes, promovendo um ambiente de trabalho mais seguro e saudável. No entanto, é crucial que as empresas implementem a automação de forma ética e responsável, garantindo que os benefícios sejam equitativamente distribuídos entre todos os stakeholders (PEREIRA et al., 2022).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tornou-se evidente que a automatização nos processos industriais desempenha um papel fundamental na melhoria da eficiência, produtividade e competitividade das organizações. A integração entre tecnologia da informação e automação industrial possibilita o monitoramento em tempo real, otimização de recursos, tomada de decisões mais assertivas e maior agilidade na adaptação às mudanças do mercado. Além disso, ficou claro que o gestor de tecnologia da informação desempenha um papel estratégico na implementação e gestão desses sistemas, atuando como facilitador na integração entre as áreas operacionais e de TI, garantindo a segurança dos dados e promovendo a inovação contínua.

No entanto, mesmo diante dos benefícios evidentes, surgem desafios que devem ser enfrentados, como a resistência à mudança por parte dos colaboradores, a necessidade de investimentos significativos em infraestrutura e capacitação, e a complexidade na integração de sistemas legados. Portanto, é essencial que as organizações estejam preparadas para superar esses obstáculos, investindo em uma cultura organizacional que valorize a inovação e o aprendizado contínuo, promovendo a capacitação dos colaboradores e garantindo uma governança eficaz dos sistemas de informação. Somente assim será possível aproveitar ao máximo os benefícios da automatização nos processos industriais e manter a competitividade em um mercado cada vez mais dinâmico e exigente.

A automação na produção tem impactos profundos e multifacetados na alta administração, alterando a dinâmica do planejamento estratégico e da tomada de decisões. Primeiramente, a automação possibilita uma maior eficiência operacional, o que pode reduzir custos e aumentar a produtividade. Isso significa que os executivos de alto escalão precisam reavaliar suas estratégias de alocação de recursos, direcionando investimentos para tecnologias avançadas e capacitação da força de trabalho. A literatura científica indica que a implementação bem-sucedida de tecnologias de automação requer uma visão estratégica clara e uma liderança forte para guiar a transição e mitigar riscos associados.

Além disso, a automação impõe novas responsabilidades sobre a alta administração em termos de gestão de talentos e cultura organizacional. A integração de sistemas automatizados altera o perfil de competências necessário dentro da organização, exigindo uma força de trabalho mais qualificada e flexível. Estudos mostram que a alta administração deve promover uma cultura de inovação e aprendizagem contínua para maximizar os benefícios da automação. Isso envolve a reestruturação de processos internos e a implementação de programas de desenvolvimento profissional que capacitem os empregados a trabalhar de forma eficaz em um ambiente cada vez mais digitalizado. Ademais, a automação pode gerar desafios éticos e sociais que os executivos precisam abordar, como a potencial desigualdade de emprego e a necessidade de uma transição justa para os trabalhadores deslocados. Portanto, a alta administração deve adotar uma abordagem holística, equilibrando eficiência tecnológica com responsabilidade social.

5.1 Sugestões de Estudos

Para futuras pesquisas, é recomendável explorar mais a fundo a integração de tecnologias emergentes, como Internet das Coisas (IoT), Inteligência Artificial (IA) e *Blockchain*, na automação dos processos industriais e no papel do gestor de TI. Investigar como essas tecnologias podem ser combinadas para otimizar ainda mais a eficiência, a segurança e a sustentabilidade dos processos fabris podem fornecer informações valiosas para a indústria. Além disso, uma área promissora para pesquisas futuras é a análise do impacto da automação industrial na força de trabalho e nas habilidades necessárias para os profissionais de TI, explorando questões relacionadas à *Reskilling* e *Upskilling* para acompanhar as mudanças tecnológicas. O *Upskilling* abrange o desenvolvimento de habilidades, competências e conhecimentos que uma pessoa já possui ou nas áreas em que já está inserida, tratando-se de um aprimoramento do domínio sobre esses assuntos, pela sua expansão ou atualização; *Reskilling* é o aprendizado de novas habilidades e competências, a capacidade de adaptação para o exercício de novas funções ou o conjunto de estratégias organizacionais para desenvolvimento e requalificação de pessoas. Compreender como a automação está transformando os papéis e as responsabilidades dos profissionais de TI na indústria pode ajudar na formulação de estratégias de desenvolvimento de talentos mais eficazes e na preparação para o futuro do trabalho.

5.2 Limitações do Estudo

Uma limitação deste estudo reside na disponibilidade de dados específicos e atualizados sobre a integração entre automação industrial e gestão de TI. Dada a natureza dinâmica do campo, encontrar informações detalhadas e recentes pode ser um desafio, especialmente em setores industriais específicos ou em empresas que não divulgam publicamente suas práticas. Além disso, a complexidade das relações entre automação e gestão de TI pode dificultar a obtenção de uma compreensão abrangente, uma vez que envolve não apenas aspectos técnicos, mas também questões organizacionais e culturais.

Outra limitação está relacionada à generalização dos resultados, uma vez que o estudo se baseia em um número limitado de casos ou em uma única empresa. Isso pode restringir a aplicabilidade dos achados a outras indústrias ou contextos organizacionais. Além disso, as conclusões podem ser influenciadas pela singularidade das circunstâncias de cada caso estudado, tornando importante considerar a diversidade de situações que podem surgir na integração entre automação industrial e gestão de TI. Essas limitações ressaltam a necessidade de cautela na interpretação dos resultados e sugerem oportunidades para pesquisas futuras que possam abordar essas questões de forma mais abrangente e aprofundada.

REFERÊNCIAS

ALBERTIN, M. R. et al. Principais inovações tecnológicas da indústria 4.0 e suas aplicações e implicações na manufatura. In: **Simpósio de Engenharia de Produção, XXVI**, 08 a 10 nov. 2017, Bauru, São Paulo, Brasil. Anais[...] Bauru, São Paulo, 2017.

ALVES, L. O. **Rede de valores e o ecossistema big data: a internet das coisas aplicada à automação residencial**. 2017. Projeto de Graduação – UFRJ / Escola Politécnica / Curso de Engenharia de Controle e Automação, 2017.

AMARAL, C. J. **Desenvolvimento de firmware e software de programação para um CLP de placa única, baseados na linguagem Step5**. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina, 2007.

AQUINO, R. D. G. **Desenvolvimento de uma ferramenta para automação e supervisão, baseada na plataforma arduino e controladores lógicos programáveis, para a aplicação em ambientes industriais**. 2015. TCC (Curso de graduação em Engenharia Elétrica) - Campus de Sobral, Universidade Federal do Ceará, Sobral, 2015.

BARBOSA, L. P.; CANAZARO, J. V.; BARBOSA, V. O. Automação industrial nacional: perspectivas e desafios do futuro. **Revista Interdisciplinar Pensamento Científico**, v. 6, n. 1, p. 151-262, 2020.

BRAGANÇA, F.; ANDRADE, J. L.; KLEVENHUSEN, R. B. Proteção de dados e plataformas de solução de conflitos: desafios da segurança da informação e oportunidades. **IV Congreso Internacional De Globalización, Ética Y Derecho**, p. 32-331, 2020.

BRANCO, G. M.; AHLERT, H.; MOTTA, T. S. Sistemática para integração entre processos e TI. **Workshop de Tecnologia da Informação e Comunicação das IFES (9.: 2015: Belo Horizonte)**. [Anais..]. Belo Horizonte: sn, 2015. 2015.

BRANQUINHO, M. A. et al. **Segurança de Automação Industrial e SCADA**. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2014.

CONTIERI, P. G. **Adoção dos conceitos da Indústria 4.0 nas empresas brasileiras de manufatura: análise dos principais desafios**. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, 2022.

COUTINHO, M. A. **Detecção de ataques em infraestruturas críticas de sistemas elétricos de potência usando técnicas inteligentes.** 2007. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Itajubá, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. Itajubá, 2007.

CARVALHO, D. B. **Importância da implantação de controlador lógico programável para a automação industrial.** 2017. 34 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Controle e Automação – Faculdade Pitágoras, Poços de Caldas, 2017.

CRAVO, E. **Automação industrial: Linguagem de programação Ladder: aplicações, exemplos e dicas.** 2024. Disponível em: <https://blog.kalatec.com.br/linguagem-programacao-ladder/> Acesso em 19 jun. 2024.

DINIZ, J. **Maturidade de processos: avaliação e como descobrir seu nível.** 2024. Disponível em: <https://www.pipefy.com/pt-br/blog/maturidade-de-processos/>. Acesso em: 19 jun. 2024.

DOMETERCO, J. H. **Uma arquitetura baseada em agentes e interface web para sistemas de automação de subestações de energia elétrica.** Monografia (Especialização) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pós-Graduação em Informática. Curitiba, 2006.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GIMENEZ, D. M.; SANTOS, A. L. **Indústria 4.0, manufatura avançada e seus impactos sobre o trabalho.** CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Instituto de Economia. Campinas: UNICAMP, 2019.

GONÇALVES, M. P. Proposta de Implementação da Indústria 4.0 na Área de Logística. 2016. 84 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Transportes e Logística) – Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville. 2016.

GONTIJO, M. C. A.; HAMANAKA, R. Y.; ARAÚJO, R. F. Gestão de dados científicos: produção e impacto a partir de dados da base Dimension. **Advanced Notes in Information Science**, v. 2, p. 112-120, 2022.

GRESSLER, Fernando et al. Diagnóstico do grau de maturidade do sistema de gestão orientado para a manutenção 4.0. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 14951-14978, 2020.

GUIMARÃES, A. J. R.; BEZERRA, C. A. Gestão de dados: uma abordagem bibliométrica. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 24, p. 171-186, 2020.

IEDI – Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial. **Políticas para o Desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil.** 2018. Disponível em: https://www.iedi.org.br/media/site/artigos/20180710_politicas_para_o_desenvolvimento_da_industria_4_0_no_brasil.pdf Acesso em: 21 jun. 2024.

IBM. **O que é automação?** 2022. Disponível em: <https://www.ibm.com/br-pt/topics/automation>. Acesso em: 16 jun. 2024.

MACHADO, M. R.; BAX, M. P. Utilização de ontologia para auxílio na avaliação de segurança cibernética da infraestrutura crítica do setor elétrico: perspectiva brasileira.

In: **Seminar on Ontology Research in Brazil; Doctoral and Masters Consortium on Ontologies**. Universidade Federal de Minas Gerais, 2020.

MARTINEZ, M.; MALTEZ, M. O direito fundamental à proteção em face da automação. **Revista Nova Hileia**, v. 2, n. 2, p. 1-31, 2017.

MENDES, C. R.; BORTOLI, F. S.; COSTA, C. Industria 4.0 a digitalização da manufatura: um caso de estudo. **Revista SINERGIA**, v. 22, n. 1, p. 22-25, 2022.

MEZZARI, L. R.; LEAL, E. H. V.; VIEGAS, S. C.. Internet das coisas: arduino, firebase e android. **Revista de Gestão, Educação e Tecnologia**, v. 5, n. 1, p. 50-55, 2019.

MOREIRA, F. R. **Uma proposta para priorização de controles de segurança cibernética com o uso de um método multicritério**. 2022. xi, 57 f., il. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Elétrica) — Universidade de Brasília, Brasília, 2022.

NEVES, J. M. S. **Contribuições da implantação da tecnologia de informação MES-Manufacturing Execution System-para a melhoria das dimensões competitivas da manufatura**: estudo de caso Novelis Brasil Ltda. 2011. Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2011.

NOGUEIRA, S. R. L. **Sistemas Scada as a Service (SaaS) para gestão de energia comparado aos sistemas convencionais**. 2022. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia de Energia) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Engenharia e Ciências, Rosana, 2022.

OLIVEIRA, E. A. T. **Estudo comparativo entre um sistema de planejamento avançado de produção (APS) e uma heurística de sequenciamento baseada no método ATC**. 2023. Monografia (TCC em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Curso de Engenharia de Produção, Porto Alegre, 2023.

OTANI, Mario et al. Proposta de como sair da manufatura tradicional rumo a evolução dos sistemas de fabricação inteligente, um estudo de caso. **Revista Contemporânea**, v. 4, n. 1, p. 2210-2234, 2024.

ROSÁRIO, J. M. **Automação industrial**. São Paulo: Editora Baraúna, 2009.

PASQUINI, N. C. Revoluções Industriais: uma abordagem conceitual. **Revista Tecnológica da Fatec Americana**, v. 8, n. 01, p. 29-44, 2020.

PASZINSKI, L. P. **Supervisão interativa de uma planta industrial de processo contínuo**. 2017. Monografia (Tecnólogo em Automação Industrial) - Universidade Estadual do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2017.

PAULA, A. O. et al. **Plataforma integrada de automação para simulação completa de subestações digitais com foco em interoperabilidade e segurança cibernética**. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/dd9ab7d7-100d-4232-9228-17bbe41202f2/3002163.pdf> Acesso em: 19 jun, 2024.

PEDRIALI, D.; GALEGALE, N. V.; ARIMA, C. H. Convergência de TI e TO: impactos na segurança da informação em empresas com manufatura avançada. **XLII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 2022.

PEDRO, J. **Gerente de TI: o que faz, qual sua importância e perfil ideal.** 2023. Disponível em: <https://www.nomus.com.br/blog-industrial/gerente-de-ti/>. Acesso em: 13 mai. 2024.

PEREIRA, A. A. P. et al. Os impactos positivos da aplicação da indústria 4.0 no setor automotivo mais citados na literatura. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 8, n. 6, p. 1135-1141, 2022.

PISCHING, M. A. **Arquitetura para descoberta de equipamentos em processos de manufatura com foco na indústria 4.0.** 2019. Tese (Doutorado) - Engenharia de Controle e Automação Mecânica. São Paulo, 2017.

QUINTELLA, H. L. M. M.; ROCHA, H. M. Nível de maturidade e comparação dos PDPs de produtos automotivos. **Production**, v. 17, p. 199-215, 2007.

RAMOS, V. M. **Competências dos profissionais de TI: um estudo de caso de como as competências dos gestores de TI se aproximam das competências dos CIOs.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Administração. Programa de Pós-Graduação em Administração, 2016.

REIS, S. E. B. **Tecnologias aplicadas na Indústria 4.0: avanços na indústria automobilística, metalúrgica e mineral.** 2024. 44 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2024.

RIBEIRO, J. M. **O conceito da indústria 4.0 na confecção: análise e implementação.** 2017. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Minho, Escola de Engenharia. Minho, Portugal, 2017.

RINALDI, M. A. **Competências profissionais essenciais de um gestor de tecnologia da informação.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Sociais Aplicadas, 2017. 149 p.

ROIG, M. **Sete Benefícios da Automação de Processos.** 2017. Disponível em: <https://administradores.com.br/noticias/7-beneficios-da-automacao-de-processos>. Acesso em; 12 mar. 2024.

SANTOS, A. C. N. N. **A importância do gestor de tecnologia da informação para as organizações.** Monografia (TCC graduação em Gestão da Tecnologia da Informação) – Instituto Federal do Sertão de Pernambuco, Campus Floresta, Floresta, PE, 2023. 58 p.

SANTOS, E. F.; SOUSA FILHO, J. L.; PEREIRA, T. G. Desafios para implantação da indústria 4.0 nas empresas atuais. **INTERFACE: Revista Eletrônica da FAESC**, v. 2, n. 01, p. 80-94, 2021.

SANTOS DURÃO, L. F. C.; CARVALHO, M. M.; SENZI ZANCUL, E. Indústria 4.0: Formação de Redes de Projeto em Manufatura Distribuída. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, v. 12, n. 3, p. 131-131, 2017.

SILVA, E. M. **Liderança e gestão em TI: uma análise do desempenho de gestores de TI baseada em competências críticas de gestão.** 2013. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, Faculdade de Engenharia de Produção, 2013.

SILVA, C. A. Proposta de metodologia para elaboração de um Plano Diretor de Automação Industrial (PDAI) visando o aumento da eficiência energética em plantas petroquímicas. 2021. 108 f. Dissertação (Regulação da Indústria e Energia) - UNIFACS, Salvador, 2021.

SILVEIRA, L.; LIMA, W. Q. Um breve histórico conceitual da Automação Industrial e Redes para Automação Industrial. Redes para Automação Industrial. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, p. 16, 2003. Disponível em: https://www.dca.ufrn.br/~affonso/FTP/DCA447/trabalho1/trabalho1_13.pdf

SIMÕES, Lucas Henrique. **Automação Industrial e a Indústria 4.0:** a importância da tecnologia e da robótica na Indústria. 2021. 42 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Elétrica – Anhanguera Educacional, Taubaté, 2021.

SIQUEIRA, F. P. O Papel Estratégico dos Sistemas APS na **Gestão da Produção**. 2009. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Aveiro, Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial. Aveiro, 2009.

SOARES, R.; LUCATO, A. V. R. Robótica colaborativa na Indústria 4.0, sua importância e desafio. **Revista Interface Tecnológica**, v. 18, n. 2, p. 747-759, 2021.

SOUZA, A. S. **Desenvolvimento de supervisórios web no âmbito de um estudo de caso de implementação de sistema SCADA Baseado em protocolo OPC UA**. 2022. 71 f., il. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Eletrônica) — Universidade de Brasília, Brasília, 2022.

TEIXEIRA, R. L. P. et al. Os discursos acerca dos desafios da siderurgia na indústria 4.0 no Brasil. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 12, p. 28290-28309, 2019.

TEIXEIRA, A. F. S.; VISOTO, N. A. R.; PAULISTA, P. H. Automação industrial: Seus desafios e perspectivas. **Revista Científic@ Universitas**, v. 3, n. 2, p. 1-5, 2016.

TURBAN, E.; VOLONINO, L. **Tecnologia da Informação para Gestão:** em busca de um melhor desempenho estratégico e operacional. Porto Alegre: Bookman Editora, 2013.

Os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.