



ConBRepro

XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



IA nas Engenharias

29 nov. a 01
de dezembro 2023

Inteligência Artificial aplicada aos sistemas MRP I e MRP II: Avanços, Aplicações e Desafios

Alessandro Moreira Soares

Departamento de Engenharia de Produção - UTFPR

João Luiz Kovaleski

Departamento de Engenharia de Produção - UTFPR

Aldo Braghini Junior

Departamento de Engenharia de Produção – UTFPR

Resumo: O planejamento das necessidades de materiais é uma etapa fundamental para garantir a eficiência operacional. O sistema *Material Requirements Planning* (MRP I), é um sistema de planejamento e controle de estoque utilizado em empresas de manufatura. Este sistema incorporou outras funcionalidades, como controle de contabilidade, custos, vendas, logística e recursos humanos, tornando-se *Manufacturing Resource Planning* (MRP II). Ambos os sistemas estão empregados dentro do *Enterprise Resources Planning* (ERP), o qual é um sistema de gestão empresarial que permite integrar e automatizar seus processos e atividades em diferentes áreas. O uso da Inteligência Artificial (IA) está relacionado ao progresso da transformação digital da manufatura, e tem impacto em diferentes áreas de aplicação, como o controle de custos e a gestão de estoques nas adaptações de mercado. Na indústria, pode trazer benefícios significativos, que permitem melhorias operacionais, incluindo aumento da produtividade por meio do uso de dispositivos inteligentes e aprendizado de máquinas, redução de custos pela análise inteligente da operação, maior segurança com a ajuda de robôs industriais na prevenção de riscos e apoio à tomada de decisão com insights precisos obtidos por *software* e sensores. Foi realizado um levantamento bibliográfico, a fim de descrever a integração da utilização da inteligência artificial em sistemas MRP para melhorias do processo produtivo. O artigo pode contribuir no entendimento do funcionamento e importância de sistemas MRP I e MRP II para as indústrias de manufaturas, e os benefícios que a incorporação de tecnologias da IA pode trazer para o processo produtivo da empresa.

Palavras-chave: MRP I, MRP II, Inteligência Artificial.

Artificial Intelligence applied to MRP I and MRP II systems: Advances, Applications and Challenges

Abstract: Planning material requirements is a fundamental step to ensure operational efficiency. The Material Requirements Planning (MRP I) system is a planning and inventory control system used in manufacturing companies. This system incorporated other functionalities, such as accounting control, costs, sales, logistics and human resources, becoming Manufacturing Resource Planning (MRP II). Both systems are used within the Enterprise Resources Planning (ERP), which is a business management system that allows you to integrate and automate your processes and

activities in different areas. The use of Artificial Intelligence (AI) is related to the progress of the digital transformation of manufacturing, and it has an impact on different application areas, such as cost control and inventory management in market adaptations. In industry, it can bring significant benefits that allow for operational improvements, including increased productivity with smart devices and machine learning, cost reduction through intelligent analysis of the operation, increased safety with the help of industrial robots in risk prevention and support for decision-making with accurate insights obtained by software and sensors. A bibliographic survey was carried out to describe the integration of the use of artificial intelligence in MRP systems for improvements in the production process. The article can contribute to the understanding of the functioning and importance of MRP I and MRP II systems for the manufacturing industries, and the benefits that the incorporation of AI technologies can bring to the company's production process.

Keywords: MRP I, MRP II, Artificial Intelligence.

1. Introdução

Segundo *Lustosa et. al., (2008)* a ausência de materiais e insumos necessários para a produção pode resultar em problemas de atendimento à demanda. No entanto, manter um estoque excessivamente elevado, embora possa reduzir os custos de não-atendimento, provoca também custos mais altos de manutenção de estoque. Assim, o planejamento das necessidades de materiais surge como uma etapa fundamental para garantir uma maior eficiência operacional. Para auxiliar neste planejamento, podem ser utilizados sistemas de cálculo de necessidades, que visam atender aos prazos de entrega dos clientes com estoques mínimos, planejando compras e produção apenas no momento e quantidade necessários, evitando excessos e escassez (CORRÊA; GIANESI, 1993)

Até meados dos anos 60, a lógica do cálculo de necessidades era conhecida, mas sua aplicação em processos de manufatura complexos era inviável devido à falta de capacidade computacional de armazenamento e processamento de dados. Com o avanço dos computadores, surgiram os primeiros sistemas de gestão de materiais utilizando esse conceito, convertendo planos de produção em planos de compras ou produção dos itens componentes (CORRÊA; GIANESI, 1993).

O sistema MRP I, sigla para *Material Requirements Planning*, ou Planejamento de Necessidades de Materiais (termo em português), trata-se de um sistema de planejamento e controle de estoque utilizado em empresas de manufatura. O sistema MRP surgiu da necessidade de um modelo para definir e organizar os processos de produção. Inicialmente armazenava dados de demanda, lista de materiais de matéria-prima para atender a produção e o estoque, sem gerar excessos ou escassez desta. Com o tempo, o sistema MRP I foi aprimorado, e incorporou outras funcionalidades, como controle de contabilidade, custos, vendas, logística, recursos humanos etc. Esse sistema aprimorado do MRP I passou a se chamar MRP II, sigla para "*Manufacturing Resource Planning*" ou "Planejamento de Recursos de Manufatura" (termo em português) (SANTOS, 2023; GONÇALVES, 2022).

Com o surgimento da Indústria 4.0 é cada vez mais frequente o uso de tecnologias de inteligência artificial e fabricação industrial inteligente em operações industriais (MODESTI, 2020). Nesse sentido, a introdução de inteligência artificial em sistemas de MRP I e MRP II pode aprimorar a eficiência e precisão destes. Dessa forma, esse artigo tem o objetivo descrever os principais aspectos do MRP I e MRP II e descrever como aprimoramento de tecnologias de Inteligência artificial podem otimizar os sistemas já existentes e para isso uma revisão bibliográfica foi realizada.

Este artigo está dividido em cinco seções. A primeira (Introdução), descreve o tema, o problema e os objetivos do trabalho. A segunda seção descreve a metodologia adotada para a construção do texto. A terceira seção traz uma revisão teórica dos principais conceitos e princípios do MRP I e MRP II. A quarta seção descreve uma visão geral da

inteligência artificial, seus principais componentes e sua aplicação em sistemas de planejamento de necessidades de materiais, além de trazer estudos de caso de aplicações práticas dessas tecnologias. Por fim, a última seção descreve as principais conclusões do artigo.

2. Metodologia

Para realizar este trabalho, inicialmente foi conduzida uma pesquisa bibliográfica exploratória, nas bases de dados como *Science Direct*, *Web of Science*, *Scopus*, *Scielo* e *Google Scholar*, para compor o corpo do artigo (itens 1, 3, e 4.1). Para a elaboração do item 4.2, foi realizada uma pesquisa bibliográfica sistemática, a fim de descrever alguns estudos de caso realizados nos últimos anos que relatam a integração da utilização da inteligência artificial em sistemas MRP para melhorias do processo produtivo. Para isso, foi escolhida a base de dados do *Science Direct*, principal fonte mundial de pesquisa científica, aplicando para isso a seguinte lógica booleana e palavras-chaves: "MRP" AND "Artificial Intelligence" AND "Manufacturing Resource Planning" AND "Material Requirements Planning" AND "Case study". Foi selecionado um recorte temporal de artigos publicados entre os anos de 2012 e 2023. A pesquisa encontrou um total de nove resultados. Destes, oito foram utilizados para a elaboração do item. Além disso, outros três artigos relevantes ao tema, encontrados durante a pesquisa exploratória, também foram utilizados.

3. Referencial Teórico

3.1 Planejamento e controle da produção em empresas

O crescimento exponencial das organizações industriais após a Revolução Industrial acarretou desafios significativos na gestão do trabalho, dos estoques e do pessoal (PEINADO; GRAEML, 2007). No passado, a gerência de produção enfrentava críticas constantes das vendas, contabilidade e engenharia devido à falta de ferramentas profissionais para o trabalho. As vendas reclamavam do desempenho da manufatura, a contabilidade criticava o estoque excessivo e as variações de custo, enquanto a engenharia menosprezava a atividade de manufatura como desorganizada e pouco profissional (WIGHT, 1995).

Para enfrentar esse contexto complexo, foram desenvolvidas novas técnicas de administração mais maduras e adaptadas à realidade do ambiente produtivo em constante evolução. Um dos desafios iniciais nesse cenário foi o aprimoramento da administração de materiais, que foi abordado com sucesso através da concepção do sistema de planejamento dos recursos materiais, conhecido como MRP I (*Material Requirements Planning*). Este sistema foi resultado de uma colaboração entre as indústrias de máquinas CASE e a IBM, desempenhando um papel crucial na otimização dos processos de gestão de materiais em larga escala (PEINADO; GRAEML, 2007).

O MRP I começou a ser utilizado em 1960, e por muito tempo as empresas trabalharam bem com este sistema. Porém, o processo era carente em suporte e marketing, e além destes, os setores de produção e finanças começaram a operar abaixo de suas máximas capacidades. Dessa forma surgiu na década de 1980 o MRP II (*Manufacturing Resource Planning*), que é uma evolução do MRP I, e que por meio de relatórios, fornecia informações mais exatas sobre aquisição de insumos, produção de bens e entrega de produtos aos clientes (GONÇALVES, 2022).

Segundo Gonçalves (2022) o estoque é essencial em uma indústria, e muitos erros podem ocorrer decorrente de processos manuais, como ociosidade de materiais, prejuízos quando

estes são precípuos etc. Assim, tecnologias de MRP I e MRP II, por meio de rotinas automatizadas, podem auxiliar reduzindo as ineficiências operacionais.

3.2 MRP I e MRP II: conceitos e princípios

Segundo Wight (1995) são dois os métodos fundamentais de fazer pedidos de material: o ponto de pedido (*order point*) e o planejamento de necessidades de material (MRP). Todos os outros métodos são variações desses sistemas iniciais. No método "*order point*" se estabelece o momento do pedido com base no uso médio e considera um "estoque de segurança" para situações em que haja demandas maiores que a média. Já no método MRP, a determinação de "quando fazer o pedido" baseia-se nas programações dos itens que usam o material.

Antes da disponibilidade dos computadores, as empresas levavam em média treze semanas para realizar novos pedidos de reposição de estoque (sistemas de pedidos trimestrais). Porém, com a chegada dos computadores, o cálculo foi reduzido para um fim de semana, permitindo pedidos mais frequentes e tornando o MRP I uma técnica viável e superior. Com o avanço dos recursos computacionais, algumas empresas passaram a recalcular suas necessidades semanalmente e a dividir o planejamento em períodos menores, com maior precisão (WIGHT, 1995). O objetivo era determinar o quanto e quando os materiais seriam necessários para atender a produção planejada, considerando sempre o mínimo estoque possível (PEINADO; GRAEML, 2007). Esse avanço proporcionou uma gestão mais eficiente da produção (WIGHT, 1995).

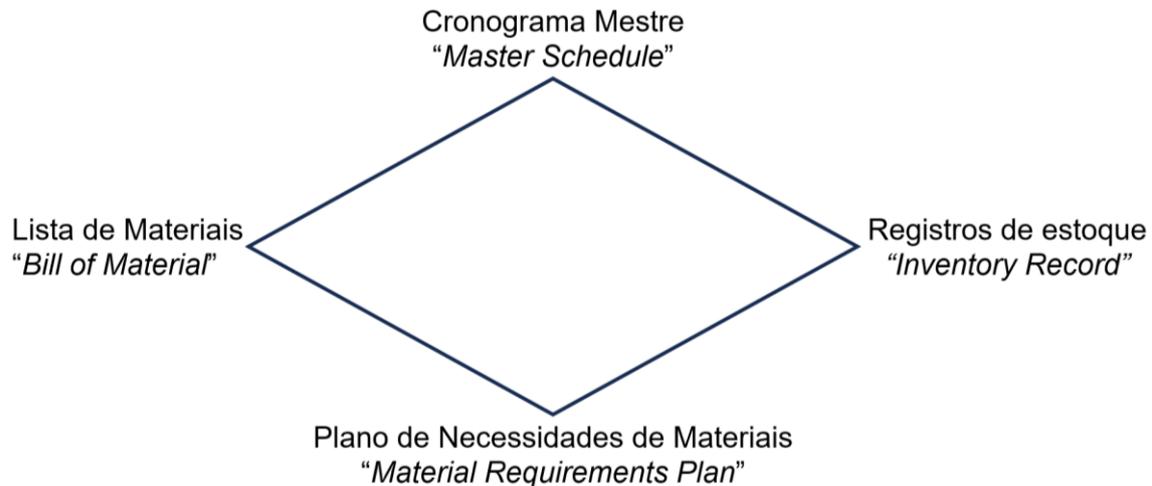
As primeiras aplicações computadorizadas do cálculo de necessidade de materiais surgiram a partir de um "processador de listas de materiais", que transformava um plano de produção de um produto final (demanda independente) em um plano de compras ou produção de suas partes componentes (demanda dependente¹) (CORRÊA; GIANESI, 1993). Segundo Peinado e Graeml (2007) o MPR auxilia as empresas a planejar suas necessidades de recursos, com o apoio de sistemas de informação padronizados. Basicamente o MRP I trata de compra de insumos e envio de produtos. Segundo Gonçalves (2022), o MPR I é dividido em três módulos:

- O Programa Mestre de Produção (ou MPS), que verifica se a empresa é capaz ou não de atender ao pedido de clientes no prazo, relacionando os insumos necessários e disponíveis;
- Lista de materiais (ou BOM), que consiste em um arquivo com listas onde estão descritas as matérias-primas necessárias para a produção de um bem e;
- Arquivo de *status* do inventário, que contém informações como quantidade de itens no estoque, pedidos em aberto, e tempo entre a solicitação de pedido e recebimento do material.

A lógica do funcionamento do sistema MRP foi descrita por Wight (1995) de acordo com a Figura 1.

¹ Demanda independente refere-se à demanda do mercado consumidor, que deve ser prevista, mas não pode ser determinada com absoluta precisão. Por outro lado, demanda dependente é a demanda de partes utilizadas na produção de produtos finais e pode ser calculada, pois está relacionada aos programas de produção dos itens de nível superior e é normalmente uma demanda interna à empresa ou à sua cadeia de suprimento (PEINADO e GRAEML, 2007).

Figura 1 – A lógica do MRP



Fonte: Adaptado de Wight (1995).

Com o contínuo aumento da capacidade de processamento computacional, o MRP I, criado para controle de materiais, passou a controlar outras áreas da empresa, como os recursos de manufatura (equipamentos e mão-de-obra). A partir de então, o MRP passou a ser chamado de MRP II (PEINADO; GRAEML,2007).

MRP I tem por finalidade automatizar processos ligados a compra de insumos industriais e reposição de estoque. Já o MRP II foca em fornecer análises preditivas, e estimativa de necessidade futura de insumos da indústria, utilizando as compras feitas ao longo do tempo para projetar as necessidades futuras para garantir o funcionamento da empresa (GONÇALVES, 2022).

Os sistemas do tipo MRPII são mais adequados a empresas que visam o cumprimento de prazos e a redução de estoques. Nesse sistema, parte-se das necessidades de entrega de produtos finais, calculando-se o tempo em que as atividades devem iniciar e acabar para cumprimento do prazo, além dos recursos necessários para que se execute cada etapa do processo (CORRÊA; GIANESI, 1993).

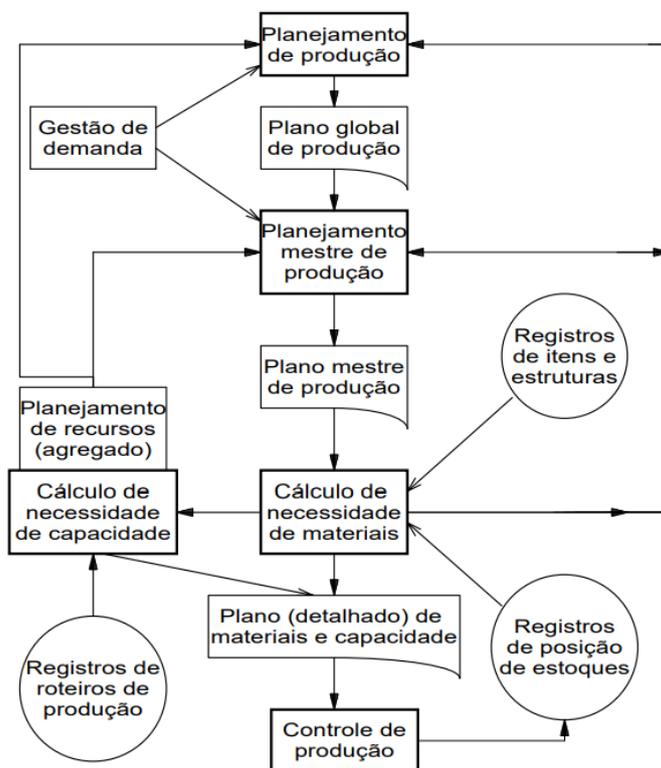
O MRPII é um sistema hierárquico de administração da produção, que detalha planos de longo prazo até níveis específicos de componentes e máquinas. Segundo Corrêa e Gianesi (1993), pode ser dividido em cinco módulos principais:

- Planejamento da produção, que é o nível mais agregado de planejamento, auxiliando nas decisões sobre os níveis agregados de estoques e produção a cada período, com base em previsões de demanda agregada. Ele envolve dados monetários sobre volumes vendidos e níveis de estoque, e os planos desagregados dos demais módulos (MPS e MRP) são consolidados para garantir que contribuam com as metas de produção de prazo mais longo;
- Planejamento mestre de produção (MPS), que auxilia, a partir de informações de entrada, na decisão de planejamento de quantidades de itens de demanda independente e níveis de estoque;
- Cálculo de necessidade de materiais (MRP) que calcula a necessidade de produtos em necessidade de compras e de produção de itens componentes, programando ordens de compra e produção, de forma a cumprir o plano mestre;

- Cálculo de necessidade de capacidade (CRP), que calcula a necessidade de capacidade ao longo do tempo, considerando cada centro produtivo e suas capacidades máximas, podendo identificar inviabilidades e ociosidades excessivas de recursos, para que sejam ajustados;
- Controle de fábrica (SFC), que tem prioridade em cumprir o CRP, o SFC carrega as ordens do próximo período nas máquinas, segundo prioridades pré-definidas, e também procura tomar medidas corretivas, sinalizando para os módulos de planejamento possíveis inviabilidades.

Além desses, existem também módulos de atualização de dados cadastrais (CORRÊA; GIANESI, 1993). As inter-relações entre os módulos descritos em um sistema MRP II típico podem ser observadas na Figura 2.

Figura 2 - Inter-relações entre os módulos principais de um sistema MRPII típico



Fonte: Corrêa e Giansesi (1993)

O MRPII possui vantagens o tornam útil em ambientes competitivos e instáveis, especialmente para estruturas complexas com demandas variáveis. Sua lógica trata de forma mais adequada os itens de demanda dependente em comparação com a lógica de ponto de reposição. O sistema é integrado, fornecendo uma grande quantidade de informações para vários usuários, mas também possui limitações que devem ser compreendidas por aqueles que o utilizam (CORRÊA; GIANESI, 1993).

Devido ao grande aumento da capacidade dos computadores, atualmente o MRP I e o MRP II estão muitas vezes empregados dentro do ERP, sigla para *Enterprise Resources Planning* ou Planejamento de Recursos da Empresa. O ERP é, portanto, um sistema de gestão empresarial que permite integrar e automatizar seus processos e atividades em diferentes áreas. Além do gerenciamento de materiais e recursos, engloba também atividades mercadológicas, recursos humanos, logísticas, contábeis e financeiras (PEINADO; GRAEML, 2007), e funciona por meio de uma série de cálculos utilizando dados

de variáveis como matérias-primas, tempo e volume de produção (PEINADO; GRAEML, 2007; GONÇALVES, 2022).

Enquanto o MRP I continua sendo fundamental no âmbito operacional da indústria, o MRP II é adotado visando melhorias no nível estratégico e está diretamente relacionado ao potencial de crescimento da indústria, e além disso tem maior facilidade de se integrar ao ERP (GONÇALVES, 2022).

3.3 Principais desafios dos sistemas MRP I e MRP II

Os sistemas MRP I e MRP II têm sido essenciais no auxílio de empresas para otimização de recursos e eficiência nas operações. No entanto, esses sistemas também possuem desafios. Segundo Peinado e Graeml (2007) alguns desafios na utilização dos sistemas MRP podem ser verificados, principalmente pela necessidade de organização e precisão dos dados. Os sistemas MRP, exigem um nível de organização elevado, já que são diretamente dependentes da precisão dos dados relacionados as estruturas de produtos, registros de estoques, *lead times*, entre outros. Também há problemas na precisão dos registros de inventário, assim é comum que estoques físicos apresentem valores diferentes dos valores constantes nos sistemas.

Segundo Corrêa e Gianesi (1993), o MRP II apresenta algumas limitações específicas. De acordo com os autores o MRP II é um sistema complexo e muitas vezes caro, dificultando adaptações às necessidades específicas da empresa usuária. Sua implementação bem-sucedida requer um grande esforço de pré-organização, e algumas empresas podem se ver obrigadas a se adaptar à ferramenta em vez de personalizá-la de acordo com suas preferências. Além disso, o ambiente que utiliza MRP II é altamente computadorizado, exigindo disciplina rigorosa na entrada sistemática de dados, pois o sistema depende dessas informações para funcionar adequadamente. No entanto, críticos argumentam que o MRP II é um sistema passivo, aceitando parâmetros preestabelecidos sem questioná-los ou buscando melhorias. Por fim, sua ênfase no cumprimento de prazos e redução de estoques pode influenciar o desempenho estratégico da empresa em detrimento de outros critérios relevantes.

Adicionalmente, devido a complexidade do mercado, com demandas de clientes cada vez mais voláteis e imprevisíveis, cadeias de suprimentos cada vez mais complexas, com grande número de fornecedores, faz com que esses sistemas tenham muitas vezes dificuldades em processar e analisar grandes quantidades de dados em tempo real, o que pode provocar decisões imprecisas ou desatualizadas. Assim, a Inteligência Artificial (IA) aplicada a esses sistemas é vista como uma solução promissora, já que pode melhorar a eficiência dos processos e previsão da demanda.

4. Resultados

4.1 Inteligência Artificial no Planejamento e Controle da Produção

O aquecimento do mercado brasileiro exige das empresas, especialmente as indústrias, maior flexibilidade para atender às expectativas dos clientes em relação a prazos, qualidade e custos, sendo esses requisitos essenciais para manter a participação no mercado (VIANA, 2013).

A Indústria 4.0, também chamada de 4ª Revolução Industrial, abrange uma busca pelo aprimoramento da eficiência e produtividade nas indústrias por meio da tecnologia da informação e automação. Ela incorpora um amplo sistema de tecnologias avançadas, incluindo Inteligência Artificial (IA), robótica, Internet das Coisas (IoT), *Machine Learning*, *Big Data* e *Analytics*, Impressão 3D, Computação em Nuvem, entre outras (PORTAL DA INDÚSTRIA, 2020). O uso da IA, por sua vez, está diretamente relacionado ao progresso

da transformação digital da manufatura no Brasil, e tem impacto em diferentes áreas de aplicação, como o controle de custos e a gestão de estoques nas adaptações de mercado além da manutenção preditiva (MACHADO, 2023).

A inteligência artificial é um tipo de inteligência que os humanos produzem para dar às máquinas algum tipo de habilidade que imita a inteligência humana (Gonçalves, *et al.*, 2023). Assim, o uso de mecanismos de IA pode aprimorar a eficiência e precisão de sistemas de MRP I e MRP II. Segundo Machado (2023) como exemplos de possíveis aplicações da inteligência artificial nos estágios de planejamento e controle da produção podemos citar:

- Manutenção preditiva: aplicada no monitoramento de processos por meio de sensores inteligentes conectados com uma rede de máquinas, onde é possível prever falhas e antecipar a manutenção de equipamentos;
- Controle e otimização de estoques: As ferramentas de AI podem trazer uma melhor gestão dos recursos e prever cenários de demanda, otimizando o direcionamento de verba, além de não permitir que a falta ou excesso de estoque interfira nas vendas da empresa;
- Otimização de processos e redução de perdas: Softwares podem auxiliar na simplificação de fluxos de trabalho, automatizar tarefas básicas para que funcionários possam se concentrar em outras tarefas, identificar possibilidades para melhoria contínua do processo, além de prever perdas em diferentes níveis, minimizando o tempo de interrupção por possíveis falhas de equipamentos, e avaliando estoques para programar a produção de acordo com a demanda evitando excesso ou falta de produção;
- Gestão da qualidade e robótica: A IA pode, pode utilizar algoritmos para detecção de defeitos ou inconformidades na qualidade do produto de maneira ágil. Além disso, robôs podem automatizar tarefas repetitivas, reduzindo erros.

Portanto, o uso da IA na indústria pode trazer benefícios significativos, que permitem melhorias operacionais, incluindo aumento da produtividade por meio do uso de dispositivos inteligentes e aprendizado de máquinas, redução de custos pela análise inteligente da operação, maior segurança com a ajuda de robôs industriais na prevenção de riscos e apoio à tomada de decisão com *insights* precisos obtidos por softwares e sensores (MACHADO, 2023).

Por outro lado, alguns desafios relacionados à implementação da inteligência artificial nos sistemas MRP I e MRP II devem ser considerados. Como visto, a eficiente gestão de materiais é essencial para redução de custos e o uso adequado dos recursos no sistema produtivo das empresas, porém, muitas delas ainda não utilizam ferramentas e técnicas simples, mas eficazes, para alcançar melhores resultados (GEBAUER, 2019), pois a adoção desses sistemas está atrelada a outros fatores, como a necessidade de investimentos, treinamento de pessoal, aceitação dos usuários etc.

Segundo Machado (2023), no Brasil, os desafios se relacionam principalmente à maturidade no tratamento e qualidade de dados e aos custos na adoção de plataformas industriais de inteligência artificial para a implementação em escala. Essas barreiras devem ser superadas para obter maior qualidade e eficiência nos projetos. Assim, para superação desses desafios, são necessárias estratégias para garantir a implantação bem-sucedida da IA nesses sistemas, como o planejamento estratégico, capacitação de funcionários, priorização de segurança de dados, monitoramentos constantes, e focar nas necessidades de clientes.

4.2 Estudos de caso

Nesta sessão são descritos alguns estudos de caso relacionados, ou que abordam exemplos práticos e teóricos de empresas ou instituições que implementaram sistemas de MRP aliado a inteligência artificial.

Olewe *et al.* 2023, explorou o potencial da inteligência artificial na intralogística de empresas de manufatura. Para isso os autores identificaram dez casos de uso de IA para otimização de processos, a avaliada a relação custo-benefício destes. O catálogo elaborado demonstra aplicações promissoras de IA, o que, segundo os autores, pode auxiliar na tomada de decisão, no planejamento estratégico e implementação da tecnologia.

Krishnan *et al.* (2022) analisaram o Planejamento e Programação de Produção Agregada (*Aggregate Production Planning and Scheduling*) em relação às tecnologias emergentes da Indústria 4.0, como Inteligência Artificial, aprendizado de máquina (*machine learning*) e sistemas físicos cibernéticos. Os resultados mostraram que essas tecnologias estão sendo aceitas e têm perspectivas futuras promissoras principalmente em países industrializados.

Agrawal *et al.*, (2023) abordaram o impacto e os benefícios das tecnologias digitais emergentes da Indústria 4.0 na manufatura. O estudo busca apresentar *insights* sobre o uso dessas tecnologias em sistemas de produção para possibilitar a fabricação digital. Foram revisadas as vantagens e a importância de tecnologias, como impressão 3D, robótica, sensores, IoT, análise de big data, IA, nanotecnologia e tecnologias sociais. As tecnologias discutidas têm potencial revolucionário na indústria, permitindo a transição das empresas de manufatura para a customização em massa e atendendo às expectativas dos clientes modernos.

Chopra *et al.*, (2022) abordaram implicações da implantação de sistemas ERP para as próximas gerações. Os autores verificaram que a maioria dos dados sobre falhas e resultados desses sistemas são baseados em relatórios de grandes empresas de manufatura e serviços. Enquanto isso, segundo os autores, os fornecedores de ERP estão se concentrando em estratégias de marketing e em organizações de pequeno e médio porte.

Mhiri *et al.*, (2015) elaboraram um algoritmo que projeta as datas de início e término para as etapas do processo, estima a carga esperada em todas as máquinas e equilibra a carga de trabalho com as capacidades das ferramentas. O algoritmo também considera a prioridade dos lotes, variabilidade do tempo de ciclos e saturação do equipamento, o que permite no auxílio do gerenciamento da planta industrial e na definição de planos de produção.

Inspirados nos problemas associados a dinâmica e complexidade do layout de ilhas de montagem de posição fixa, Guo *et al.*, (2019) propuseram um novo modelo de manufatura chamado “Graduation Intelligent Manufacturing System (GiMS)”, que integra as tecnologias de IoT, Machine Learning, Industrial Wearable (IW), e princípios da Indústria 4.0 e Assembly 4.0.

Modesti (2020) destaca em seu estudo que devido ao aumento da demanda por produtos customizados, aumentou-se também a complexidade para estimativa de prazos de fabricação. O autor desenvolveu um método baseado em inteligência artificial (redes neurais) para previsão de entregas, visando auxiliar a tomada de decisão relacionadas ao planejamento da produção dentro das indústrias. O modelo foi aplicado em uma empresa do ramo de eletrodomésticos na região metropolitana de Curitiba, e apresentou-se capaz de atender às necessidades de maneira eficaz.

Viana (2013) analisou um estudo de caso em uma indústria que não possuía um planejamento da programação da produção, e apresentava problemas com a entrega de

produtos nos prazos acordados com os clientes. Após a análise do caso, a autora sugeriu a utilização do gráfico de Gantt, que permite visualização rápida, e assim é possível auxiliar na tomada de decisão de forma ágil. A autora verificou o quão importante é um sistema de programação da produção.

Em seu trabalho, Gebauer (2019) escolheu uma empresa modelo que utiliza sistema MRP, e com isso escolheu uma proposta viável de implantação de um sistema MRP II para uma segunda empresa (de equipamentos agropecuários), a fim de aumentar sua competitividade, e pode destacar a importância da implementação desses sistemas para melhora dos níveis de estoque e custo de aquisição da empresa, melhorando o fluxo de informações, a qualidade do produto e a por consequência a satisfação dos clientes.

Tavana *et. al.*, (2020) elaboraram uma revisão bibliográfica sobre a implantação de sistemas ERP em conjunto com a IoT. Segundo os autores a IoT coleta dados através de sensores e dispositivos conectados à Internet, armazena-os na nuvem e os gerencia por meio do ERP, sem intervenção humana. Os resultados destacaram a capacidade da IoT de impactar positivamente o ERP, proporcionando vantagens às organizações em mercados altamente competitivos.

Guo *et al.* (2022) discutem a evolução dos sistemas de planejamento e controle de manufatura (MPC) com a chegada da Indústria 4.0, vista como uma oportunidade e transformação para uma indústria de manufatura digital e interconectada. O documento propõe o conceito de MPC orientado à sincronização com quatro princípios para atender aos requisitos econômicos, sociais e ambientais da Indústria 4.0.

5. Conclusões

Este artigo abordou os sistemas MRP I e MRP II, com o objetivo de identificar como a relação da inteligência artificial com esses sistemas pode trazer benefícios para a indústria brasileira. Para isso foi utilizado um levantamento bibliográfico. Como principais resultados destaca-se o entendimento da evolução e do funcionamento dos sistemas MRP I e MRP II, além da verificação dos principais benefícios que a inteligência artificial pode trazer para melhoramento desses sistemas, entre eles a possibilidade de manutenção preditiva, controle e otimização de estoques, otimização de processos e redução de perdas e gestão da qualidade e robótica. Em suma, a inteligência artificial é uma tecnologia que pode revolucionar a maneira como as empresas planejam e controlam suas operações de produção, melhorando a eficiência e precisão dos processos. Porém, verifica-se que existem barreiras e desafios a serem superados para garantir o sucesso da implantação de IA nesses sistemas, como a necessidade de investimentos, treinamento de pessoal e garantia de qualidade de dados. Por fim, o artigo pode contribuir no entendimento do funcionamento e importância de sistemas MRP I e MRP II para as indústrias de manufaturas, e os benefícios que a incorporação de tecnologias da Indústria 4.0 pode trazer para o processo produtivo da empresa.

Referências

AGRAWAL, P.; NAVGOTRI, S.; NAGESH, P. Impact of emerging technologies on digital manufacturing: Insights from literature review. **Materials Today: Proceedings**, 2023.

CHOPRA, R.; SAWANT, L.; KODI, D.; TERKAR, R. Utilization of ERP systems in manufacturing industry for productivity improvement. **Materials today: proceedings**, v. 62, p. 1238-1245, 2022.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. **Just in time, MRP II E OPT: um enfoque estratégico.** São Paulo: Atlas, 1993.

GEBAUER, L. G. **Um estudo comparativo sobre a importância do MRP II no planejamento e controle da produção.** Medianeira, 59 p., 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

GONÇALVES, A. **MRP 1 e MRP2: entenda o que são e quando usar. Mega Sistemas Corporativos.** Disponível em: <<https://www.mega.com.br/blog/mrp-1-e-mrp2-entenda-o-que-sao-e-quando-usar/>>. Acesso em: 31 jul. 2023.

GONÇALVES, L. S.; FANTAZIA, G. S.; OLIVEIRA, D. S.; COSTA, D. H. Inteligência artificial na indústria 4.0. **E-Acadêmica**, v. 4, n. 2, e2642485, 2023.

GUO, D.; LIN, P.; LYU, Z.; LING, S.; LI, M.; HUANG, G. Q.; RONG, Y. Towards Assembly 4.0: Graduation intelligent manufacturing system for fixed-position assembly Islands. **IFAC-PapersOnLine**, v. 52, n. 13, p. 1513-1518, 2019.

GUO, D.; LING, S.; RONG, Y.; HUANG, G. Q. Towards synchronization-oriented manufacturing planning and control for Industry 4.0 and beyond. **IFAC-PapersOnLine**, v. 55, n. 2, p. 163-168, 2022.

KRISHNAN, T.; KHAN, A.; AL-QURNI, J. Aggregate Production Planning and Scheduling in the Industry 4.0 Environment. **Procedia Computer Science**, v. 204, p. 784-793, 2022.

LUSTOSA, L.; MESQUITA, M. A.; OLIVEIRA, R. J. **Planejamento e controle da produção.** Elsevier Brasil, 2008.

MACHADO, D. M. **Inteligência Artificial na Indústria 4.0: conheça as aplicações. Certi Insights, 2023.** Disponível em: <<https://certi.org.br/blog/inteligencia-artificial-na-industria-conheca-as-aplicacoes/>>. Acesso em: 02 ago. 2023.

MHIRI, E.; JACOMINO, M.; MANGIONE, F.; VIALLETTELLE, P.; LEPELLETIER, G. Finite capacity planning algorithm for semiconductor industry considering lots priority. **IFAC-PapersOnLine**, v. 48, n. 3, p. 1598-1603, 2015.

MODESTI, P. H. **Método baseado em inteligência artificial para previsão do prazo de entrega de tarefas em estações de manufatura.** Curitiba, 104 p., 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica e de Materiais) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

OLEWE, O.; FINKE, M.; BELKE, J.; DYCK, F.; KÜRPICK, C. Use Case Catalog and Assessment for AI Applications in Intralogistics of Manufacturing Companies. **Procedia CIRP**, v. 118, p. 74-79, 2023.

PORTAL DA INDÚSTRIA. **Indústria 4.0: Entenda seus conceitos e fundamentos.** 2020. Disponível em: <<https://www.portaldaindustria.com.br/industria-de-a-z/industria-4-0/>>. Acesso em: 04 ago. 2023.

SANTOS, A. M. G. O. **Análise comparativa entre plataformas de gestão de dados - Excel e sistema integrado ERP, qual a melhor alternativa?** Recife, 75 p., 2023. Trabalho

de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal de Pernambuco.

TAVANA, M.; HAJIPOUR, V.; OVEISI, S. IoT-based enterprise resource planning: Challenges, open issues, applications, architecture, and future research directions. **Internet of Things**, v. 11, 100262, 2020.

VIANA, C. L. **Sistema de produção: estudo de caso da programação da produção da Chapemec Indústria de Cabines**. Passo Fundo, 81 p., 2013. Monografia (Bacharel em Administração) – Universidade de Passo Fundo.

WIGHT, O. **Manufacturing resource planning: MRP II: unlocking America's productivity potential**. John Wiley & Sons, 1995.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. Administração da produção. **Operações industriais e de serviços**, p. 201-202, 2007.