

## A IMPORTÂNCIA DOS SISTEMAS FLEXÍVEIS DE MANUFATURA

### *THE IMPORTANCE OF FLEXIBILITY SYSTEMS IN MANUFACTURING*

Natalia Martins Pires – natipiresn@gmail.com

Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga (Fatec) – Taquaritinga – São Paulo – Brasil

Ramilio Ramalho Reis Filho – ramilio.ramalho@hotmail.com

Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga (Fatec) – Taquaritinga – São Paulo – Brasil

DOI: 10.31510/infa.v21i2.2009

Data de submissão: 02/09/2024

Data do aceite: 23/11/2024

Data da publicação: 20/12/2024

### RESUMO

Os habituais sistemas de manufatura usualmente são limitados em relação a flexibilidade. E ser flexível é um quesito para atender as premissas do consumidor final. Devido a isso surgem os SFM - Sistemas Flexíveis de Manufatura. O objetivo dessa pesquisa é mostrar a importância da flexibilidade na manufatura através de uma revisão sistemática da literatura. O sistema flexível de manufatura muito se avançou ao longo dos anos. Atualmente com a automação no “chão de fábrica”, é possível chegar a uma grande rapidez e um menor custo na operação, pois esses avanços permitem que a operação seja finalizada sem a necessidade de novos equipamentos ou ferramentas. Ao final dessa pesquisa o objetivo foi atingido, pois através de uma revisão sistemática da literatura foi mostrado a importância da flexibilidade nos sistemas produtivos. Essa flexibilidade é importante pois proporciona redução de custos e alta produtividade.

**Palavras-chave:** Sistemas Flexíveis de Manufatura. Competitividade. Manufatura

### ABSTRACT

The usual manufacturing systems are usually limited in terms of flexibility. And being flexible is a requirement to meet the demands of the end consumer. Due to this, the FMS - Flexible Manufacturing Systems emerge. The objective of this research is to show the importance of flexibility in manufacturing through a systematic review of the literature. The flexible manufacturing system has advanced a lot over the years. Currently, with automation on the "factory floor", it is possible to achieve great speed and lower costs in the operation, as these advances allow the operation to be completed without the need for new equipment or tools. At the end of this research, the objective was achieved, as through a systematic review of the literature, the importance of flexibility in production systems was shown. This flexibility is important because it provides cost reduction and high productivity.

**Keywords:** Flexible Manufacturing Systems. Competitiveness. Manufacturing

## **1 INTRODUÇÃO**

Os habituais sistemas de manufatura usualmente são limitados em relação a flexibilidade. E ser flexível é um quesito para atender as premissas do consumidor final. Devido a isso surgem os SFM - Sistemas Flexíveis de Manufatura. Esses sistemas dão um retorno adequado para responder a necessidade do mercado, permitindo a integração de tecnologias na produção (Perdorná *et al.*, 2017).

Os Sistemas Flexíveis de Manufatura apresenta um formato de produção com altos níveis de automatização, sendo aptos a agir de acordo com as alterações nos processos dentro da indústria. Neste tipo de sistema de produção, máquinas de distintas funcionalidades são agrupadas em uma célula, no qual damos o nome de células de manufatura (Perdorná *et al.*, 2017).

O objetivo dessa pesquisa é mostrar a importância da flexibilidade na manufatura através de uma revisão sistemática da literatura.

Justifica-se essa pesquisa pois abordar sistemas flexíveis de manufatura e a sua relação com a indústria e está dentro da área de Produção e no dia a dia de todas as pessoas que trabalham na indústria.

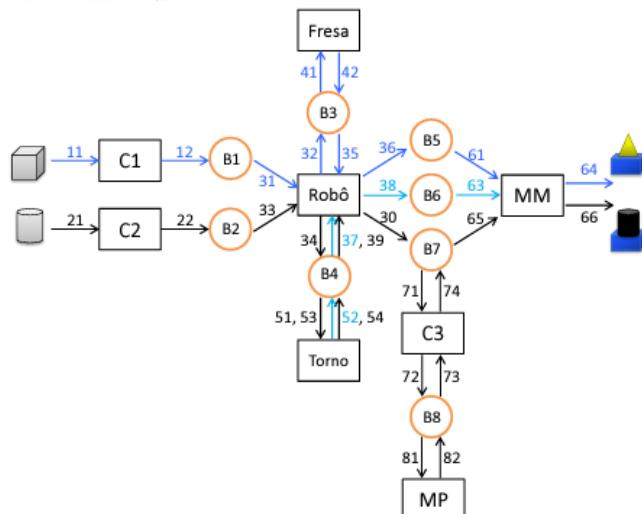
A motivação dessa pesquisa é adquirir conhecimento sobre o assunto, que é atual e é presente nas grandes indústrias e as pessoas poderem ver o quanto é importante as inovações tecnológicas atuais.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Sistemas Flexíveis de Manufatura**

Um SFM - Sistema Flexível de Manufatura é controlado por componentes responsáveis pela efetivação da estratégia de controle automático estabelecida. A comunicação da unidade de controle automático com os outros componentes é através de uma rede de dados, no qual cada trabalho que será realizado é enviado em forma de mensagens de comando, como por exemplo, a linguagem de programação CNC – Controle Numérico Computadorizado. As condições do trabalho de cada componente são recebidas em forma de linguagem de programação. Desta forma os trabalhos destes componentes são comandados e controlados pela unidade de controle que tem o propósito de cumprir um plano de produção (Toledo, 2018).

A seguir a figura 01 – Sistema Flexível de Manufatura mostra um exemplo de um Sistema Flexível de Manufatura onde existe uma comunicação e unidade de controle.

**Figura 01 – Sistema Flexível de Manufatura**

**Fonte:** Nunes et al. (2017).

Segundo Tozoni Junior (2013) os SFM é capaz de automatizar uma célula de manufatura e aumentar a produtividade. As vezes uma automatização industrial simples pode ter resultados muito bons. Um exemplo muito simples e comum de como funciona um SFM é a automatização de células produtivas de soldagem através de robôs de solda. O método tradicional de soldagem é uma máquina de solda manual, um soldador e um alimentador de linha de solda que tem a função de colocar as peças para o soldador soldar a peça. Com um SFM essa mesma célula produtiva é automatizada através de um robô de solda programado com uma linguagem tipo CNC, no qual faz todo o trabalho de soldagem “sozinho” e com maior produtividade e qualidade no produto. A figura 01 – Exemplo de célula de produção de um SFM mostra esse exemplo comentado anteriormente.

**Figura 01 - Exemplo de célula de produção de um SFM**

**Fonte:** Tozoni Junior (2013)

Nessa circunstância, um elemento importante de integração entre os sistemas é o computador por meio de redes, um computador central rodando um software SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) é capaz de se comunicar com o processador de cada elemento do processo produtivo (CLPs, CNCs, robôs, elementos transportados etc.), assim coordenando todas as operações e propondo o que produzir de acordo com o que foi planejado. Assim acontece a comunicação entre as máquinas e controladores locais de cada Sistema Flexível de Manufatura. O SCADA coleta dados, altera valores de referência e processos e comanda as trocas de programas, além de iniciar e interromper o trabalho (Toledo, 2018).

Segundo Vieira e Donato (2021) um sistema SCADA pode possuir três atribuições, de acordo com o grau de complexidade do sistema:

- Supervisão: o sistema SCADA acompanha o processo, buscando e processando dados e gerando gráficos, relatórios que são exibidos ao usuário em tempo real.
- Operação: o SCADA funciona como um painel de controle para comunicação com o funcionário que opera a máquina. Assim é possível ligar e desligar máquinas, mudando a forma de operação desses sem alterar parâmetros de controle de um processo.
- Controle: Age diretamente sobre o sistema SCADA por meio de sinais de entrada e saída, independentemente do nível intermediário composto de CLP – Controle Lógico Programável. Dessa maneira, o processamento é realizado remotamente pelo SCADA.

A seguir na figura 02 – Exemplo de Sistema SCADA trata-se de um exemplo prático da utilização de SCADA no qual ao mesmo tempo é realizado diversas atividades através da troca de comandos e neste contexto tem a supervisão, operação e controle, conforme citado acima. Nessa figura é controlada a temperatura, a vazão, a pressão, a umidade, a tensão e a corrente.

**Figura 2 – Exemplo de Sistema SCADA**



Fonte: Adaptado de Lopes (2012)

SFM são uma classe de Sistemas de Produção cuja característica principal é produzir uma variedade de produtos de forma automatizada. Um SFM pode ser visto como um complexo estruturado de tecnologias de produção cujos componentes operam em conjunto, com o objetivo de manufaturar uma diversidade de produtos. Exemplos desses componentes são: robôs, máquinas, elementos de transporte, componentes de computador etc. A planta de um SFM define a forma como os componentes estão dispostos e localizados no chão de fábrica e conectados uns aos outros, que varia conforme a especificação particular do SFM (Vieira; Donato, 2021).

SFM são sistemas inherentemente distribuídos em toda linha de produtiva. Por esse motivo, a aplicação de abordagens descentralizadas tem sido largamente investigadas para projetos de supervisores de SFM. Uma das vantagens do SFM é a promoção de uma maior escalabilidade ao sistema, tornando-o mais flexível. Além disso, o controle centralizado pode ficar inviável se a quantidade de componentes para gerenciar se tornar muito grande. Com o gerenciamento distribuído, a coordenação de eventos localmente torna mais simples a tarefa de supervisão do SFM. Outra vantagem é que com a replicação de supervisores, torna-se mais natural a implementação de tolerância a faltas nos supervisores (Toledo, 2018).

## 2.2 Tipos de Flexibilidade

Segundo Vieira e Donato (2021) os tipos básicos de flexibilidade podem ser descritos como:

1. Flexibilidade de mix-Capacidade de fabricação de produtos diferentes paralelamente ou rotineiramente.

2. Flexibilidade de roteiro – Capacidade de alterar uma sequência de máquinas alterando o percurso de abastecimento, sem alterar e/ou modificar as peças que estão sendo fabricadas.
3. Flexibilidade de expansão – Aptidão do sistema ser expandido facilmente.
4. Flexibilidade de sequenciar – Coincide à habilidade de alterar a sequência das ordens de produção de maneira rápida e com baixo custo.
5. Flexibilidade de movimentação de material - Possuir um sistema de movimentação de peças apto a movimentar diferentes tipos de peças fazendo uso de modelos diferentes de abastecimento.
6. Flexibilidade de mão de obra – condiz com o número de heterogeneidade de tarefas que um operador pode fazer sem alteração no resultado.
7. Flexibilidade de operação – Capacidade de alterar a ordem das operações sem afetar o desempenho da produção.

### **3 MÉTODO DA PESQUISA**

A metodologia utilizada nesta pesquisa foi a Revisão Sistemática da Literatura.

Essa metodologia trata-se de fazer uma busca na literatura sobre conteúdos que falam um determinado assunto e depois fazer uma análise de cada conteúdo. A Revisão Sistemática da literatura busca seleção e entendimento do conteúdo (Galvão; Ricarte, 2019).

Para as buscas na revisão da literatura foram utilizadas as palavras-chave Sistemas Flexíveis de Manufatura e Manufatura na Indústria. Essas palavras-chaves fez por meio da pesquisa, abordar o conteúdo desejado. As bases de dados utilizadas foram o Google Acadêmico, Emerald Insight e o Science Direct.

Os dados apresentados nesta pesquisa estão relacionados aos seguintes segmentos:

- Artigo - Otimização de produção em uma célula de manufatura flexível por meio de redução de tempo de ciclo – Indústria de Usinagem.
- Artigo - Abordagem Sistemática para Projeto de Sistemas de Manufatura Flexível baseada em Técnicas Formais – Indústria Automobilística.
- Artigo - Modelagem da gestão operacional da manufatura utilizando redes de Petri interpretadas – Não cita o seguimento, pois apresenta uma proposta de modelagem utilizando SFM em conjunto com outras tecnologias.

- Tese - Controle Supervisório de Sistemas de Manufatura sob Incertezas de Processamento e Restrições Temporais: Modelagem, Síntese e Implementação – Não cita o seguimento.
- Artigo - Proposta de implantação de uma célula de manufatura: um estudo de caso em uma metalúrgica – Indústria Metalúrgica.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Bizzari *et al.* (2021) afirmam que a automação torna um sistema de produção flexível. O sistema flexível de manufatura muito se avançou ao longo dos anos. Atualmente com a automação no “chão de fábrica”, é possível chegar a uma grande rapidez e um menor custo na operação, pois esses avanços permitem que a operação seja finalizada sem as aquisições de novos equipamentos ou ferramentas. O SFM permite redução de tempo do robô alimentador, inclusão de peça por usinagem, troca da pinça do robô por ventosas, inspeção das peças por lote e confecção de um gabarito de medição.

Segundo Costa Neto, Del Foyo e Pinto (2019) as empresas de manufatura carecem de flexibilidade para permanecer competitiva no mercado. É preciso inovar nas técnicas de automação industrial para projetar e implementar sistemas flexíveis de manufatura em um curto tempo são pontos cruciais para ampliar a produtividade em tais indústrias.

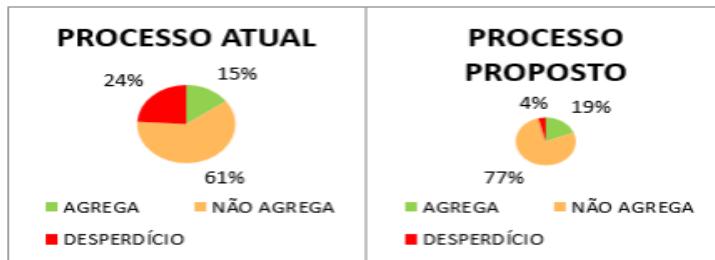
Segundo Guirro *et al.* (2020) a demanda de produtos cada vez mais personalizados em um mercado mutável e competitivo tem reduzido o ciclo de vida dos produtos e a questão da flexibilidade dos processos produtivos torna-se necessária para as empresas. A flexibilidade não é a única particularidade, mas sim um conjunto de atributos que tornam o sistema produtivo flexível e a interação entre os sub-sistemas flexíveis são fontes de desperdícios e retrabalhos, gerando altos gastos no processo produtivo.

Szpak (2021) afirma que a vantagem da indústria trabalhar com SFM é que essa flexibilidade permite que seja agregado a eles outras ferramentas, metodologias e softwares. E isso faz com que deixe o sistema produtivo mais robusto.

Carvalho *et al.* (2019) em sua pesquisa mostram que um Sistema Flexível de Manufatura através da implantação de uma célula de manufatura com layout celular, contribui com a produtividade e a eliminação de desperdícios. Na pesquisa citada, a célula de manufatura a produção ganhou um tempo de produção 27,58%, possibilitando produzir 3 peças ao mesmo tempo, um giro de estoque de 37,63%, eliminação de 20% dos desperdícios e redução de 3 pessoas no processo de fabricação, além de agregar valor à cadeia produtiva. Na figura 02 -

Ilustração de dados da pesquisa das vantagens da implantação do SFM nos mostra os resultados positivos apresentados nesta pesquisa.

**Figura 02 – Ilustração de dados da pesquisa das vantagens da implantação do SFM**



**Fonte:** Carvalho *et al.* (2019)

No quadro 01 Artigos Selecionados abaixo, mostra um resumo das citações acima, no qual foi feita uma análise de cada pesquisa em relação a importância do SFM.

**Quadro 01 – Artigos Selecionados**

Título do Artigo	Autores	Ano	Local de Publicação	A Importância da Flexibilidade
Otimização de produção em uma célula de manufatura flexível por meio de redução de tempo de ciclo	*André Felipe Bizzari *Leticia Rosa Carnin *Kleber Aluizio Isidorio Vaiz *Anderson de Carvalho Fernandes *Bruna de Freitas Zappelino	2021	CONBREPRO XI Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção	Redução de Custos  Aumento da Qualidade do Produto
Abordagem Sistemática para Projeto de Sistemas de Manufatura Flexível baseada em Técnicas Formais	*Ermes Ferreira Costa Neto *Pedro Manuel González del Foyo *André Murilo de Almeida Pinto	2019	Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada	Permanecer Competitiva no Mercado
Modelagem da gestão operacional da manufatura utilizando redes de Petri interpretadas	*Diego Nogueira Guirro *Osvaldo Luis Asato *Givanildo Alves dos Santos	2020	Revista Gestão e Produção	Atender variedade de produtos devido a customização

	*Francisco Yastami Nakamoto			
Controle Supervisório de Sistemas de Manufatura sob Incertezas de Processamento e Restrições Temporais: Modelagem, Síntese e Implementação	Rodrigo Szpak	2021	Tese de Doutorado Universidade Federal de Santa Catarina	Flexibilidade para trabalhar com outros sistemas
Proposta de implantação de uma célula de manufatura: um estudo de caso em uma metalúrgica	*Patrícia Stefan de Carvalho *Vanessa Andréia Schneider *Leandro Parreira *Alexandre Chapoval Neto	2019	Artigo GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas	Aumento da produtividade

**Fonte:** O próprio autor

A principal vantagem em se ter um SFM é em tornar todo o processo de fabricação mais eficiente. Mesmo em alguns momentos sendo necessário fazer algum ajuste técnico na célula de manufatura ou em algum ferramental, a eficiência de um SFM sempre se mantém, pois permite manter o fluxo de fabricação.

A flexibilidade permite agregar diversos tipos de tecnologias, como por exemplo, sistema de armazenamento, alimentação de peças, controle por computador, dentre outros. Essas tecnologias relacionadas ao SFM permite um ganho em produtividade de ate 75% e pode ser utilizado em qualquer tipo de produção, ou seja, um SFM pode ser utilizado desde uma indústria alimenticia até uma indústria automobilística (Passos; Silva Filho, 1994).

Um exemplo de ganho de produtividade que um SFM pode possibilitar, na pesquisa de Carvalho *et al.* (2019) fica muito claro, pois após a implantação do SFM ganhou um tempo de produção 27,58%, possibilitando produzir 3 peças ao mesmo tempo, um giro de estoque de 37,63%, eliminação de 20% dos desperdícios e redução de 3 pessoas no processo de fabricação. Esses números demonstram o quanto o SFM possibilita a agregação de valor do produto, pois de 15% aumentou para 19% e a capacidade produtiva aumentou em 20%. Aumentar em 20% a capacidade produtiva é um número muito alto e difícil de atingir, isto proporciona um maior faturamento e atender um número maior de clientes.

Costa Neto, Del Foyo e Pinto (2019) em sua pesquisa afirma que SFM através de robôs de solda faz com que proporcione aumento de produtividade em até 70%, além de um produto de alta qualidade. Esse é um exemplo clássico de aumento de produtividade em robôs de solda, pois atualmente toda indústria automobilística utiliza SFM na Área de Solda devido a grande capacidade de produção.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Nesta pesquisa a proposta foi atingida, pois através de uma revisão sistemática da literatura foi apresentado a importância da flexibilidade nos sistemas produtivos. Essa flexibilidade é importante pois proporciona redução de custos e alta produtividade.

Os sistemas flexíveis de manufatura retrata uma maneira de produção com altos níveis de automatização, assim sendo capaz de se adaptarem e trabalhar de acordo com as alterações nos processos dentro da indústria.

Os sistemas flexíveis de manufatura proporciona a indústria eficiência produtiva, uma vez que os custos de produção são reduzidos, melhores prazos de entrega e diversificação na produção.

Podemos observar que um sistema flexível de manufatura proporciona agilidade e eficiência, essa é a atual busca das empresas para estar no mercado e ter uma maior variedade de produtos a oferecer, então uma empresa que investe em sistemas flexíveis de manufatura investe no futuro.

## **REFERÊNCIAS**

BIZZARI, A.F.; CARNIN, L.R.; VAIZ, K.A.I.; FERNANDES, A.C.; ZAPPELINO, B.F. Otimização de produção em uma célula de manufatura flexível por meio de redução de tempo de ciclo - **CONBREPRO XI Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção**, 2021.

COSTA NETO, E. F.; DEL FOYO, P. M. G.; PINTO, A.M.A. Abordagem Sistemática para Projeto de Sistemas de Manufatura Flexível baseada em Técnicas Formais - **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, v.4, n.3, p. 40-51, 2019.

CARVALHO, P.S.; SCHNEIDER, V.A.; PARREIRA, L.; CHAPOVAL NETO, A. Proposta de implantação de uma célula de manufatura: um estudo de caso em uma metalúrgica. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**. v. 14, nº 4, p. 114 – 133, 2019.

GIRRO, D.N.; ASATO, O.L.; SANTOS, G.A.; NAKAMOTO, F.Y. Modelagem da gestão operacional da manufatura utilizando redes de Petri interpretadas. **Revista Gestão e Produção**. v.27, nº2, p. 3920, 2020.

GALVÃO, M.C.B; RICARTE, I.L.M. Revisão Sistemática da Literatura: Conceituação, Produção e Publicação. **LOGEION: Filosofia da Informação**, v.6, n.1, p. 57-73, 2019.

LOPES, Y.K Integração dos Níveis MES, SCADA e Controle da Planta de Manufatura com Base na Teoria de Linguagens e Autômatos. Dissertação (mestrado) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Tecnológicas, Mestrado Profissional em Engenharia Elétrica, Joinville, 2012.

NUNES, M.J.; GONÇALVES, V.M.; PENA, P. N.; MAIA, C.A. Modelagem, Análise Temporal e Controle Dinâmico Max-Plus Linear: aplicação em sistema flexível de manufatura didático. XIII Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente Porto Alegre– RS, 1o– 4 de Outubro de 2017.

PASSOS, Carlos Alberto dos Santos; SILVA FILHO, Oscar Salviano. Modelos analíticos para avaliação de sistemas flexíveis de manufatura. **Gestão & Produção**, v. 1, p. 290-304, 1994.

PERDORNÁ, I. I., NUNES, R. V., NEVES, R. M., NAIMER, S. C., GODOY, L. P. Sistema de manufatura: otimização de processos em uma unidade fabril de cimento através da teoria das filas. **Exacta**, v. 15, n. 4, 2017.

SZPAK, R. Controle Supervisório de Sistemas de Manufatura sob Incertezas de Processamento e Restrições Temporais: Modelagem, Síntese e Implementação. **Tese (doutorado)** - Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Santa Catarina, 2021.

TOLEDO, Yan Matheus. Uma análise dos sistemas flexíveis de Manufatura e Linhas Transfers. **Augusto Guzzo Revista Acadêmica**, São Paulo, v. 1, n. 22, p. 247-252, dec. 2018.

TOZONI JUNIOR, M. Sistema de Manufatura na Indústria Moveleira. Trabalho de Conclusão de Curso, Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis - IMESA e a Fundação Educacional do Município de Assis FEMA, 2013.

VIEIRA, Carolina Sacramento; DONATO, Vitório. Sistema Flexível de apoio à Manufatura: uma proposta para a indústria automobilística. AEA – Brazilian Society of Automotive Engineering -SIMEA 2021.