



SIMPEX
Simpósio Internacional de
Ensino Pesquisa e Extensão

2024

21 a 23 de maio
Joinville - SC

Transformação
Sustentável na
Indústria 4.0

Inovação,
Educação e
Impacto Social

Gratuito
e Híbrido

O PAPEL DO ROBOTSTUDIO® NA MODELAGEM DE CÉLULAS DE MANUFATURA FLEXÍVEL: DO AMBIENTE VIRTUAL À REALIDADE INDUSTRIAL

Manufatura Avançada – (Apresentação Oral)

Antonio da Silva, Professor do Centro Universitário Senai/SC – Campus Joinville
Andréa Loureiro Andrade, Professora do Centro Universitário Senai/SC – Campus Joinville
Alexandre Marcos Ferreira, Professor do Centro Universitário Senai/SC – Campus Joinville

antonio.silva02@edu.sc.senai.br

RESUMO

No contexto da automação industrial e manufatura flexível, este estudo visa abordar o desenvolvimento de uma célula de manufatura flexível (FMS) em ambiente virtual, utilizando o software RobotStudio®, com o objetivo de facilitar a elaboração de futuros projetos. O gap identificado reside na necessidade de criar uma base sólida para o planejamento e implementação de células FMS, considerando a seleção de robôs, periféricos e comunicação de forma eficaz. A justificativa para esse estudo reside na crescente demanda por automação e manufatura flexível na indústria, onde a eficiência e a precisão são cruciais. A metodologia envolveu a modelagem da célula virtual, incluindo a definição de trajetórias, áreas de trabalho dos robôs e programação das interfaces de comunicação. Os resultados demonstraram a utilidade do software RobotStudio® para simular e testar projetos de células de manufatura, destacando a importância da visualização e otimização de trajetórias. A estruturação lógica da programação e a configuração da interface de comunicação também revelaram elementos fundamentais para o desempenho eficaz da célula robotizada. Os resultados indicam que a abordagem de desenvolvimento em ambiente virtual é valiosa para a construção de projetos futuros, permitindo a busca contínua pela excelência na automação industrial. Em conclusão, este estudo contribuiu não apenas para a criação de uma célula FMS virtual funcional, mas também estabeleceu um conjunto de habilidades e conhecimentos que podem ser aplicados em projetos subsequentes. A capacidade de conceber novos projetos com base nos aprendizados adquiridos durante o desenvolvimento da célula FMS virtual é uma perspectiva promissora para a otimização da manufatura flexível e automação industrial.

Palavras-chave: Célula FMS; Comissionamento Virtual; RobotStudio.



SIMPEX
Simpósio Internacional de
Ensino Pesquisa e Extensão

2024

21 a 23 de maio
Joinville - SC

**Transformação
Sustentável na
Indústria 4.0**

Inovação,
Educação e
Impacto Social

**Gratuito
e Híbrido**

INTRODUÇÃO

Na era da Indústria 4.0, marcada por avanços tecnológicos contínuos e a busca incessante por eficiência, produtividade e flexibilidade, os robôs industriais emergem como protagonistas cruciais nas operações de fabricação modernas. Com sua capacidade de mobilidade, precisão e adaptação a ambientes desafiadores, os robôs se tornam ativos indispensáveis para impulsionar a inovação e a competitividade na indústria (MAKRIS et al., 2012). No entanto, para aproveitar ao máximo o potencial dos robôs industriais e garantir uma produção eficaz, é necessário desenvolver projetos de células de manufatura flexíveis de forma precisa e eficiente.

Um dos desafios fundamentais neste contexto é a transição suave do ambiente virtual, onde as células de manufatura são concebidas, otimizadas e testadas, para a realidade industrial, onde são implementadas fisicamente. Essa transição exige uma abordagem integrada que incorpore a modelagem virtual da célula de manufatura, incluindo aspectos elétricos e mecânicos, juntamente com uma coordenação eficaz dos controladores de robôs (LEE, PARK, 2014).

Embora existam várias ferramentas e métodos de simulação virtual disponíveis para apoiar o projeto de células de manufatura flexível, ainda há uma lacuna significativa na literatura que explora detalhadamente o papel do software RobotStudio® (RS), desenvolvido pela ABB™, neste processo. Enquanto algumas pesquisas abordam a integração de robôs industriais e redes industriais, bem como a virtualização elétrica e mecânica, falta um foco específico na interação do RS com esses elementos e como ele facilita uma transição eficaz do ambiente virtual para a realidade industrial.

A necessidade de uma abordagem integrada que una a modelagem virtual, a virtualização elétrica e mecânica de células de manufatura flexíveis, juntamente com a coordenação eficaz dos controladores de robôs, é crucial para a indústria moderna. Tal abordagem pode reduzir substancialmente o tempo de desenvolvimento, minimizar os riscos associados a erros no ambiente físico e otimizar o desempenho das operações antes da implementação (OZTEMEL, GURSEV, 2020; HOFFMANN et al., 2010).

Neste contexto, o RS, como uma ferramenta versátil e poderosa, merece uma investigação aprofundada de sua aplicação na modelagem de células de manufatura flexível. O RS é capaz de simular programas de controladores lógicos programáveis (CLP) e robôs em um ambiente virtual realista, proporcionando uma transição fluida do ambiente virtual para a realidade industrial (RAFFAELI et al., 2022).



SIMPEX
Simpósio Internacional de
Ensino Pesquisa e Extensão

2024

21 a 23 de maio
Joinville - SC

**Transformação
Sustentável na
Indústria 4.0**

Inovação,
Educação e
Impacto Social

**Gratuito
e Híbrido**

Esta pesquisa visa aprofundar o entendimento sobre o papel essencial desempenhado pelo software RS na modelagem de células de manufatura flexível. O foco central reside em destacar sua capacidade de integração da virtualização elétrica e mecânica, bem como na eficaz coordenação dos controladores de robôs. Além disso, o estudo busca demonstrar a relevância da tecnologia virtual na automação industrial, com ênfase na sua aplicação prática. Para isso, propõe-se a criação de um modelo de linha de produção que envolve esteiras interligadas a robôs, onde todos os movimentos são primeiramente simulados e otimizados em um ambiente virtual, antes de serem efetivamente implementados no ambiente físico de produção.

METODOLOGIA

A pesquisa foi conduzida no laboratório B16 no Centro Universitário SENAI/SC – Campus Joinville, a qual está instalada uma célula de manufatura flexível (FMS) equipada com robôs do fabricante ABB, incluindo um robô IRB140 e outro IRB1400 e sistema de movimentação de produtos na célula é realizado por uma esteira transportadora.

Para o desenvolvimento deste estudo, foi proposto utilizar a célula FMS como ambiente virtual, com utilização da versão 2019.2 do software RS, juntamente com o Robotware 5.16_0005, como ferramenta principal para implementar um novo layout de processo de fabricação na célula FMS (ABB AB, 2009).

Os componentes ativos como esteiras, magazines, centro de usinagem, robôs e garras foram controlados por estruturas lógicas e por eventos no software RS. O estudo de trajetórias utilizou ferramentas como Reachability, Autoconfig (Cinemática), Target e Path no software RS. Na programação das trajetórias e lógicas foi realizada no software RS usando a linguagem Rapid®, desenvolvida pela ABB™. A programação adotou uma abordagem estruturada, baseada em três estruturas principais: sequência, decisão e iteração, conforme proposto por Oorusoff (2003).

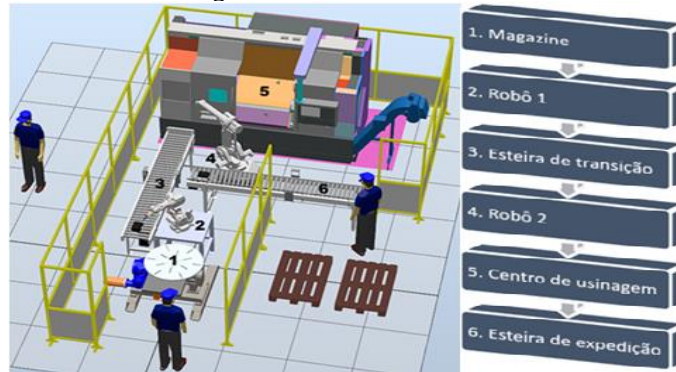
RESULTADOS E DISCUSSÕES

No desenvolvimento da célula no ambiente virtual do software RS, adotou-se o conceito da célula FMS física, incorporando os robôs IRB140 e IRB1400, juntamente com periféricos disponíveis na biblioteca do software e componentes modelados em CAD. Os robôs foram posicionados no espaço geométrico considerando os limites de alcance dos efetadores. Um sistema de magazine flexível foi introduzido para abastecer a célula com componentes de montagem, sendo acionado por um servomotor com posições programadas. O robô IRB140 foi designado para descarregar o magazine e carregar o pallet, enquanto o IRB1400 ficou



responsável por descarregar o pallet, abastecer o centro de usinagem e montar o conjunto final. O processo foi concluído com o transporte dos produtos para a esteira de expedição.

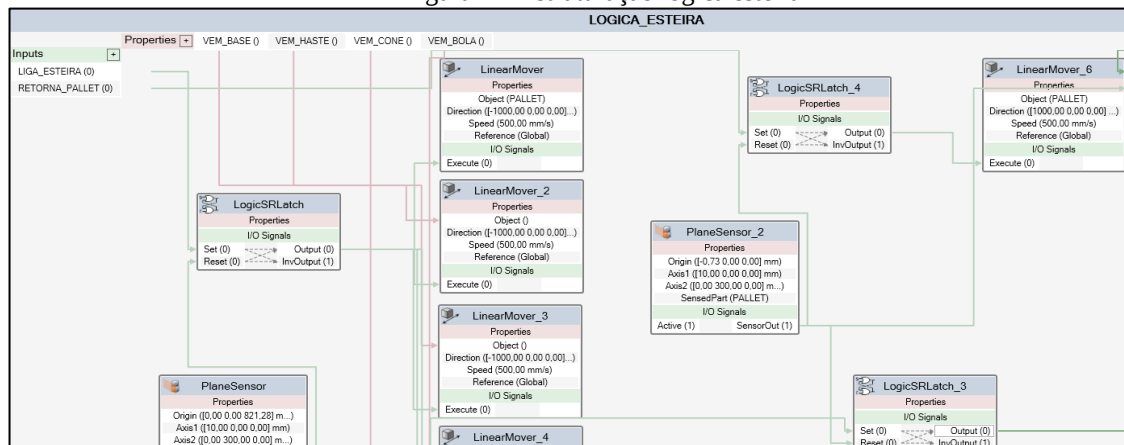
Figura 1 – Célula FMS no RS



Fonte: dos autores (2024)

Para garantir a movimentação suave dos componentes na esteira, conforme apresentado na figura 2, foi adicionado estruturas lógicas usando o bloco LinearMover para cada peça, de acordo com o capítulo 9 na literatura AAB AB (2010a). Esse bloco permitiu especificar o componente a ser movido, o sentido de movimentação e a velocidade, facilitando a simulação. Para efetuar o giro da mesa do magazine foi utilizado o bloco JointMover, conforme denota a figura 3, onde se seleciona o posicionamento programado da movimentação correspondente no servo e o tempo de execução.

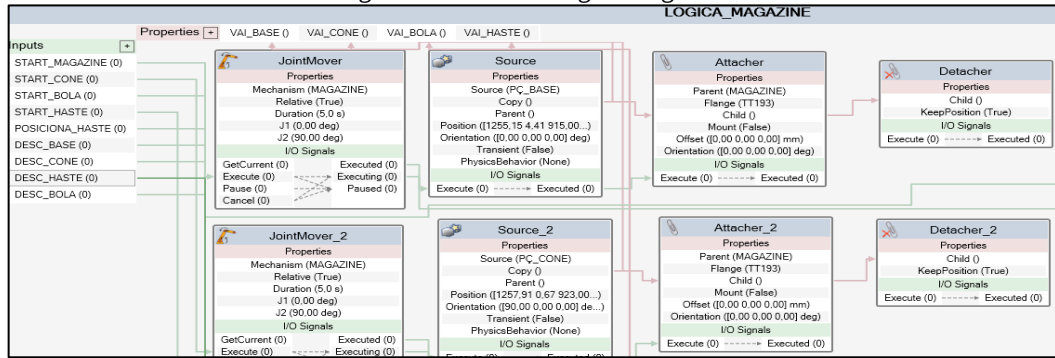
Figura 2 – Estruturação lógica esteira



dos autores (2024)

A Figura 3 mostra a aparência da estrutura lógica magazine conectado aos dispositivos celulares. A troca de sinal é baseada em um simples bloco Source, responsável por efetuar uma cópia da peça cadastrada para execução do ciclo. O bloco Attacher, tem por função fixar a peça na mesa do magazine e por último o bloco Detacher que controla o acionamento de soltar a peça após a execução (ABB AB, 2010a). Esse padrão é capaz de gerenciar cenários complexos com segurança e de maneira padronizada, conforme confirmado por Raffaelli, et al. (2022).

Figura 3 – Estrutura lógica magazine



Fonte: dos autores (2024)

Após a implementação das estruturas lógicas, foi iniciado a programação dos efetuadores dos robôs, a qual foi implantando um sistema com múltiplas garras de acionamento, conforme ilustra a figura 4. Para controlar as garras dos robôs, inseriu-se um conjunto de variáveis atribuídas no Events coluna Trigger Name, conforme a literatura ABB AB (2010a). Assim, configurou-se as funções de garra para cada movimento programado, incluindo Attach e Detech, usando saídas digitais (DO). Na sequência, customizou o programa Rapid® dos robôs, para definir as trajetórias para descarregar magazine, carregar pallet, CNC e esteira de saída.

Figura 4 – Configuração dos efetuadores

Events	Activation	Trigger Type	Trigger System	Trigger Name	Trigger Parameter	Action Type	Action System	Action Name	Action Parameter	Time (s)
Add...	On	I/O	IRB_140_Skg...	GARRA_BASE	1	Multiple		Multiple	Multiple	
Delete	On	I/O	IRB_140_Skg...	GARRA_BOLA	0	Multiple		Multiple	Multiple	16:13:28
Copy	On	I/O	IRB_140_Skg...	GARRA_CONE	1	Multiple		Multiple	Multiple	16:13:28
Refresh	On	I/O	IRB_140_Skg...	GARRA_HASTE	0	Multiple		Multiple	Multiple	16:13:28
Export...	On	I/O	IRB_1410_Skg...	GARRA_BASE_R2	1	Multiple		Multiple	Multiple	16:13:28
Import...	On	I/O	IRB_1410_Skg...	GARRA_BOLA_R2	0	Multiple		Multiple	Multiple	16:13:28
	On	I/O	IRB_1410_Skg...	GARRA_CONE_R2	1	Multiple		Multiple	Multiple	16:13:28
	On	I/O	IRB_1410_Skg...	GARRA_BOLA_R2	0	Multiple		Multiple	Multiple	16:13:28

Fonte: dos autores (2024)

Além disso, desenvolveu-se quatro sub-rotinas para o conjunto, como base, cone, haste e bola. Após, configurou-se a velocidade e zona para garantir a segurança durante as operações de movimentação. Utilizou-se uma velocidade v500 e uma variável de zona fine. Integrando essas sub-rotinas ao programa principal dos robôs, implementou-se também condições de intertravamento e tomadas de decisões para a execução das sub-rotinas.

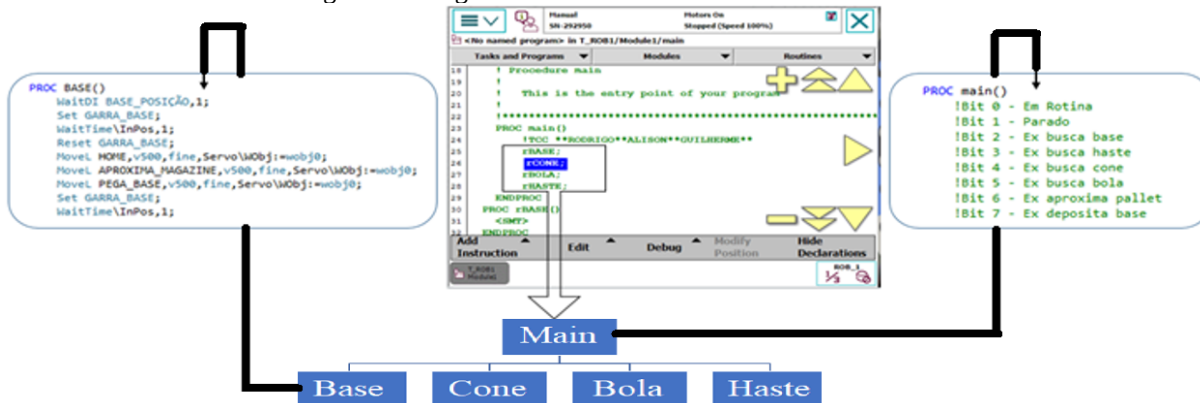
A análise das trajetórias dos robôs desempenha um papel crucial no planejamento e otimização dos movimentos no espaço de trabalho. Isso é fundamental para melhorar a velocidade e eficiência dos processos de manufatura automatizados. Os movimentos dos robôs são divididos em movimento dos eixos que compõem o corpo e o braço, e movimento dos eixos que incorporam o punho (efetuador). O número de eixos ativos determina o grau de liberdade do robô, com mais eixos permitindo movimentos mais complexos e maior alcance. As trajetórias são definidas por uma série de pontos no espaço tridimensional, chamados de coordenadas, que marcam o caminho que o efetuador percorrerá. A definição precisa desses pontos é essencial



para evitar colisões e garantir movimentos suaves dos eixos. No estudo em questão, a ferramenta Target foi utilizada para marcar os pontos e definir trajetórias. Cada bloco de movimentação foi criado com orientações específicas, permitindo que o efetuador simule trajetórias precisas. Se um movimento não puder ser executado devido às limitações de curso dos eixos, o software gera uma mensagem de erro.

Na estrutura do programa da célula FMS, utilizou-se o método proposto por Ourusoff (2003), assim facilitou os testes, alterações e identificação de falhas no código. Seguindo o método, cada tarefa que um robô executa é solicitado via chamada de sub-rotina no Rapid®, identificada como ProcCall, essas, ficam dentro do programa principal, o Main (ABB AB, 2010b). O robô executa mais de uma tarefa, na programação elas estão definidas por sub-rotinas, identificada pela sua função e aplicação, (fig. 5).

Figura 5 – Programa estruturado do robô IRB1400 no RS



Fonte: dos autores (2024)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implementação desses elementos metodológicos proporcionou a base para a realização de experimentos, simulações e otimizações do processo de fabricação na célula FMS por meio do ambiente virtual pelo RS. Essa abordagem permitiu uma análise detalhada do desempenho da célula robotizada e a avaliação de possíveis melhorias no processo de fabricação.

Esses resultados demonstram a eficácia da simulação no software RS para verificar a capacidade dos efetuadores em executar movimentos desejados e identificar problemas de trajetória antes da implementação prática.

O software RS desempenhou um papel fundamental no controle e planejamento das trajetórias necessárias para a execução das etapas robotizadas. Nesta ferramenta, foi possível modelar e simular os movimentos dos robôs de acordo com a cinemática possível de execução na prática, otimizando o layout da célula de fabricação virtual.



Simposio Internacional de
Ensino Pesquisa e Extensão

2024

21 a 23 de maio
Joinville - SC

Transformação
Sustentável na
Indústria 4.0
Inovação,
Educação e
Impacto Social

Gratuito
e Híbrido

REFERÊNCIAS

ABB AB, Robotics. Application manual Robot Application Builder: Robotware 5.0: revisão D. [S.l.]: ABB, 2009. Disponível em: <<https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3HAC028083001&DocumentPartId=>>>. Acesso em: 31 mar. 2024.

_____. **Operating manual RobotStudio:** revisão D. [S.l.]: ABB, 2010a. Disponível em: <https://library.e.abb.com/public/244a8a5c10ef8875c1257b4b0052193c/3HAC032104-001_revD_en.pdf>. Acesso em: 31 mar. 2024.

_____. **Technical reference manual RAPID Instructions, Functions and Data types:** Robotware 5.13: revisão J. [S.l.]: ABB, 2010b. Disponível em: <<https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3HAC028083-001&DocumentPartId=>>>. Acesso em: 31 mar. 2024.

HOFFMANN, P.; SCHUMANN, R.; MAKSOUD, T. M. A.; PREMIER, G. C. **Virtual Commissioning of Manufacturing Systems a Review and New Approaches for Simplification.** European Conference on Modelling and Simulation, 2010. Disponível em: <<https://www.semanticscholar.org/paper/Virtual-Commissioning-Of-Manufacturing-Systems-A-Hoffmann-Schumann/590802d10a6c5b41dc87beac4074fec6d5f833e1>>. Acesso em: 30 mar. 2024.

LEE, C. G.; PARK, S. C. **Survey on the Virtual Commissioning of Manufacturing Systems, Journal of Computational Design and Engineering.** 2014, 1, 213–222. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/273834932_Survey_on_the_virtual_commissioning_of_manufacturing_systems>. Acesso em: 30 mar. 2024.

MAKRIS, S.; MICHALOS, G.; CHRYSSOLOURIS, G. **Virtual Commissioning of an Assembly Cell with Cooperating Robots. Advances in Decision Sciences,** 2012. Disponível em: <<https://www.semanticscholar.org/reader/48a88c3ce135098f0e54d95d315714cd7d9d39e3>>. Acesso em: 30 mar. 2024.

OURUSOFF, N. **Using Jackson Structured Programming (JSP) and Jackson Workbench to Teach Program Design,** 2003. 10.28945/2658. Disponível em: <https://www.Researchgate.net/publication/320655146_Using_Jackson_Structured_Programming_JSP_and_Jackson_Workbench_to_Teach_Program_Design>. Acesso em: 31 mar. 2024.



OZTEMEL, E.; GURSEV, S. **Literature Review of Industry 4.0 and Related Technologies.** **J. Intell. Manuf**, 2020, 31, 127–182. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10845-018-1433-8>>. Acesso em: 30 mar. 2024.

RAFFAELI, R.; BILANCIA, P.; NERI, F.; PERUZZINI, M.; PELLICCIARI, M. **Engineering Method and Tool for the Complete Virtual Commissioning of Robotic Cells.** *Applied Sciences*. 2022, 12. 3164. 10.3390/app12063164. Disponível em: <https://www.Researchgate.net/publication/359352585_Engineering_Method_and_Tool_for_the_Complete_Virtual_Commissioning_of_Robotic_Cells>. Acesso em: 31 mar. 2024.