

APLICAÇÕES PEDAGÓGICAS NA DOCÊNCIA DO ENSINO HÍBRIDO SUPERIOR DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA ATRAVÉS DO USO DE UMA CÉLULA ROBÓTICA INDUSTRIAL ADAPTADA PARA A INDÚSTRIA 4.0¹

Rogério Adas Pereira Vitalli – Instituto Avançado de Robótica – I.A.R.

PEDAGOGICAL APPLICATIONS IN THE TEACHING OF HYBRID HIGH SCHOOL OF TECHNOLOGICAL EDUCATION THROUGH THE USE OF AN INDUSTRIAL ROBOTIC CELL ADAPTED FOR INDUSTRY 4.0

Grupo Temático 1. Ensino e aprendizagem por meio de/para o uso de TDIC

Subgrupo 1.1. Aprender por meio das diferentes tecnologias – da educação básica à pós-graduação

Resumo:

A carência de mão de obra em mecatrônica, programação, manutenção e operação de robôs industriais possibilitou o surgimento de uma nova profissão chamada pela indústria de “Robotista.” No atual cenário da indústria 4.0, a Robótica Industrial e Colaborativa estão sendo “vistas” como a única e melhor saída para proporcionar o aumento de produtividade, competitividade e esse profissional se torna indispensável. A indústria mundial passa por um período de transformação sob a ótica de uma nova lógica de produção (do virtual para o real). É cada vez maior a necessidade de implantação de processos ágeis, eficientes e produtivos. Para isso, é preciso dar um salto tecnológico. Com a indústria 4.0 e a inserção do profissional “robotista” haverá um aumento de produtividade e redução de custos nos processos fabris, melhor utilização dos recursos e economia de energia, sendo, portanto, um sistema para auxiliar no desenvolvimento sustentável. O objetivo dessa pesquisa é propor e desenvolver uma “célula robotizada 4.0”, considerando a sua aplicabilidade pedagógica e suas vantagens para o ensino híbrido superior. Pretende-se aprimorar métodos de ensino-aprendizagem com uso das TDICs, ferramentas da Indústria 4.0 e do ensino híbrido. Outro objetivo secundário é a criação de uma escola móvel profissional de robotistas peritos.

Palavras-chave: Robotista, Ensino Híbrido, Indústria 4.0.

Abstract:

The lack of manpower in mechatronics, programming, maintenance and operation of industrial robots enabled the emergence of a new profession called by the industry as “Robotician.” In the current scenario of industry 4.0, Industrial and Collaborative Robotics are being “seen” as the only and best way to provide increased productivity, competitiveness and this professional becomes indispensable. The world industry is going through a period of transformation from the perspective of a new production logic (from the virtual to the real). There is an increasing need for the implementation of agile, efficient and productive processes. For this, it is necessary to take a technological leap. With industry 4.0 and the insertion of the professional “robotician” there will be an increase in productivity and cost reduction in the manufacturing processes, better use of resources and energy savings, being, therefore, a system to assist in sustainable development. The objective of this research is to propose and develop a “robotized cell 4.0”, considering its pedagogical applicability and its advantages for higher hybrid education. It is intended to improve teaching-learning methods with the use of TDICs, tools of Industry 4.0 and hybrid teaching. Another secondary objective is the creation of a professional mobile school of expert robotics.

Keywords: Robotician, Hybrid Education, industry 4.0.

¹ Trabalho desenvolvido com apoio financeiro do Instituto Avançado de Robótica – I.A.R.



1. Introdução

Uma das mais recentes perspectivas de se trabalhar com as TDIC em sala de aula e ao mesmo tempo propiciar uma transformação metodológica no ensino é por meio do denominado *blended learning* ou, trazendo para idioma português, educação híbrida (ou ensino híbrido, como alguns autores preferem). Embora haja certa complexidade em sua definição, o conceito de educação híbrida, cujo objetivo é desenvolver estruturas conceituais no funcionamento escolar para uma educação mais atraente para os alunos que possibilite um processo mais efetivo e desperte maior interesse no aprendizado, pode ser entendido como uma proposta de ensino-aprendizagem que mescla ou combina o melhor da escola tradicional com o poder transformador da aprendizagem on-line (MILL; CHAQUIME, 2017). Sendo assim, destacamos que:

Ensino híbrido pode ser entendido como uma interligação entre modalidades (presencial, virtual) ao longo do caminho de aprendizagem de cada aluno dentro de um curso ou de uma disciplina, a fim de proporcionar uma experiência integrada de aprendizagem, de modo que o aluno possa, de alguma forma, ter controle sobre espaço, tempo e ritmo e esteja no centro do processo de aprendizagem (BACICH; TANZI NETO; TREVISANI, 2015).

O Híbrido mescla o que há de melhor no ensino tradicional aos novos métodos de ensino utilizando tecnologias como ferramenta, para proporcionar uma experiência completa para professores e alunos. As Tecnologias digitais de Informação e Comunicação (TDIC) geraram importantes mudanças no âmbito educacional, exterminando as barreiras entre espaço virtual e espaço físico, criando assim um espaço híbrido. Mas essas mudanças tecnológicas exigem uma postura crítica daqueles que atuam na área educacional em relação à informação e ao conhecimento, levando, dessa forma, a urgente necessidade de cultura digital. O Ensino Híbrido é o emprego de metodologias do ensino presencial, unificados aos métodos de ensino online, no desenvolvimento diário do processo de ensino e aprendizagem. A ideia central dessa metodologia tem a ver com educação embasada em projetos e pesquisas com o auxílio de plataformas virtuais (JÚNIOR; CASTILHO, 2016). O mesmo autor afirma que a Híbridização do ensino proporciona aulas aprazíveis, modernas, brandas, participativas e flexíveis, ou seja, aparta o aluno da inércia, da posição de ouvinte passivo, como ocorre em aulas tradicionais expositivas, para posição de aluno protagonista do seu aprendizado que o envolve em atividades complexas e desafiadoras motivando-o a participar da construção do seu conhecimento de forma ativa, ora interagindo com outros alunos em grupos, ora individualmente. Deste modo, o professor assume seu papel de mediador, orientador e facilitador, o que viabiliza tempo maior de observação do desenvolvimento individual do aluno proporcionando interação durante o processo de ensino e aprendizagem, fazendo com que o aluno adote a importância do domínio de aprender a aprender (ALMEIDA; VALENTE, 2011).

Existem muitos estudos e citações a respeito dos manipuladores robóticos ou robôs industriais presentes na indústria. Em um primeiro momento, são vistas as mais diferentes técnicas e estratégias de controle referente a muitas aplicações utilizando estes robôs que são largamente usados na indústria e laboratórios das universidades de todo o mundo. Uma variedade de métodos de controle e a realimentação para o controle de movimento de manipuladores robóticos de elos rígidos seriais são constatados pela pesquisa bibliográfica. O mais simples e mais usado, é o



controlador P.I.D. descentralizado, onde um controlador P.I.D. atua sobre cada junta do robô de forma independente. O projeto do sistema com controle independente de juntas considera as forças/torques da dinâmica não-linear acoplada do robô, como um torque de perturbação para o motor de cada junta a ser controlado. Para robôs de baixo desempenho dinâmico isto funciona bem, pois quanto maior a redução colocada entre o eixo do atuador e o da junta, menor o efeito das dinâmicas não-lineares do robô sobre o motor.

Jin Li (1990) propõe um método inovador para linearizar modelos dinâmicos para manipuladores, usando-se da formulação Lagrangeana. Este método é simples e sistemático, podendo ser aplicado à computação da lei de controle de reação (isto é, as forças/torques generalizados) ao longo da trajetória nominal desejada e ao projeto do controlador que reduz ou elimina todos os desvios da trajetória nominal desejada. A vantagem deste método é a redução significativa da carga computacional que atualmente exige aproximadamente 2000 multiplicações e 1700 adições para um manipulador padrão de 6 graus de liberdade (G.D.L.) ou seis eixos de rotação. Corke & Armstrong-Hélouvry (1994) também descreveram um procedimento automatizado para analisar o significado de cada um de muitos termos nas equações de movimento para um manipulador robótico. A análise do significado da dinâmica e de efeitos que são significativos localmente ou globalmente no estado do manipulador auxilia no entendimento das equações de movimento. Suprimir daqueles termos que não contribuem significativamente ao torque comum total pode reduzir a carga computacional para o controle de movimento ou para se efetuar uma simulação em ambiente com o software MATLAB/SIMULINK®

Corke (1998) relata experiências incontáveis de muitos anos de pesquisas em laboratórios para obtenção dos parâmetros cinemáticos e dinâmicos do PUMA 560. Entretanto, permanece um desafio para levantar os dados necessários para o controle do robô. Chegou-se à conclusão que o grau de variação entre os dados medidos com os apresentados na literatura eram altos. Esse estudo também comparou os dados com diversos relatórios de outras universidades para garantir maior confiança para cada parâmetro e de cada relatório há os dados que são incompatíveis uns com os outros.

Shetty & Ang. Jr. (1996) mostraram experimentalmente que tarefas relacionadas ao movimento do manipulador envolvem forças da interação entre a ferramenta e o ambiente externo. Propuseram um esquema de controle que utilizou um dos primeiros sensores de força, na qual o operador especificasse a interação do meio externo com o robô. A conformidade necessária foi conseguida modificando o movimento do manipulador. Isto é, conseguindo programar um relacionamento da força-deflexão na ponta da ferramenta.

Erol et al (2005) utilizaram o manipulador PUMA 560 para ajudar a pacientes durante o curso de terapia da reabilitação. Com a estrutura de controlador apresentada, esperava-se fornecer uma força ótima aos pacientes na variação das circunstâncias físicas e ambientais. A estrutura de controle tem dois módulos principais. O primeiro módulo é um modelo humano. O segundo módulo é uma rede neural artificial. Os resultados mostraram que o controlador proposto é eficaz em fornecer a força desejada sob a variação de circunstâncias ambientais. Os pesquisadores acreditam que o sistema desenvolvido pode realçar ganhos no tratamento mais eficazmente do que quando realizado por um terapeuta baseado na condição de um paciente. Um trabalho adicional nesta área envolveria a experimentação com os pacientes reais para determinar a eficácia deste controlador em uma terapia.

O controle avançado de robôs industriais exige: 1) uso de sensores no espaço de tarefas, tais como a visão, a força, e o tátil; 2) alta capacidade de programação; 3) controle e relação eficiente com outros elementos do espaço de trabalho do robô; 4) sistema supervisor. À maioria dos robôs industriais faltam essas capacidades; em particular, informação sensorial do espaço de tarefa para o



controle tempo real, que é difícil de integrar, e técnicas de programação avançadas com interpolação.

Goldenberg & Chan (1988), da antiga UNIMATION, desenvolveram outro tipo de controlador que apresenta uma melhoria sobre o sistema VAL II originalmente projetado para o robô PUMA 560. Em particular, órgão terminal e o software do controlador novo podem acomodar novos sistemas sensoriais, linguagens de programação do robô, modelos dinâmicos para a pesquisa e a avaliação de métodos de controle avançado. Wang & Liu (2007) também desenvolveram um controlador para resolver a problemática de imagem de uma câmera no espaço 3D acoplada a um manipulador robótico. O controlador é projetado para lidar com uma dinâmica altamente não-linear do robô e movimento desconhecido do objeto. A matriz Jacobiana do manipulador é necessária para estimar a posição e orientação do objeto. Foi empregado o método de Lyapunov para provar assintoticamente a convergência dos erros da imagem.

Houshangi (1990) também descreve aplicações complexas utilizando o robô PUMA 560. Uma delas, por exemplo, é tratar os eventos inesperados em ambiente desconhecido, ou seja: em tempo real. O processamento da imagem é demorado, a informação sobre a posição do alvo não pode ser obtida instantaneamente para o controlador, por causa do atraso de tempo inerente, a posição presente e futura tem que ser prevista em tempo real. Uma proposta audaciosa é agarramento de um objeto movente pelo manipulador.

Dinâmica e controle de movimento de manipuladores confiam na habilidade do sistema de atuação fornecer torques exatos. Entretanto, esta habilidade é restringida consideravelmente pelas não-linearidades e pela fricção inerentes dentro dos sistemas de transmissão da maioria de robôs industriais. Vischer & Khatib (1995), construíram um manipulador de 11 G.D.L. na Universidade de Stanford com uma nova concepção de um sensor de torque. Os resultados do protótipo foram satisfatórios do ponto de vista do aumento da exatidão quando comparado com o manipulador PUMA 560 de 6 G.D.L. com características bem diferentes.

Segundo Ferretti et al (2004) o controle de impedância é um novo tópico onde é de grande valia investimentos em pesquisas. Os autores acreditam que, na abertura entre a teoria e a execução da prática, há ainda uma abundância de espaço para novas contribuições. A grande vantagem é um esquema de controle que possa ser executado sem conhecimento exato da dinâmica do manipulador e sem remodelar arquitetura de sistema do controle de movimento com malha interna. Outra técnica bastante utilizada para alto desempenho dinâmico em robôs manipuladores é o controle por torque computado (C.T.C.) enfatizado por (Salinas et al, 2007). Os autores propõem uma metodologia simples que execute um controle no espaço operacional em um robô de seis eixos de rotação (6 G.D.L.). Primeiramente, o modelo é linearizado e desacoplado, em seguida é executado um esquema de controle C.T.C. no espaço operacional e por fim o cálculo de matriz de Jacobiana que funciona dentro do período de amostragem. Os resultados mostram alto desempenho do controlador no que diz respeito a alta velocidade do manipulador, aos distúrbios externos, de erros no modelo dinâmico e rigor no seguimento de uma trajetória complexa.

Hsia et al (1991) apresentam um controlador robusto de juntas independentes para manipuladores robóticos. Uma das questões básicas envolvidas é a supressão de distúrbio em cada junção do robô devido ao acoplamento, à fricção, e aos carregamentos dinâmicos de gravidade. A contribuição deste trabalho foi a introdução de um esquema de controle simples independente da junção do robô, análise de estabilidade, e avaliação experimental extensiva do controlador em um robô PUMA 560. O projeto do controlador exige somente o conhecimento do ganho de tensão e de entrada do sistema de movimentação dos motores C.C. Khelifi & Abdessameud (2007) também apresentam um controlador robusto baseado na teoria H_∞ . A proposta é o desenvolvimento de um filtro H_∞ para um sistema robótico clássico com perturbações externas, na qual possa ser observada



a estabilização assintótica dos erros do controlador. O controlador desenvolvido foi utilizado para controlar o manipulador PUMA 560 e notou-se que os erros convergiram.

Richalet et al (1978) propuseram uma nova modalidade de controle para aplicações em processos industriais chamada Model Predictive Heuristic Control (MPHC). Este método marca o início do desenvolvimento do controle preditivo e suas aplicações têm se mostrado de forma contínua e bem-sucedida. A estratégia MPHC se baseia em três princípios: controle de processos multivariados com modelo de predição on-line, estratégia fixada na trajetória de referência que define o loop fechado da planta e cômputo da entrada futura. Bemporad et al (1999) discutem uma das primeiras aplicações de controle preditivo em robôs manipuladores. Para os sistemas robóticos que seguem uma trajetória geométrica dada, existe o problema de satisfazer a entrada e o estado simultaneamente. De acordo com uma predição da evolução do estado atual do robô, um dispositivo de tempo discreto chamado regulador ou gerador de trajetória ótima gera um trajeto a ser seguido, resolvendo em intervalos fixos o problema de otimização. Os primeiros testes empíricos foram realizados para um manipulador de 3 G.D.L.

A técnica de torque computado se baseia em um modelo dinâmico não-linear do sistema e busca como objetivo remover os efeitos não-lineares do manipulador, facilitando o controle externo com ganhos e compensações do controlador projetado. A integração do controle preditivo e do controle de torque computado (Becerra et al, 2005) pode ser aplicada no manipulador PUMA 560 de seis graus de liberdade. A execução em tempo real foi baseada no software Simulink, com o controlador preditivo e a técnica de controle de torque computado executados em linguagem de programação "C". O controlador preditivo resolveu um problema de programação quadrática em cada intervalo de amostragem.

2. Metodologia e Aprendizagem

A metodologia consiste em projetos e em aulas expositivas com docentes e especialistas de notório saber com ampla experiência na área de Robótica Industrial e Robótica Educacional. As aulas práticas com retorno constante à teoria serão capazes de demonstrar problemas vivenciados na indústria e em sala de aula que já utilizam metodologia STEAM. Serão empregados recursos com alto valor agregado através de licenças de softwares da SIEMENS PLM (ferramentas avançadas de manufatura e simulação dinâmica de robôs) através de ensino híbrido. Por fim, a inovação no método de ensino pretendido integra a resolução de problemas industriais dentro da unidade móvel avançada com alta tecnologia do Instituto Avançado de Robótica – IAR através de consultorias e pesquisa aplicada propondo uma metodologia baseada na solução de problemas ou “competência baseada em projeto.” A correlação entre as disciplinas com os objetivos do projeto; ambas estão alinhadas com os problemas reais do cotidiano do especialista em Engenharia Robótica e Educação Tecnológica. Porém, a interdisciplinaridade acontece quando se aprofunda o conhecimento em áreas que possibilitam pesquisa e inovação através de temas atuais aos quais a tecnologia está no estado da arte. As atividades complementares serão mandatórias e farão parte da experiência que este profissional precisa adquirir. Ela acontecerá através de palestras, workshops com especialistas, visitas guiadas às empresas do setor, montadoras automotivas, escolas, discussão de estudo de casos, feiras especializadas e consultorias com os profissionais do Instituto Avançado de Robótica – IAR.

O uso de robôs industriais presentes na indústria utilizados, ou o uso em aplicações pedagógicas, ou o uso em laboratórios ou sala de aula requer muito estudo em problemas voltados à segurança do professor e dos alunos, sem antes observar esses critérios é perigoso iniciar um trabalho. Através de critérios rigorosos de engenharia propomos um projeto sobre “rodas” ou seja, um “caminhão escola” ao qual o resultado será a criação de 04 (quatro) células mecatrônicas robotizadas (produto) que estarão dentro do caminhão e que é uma “NOVIDADE” quando

empregado, além de aplicações industriais, para aplicações pedagógicas, tem “RELEVÂNCIA” porque é um trabalho complexo e pode ser utilizado para trabalho social, retirando jovens com vulnerabilidade econômica e ajudando-os a voltar estudar e obter um primeiro emprego. É “VIÁVEL” e “EXEQUÍVEL” porque o robô industrial já existe e funciona com segurança e temos uma grande “OPORTUNIDADE” para trabalhar e fecundar técnicas de ensino-aprendizagem, teorias da educação e metodologias inovadoras na formação de alunos e professores.

O objetivo pedagógico inovador é mostrar que o papel do professor na educação contemporânea deve ser de desconstruidor de um método tradicional para facilitador do conhecimento no processo ensino aprendizagem. A atualidade sugere papéis híbridos tanto do professor quanto do aluno pois o mais importante é a construção do conhecimento sem tornar tão relevante a posição que os atores da educação ocupam neste processo. O exercício de repensar o papel do professor considerando o ensino híbrido face às novas tecnologias pode ser muito enriquecedor para gerar novas ideias para a prática pedagógica no âmbito educacional. (Hoffmann, 2016).

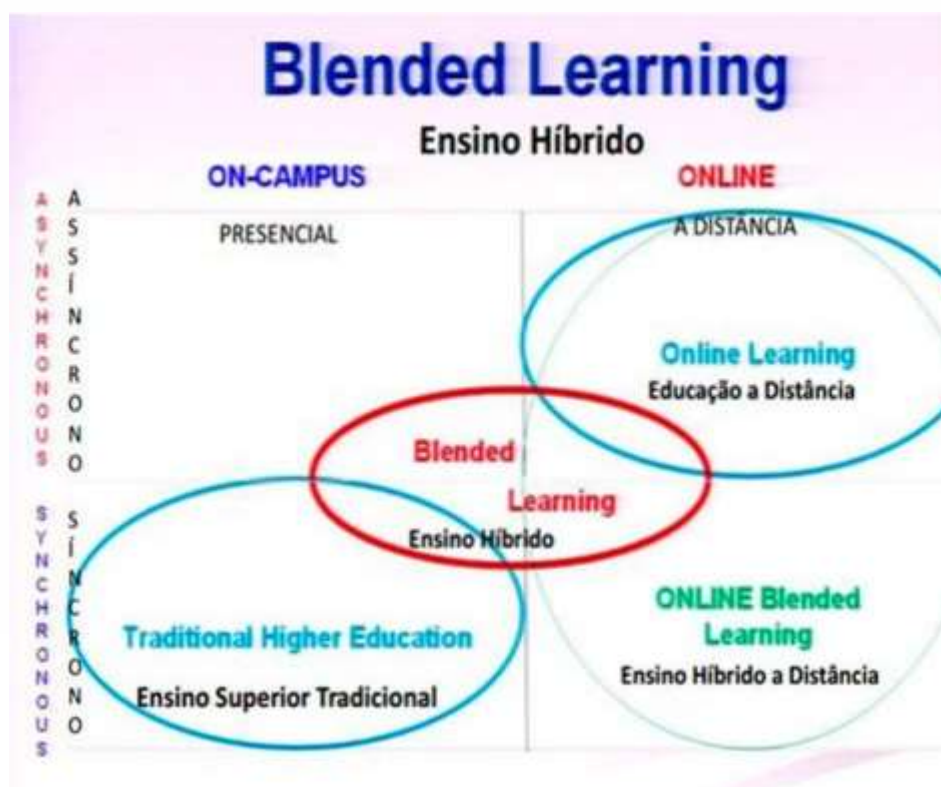


Figura 1. Blended Learning em relação às outras modalidades.

Fonte: dever ser ZANOTTO et al, 2014 p. 03.

Castro et al (2015) ensinam que quando o aluno sai do polo passivo e entra no polo ativo pela inserção de metodologias ativas, muitas vezes, não compreende o processo de aprendizagem e conclui que o professor descumpra o seu papel de transmissor do conhecimento. Isso ocorre pois existe alteração do paradigma, essa atitude já é prevista, porém, quando as práticas pedagógicas são vislumbradas pelas metodologias ativas personalizadas pelas tecnologias tornando o aluno sujeito ativo de sua aprendizagem essa visão é transformada levando ao processo natural de aprendizagem construído e desenvolvido entre pares em uma relação colaborativa. Importante ressaltar que o

aluno precisa estar ciente dos objetivos e práticas das novas metodologias. Como exemplo, a sala de aula invertida, quando as atividades são disponibilizadas on-line antecipando o acesso do aluno ao material que será estudado posteriormente em sala de aula, ele pode trabalhar com esse material no seu ritmo e tempo e tentar desenvolver o máximo de compreensão possível. Quando isso acontece, gera melhor aproveitamento nas atividades propostas em sala aula presencial. (CASTRO et al, 2015).

Outro aspecto é o resultado da autoavaliação que sinaliza ao professor a compreensão do aluno sobre os temas em que os alunos apresentaram maior dificuldade e que necessitam de maior atenção em sala de aula. Com isso, o aluno pode entender o que precisa assimilar do conteúdo, captar as dúvidas que podem ser esclarecidas em sala de aula e planejar como aproveitar o momento presencial, com os colegas e com o professor. Neste prisma, o aluno passa a vivenciar a realidade no âmbito de sua educação, desenvolvendo a criatividade de um sujeito proativo, capaz de interagir, questionar e solucionar problemas de forma mais eficiente e crítica. (VALENTE, 2014).

3. Resultados do Projeto

3.1. Manipulador Robótico MOTOMAN

O Robô Industrial modelo MHJF, apresenta 06 (seis) eixos espaciais, alcance máximo de 545 mm, capacidade máxima de carga de 1 kg (suportável até 02 kg) e Sistema de Controle FS100, similar ao DX-200. Equipado com sistema de colisão e freios nos eixos L e R, respectivamente. Design moderno do manipulador com peso de 15Kg e repetibilidade de 0.03 mm. Arquitetura do sistema de controle aberta que aceita comunicação com os softwares C, C++ e NET. Compatibilidade com sistema de visão 2D e módulo de I/O com resposta rápida.

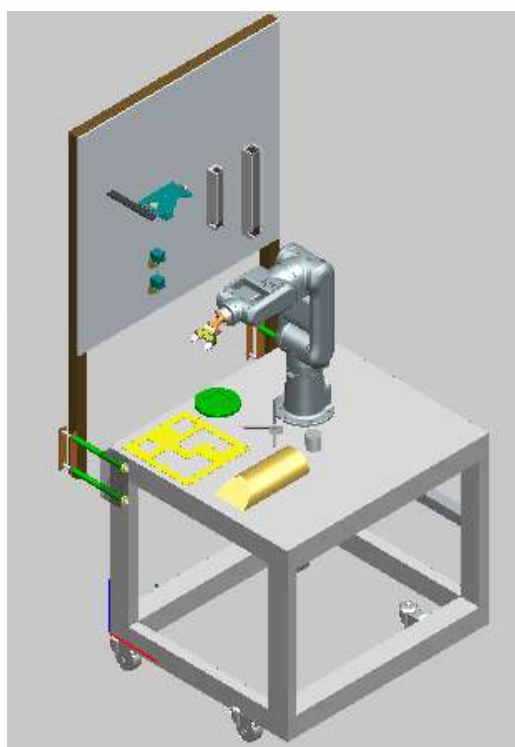


Figura 2. Célula 4.0 Mecatrônica Robotizada (Robô: MOTOMAN)

Fonte: Autoria própria.

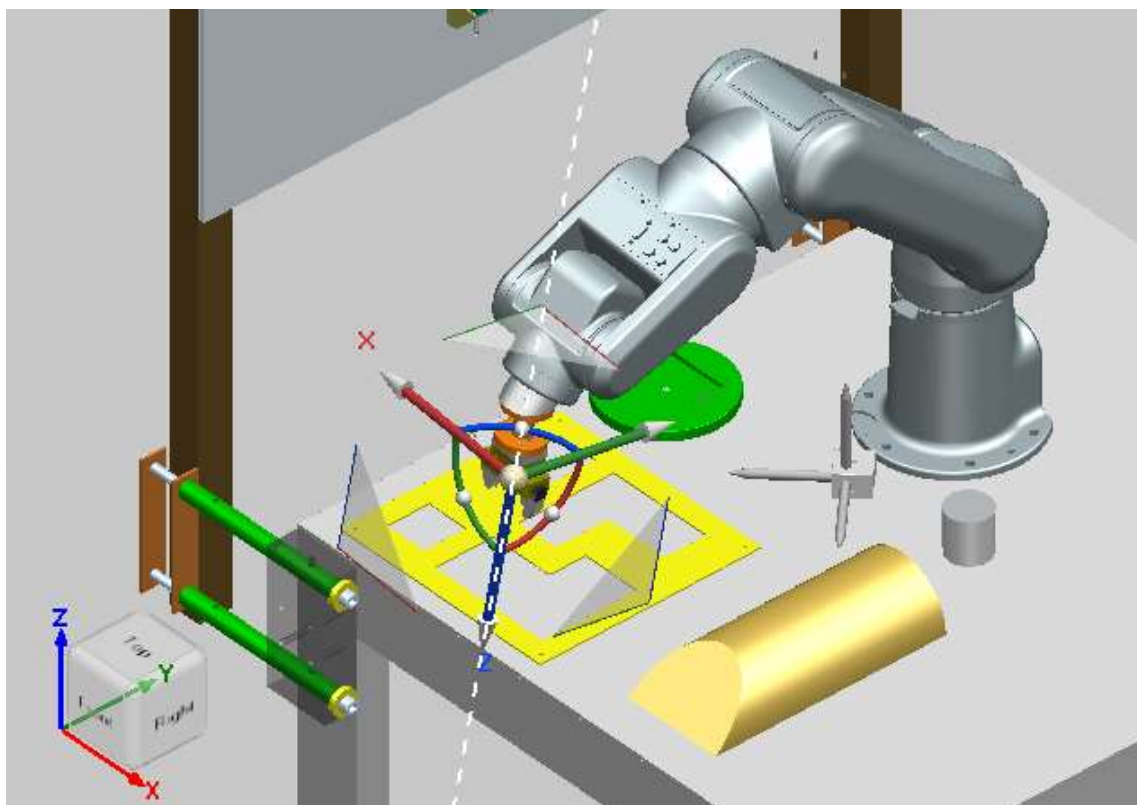


Figura 3. Cálculo de Posição (X,Y,Z) e Orientação (Alpha,Beta,Gama) Espaciais em 6D
 Fonte: Autoria própria.

A Célula 4.0 completa com o robô MOTOMAN pesa aproximadamente 50 kg e está sobre 4 “rodinhas cromadas” com freios e com a possibilidade de formação de um layout modular dentro da unidade móvel (caminhão-escola) com o objetivo de simular várias aplicações presentes na indústria brasileira. Alguns desses “problemas” foram elucidados em forma de testes e já foram aprovados pelo Instituto Avançado de Robótica – I.A.R. O maior foco do projeto não está no robô, não está na célula e muito menos no exercício. Toda energia, esforço dos instrutores, empenho dos pedagogos estão concentrados na forma de raciocínio dos alunos. Existem mais de uma solução para o mesmo problema e a inovação acontece quando os alunos de forma coletiva conseguem perceber e implementar as respostas com ajuda de todos os profissionais envolvidos.

3.2. Garras

As garras têm uma importância estratégica no projeto dos quatro manipuladores robóticos (ABB, KUKA, MOTOMAN e FANUC). Elas desempenham um papel fundamental na criação e desenvolvimento das aplicações industriais e pedagógicas. Através do tipo de peça, elemento, ventosa ou qualquer outro material podemos pensar na complexidade dos exercícios, nos conteúdos das aulas, dinâmicas, oficinas, trabalhos em grupo e tantas outras abordagens de ensino que possamos elaborar sempre fecundando a prática com retorno constante à fundamentação teórica.

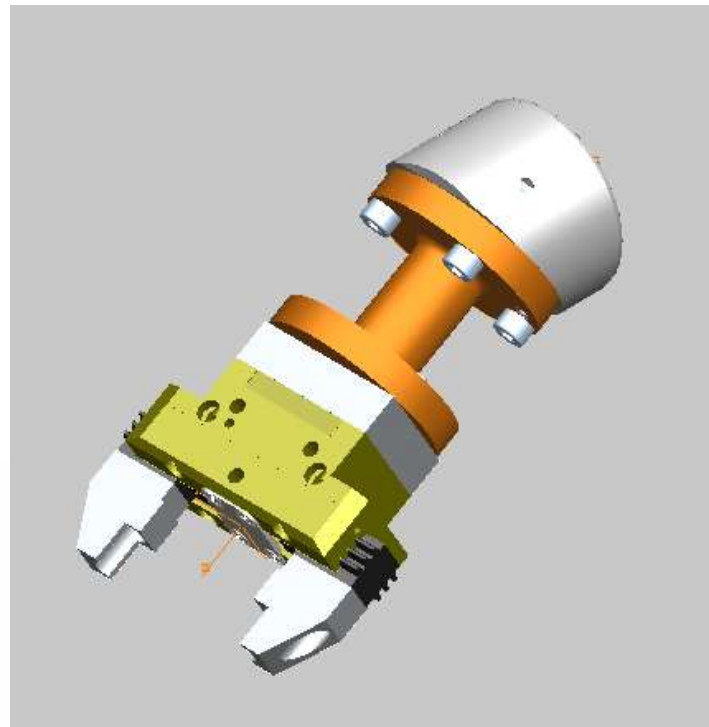


Figura 4. Garra Industrial Mecatrônica para o Robô (MOTOMAN)
 Fonte: Autoria própria.

4. Conclusões

O software da SIEMENS PLM chamado de PROCESS SIMULATE (versão 14.1.2) foi empregado para análise do projeto dos robôs (MOTOMAN, KUKA, ABB e FANUC), estudos da cinemática dos dispositivos (garra, sétimo eixo manipulador robótico), da programação dos movimentos do robô, das singularidades e redundâncias. São expostos aos alunos problemas reais de consultorias envolvendo magazines com duas “peças” (blocos) de tamanhos de diferentes que simulam o produto do tipo A e produto do tipo B, problemas de contorno de superfícies inclinadas que envolvem programação de movimentos do robô com trajetórias tipo SPLINE, problemas simulando “cordões de soldagem” com dois tipos de “tocha,” manipulação dos blocos com inspeção e uso do sétimo eixo do robô. Através do ensino híbrido e sala de aula invertida, toda a fundamentação teórica e descrição dos detalhes dos exercícios são disponibilizados aos alunos em plataforma on-line e durante os encontros presenciais dentro da unidade móvel ou dentro da sala de aula da escola (quando a célula está fora do caminho), os alunos estão diante da real oportunidade de implementar as respostas candidatas às soluções dos problemas com alto nível de complexidade.

5. Bibliografia

O ALMEIDA, M. E. B., VALENTE, J. A. **Tecnologias e Currículo:** trajetórias convergentes ou divergentes? São Paulo: Paulus, 2011.

BACICH, L.; TANZI NETO, A.; TREVISANI, F. M. **Ensino híbrido:** personalização e tecnologia na Educação. Porto Alegre: Penso, 2015.



BECERRA, V. M.; COOK, S.; DENG, J. **Predictive computed-torque control of a Puma 560 manipulator robot.** In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ROBOTICS AND AUTOMATION-IEEE, 2005. Proceedings...New York: IEEE, 2005.

BEMPORAD, A.; TARN, T. J.; XI, N. O. **Predictive path parameterization for constrained robot control.** Transactions on Control Systems Technology-IEEE, v.7, n.6, p. 537-544, nov. 1999.

CORKE, P. I. **Robotics toolbox for use with matlab.** Preston: CSIRO Division of Manufacturing Technology, 1994.

CASTRO, E.A.; RIBEIRO, V. C.; SOARES, R.; SOUSA, L.K. S.; PEQUENO, J.O.M.; MOREIRA, J. R.. **Ensino Híbrido: Desafio da Contemporaneidade? Projeção e Docência,** v. 6, n. 2, p. 47-58, 2015.

CORKE, P. I.; ARMSTRONG-HÉLOUVRY A. **Search for consensus among model parameters reported for the Puma robot.** In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ROBOTICS AND AUTOMATION-IEEE, 1994, San Diego. Proceedings...New York: IEEE, 1994. p.1608-1613.

CORKE, P. I. **A symbolic and numeric procedure for manipulator rigid-body dynamic significance analysis and simplification.** Robotica, v.16, n. 5, p. 589-594, 1998.

EROL D.; MALLAPRAGA V.; SARKAR N. **Adaptable force control in robotic rehabilitation.** International Workshop on Robots and Human Interactive Communication-IEEE, 2005.Proceedings... New York: IEEE, 2005. p. 649-654.

GOLDENBERG, A. A; CHAN L. **An approach to real-time control of robots in task space. application to control of Puma 560 without VAL-II.** Transactions on Industrial Electronics-IEEE, v.35, n.2, p. 231-238, May. 1988.

HOUSHANGI, N. **Control of a robotic manipulator to grasp a moving target using vision.** In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ROBOTICS AND AUTOMATION-IEEE, 1990. Proceedings...New York: IEEE, 1990. p. 604-615.

HOFFMANN, E.H. **Ensino Híbrido no Ensino Fundamental: Possibilidades e desafios.** TCC. Especialização em Educação na Cultura Digital. Orientador (a): Gisele Gonçalves. Florianópolis: UFSC, 2016. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/168865/TCC_Hoffmann.pdf?sequence=1&isAllowed=y Acesso em: 10 Abr. 2020.

HSIA, T. C. S.; LASKY, T. A.; GUO, Z. **Robust independent joint controller design for industrial robot manipulators.** Transactions on Industrial Electronics-IEEE, v.38, n.1, p. 21-25, Feb. 1991.

JIN LI, C. **A new method for linearization of dynamic robot models.** Transactions on Systems Man and Cybernetics-IEEE, v.20, n.1, p. 02-17, Feb. 1990.

JÚNIOR, E. R.; CASTILHO, N. M. de C. **Uma experiência pedagógica em ação:** aprofundando o conceito e inovando a prática pedagógica através do ensino híbrido. SIED: EnPED - Simpósio Internacional de Educação a Distância e Encontro de Pesquisadores em Educação a Distância, 2016. Disponível em: <http://www.sied-enped2016.ead.ufscar.br/ojs/index.php/2016/article/view/1295/547>
Acesso em: 10 Abr. 2020.

KHELFI, M. F.; ABDESSAMEUD, A. **Robust H-infinity trajectory tracking controller for a 6 D.O.F Puma 560 robot manipulator.** In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ROBOTICS AND AUTOMATION-IEEE, 2007. Proceedings...[S.l.]: IEEE, 2007. p. 88-94.

MILL, D.; CHAQUIME, L. P. **Educação híbrida como estratégia educacional.** São Carlos: Editora Pixel, 2017.

RICHALET, J. et al. **Model predictive heuristic control: applications to industrial processes.** Automatica, v. 14, n. 5, p. 413-428.1978.

VALENTE, J. A. **Blended Learning e as mudanças no Ensino Superior:** a proposta da sala de aula invertida. Educar em Revista, 79-97. 2014.

VISCHER, D.; KHATIB O. **Design and Development of High-Performance Torque-Controlled Joints.** Transactions on Robotics and Automation-IEEE, v.11, n.4, p. 537-544, Aug. 1995.

WANG, H.; LIU YUN, H. **Dynamic visual tracking with eye-in-hand camera.** In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTEGRATION TECHNOLOGY-IEEE, 2007, Shenzhen. Proceedings...New York: IEEE, 2007. p.5 13-518.

ZANOTTO, M. A. C.; BIACHI, P. C. F.; SILVA, A. P. R.; REALI A. M. M. R. **Hibridização do ensino em uma IES:** delineamento de ações pedagógicas para adoção de 20% a distância em cursos de graduação presenciais In: Simpósio Internacional de Educação a Distância, 2014. Universidade Federal de São Carlos. Disponível em: <http://www.siedenped2014.ead.ufscar.br/ojs/index.php/2014/article/view/742/233>. Acesso em: 10 Abr. 2020.