



SÃO PAULO

FACULDADE SENAI DE TECNOLOGIA MECATRÔNICA
REVISTA BRASILEIRA DE MECATRÔNICA

**MODELAMENTO DE PLANTA MPS EM SOFTWARE DELMIA EM CONFORMIDADE COM
PLANTA EXISTENTE**

MPS PLANT MODELING ON DELMIA SOFTWARE IN COMPLIANCE WITH EXISTING PLANT

Pablo Fagner de Carvalho^{1, i}

Daniel Camusso^{2, ii}

RESUMO

O objetivo principal deste trabalho consiste em elaborar uma planta virtual do tipo Sistema de Produção Modular (MPS) em ambiente de simulação de processo. Por meio do software DELMIA V5 Dassault Systemes, foi desenvolvido um ambiente de treinamento para que o aluno, enquanto inexperiente na planta física supracitada, possa aplicar conceitos de programação robótica, preparando-se antes da atuação direta. Este trabalho foi desenvolvido dentro da metodologia indutiva e após sua conclusão, constatou-se por meio de questionário de avaliação que os alunos treinados virtualmente se sentiram mais confiantes ao passar a operar/programar a planta real e que esta confiança se desenvolveu na prática adquirida com a planta virtual. Considerando que os conceitos pré-treinados virtualmente deram base para a operação real do robô e dos equipamentos envolvidos na planta, foi possível constatar então que o uso de ambientes virtuais pode diminuir os custos com quebras de equipamentos além de aumentar a fixação do conhecimento pelo aluno.

ABSTRACT

The main objective of this work is to elaborate a virtual plant of the type Modular Production System (MPS) in a process simulation environment. Using the DELMIA V5 Dassault Systemes software, a training environment has been developed so that the student, while inexperienced in the aforementioned physical plant, can apply concepts of robotic programming, preparing before the direct action. This work was developed within the inductive methodology and after its completion, it was verified through an evaluation questionnaire that the practically trained students felt more confident when they started to operate/program the actual plant and that this confidence was developed in the practice acquired with the virtual plant. Considering that the pre-trained concepts virtually provided the basis for the actual operation of the robot and the equipment involved in the plant, it was possible to verify that the use of virtual environments can reduce the costs of equipment breaks besides increasing the knowledge fixation by the student.

Data de submissão: (12/12/2017)

Data de aprovação: (07/09/2018)

¹Graduado em Tecnologia Mecatrônica. E-mail: pablo.pfc@hotmail.com

²Professor da Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica Especialista em Engenharia Automobilística. E-mail: daniel.camusso@sp.senai.br

1 INTRODUÇÃO

Com os constantes avanços tecnológicos, tornou-se cada vez mais necessário treinamentos para desenvolvimento de mão-de-obra especializada. Estes treinamentos, por vezes, se tornavam extremamente caros, cansativos e por vezes, ineficientes devido a utilização de métodos de ensino de baixa retenção. Mesmo com grande tempo investido, os treinamentos que eram desenvolvidos fora do local de trabalho, não conseguiam reproduzir a realidade do “chão-de-fábrica” assumindo um risco grande de incompatibilidade de informações. (ONIRIA, 2017a).

Quando o funcionário, já treinado, assumia o posto de trabalho para resolver os problemas reais, ainda existia uma lacuna no conhecimento que deveria ser preenchida com a experiência adquirida na operação do equipamento, assumindo riscos de operações não simuladas e conseqüentemente, de prejuízo.

Nas escolas não é diferente. O aluno que aprendia a teoria em sala de aula ainda precisava desenvolver habilidades para operar o equipamento estudado. O ponto a ser tratado é que o aluno que havia aprendido somente a teoria iria desenvolver suas habilidades (psicomotoras) num equipamento real gerando um risco tanto para o aluno como para o equipamento.

Outro grande problema enfrentado pelas escolas é a carência de investimento. A grande velocidade no desenvolvimento de novas tecnologias faz com que os equipamentos existentes para treinamento fiquem obsoletos rapidamente e estes não conseguem atender à demanda tecnológica do mercado.

No entanto, graças as evoluções computacionais e o desenvolvimento de novos softwares, já é possível se desenvolver um treinamento virtual que se equipara a um treinamento no local de trabalho. Os softwares atuais, são capazes de simular uma célula de trabalho real e, através de modelos desenvolvidos em desenho assistido por computador (CAD), pode-se criar ambientes de treinamento capazes de eliminar grande parte das lacunas existentes entre o treinamento e o local de trabalho.

Segundo Freire (1989, p. 67) a teoria sem a prática vira verbalismo, assim como a prática sem teoria, vira ativismo. No entanto, quando se une a prática com a teoria tem-se a práxis, a ação criadora e modificadora da realidade. Mas como transformar um conhecimento teórico em conhecimento prático desenvolvendo habilidades tais que, ao acessar o equipamento em questão, visto que é inexperiente, o aluno possa migrar de um (teoria) para o outro (prática) minimizando o risco gerado pela sua inabilidade? Se a teoria e a prática são necessárias para o desenvolvimento do aluno e estas estão distantes uma da outra, como preencher este espaço formado pela falta de habilidade psicomotora do aprendente? Restamos então buscar o estreitamento do espaço entre teoria e prática. Uma forma segura e, consideravelmente mais barata de se diminuir este espaço é a virtualização do ambiente real, dando ao aluno a oportunidade de treinar seus conceitos básicos em um local onde a colisão de equipamentos possa ser tratada simplesmente como um acidente de percurso e não como um prejuízo consumado.

A execução deste trabalho justifica-se com base nos fatos apresentados que mostra a eficiência nos treinamentos virtualizados aliado a economia de tempo e dinheiro.

2 OBJETIVO

O objetivo deste estudo é adequar planta de Sistema de Produção Modular (MPS) existente e desenvolver planta MPS semelhante em ambiente virtual para usá-las dentro de uma estratégia de ensino que dê condição ao aprendente de praticar os conceitos trabalhados na teoria, em ambiente totalmente seguro tanto para o aluno como para os equipamentos, antes do contato com o ambiente real. Desta forma, buscamos diminuir a lacuna existente entre a teoria e a prática por meio da simulação de processos.

3 DESENVOLVIMENTO

Iniciou-se o trabalho com o objetivo de encontrar um caminho viável para um treinamento eficaz que não onerasse o processo de ensino. Deste modo, decidiu-se primeiramente adequar a planta física existente para, ambientando-se com equipamento que tínhamos em mãos (célula MPS), pudéssemos partir para a montagem do processo virtual sendo fiel ao equipamento existente sem a necessidade de novas aquisições.

3.1 Montagem física e virtual

Para melhor entendimento do processo de construção, estratificaremos as etapas de montagem da planta física e da planta virtual.

3.1.1 Montagem da planta física

Verificando-se a necessidade de desenvolver um método prático de baixo custo e risco, foi elaborado um plano para dimensionamento de um ambiente que pudesse servir, dentro de uma estratégia de ensino, de plataforma de treinamento para alunos do curso técnico em mecatrônica. Levando em consideração as necessidades, softwares e equipamentos disponíveis, iniciou-se a montagem (adequação) da planta MPS localizada no laboratório de Redes Industriais.

Note que na planta mostrada na figura 1 existem outras estações de trabalho que atuam em conjunto com a parte robótica. Estas outras estações são responsáveis pela manipulação do cilindro (atuador pneumático que será montado na planta – Figura 2) no início do processo de seleção de peças.

Figura 1 – Condição inicial da planta MPS



Fonte: Elaborado pelo autor

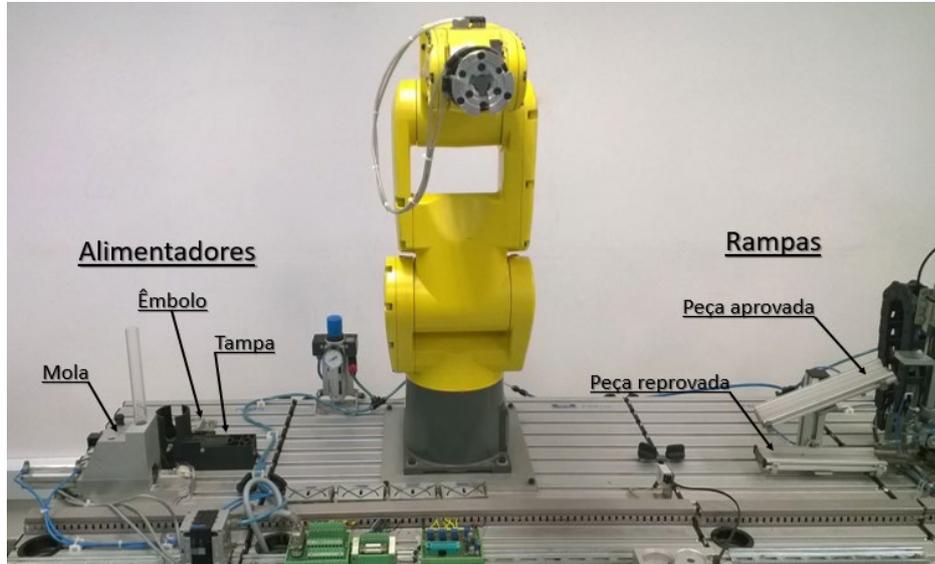
Figura 2 – Cilindro pneumático desmontado



Fonte: Festo (2017)

Devido às dimensões do robô da planta, fez-se necessário a montagem dos periféricos nas extremidades da estação (conforme pode ser visto na figura 3) evitando-se que o robô trabalhasse muito próximo à sua base, o que demandaria mais esforço da máquina.

Figura 3 – Montagem MPS



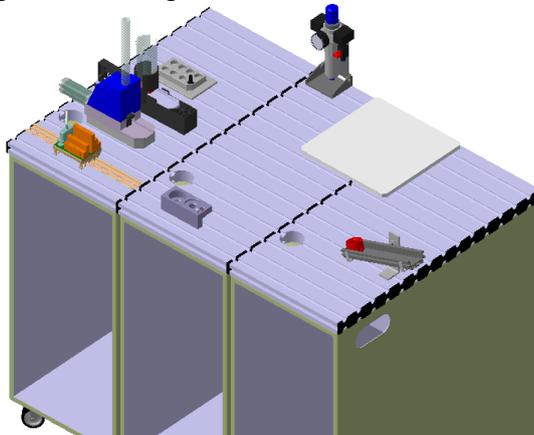
Fonte: Elaborado pelo autor

Após finalização da montagem física, iniciou-se a montagem da planta virtual mantendo-se o intuito de desenvolver um ambiente fiel ao real.

3.1.2 Desenvolvimento da planta virtual

Obedecendo a estrutura de montagem da planta real, iniciou-se a montagem da estação MPS virtual em ambiente DELMIA. Os modelos utilizados na montagem não foram modelados especificamente para este trabalho e sim, aproveitados do curso de pós-graduação por se tratarem de componentes padronizados na instituição. Na figura 4 pode-se observar os componentes em posições para trabalho.

Figura 4 – Montagem MPS Virtual



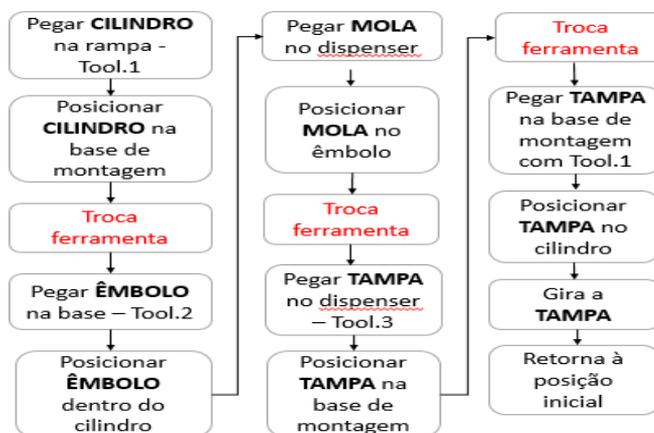
Fonte: Elaborado pelo autor

Apenas uma alteração foi necessária pois na biblioteca de robôs do software não havia o modelo real. Deste modo, por não se tratar de um trabalho baseado em CAD, foi escolhido um modelo similar (em tamanho e graus de liberdade).

3.1.3 Programação da planta virtual

Dando início ao processo de programação virtual, observou-se a sequência necessária para a montagem do cilindro. Esta sequência pode ser observada na figura 5 que representa um fluxograma de processo utilizado pela maioria dos programadores. Este é desenvolvido antes da programação objetivando minimizar o retrabalho dando maior clareza e segurança no desenvolvimento.

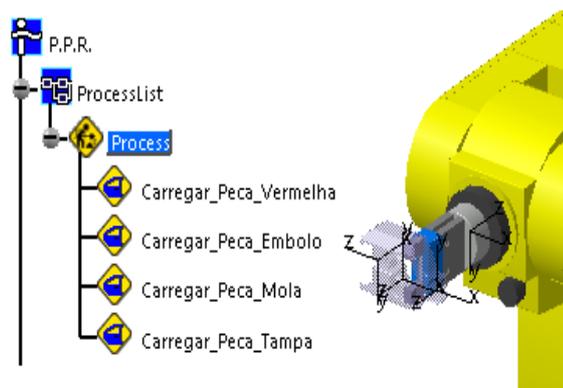
Figura 5 – Fluxograma de processo



Fonte: Elaborado pelo autor

Os processos foram criados separadamente no software programando-se a movimentação necessária para transporte da base, do embolo, da mola e da tampa. A figura 6 mostra de forma sequencial as etapas programadas. Mais adiante (figuras 7 a 16) será possível observar ilustrações de cada etapa.

Figura 6 – Processo construído no DELMIA



Fonte: Elaborado pelo autor

Concluídas as etapas de movimentação de cada peça, passou-se então à construção dos links entre os blocos de movimentação de cada peça. Efetuados os devidos testes e melhorias dos movimentos, deu-se início à programação da planta física.

3.1.4 Programação da planta física

Após o desenvolvimento da planta virtual, notou-se que a programação real do robô se tornou meramente uma cópia do que já havia sido desenvolvido no software. Mesmo com a grande habilidade dos profissionais envolvidos no processo de programação da MPS, pôde-se constatar que a fluência na tarefa aumentou devido a familiaridade com o processo pré-concebido virtualmente. Esta comparação teve como base uma programação anterior (sem planta virtual) onde o tempo gasto foi consideravelmente maior.

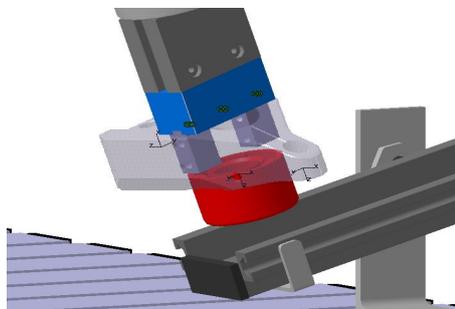
A programação se baseou nos princípios básicos da robótica gravando-se posições terrestres, seguidas de posições aéreas e intermediárias. As interpolações seguiram um padrão de movimentação que visa a segurança observando-se as velocidades e tipos de movimento (por juntas e linear).

3.1.5 Comparação e adequação – virtual/físico

Com o processo desenvolvido, tanto virtual como físico, fez-se a comparação para validação do sistema.

A figura 7 mostra o robô com o cilindro fixado (posição aérea) no software. Já a figura 8, mostra a mesma posição na célula física.

Figura 7 – Cilindro fixado (software)



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 8 – Cilindro fixado (real)



Fonte: Elaborado pelo autor

A figura 9 mostra o robô com o êmbolo (posição aérea) no software. Já a figura 10, mostra a mesma posição na célula física.

Figura 9 – Pega do êmbolo (software)

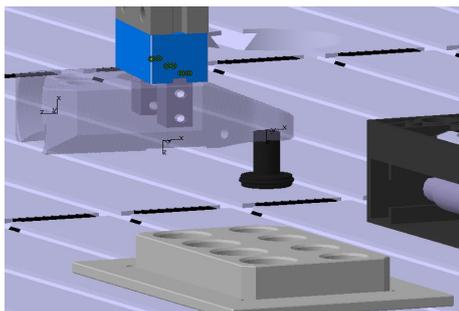
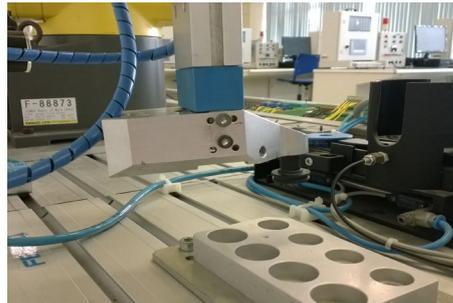


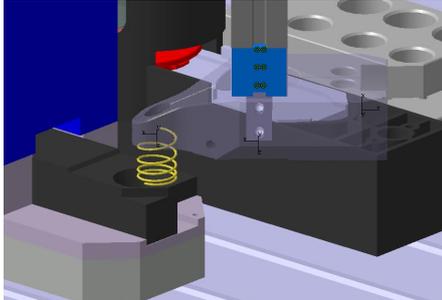
Figura 10 – Pega do êmbolo (real)



Fonte: Elaborado pelo autor

A figura 11 mostra o robô com a mola (posição aérea) no software. Já a figura 12, mostra a mesma posição na célula física.

Figura 11 – Pega da mola (software)



Fonte: Elaborado pelo autor

Fonte: Elaborado pelo autor

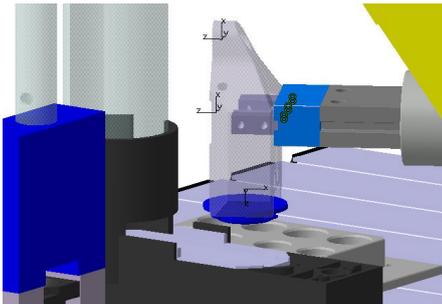
Figura 12 – Pega da mola (real)



Fonte: Elaborado pelo autor

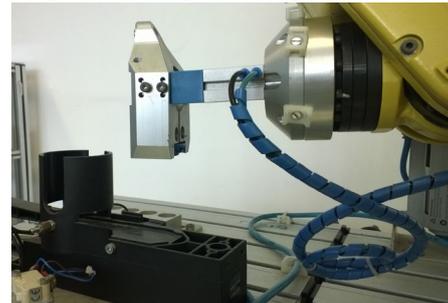
A figura 13 mostra o robô com a tampa (posição aérea) no software. Já a figura 14, mostra a mesma posição na célula física.

Figura 13 – Pega da tampa (software)



Fonte: Elaborado pelo autor

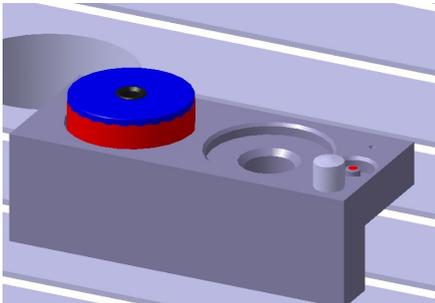
Figura 14 – Pega da tampa (real)



Fonte: Elaborado pelo autor

A figura 15 mostra o cilindro montado no software. Já a figura 16, mostra a mesma montagem na célula física.

Figura 15 – Cilindro montado



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 16 – Cilindro montado



Fonte: Elaborado pelo autor

3.2 Estratégia de ensino

Buscando-se o objetivo deste estudo, é importante compreender como a prática interfere no aprendizado do aluno, de que forma ela ajuda a fixar estes conhecimentos e se a

simples inserção do treinamento prático poderia conter apenas benefícios. Para tais constatações, foram executados os passos a seguir.

3.2.1 Aplicação da planta como estratégia de ensino

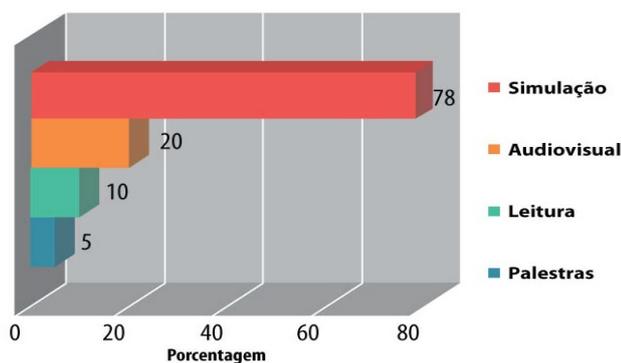
Segundo Batista e Batista (2008, p. 103) é importante ressaltar que a prática não deve se reduzir à acontecimentos imaginados ou fatos isolados, mas se faz necessária uma intencional e contínua postura de problematização inspirada na realidade. Deste modo, é fundamental que a prática exista como base fundamental na aprendizagem, com aplicação de exercícios fundamentados em situações reais. Porém, quando se insere um equipamento dentro de uma sala de aula insere-se junto, uma preocupação com relação à conservação deste equipamento. Em determinados casos, se é possível trabalhar com parâmetros de segurança que ajudam o aluno, ainda sem sua habilidade motora, a controlar o equipamento de forma mais segura. Mas, essa parametrização em “modo aluno” nem sempre é possível e o equipamento fica exposto a um operador/aluno inábil e, portanto, sujeito a colisões e quebras onerosas.

Abre-se então o paradoxo: custos x eficiência do treinamento.

A simulação virtual vem então como aliada nesta busca constante para redução dos custos e garantia de eficiência nos treinamentos já que a prática simulada em ambiente virtual pode oferecer a experiência básica inicial para o desenvolvimento das habilidades esperadas em um programador de robôs, por exemplo, tornando-o mais eficiente devido ao ganho de confiança e vivência com o cenário que atuará. Os simuladores virtuais podem melhorar efetivamente a fixação do aprendizado superando outras metodologias de ensino. (ONIRIA, 2017b).

Segundo estudo da *Institute for Applied Behavioral Science (NTL)*, os conhecimentos são assimilados de maneira mais eficaz quando o aluno é exposto a situação simulada do real. A figura 17 mostra um gráfico de retenção de informação variando-se o método utilizado.

Figura 17 – Níveis de fixação de aprendizado



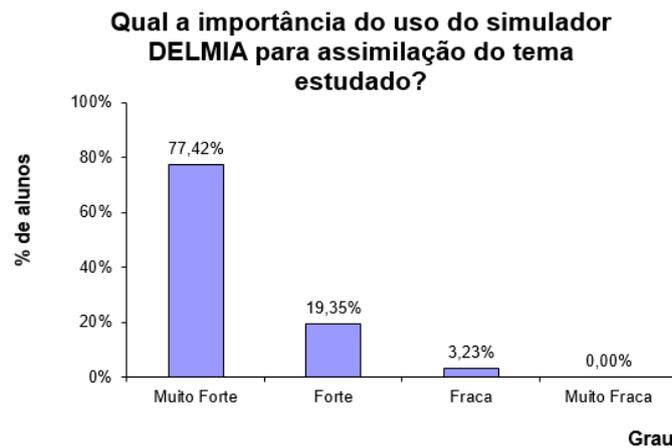
Fonte: NTL Institute for Applied Behavioral Science apud Oniria (2017c)

Observa-se então que o caminho teoria-simulação-prática consegue alcançar um objetivo interessante quando se pretende resolver o paradoxo apresentado anteriormente.

3.2.2 Questionário de absorção

Após o desenvolvimento do curso com a primeira turma a ser treinada com uso do simulador, elaborou-se um questionário para que os alunos expusessem suas impressões sobre o uso de estratégias variadas de ensino. A figura 18 mostra que o resultado com o uso do software de simulação foi satisfatório.

Figura 18 – Opinião dos alunos



Fonte: Elaborado pelo autor

Foram entrevistados 31 alunos do curso de mecatrônica da Escola SENAI Anchieta (2017) e, como apresentado, o resultado da pesquisa mostrou que a grande maioria dos alunos enxergam o simulador como um valioso aliado na assimilação de conhecimentos teóricos.

4 CONCLUSÃO

Entende-se que este trabalho alcançou seu objetivo quando visualiza de maneira prática que os alunos treinados primeiramente em ambiente virtual, desenvolveram habilidades antes adquiridas somente em um ambiente real.

Fazendo-se uso do ambiente virtual, verificou-se através do comportamento dos alunos que este trabalho diminuiu a distância entre a teoria e a prática para que, com o treino em simulador, se consiga trabalhar de forma mais segura as habilidades necessárias para programação de robô, manipulação e montagem de peças e otimização de processo.

Face a apreciação do trabalho feito por profissionais da área e da atuação dos alunos viu-se que a fluência adquirida após ambientação na planta virtual aumentou de forma considerável a ponto de a programação real do robô passar a ser uma simples repetição do trabalho previamente desenvolvido.

Os movimentos, velocidades e tipos de interpolação já estavam fixados na memória dos alunos/programadores e isso lhes conferiu maior segurança e confiabilidade.

REFERÊNCIAS

BATISTA, N. A.; BATISTA, S. H. S. S. A prática como eixo da aprendizagem na graduação médica. *In*: PUCCINI, R. F., SAMPAIO, L. O., BATISTA, N. A., orgs. **A formação médica na Unifesp: excelência e compromisso social** [online]. São Paulo: Editora Unifesp, 2008. Disponível em: <http://books.scielo.org/id/q8g25/pdf/puccini-9788561673666-06.pdf>. Acesso em: 27 set. 2017.

FESTO DIDACTIC. **Workpiece set “Cylinder bodies”**. 2017. Disponível em: <http://www.festo-didactic.com/int-en/learning-systems/mps-the-modular-production-system/accessories/workpiece-set-cylinder-bodies.htm?fbid=aW50LmVuLjU1Ny4xNy4xOC43MTMuMzY1MQ>. Acesso em: 27 set. 2017.

FREIRE, Paulo. **Educação como prática da liberdade**. Paz e terra, 1989.

ONIRIA L. D Software Ltda. **Tecnologia para treinamento e engajamento profissional: o papel da prática no aprendizado**, 2017a. Disponível em: <https://oniria.com.br/o-papel-da-pratica-no-aprendizado/>. Acesso em: 27 set. 2017.

ONIRIA L. D Software Ltda. **Tecnologia para treinamento e engajamento profissional: vantagens da simulação virtual**, 2017b. Disponível em: <https://oniria.com.br/simulacao-virtual/>. Acesso em: 27 set. 2017.

ONIRIA L. D Software Ltda. **Tecnologia para treinamento e engajamento profissional: você sabia que a simulação virtual melhora o aprendizado?**, 2017c. Disponível em: <https://oniria.com.br/voce-sabia-que-a-simulacao-virtual-melhora-o-aprendizado/>. Acesso em: 27 set. 2017.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela força e luz misericordiosamente enviada, a minha família pelas orações, em especial minha esposa, fonte de inspiração nos momentos inertes, ao professor Daniel Camusso pelo auxílio, guia e orientação deste trabalho, aos professores amigos Me Vander Célio Nunes e Esp. Rodrigo Aristóteles pelo auxílio conjunto e ao SENAI Anchieta com sua equipe, fonte do estudo.

Sobre os autores:

i PABLO FAGNER DE CARVALHO

Possui graduação em Tecnologia Mecatrônica pela Faculdade Senai de Tecnologia Mecatrônica (2012), cursando atualmente a Pós-Graduação em Projetos, Manufatura e Análise de Engenharia pela Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica (2017). Atualmente é professor da Escola SENAI de Tecnologia Eletrônica, lecionando as disciplinas de Fundamentos da Mecânica no curso Técnico de Mecatrônica e Integração de Sistemas Eletrônicos no curso Técnico de Eletrônica. Tem experiência na área de Engenharia Mecânica, com ênfase em Automação Industrial, Robótica, Projetos e Manutenção.

ii DANIEL CAMUSSO

Possui graduação em Engenharia Mecânica Plena com especialização em Engenharia Automotivística pela FEI (2000). Aperfeiçoamento em CAD/CAM/CAE pela Dassault Systemes em Paris – França. Atualmente é docente no curso de "Pós-Graduação em Projetos, Manufatura e Análise de Engenharia" e do curso Superior "Tecnologia Mecatrônica Industrial" da Faculdade SENAI "Armando Arruda Pereira" na área de CAD e Projetos. Também docente do curso de especialização de CAD/CAE para Engenheiros de Países da América Latina (Convênio Brasil JICA Japan International Cooperation Agency). Participação no projeto Bleriot Trabalho colaborativo entre Brasil, França e Índia. Possui experiência como engenheiro na área de desenvolvimento de novos projetos para a indústria automobilística, utilizando o software CATIA e NX.