

IMPACTO DE UM E-LEARNING E UM SIMULADOR 3D NO PROCESSO ENSINO APRENDIZAGEM DE ROBÓTICA INDUSTRIAL

Jônatas Venancio Teixeira – teixeirajv@ymail.com
Instituto Federal Catarinense
Rua das Missões 100
89051-000 – Blumenau – Santa Catarina

Marcelo da Silva Hounsell – marcelo.hounsell@udesc.br
Universidade do Estado de Santa Catarina
Rua Paulo Malschitzki 200
89219-710 – Joinville – Santa Catarina

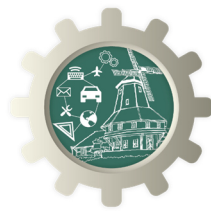
Resumo: *A crescente presença de robôs em diversos segmentos da indústria demanda a formação de profissionais capacitados para trabalhar com robôs. Por envolver diferentes áreas de conhecimento, a robótica pode ser um tema complexo, sendo necessário o uso de aulas práticas. Investimentos em infraestrutura de laboratórios robóticos podem ser proibitivos, reduzindo a disponibilidade de equipamentos para somente um braço manipulador robótico na maioria das instituições de ensino. Simuladores robóticos educacionais são uma alternativa econômica para a realização de aulas práticas, porém poucas são as publicações que avaliam o impacto educacional do uso de simuladores no ensino de robótica. Neste artigo apresenta-se uma proposta de E-Learning estruturado em um LMS para ser aplicado em conjunto com um simulador 3D estruturado com Modos de Treinamento. A partir da aplicação de avaliações de conhecimento em um design de pré-teste e pós-teste conclui-se que há indícios de que simuladores possuem um impacto positivo sobre o processo de ensino-aprendizagem de robótica industrial.*

Palavras-chave: *Simuladores Educacionais, E-Learning, Robótica Industrial, Modos de Treinamento, Processo Ensino-Aprendizagem.*

1. INTRODUÇÃO

O ensino de robótica industrial demanda o uso de laboratórios para realização de aulas práticas, através das quais os aprendizes podem adquirir uma melhor compreensão dos conceitos teóricos relacionados à operação de um robô industrial. Devido aos custos elevados para instalação de laboratórios de robótica torna-se inviável a disponibilização de um robô para cada aprendiz, usualmente as instituições de ensino dispõe de apenas um robô, sendo necessário o revezamento de grupos de alunos. Simuladores robóticos educacionais são uma alternativa aos laboratórios de robótica tradicionais, por necessitarem de menores investimentos em infraestrutura e por permitir a todos os alunos interagir diretamente com o robô simulado, o que nem sempre é possível em laboratórios reais.

O desenvolvimento de um ambiente virtual de aprendizagem de robótica passa por questões de estruturação, ou seja, pela escolha de uma forma de representação do conteúdo, e por questões da definição de quais conteúdos serão utilizados. Embora muitas instituições



educacionais ofereçam cursos de robótica industrial como parte de cursos técnicos e cursos superiores, não existe um padrão definitivo para a ementa de um curso de robótica.

Outra questão é a avaliação do impacto do uso de simuladores no ensino. Em meio à crescente quantidade de aplicações de simuladores na educação e treinamentos surge a necessidade da validação destas ferramentas. Para validar o uso das ferramentas desenvolvidas para o ensino de robótica é preciso avaliar o desempenho dos alunos ao utilizarem os sistemas educacionais desenvolvidos. Portanto, o objetivo deste trabalho é apresentar e discutir sobre os resultados da aplicação de um simulador 3D em conjunto com um *E-Learning* no ensino de robótica em turmas do ensino tecnológico.

2. TRABALHOS RELACIONADOS

Alguns estudos sobre o impacto dos simuladores no processo ensino-aprendizagem obtiveram bons resultados. Koh et. al. (2010) avaliaram o impacto motivacional do uso de simuladores de usinagem em estudantes do curso de engenharia, dos resultados obtidos Koh et. al. (2010) concluíram que as necessidades psicológicas básicas são atendidas através do uso de simuladores potencializando a motivação intrínseca e favorecendo a aprendizagem em geral. Outra contribuição para a área foi o estudo desenvolvido por Corter et. al. (2011) que comparou os resultados de aprendizagem obtidos através de laboratórios remotos, simulados e presenciais para ensaios de estresse mecânico. Corter et. al. (2011) demonstraram que laboratórios simulados conseguem resultados de aprendizagem muito semelhantes àqueles obtidos através de laboratórios remotos ou de laboratórios presenciais. Resultados semelhantes foram obtidos por Tzafestas et. al. (2006) no contexto do ensino de robótica, compararam-se os resultados de simuladores robóticos educacionais com laboratórios de robótica remotos e reais, apontando indícios quanto à validade do uso de simuladores no ensino de robótica. Apesar da abundância de publicações que apresentam propostas de simuladores robóticos educacionais, identificou-se a carência de publicações que fundamentassem o uso de simuladores robóticos educacionais em alguma abordagem didática ou que apresentassem alguma metodologia para investigar o impacto destes simuladores no processo ensino-aprendizagem.

Foi realizada uma Pesquisa Bibliográfica Sistemática (PBS) (CONFORTO et. al., 2011) para identificar quais recursos educacionais presentes nos simuladores robóticos educacionais e quais métodos foram utilizados para avaliar o impacto do uso destes simuladores no processo ensino-aprendizagem educacionais (TEIXEIRA & HOUNSELL, 2015). Em seguida foi realizada um estudo aprofundado nas abordagens de ensino e nos métodos de avaliação utilizados na aplicação de simuladores que auxiliou na identificação dos requisitos para um simulador educacional de robótica. A partir dos resultados das revisões bibliográficas foi desenvolvido um ambiente de simulação denominado *Virtual Robotic Learning Environment* (V-ROLE) (TEIXEIRA & HOUNSELL, 2017) utilizando Modos de Treinamento (BLÜMEL, 2003) e um questionário para avaliar conhecimentos teóricos e práticos relacionados à robótica.

Foi feita uma pesquisa em algumas instituições de ensino que ofereciam cursos de robótica industrial no contexto do ensino tecnológico para definir a estrutura de um *curso* introdutório de robótica industrial para ser utilizado no MEH²-RECE, um *Learning Management System* (LMS), desenvolvido na UDESC, que possibilita a representação de conteúdo em Matrizes de Espaço de Habilidades (MEH) (HOUNSELL et. al., 2005). Destas pesquisas resultou o curso apresentado na figura 1. A Figura 2 ilustra a interface do MEH²-RECE durante a leitura do conteúdo desenvolvido para o curso. A Figura 3 ilustra a interface do V-ROLE durante a execução da última tarefa do Modo Exploratório.



Figura 1 – Proposta de estrutura do curso de robótica.

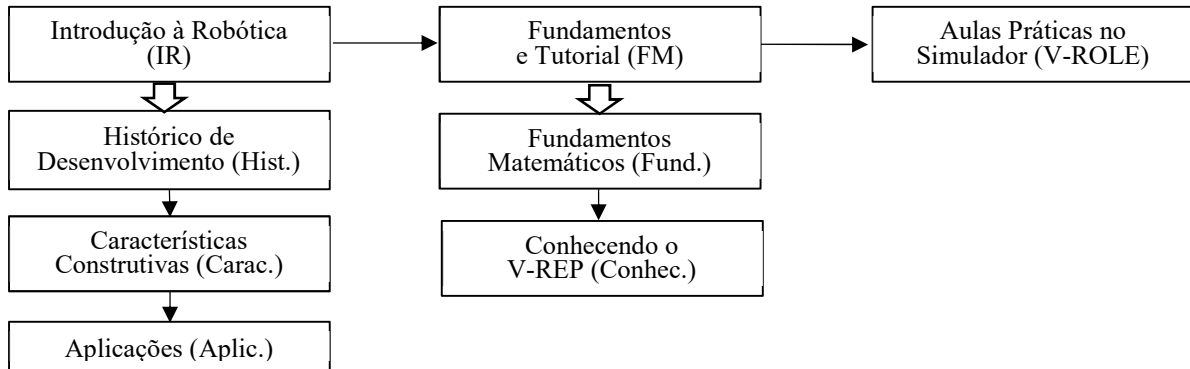


Figura 2 – Apresentação de conteúdo no MEH²-RECE

MEH²RECE
 Modelo de Espaços de Habilidades e Estruturas Hierárquicas na Representação de Conteúdos Educacionais

Curso: **Nível 1** / **Nível 2**
 Curso de Robótica --> FM --> Fund.

Fundamentos Matemáticos

Anterior | Próxima | Zoom (-) | Zoom (+) | Zoom 1:1
 Pág: 1 / 6

Fundamentos Matemáticos de Robótica

I. INTRODUÇÃO

Para que seja possível controlar o manipulador é preciso um modelo geométrico que descreva as coordenadas espaciais da garra em função dos deslocamentos angulares das juntas e das dimensões dos elos. A modelagem geométrica dos manipuladores passa por alguns conceitos que precisam ser entendidos, nas próximas seções serão abordados os conceitos de sistemas de coordenadas, cinemática direta e cinemática inversa.

II. SISTEMAS DE COORDENADAS E MATRIZES DE TRANSFORMAÇÃO HOMOGÊNEA

Os sistemas de coordenadas são utilizados para a partir de um ponto de referência chamado de origem do sistema possam ser atribuídas coordenadas a um ponto arbitrário. Existem diferentes sistemas de coordenadas, neste curso nos concentraremos no sistema de coordenadas cartesianas. Para modelar o robô são utilizados sistemas de coordenadas auxiliares cujas origens são posicionadas na base, na ferramenta e nas juntas do robô conforme podemos observar um exemplo na figura 20.

Figura 3 – Identificação do Volume de Trabalho na última tarefa do Modo Exploratório

Modo Exploratório

Parabéns, a partir de agora você terá total controle sobre as ferramentas de cinemática direta. Nesse estágio você deverá testar as informações obtidas anteriormente e preencher todas as informações do roteiro experimental. Seus 21 passos estão representados abaixo, cada passo ao ser realizado com sucesso será representado em verde. Navegue através dos passos clicando em ► na barra de Navegação e ◀

23 – Identificando o Volume de Trabalho do Manipulador

Movimente o Robo livremente a fim de identificar o lugar geométrico definido pela união dos pontos de máximo alcance do Robo em todos os direções, como volume de trabalho, escolha uma das três opções clicando sobre sua imagem.

Janela de Navegação
 Tempo: 00:25:23 | E 23/23 | Ajuda

Interface de Controle do IRB140

Delta: 45, 180, 90, 90.9, 90.6, 13.3, 90.4, -1.8, -103.0
 Vel. Juntas, Vel. Trabalho

Inverse kinematics:
 x: 3.71, y: 0.64, z: 7.82
 Alfa: 90.4, Beta: -1.8, Gama: -103.0

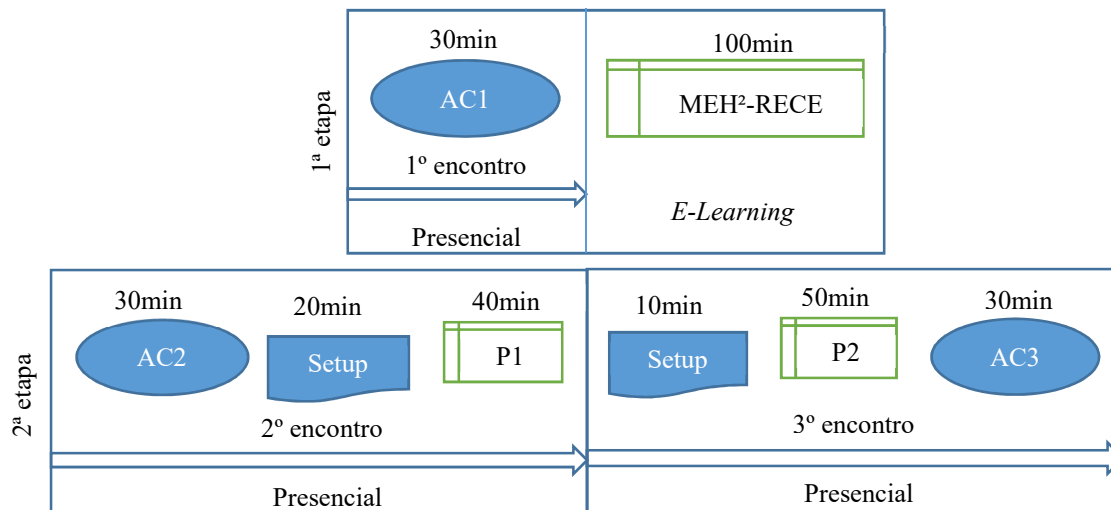


Para aplicação do simulador 3D os estudantes receberam roteiros experimentais a serem preenchidos com informações sobre parâmetros de cinemática direta do robô IRB140. Utilizando os Modos de Treinamento, a execução do simulador 3D é dividida em três partes: Modo Demonstrativo, Modo Guiado e Modo Exploratório. No Modo Demonstrativo são apresentadas animações, desencadeadas pelo usuário que recebe noções básicas de operação do sistema. No Modo Guiado os estudantes são orientados, através de exemplos, sobre como resolver as tarefas presentes no roteiro experimental. No Modo Exploratório os alunos devem utilizar a interface de controle para resolver as tarefas, sem ajuda do sistema, porém com a possibilidade de validar as tarefas através do botão testar.

3. EXPERIMENTO

Foi estabelecido um arranjo dividido em duas etapas, conforme a Figura 4, com a aplicação de pré-teste e pós-teste em cada etapa. A primeira etapa tem início com uma avaliação de conhecimento teórico e prático (AC1) (Fig. 4), em seguida os estudantes utilizaram o MEH²-RECE para acessarem o material didático. Após serem expostos ao conteúdo teórico foram avaliados pelo AC2 afim de verificar qual foi a contribuição do material didático. Na segunda etapa é aplicada uma versão simplificada da prática com o V-ROLE (P1). A aplicação da P1 é acompanhada de um Roteiro Experimental Simplificado contendo um total de quatro lacunas a serem preenchidas pelos estudantes durante o uso do V-REP. Estas quatro lacunas são um subconjunto das vinte e três tarefas presentes na versão completa da prática (P2). Após finalizar P1 e P2 os estudantes são submetidos à AC3. A Figura 4 apresenta uma ilustração das duas etapas de aplicação do curso.

Figura 4 – Avaliações e aplicações da primeira (MEH²-RECE) e segunda (V-ROLE) etapa.



A segunda etapa de aplicação do curso, trata-se da aplicação de duas avaliações de conhecimento (AC2 e AC3) e da versão completa e simplificada do V-ROLE (P1 e P2). Para definição do tempo de duração de cada etapa foram feitos testes piloto com a participação de dois estudantes da graduação em Ciências da Computação da UDESC que levou à divisão apresentada na Figura 4. Na Figura 4, *Setup* ilustra protocolos desenvolvidos para a instalação do V-REP nos computadores utilizados pelos estudantes. Para a primeira vez que utilizam o sistema foi previsto um intervalo de 20 minutos para execução do protocolo e 10 minutos para a segunda aplicação pois é a segunda vez que instalam o V-REP Player.



3.1 Perfil dos participantes e amostragem

Ao todo participaram desta pesquisa 58 pessoas dos cursos de Graduação e mestrado em ciências da computação, bacharelado em engenharia elétrica e técnico em eletrotécnica. Sendo estas turmas são oriundas de três instituições de ensino diferentes. A idade média dos participantes desta pesquisa foi de 26 anos com desvio padrão de 6 anos, tendo o participante mais novo 20 anos e o mais velho 56 anos. Dos 42 participantes que responderam ao questionário do Termo de Consentimento Livre e Espontâneo, 95% relataram ter pouco ou nenhum conhecimento em robótica fixa e 49% relataram ter pouco ou nenhum conhecimento em aplicações 3D. As aplicações foram feitas no contexto de disciplinas de automação industrial, portanto os professores cederam parte da carga horária de suas disciplinas. Devido às diferentes distribuições de aula durante as semanas letivas as etapas do arranjo experimental ocorreram em diferentes semanas. Por este motivo alguns estudantes participaram apenas de uma das etapas reduzindo a amostragem efetiva em algumas situações.

3.2 Desempenho nas avaliações de conhecimento

Conforme indicado na Figura 4, AC1 representa a primeira aplicação da avaliação de conhecimento teórico, com o objetivo de avaliar o conhecimento inicial dos estudantes antes de serem expostos ao material didático no MEH²-RECE. A Tabela 1 sumariza os resultados de desempenho obtidos das avaliações. Sendo N1 a nota de 0 a 10 obtida em AC1, N2 a nota obtida em AC2, e N3 a nota em AC3, a média das variações no desempenho com relação à AC2 é representada por D21 e “n” é o número de estudantes efetivos da amostra. Analogamente a média das demais variações serão representadas por D32 e D31. Nas Tabelas os melhores valores serão destacados em verde e os piores em vermelho.

Tabela 1 – Desempenho médio e média das variações

	N1	N2	N3	D21	D32	D31
Média (\bar{x})	4,46	5,14	5,61	0,80	0,26	1,21
Mediana ($\bar{\mu}$)	3,75	5	6,25	0	0	2,5
Desvio Padrão (δ)	1,93	2,03	2,27	2,02	2,39	2,25
Máximo	8,75	8,75	8,75	6,25	7,5	5
Mínimo	1,25	0	1,25	-5	-3,75	-3,75
n	53	47	39	42	29	30

Observa-se um aumento de desempenho em cada etapa, um acréscimo médio de 0,80 pontos na primeira etapa, de 0,26 na segunda etapa e uma melhora global de 1,21 pontos. Embora 47 estudantes tenham participado da segunda avaliação, somente 42 participaram também da primeira avaliação, reduzindo a amostra para o cálculo de D21, D32 e D31. A Tabela 2 mostra a porcentagem de acertos por questão em cada uma das avaliações.

Tabela 2 – Quantidade de acertos por questão em cada avaliação (%).

Questões	1	2	3	4	5	6	7	8
AC1	55	52	34	66	14	55	38	52
AC2	58	66	52	86	10	52	34	66
AC3	75	45	52	86	10	62	41	72

Observa-se um aumento na porcentagem de estudantes que acertaram as três últimas questões após o uso do V-ROLE e um aumento na porcentagem de acertos das cinco primeiras questões após o uso do MEH²-RECE. Após o uso do V-ROLE a porcentagem de acertos para as cinco primeiras questões permaneceu constante para as questões três, quatro e



cinco. A primeira, a sexta e a sétima questões apresentaram aumento de acertos e a única questão que teve diminuição de acertos após o uso do simulador 3D foi a segunda questão.

3.3 Desempenho no curso do MEH²-RECE

Os estudantes participaram de um *E-Learning* (TEIXEIRA & HOUNSELL, 2017) sobre fundamentos de robótica utilizando o MEH²-RECE, onde cada um dos capítulos continha um questionário de avaliação no próprio LMS. A Tabela 3 ilustra o desempenho nos cinco capítulos do curso.

Tabela 3 – Desempenho médio nos capítulos do MEH²-RECE, intervalo de 0 a 10.

	Histórico de Desenvolvimento	Características Construtivas	Aplicações Industriais	Fundamentação Matemática	Tutorial	Final
\bar{x}	6,3	6,7	9,0	6,6	3,6	6,47
$\bar{\mu}$	6,67	6,67	10	6	3,5	6,67
δ	2,73	3,19	1,93	2,73	2,1	1,84
n	51	49	49	40	38	51

Embora todos tenham cursado o capítulo de Histórico de Desenvolvimento, apenas 38 estudantes completaram o curso. O capítulo com melhor desempenho foi o de Aplicações Industriais. O Tutorial do V-ROLE foi o capítulo com pior desempenho no curso. Utilizando os dados obtidos na segunda avaliação de conhecimento (AC2) e o desempenho no curso (MEH²-RECE) calculou-se o coeficiente de correlação obteve-se $\rho=0,438682$, sendo que ρ entre 0,3 e 0,5 representa uma correlação fraca (MUKAKA, 2012).

3.4 Desempenho nos roteiros experimentais

Os estudantes receberam um Roteiro Experimental para serem preenchidos durante as duas aplicações do V-ROLE. Na Tabela 4 pode ser observado o desempenho médio dos estudantes ao preencher o Roteiro Experimental Simplificado e Completo, respectivamente.

Tabela 4 – Desempenho médio nos roteiros experimentais, com notas de 0 a 10.

	P1	P2
\bar{x}	7,4	8,4
$\bar{\mu}$	7,5	8,7
δ	3,0	2,2
n	40	39

A partir dos dados obtidos das avaliações de conhecimento e do desempenho nos roteiros experimentais, foi feita a correlação entre o desempenho na AC3 (N3) e a as notas de P2, com uma amostra efetiva de 28 estudantes que participaram de ambas atividades, AC3 e P2, obteve-se $\rho=0,2946$, sendo que ρ entre 0 e 0,3 representa uma correlação desprezível e ρ entre 0,3 e 0,5 uma correlação fraca (MUKAKA, 2012).

3.5 Dados do uso do V-ROLE

Primeira aplicação (Roteiro Experimental Simplificado)

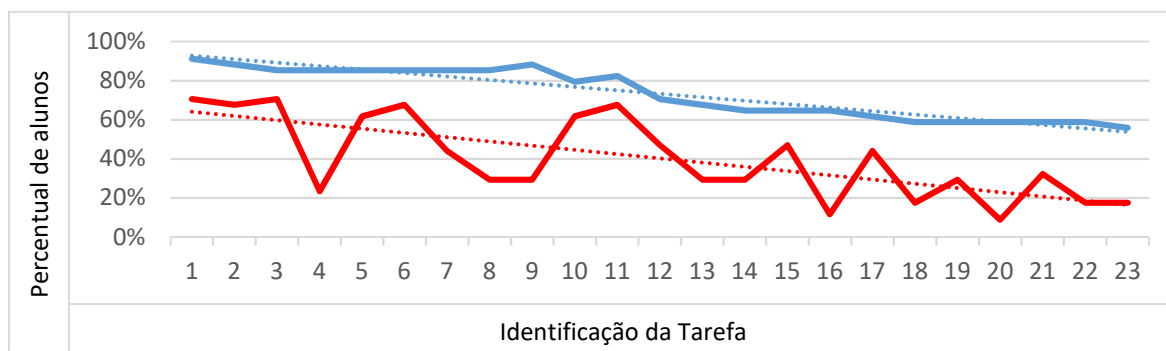
A primeira aplicação do simulador 3D foi concebida como um primeiro contato para familiarizar o usuário com o ambiente de simulação. Para isto os estudantes receberam um roteiro experimental com apenas quatro tarefas a serem desenvolvidas no Modo Exploratório (ME) do V-ROLE. Muitos estudantes preencheram corretamente o roteiro experimental sem realizar os testes de validação e por isso não foram registradas no relatório de uso.



Segunda aplicação (Roteiro Experimental Completo)

Na aplicação do Roteiro Experimental Completo (P2) a maioria dos estudantes não executou os dois primeiros modos de treinamento indo diretamente para o Modo Experimental, alguns fizeram uma rápida revisão de cinco minutos no Modo Guiado. A Figura 5 mostra os registros de uso do botão “Testar” durante a execução das tarefas.

Figura 5 – Percentual de estudantes que realizaram tentativas de validação das tarefas.



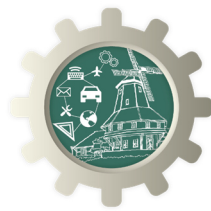
Na Figura 5 pode-se observar a quantidade de aprendizes que validaram as tarefas em azul, e a quantidade de aprendizes que realizaram tentativas malsucedidas de validação em vermelho. Observa-se uma queda percentual em ambos os gráficos, a linha pontilhada representa uma aproximação linear e para ambos gráficos se tem um coeficiente angular muito semelhante, indicando que os usuários deixam de utilizar o botão “Testar” a medida que avançam no Modo Exploratório.

4. DISCUSSÃO

4.1 Aspectos logísticos

Um pré-requisito para a aplicação do V-ROLE é o *E-Learning* estruturado no MEH²-RECE para entendimento de aspectos teóricos envolvidos e as bases do funcionamento do sistema. Houve dificuldades em garantir que todos os estudantes estivessem preparados para o uso do simulador 3D, pois nem todos alunos fizeram o curso em casa. Assim a aplicação do V-ROLE foi adiada em algumas turmas. Nas turmas do ensino técnico não foi possível aplicar o MEH²-RECE remotamente pois nem todos os estudantes dispunham de acesso à internet ou computadores em suas casas, portanto, foi feito presencialmente. Na turma de Engenharia Elétrica o professor solicitou que a aplicação do MEH²-RECE fosse feita presencialmente para que ele pudesse acompanhar o desempenho dos estudantes.

O professor dos cursos de graduação e do mestrado em ciências da computação ofereceu pontos extras na média (26% dos participantes). O professor do curso de Engenharia Elétrica utilizou as aplicações como avaliação para composição da nota do semestre (36% dos participantes), e o professor do curso técnico em eletrotécnica tratou as aplicações como atividades extra, sem nenhuma contrapartida na média final (38% participantes). Sendo o curso técnico em eletrotécnica um curso noturno, frequentado em sua maioria por trabalhadores da indústria, a falta de motivação extrínseca para sua participação comprometeu o desempenho desta turma no uso dos recursos computacionais e consequente desempenho nas AC. Considerando um intervalo que vai de 0 a 10, o desempenho médio nas AC para esta turma foi de 3,6 e somente 54% dos alunos completaram o curso no MEH²-RECE com uma nota média de 1,55 no tutorial do V-ROLE. Devido às distintas circunstâncias nas quais foram feitas as aplicações não foi possível garantir uniformidade entre as etapas. A principal



dificuldade foram as ausências entre as etapas, de forma que dos 58 estudantes que participaram apenas 29 estiveram presentes em todas as etapas da aplicação.

4.2 Aquisição de conhecimento

A partir dos dados da Tabela 1 seria possível concluir que o impacto do V-ROLE sobre o desempenho nas avaliações de conhecimento foi menor que o impacto do MEH²-RECE, entretanto deve-se observar também as informações da Tabela 2. Ainda que na média a melhoria de desempenho tenha sido menor entre as duas últimas etapas, a porcentagem de acertos nas três últimas questões aumentou consideravelmente. Com efeito, as cinco primeiras questões da AC são essencialmente teóricas e as três últimas envolvem além do conhecimento teórico alguma experiência prática com robôs. Desta forma a quantidade de acertos das cinco primeiras questões não foi influenciada pelo uso do V-ROLE, analogamente a quantidade de acertos das três últimas não foi influenciada pelo uso do MEH²-RECE. Dadas as proporções, explica-se o maior impacto do MEH²-RECE na nota final. Portanto, cada etapa contribuiu, de forma complementar, para a construção de diferentes formas de conhecimento.

Pode-se observar ainda que os melhores valores de média e mediana no desempenho ocorreram após o uso do V-ROLE (N3) (Tab. 1). O valor de máximo desempenho se manteve constante entre as três avaliações, porém D32 possui o maior valor máximo de variação média de desempenho. A variação média geral das notas obtidas a cada avaliação de conhecimento (Tab. 1) foi sempre positiva indicando melhora nas notas individuais da maioria dos estudantes. Como pode ser observado na Tabela 1 os valores de desvio padrão, de máximo e de mínimo justificam os valores médios próximos de 5 para o desempenho nas AC e os valores próximos de 0 para a variações de desempenho.

Durante a aplicação teórica do curso foi possível observar uma diminuição no nível de comprometimento dos participantes. Das Tabela 3 é possível verificar um declínio no desempenho e diminuição na participação dos aprendizes. Enquanto o primeiro capítulo contou com a participação de 51 aprendizes, apenas 40 participaram do quarto capítulo e somente 38 do quinto capítulo. Semelhantemente o desempenho médio diminuiu de 6,3 no primeiro capítulo para 3,6 no último capítulo. Apenas 5% dos alunos obtiveram aproveitamento acima do mínimo no último capítulo, todos os demais obtiveram notas abaixo de 6,5 o que pode justificar as posteriores dificuldades relatadas no primeiro contato com o simulador 3D. O capítulo com melhor aproveitamento foi o de Aplicações Industriais, onde 76% dos alunos obtiveram a nota máxima. Este desempenho pode ser reflexo de conhecimento técnico e da vivência na indústria dos participantes do curso técnico em eletrotécnica e da graduação em engenharia elétrica.

Em média obteve-se um bom desempenho nos roteiros experimentais, como pode-se observar na Tabela 16, as médias foram 7,4 para a versão simplificada e 8,4 para a versão completa do Roteiro Experimental. Na versão simplificada 42,5% dos alunos obtiveram nota 10 e na versão completa 64,09% dos alunos obtiveram notas entre 8 e 10, elevando o desempenho médio dos participantes. A queda nos registros de tentativas de validação das tarefas ao longo da execução do V-ROLE (Fig. 5), indicam que houve aprendizado, o aprendiz ganhou confiança em seus resultados deixou de utilizar o botão testar, o desempenho médio no Roteiro Experimental Completo de 8,4 comprova esta afirmação (Tab. 4).

4.3 Considerações finais

Em geral o emprego de recursos educacionais causou um impacto positivo sobre o processo de ensino-aprendizagem de conceitos básicos de robótica fixa. Embora os valores médios de desempenho tenham sido baixos, a quantidade de alunos que obtiveram nota maior que 7,0 aumentou a cada etapa. Apenas 17% dos alunos obtiveram nota acima de 7,0 na



primeira aplicação da avaliação de conhecimento (AC1), porém após o uso do MEH²-RECE essa porcentagem subiu para 31%, e após o uso do V-ROLE esta porcentagem subiu para 43%. Portanto o impacto dos recursos educacionais não foi tão pequeno quanto sugerem os valores médios. O presente trabalho sugere, portanto, ser benéfico o uso de recursos computacionais de LMS e simulador 3D.

Esta abordagem uniformiza os conteúdos oferecidos para diferentes turmas e permite um melhor aproveitamento das horas de aula em sala. Uma vez que o conteúdo teórico pode ser feito à distâncias, as aulas presenciais podem ser utilizadas em exercícios de fixação, trabalhos em grupo e tirar dúvidas sobre o conteúdo teórico. Outra vantagem é a possibilidade de todos os aprendizes terem contato com o robô virtual e realizar tarefas robóticas individualmente ou em duplas, o que nem sempre é possível com robôs físicos devido à pouca disponibilidade de equipamentos. O professor pode utilizar o LMS para acompanhar o desempenho da turma em cada capítulo do curso, em contrapartida os aprendizes desfrutam de flexibilidade de tempo e liberdade para explorar os conteúdos do *E-Learning*. Esta flexibilidade de liberdade de exploração desfrutada pelos alunos pode criar problemas de nivelamento da turma, alguns aprendizes podem estar mais avançados que outros dificultando o agendamento de atividades que exijam pré-requisitos. Pode citar como exemplo o uso do V-ROLE que tem por pré-requisito o tutorial apresentado no capítulo 5 do *E-Learning*.

5. CONCLUSÃO

Desenvolveu-se um E-Learning de robótica, baseado no Modelo de Espaços de Habilidades, para ser aplicado em conjunto com um simulador 3D, baseado em Modos de Treinamento. Sendo a parte prática no simulador 3D realizada presencialmente nos laboratórios de informática de instituições de ensino. O que se constatou efetivamente, através de questionários, foi um impacto positivo de um simulador robótico educacional no processo de ensino-aprendizagem através do aumento de conhecimento demonstrado em avaliações teóricas e práticas pelos participantes.

Portanto, conclui-se que um curso de robótica com conteúdos teórico e prático, auxiliado por um LMS e um simulador 3D devidamente estruturados, tem potencial para um impacto positivo na aprendizagem de robótica industrial.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer aos participantes aos Roberto Silvio Ubertino Rosso Junior, Fernando Cesar Ramos, Everton da Silva Zurchimitten e Luiz Alberto Koehler, e às suas respectivas turmas por terem participado desta pesquisa, ao Instituto Federal Catarinense (IFC), à Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) e ao Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq).

6. REFERÊNCIAS

BLÜMEL, Eberhard; HINTZE, Axel; SCHULZ, Torsten; SCHUMANN, Marco; STUERING, Stefan. Perspectives on simulation in education and training: virtual environments for the training of maintenance and service tasks. In: **Proceedings of the 35th conference on Winter simulation: driving innovation**, 2003. p. 2001-2007.

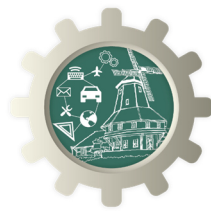
CORTER, James E.; ESCHE, Sven K.; CHASSAPIS, Constantin; MA, Jing; NICKERSON, Jeffrey V. Process and learning outcomes from remotely-operated, simulated, and hands-on student laboratories. **Computers & Education**, v. 57, n. 3, p. 2054-2067, 2011.

Organização



Promoção





Executive Summary World Robotics 2016 Industrial Robots, **International Federation of Robotics**. Disponível em:
<https://ifr.org/img/uploads/Executive_Summary_WR_Industrial_Robots_20161.pdf>.
Acesso em 21 de abril de 2017.

HOUNSELL, M. S.; KEMCZINSKI, A.; SILVA, D. D. Espaço de habilidades, um modelo de software educativo. In: **Global Congress on Engineering and Technology Education, SP-Brazil**. 2005. p. 1648-1652.

KOH, Caroline et al. Investigating the effect of 3D simulation based learning on the motivation and performance of engineering students. **Journal of Engineering Education**, v. 99, n. 3, p. 237-251, 2010.

MUKAKA, M. M. A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. **Malawi Medical Journal**, v. 24, n. 3, p. 69-71, 2012.

TEIXEIRA, J. V.; HOUNSELL, M. da S. Educational Robotic Simulators: A Systematic Literature Review. In: **XX Conferência Internacional sobre Informática na Educação - TISE 2015, Santiago** p. 340-350 2015.

TEIXEIRA, J. V.; HOUNSELL, M. da S. Desenvolvimento de um Simulador Robótico Educacional 3D com Modos de Treinamento. In: XLV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Joinville, **Anais...** 2017.

TZAFESTAS, Costas S.; PALAIOLOGOU, Nektaria; ALIFRAGIS, Manthos. Virtual and remote robotic laboratory: Comparative experimental evaluation. **IEEE Transactions on education**, v. 49, n. 3, p. 360-369, 2006.

THE IMPACT OF AN E-LEARNING AND A 3D SIMULATOR ON THE TEACHING-LEARNING OF INDUSTRIAL ROBOTICS

Abstract: *The increasing use of robots in several industrial segments demands for professionals to be well prepared to work with them. Robotics is related to many knowledge areas making it a difficult subject to learn but practical lessons can be used to help in the learning process. Investments in robotic laboratories infrastructure might be prohibitive, reducing the quantity of available devices to only one robotic arm in most educational institutions. Educational robotic simulators are an economic alternative for implementing practical lessons, nonetheless there are few researches evaluating the educational impact of using simulator on teaching robotics. This paper presents a structured E-learning to be applied with a 3D simulator with Training Modes. From a pre-test-post-test assessment research design it was possible to conclude that there are evidences of a positive impact in the use of simulators for teaching-learning about industrial robotics.*

Key-words: *Educational Simulators, E-Learning, Industrial Robotics, Training Modes, Teaching Learning Process.*

Organização



Promoção

