METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO EDUCACIONAL COM O USO DE SIMULADORES 3D EM AMBIENTES VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM PARA A ENGENHARIA

EDUCATIONAL EVALUATION METHODOLOGY USING 3D SIMULATORS IN VIRTUAL LEARNING ENVIRONMENTS FOR ENGINEERING

Enrique Sérgio Blanco[1], Fernando Ricardo Gambetta Schirmbeck[2]

Abstract *— The educational simulators are developed for engineering to allow users to have experience with similar equipment and processes which they will find in the industrial environment. Our proposal is to present an assessment methodology that identifies the level of user performance, based on the skills necessary to solve problem situations using 3D simulators embedded in virtual learning environments. With the application of Apprenticeship Education Methodology developed by SENAI (National Service of Industrial Apprenticeship Service), it solves the current deficiency a lot of educational simulators that do not provide an effective method of evaluating student performance, when it interacts with the educational simulator. The current methodology records, analyzes and evaluates all learning route the student interacts with the 3D simulators, through criteria defined in accordance with the technical skills required for the professional industrial automation sector in Brazil.*

Index Terms — Assessment Methodology, Educational 3D Simulators, Apprenticeship Education Methodology.

INTRODUÇÃO

O Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) do Estado do Rio Grande do Sul (Brasil), por meio do Núcleo de Educação a Distância – Gerência de Desenvolvimento Educacional, desenvolve simuladores educacionais 3D como parte integrante de cursos técnicos da área da engenharia de automação industrial, ofertados na modalidade de educação a distância. Os cursos estão disponíveis no Ambiente Virtual de Aprendizagem, desenvolvido pelo Núcleo de Educação a Distância, e contam com etapas presenciais que são realizadas em polos de diversas escolas distribuídas pelas regiões do Brasil.

O objetivo de utilizar simuladores educacionais para o ensino de engenharia é permitir que os alunos tenham experiências com equipamentos e processos semelhantes aos quais eles encontrarão no ambiente industrial. Entretanto, a interação com esse tipo de tecnologia educacional não deve estar baseada unicamente na dimensão lúdica da experiência virtual. De fato, observamos que os simuladores educacionais, atualmente utilizados para o ensino de engenharia, não apresentam métodos eficazes que avaliem o desempenho dos alunos, com base nos objetivos educacionais e nas capacidades técnicas que devem ser alcançadas. Devemos conseguir avaliar o percurso que o aluno faz durante sua rota de aprendizagem, que é construída na experiência com o simulador, pois, desse modo, podemos ter uma aprendizagem significativa e mediada. Para tanto, desenvolvemos uma metodologia de avaliação de desempenho de alunos que utilizam simuladores educacionais 3D, embarcados em ambientes virtuais de aprendizagem para o ensino da engenharia, a fim de poder registrar, analisar e avaliar toda a rota de aprendizagem percorrida pelo aluno em sua experiência virtual com o simulador.

PRINCÍPIOS DE DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO

A metodologia de avaliação de usuários de simuladores 3D foi elaborada a partir dos princípios estabelecidos na Metodologia SENAI de Educação Profissional [1], com base em dois eixos norteadores: elaborar uma metodologia que pudesse ser aplicada aos diversos recursos pedagógicos disponíveis em cursos a distância e que conseguisse avaliar o desenvolvimento das capacidades técnicas da educação profissional.

Metodologia Aplicada a Recursos Pedagógicos

Todos os nossos cursos de educação em engenharia a distância são desenvolvidos a partir da Metodologia SENAI. Como o simulador é um dos recursos pedagógicos que compõe o curso, o desenvolvimento dessa tecnologia educacional também deveria seguir a mesma metodologia.

[1] Enrique Sérgio Blanco. Analista Técnico. SENAI (Serviço Nacional da Aprendizagem Industrial). Gerência de Desenvolvimento Educacional/Núcleo de Educação a Distância. Brasil, enrique.blanco@senairs.org.br.
[2] Fernando Ricardo Gambetta Schirmbeck. Coordenador Técnico. SENAI (Serviço Nacional da Aprendizagem Industrial). Gerência de Desenvolvimento Educacional/Núcleo de Educação a Distância. Brasil, fernando.schirmbeck@senairs.org.br.

DOI 10.14684/ICECE.9.2015.70-74
© 2015 COPEC

Metodologia de Avaliação de Competências Profissionais

O simulador tem o objetivo de avaliar o desenvolvimento das capacidades técnicas que visam alcançar à competência profissional necessária no mundo do trabalho. Como a Metodologia SENAI tem o mesmo objetivo, utilizamos os princípios dessa metodologia, em vez de desenvolver uma metodologia restrita à avaliação de tecnologias digitais específicas.

Integrando esses dois eixos norteadores desenvolvemos uma metodologia de avaliação de recursos pedagógicos, nesse caso, do simulador 3D, com o objetivo de verificar o desenvolvimento de capacidades técnicas direcionadas à educação profissional: **uma metodologia de avaliação de competências profissionais aplicada a recursos pedagógicos digitais**.

Os princípios que nos orientaram nesse desenvolvimento estão relacionados com a construção do próprio Curso de Automação Industrial. Trabalhamos com o Desenho Curricular Nacional (DCN), que é baseado no perfil profissional do técnico de automação industrial, construído pelo Comitê Técnico Setorial (CTS) – um comitê consultivo composto por especialistas da área tecnológica (indústria), do meio acadêmico (segmento tecnológico), do poder público (área da ciência, tecnologia e trabalho), de associações e órgãos de classe (segmento tecnológico), de sindicatos de trabalhadores e patronais e do próprio SENAI (área de educação e tecnologia) [1].

Enquanto o CTS aproxima o mundo do trabalho da educação profissional, por meio da identificação e atualização das competências profissionais requeridas pelos trabalhadores de uma ocupação, o DCN possibilita o desenvolvimento das capacidades traduzidas do perfil profissional à luz de uma proposta de educação profissional [1].

O DCN do técnico em automação industrial definiu a carga-horária do curso em 1.200 horas/aula e sua divisão em 12 unidades curriculares. O Itinerário Formativo do curso estabeleceu o percurso e a sequência de desenvolvimento proposto para o conjunto das unidades curriculares, que foram orientadas pedagogicamente, a fim de capacitar o aluno para o exercício da profissão no mundo do trabalho.

Avaliação Formativa de Recursos Pedagógicos Digitais

Como sabemos, a avaliação é um processo de investigação com o objetivo de diagnosticar, acompanhar e sintetizar a reflexão e o redirecionamento de uma aprendizagem realizada por uma multiplicidade de instrumentos e técnicas [1]. A partir desses pressupostos, optamos por desenvolver a presente metodologia tendo por base a modalidade de avaliação formativa, com a seguinte estrutura.

TABELA I
METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE COMPETÊNCIA PROFISSIONAL

Processo	Modalidade	Aprendizagem	Recurso	Instrumento
Qualitativo e Quantitativo	Formativa	Significativa e Mediada	Simulador 3D	Parecer avaliativo de aprendizagem

A avaliação formativa é a modalidade escolhida para o desenvolvimento de nossa metodologia de avaliação, pois analisa, do ponto de vista qualitativo e quantitativo, o percurso do aluno durante a prática de interação com o simulador, permitindo que ele refaça seu processo de aprendizagem, não pelo método da tentativa e erro, mas por meio de uma rota de aprendizagem que ele mesmo reconstrói diante da superação das dificuldades que lhe são apresentadas. Desse modo, a aprendizagem revela-se significativa e mediada fazendo com que o aluno torne-se sujeito agente no processo de ensino-aprendizagem [1]-[2]-[3]-[4]. Isso porque, a construção do simulador 3D está associada diretamente com o desenvolvimento de capacidades técnicas que visam alcançar uma competência profissional.

A PRÁTICA DA AVALIAÇÃO

Na prática da avaliação do recurso digital, o parecer avaliativo de aprendizagem é o instrumento que registra qual foi o percurso realizado pelo aluno, isto é, quais foram os pontos críticos e as tomadas de decisão que permitiram ao aluno avançar no desenvolvimento da capacidade técnica e finalizar a ordem de serviço proposta para as ações a serem executadas no simulador.

Enfatizamos que o aluno não realiza uma mera tarefa técnica fragmentada e descontextualizada, pois ele precisa desenvolver uma série de capacidades, habilidades e atitudes ao longo da unidade curricular, que o capacitará a interagir com um contexto real de trabalho. O desenvolvimento da competência profissional permite que ele possa desenvolver não apenas o modo de fazer (*savoir faire*) daquela determinada ação, mas que ele consiga fazer a transposição e aplicação das capacidades técnicas desenvolvidas, para novos contextos de trabalho. A competência profissional implica o desenvolvimento de capacidades técnicas por meio da mobilização de conhecimentos, habilidades e atitudes necessárias ao desempenho de funções e atividades típicas de uma ocupação, segundo padrões de qualidade e produtividade requeridos pela natureza do trabalho [1]-[2]-[3]-[5]-[6]-[7]. Assim, desafiamos o aluno a compreender o porquê ele está sabendo resolver aquele contexto de trabalho.

Para o desenvolvimento das capacidades técnicas, com vistas à construção da competência profissional, elaboramos as Situações de Aprendizagem, que representam os contextos de trabalho desafiadores, a partir do quais são apresentados os simuladores 3D. A Situação de Aprendizagem orienta a produção de situações-problema

que são solucionadas por meio da interação do aluno com o simulador.

FIGURA I
ESTRUTURA DA SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM

A AVALIAÇÃO FORMATIVA DO ALUNO NO SIMULADOR 3D

Como dissemos, o simulador 3D que utilizamos para o presente trabalho, faz parte de uma unidade curricular do Curso Técnico de Automação Industrial. A unidade curricular escolhida para a apresentação deste trabalho é "Implementação de Equipamentos e Dispositivos", com o objetivo de contextualizar os processos de implementação de equipamentos e dispositivos em sistemas de controle e automação, que dependem da compreensão e aplicação das informações específicas presentes na documentação técnica.

O objetivo geral da unidade curricular é permitir que o aluno desenvolva as capacidades técnicas necessárias à montagem correta dos equipamentos e dispositivos em plantas industriais. Desenvolver essas capacidades técnicas permitem que o futuro técnico obtenha a competência profissional para trabalhar na implementação de equipamentos e dispositivos em plantas automatizadas, em contextos diversos da indústria.

Para conduzir o processo de ensino e de aprendizagem desta unidade curricular buscamos, no contexto de trabalho de atuação do técnico em automação industrial, problemas reais que utilizamos para a construção da Situação de Aprendizagem. Essa situação permite que o aluno aplique os conteúdos estudados de forma mais próxima possível ao contexto de trabalho.

Descrição do Contexto Simulado de Trabalho

O contexto de trabalho da Situação de Aprendizagem faz parte constitutiva e integrante da aplicação da metodologia de avaliação formativa de recursos pedagógicos, pois o desenvolvimento das capacidades técnicas, que será o objeto de avaliação, está presente no contexto de trabalho. Construímos o contexto de uma situação-problema tendo como base as capacidades técnicas que pretendemos que o aluno desenvolva, a partir da Situação de Aprendizagem.

Para aproximar ao máximo o aluno do contexto real de trabalho, elaboramos uma Situação de Aprendizagem a partir de um contexto de uma unidade fabril de uma empresa de bebidas lácteas, a Lactotrônica S.A. Nessa metáfora do mundo do trabalho, foi apresentado ao aluno o seguinte contexto desafiador: ele é o técnico de automação da empresa Lactotrônica S.A., e engenheiro-supervisor da empresa solicitou a atualização de equipamentos e dispositivos dos processos de controle da planta industrial, da linha de iogurtes da empresa, a linha Lacgurt.

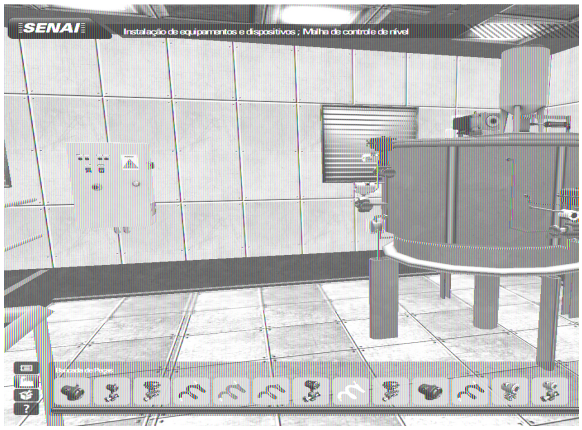

FIGURA II
SIMULAÇÃO 3D DO SEGUNDO ANDAR DO AMBIENTE FABRIL DA PLANTA INDUSTRIAL DE BEBIDAS LÁCTEAS

Para cumprir esse desafio, engenheiro-supervisor selecionou uma série de documentos para que o aluno (agora técnico de automação industrial) possa atualizar a planta industrial. Neste trabalho, vamos apresentar apenas a primeira das três etapas do processo: a instalação do sistema de controle de água no tanque do processo de cozimento.

Esse serviço envolve a montagem de equipamentos e dispositivos e ligações elétricas e pneumáticas para atualização do sistema, com base no diagrama de instrumentação e nos típicos de montagem de cada variável.

No Ambiente Virtual de Aprendizagem está disponível a ordem de serviço que apresenta, no cenário simulado do ambiente fabril, todos os documentos e informações necessários, como acontece realmente no ambiente na indústria: descrição do contexto da situação-problema (a solicitação do serviço); diagrama de nível; digrama de temperatura; especificação técnica e manual de instalação do fabricante.

Toda a documentação foi desenvolvida especificamente para esta Situação de Aprendizagem. Os diagramas, as especificações técnicas e o manual de instalação dos instrumentos e equipamentos foram elaborados, juntamente com o próprio Simulador 3D e o Ambiente Virtual de Aprendizagem pela equipe de analistas técnicos, programadores, designers, professores e revisores técnicos do Núcleo de Educação a Distância para criar um ambiente mais próximo possível da realidade do mundo do trabalho.

FIGURA III
MONTAGEM DE VÁLVULAS E TRANSMISSORES DO TANQUE DE COZIMENTO

Desse modo, a Situação de Aprendizagem é o conjunto formado pela situação-problema específica, que reflete um contexto de trabalho simulado, de acordo com a realidade atual das indústrias que operam com sistemas automatizados. O contexto de trabalho, por sua vez, é elaborado de acordo com as capacidades técnicas e os conhecimentos necessários para que o aluno alcance a competência profissional necessária para enfrentar e resolver desafios reais em diferentes contextos na indústria.

Capacidades Técnicas, Conhecimentos e Critérios de Avaliação

No contexto simulado da indústria de bebidas lácteas Lactotrônica S.A., o aluno deve desenvolver capacidades técnicas específicas. Citamos as mais relevantes:

- Utilizar instrumentos, equipamentos e ferramentas indicados no plano de instalação de equipamentos e dispositivos em sistemas de controle e automação, de acordo com os procedimentos técnicos de ajuste e utilização;
- Interpretar e correlacionar, para fins de instalação de equipamentos e dispositivos de controle e automação, as especificações contidas no projeto com os dados técnicos apresentados no manual do fabricante;
- Interpretar, para fins de montagem, o manual do fabricante quanto à instalação de equipamentos e dispositivos de controle e automação, tendo em vista a conformidade com o projeto.

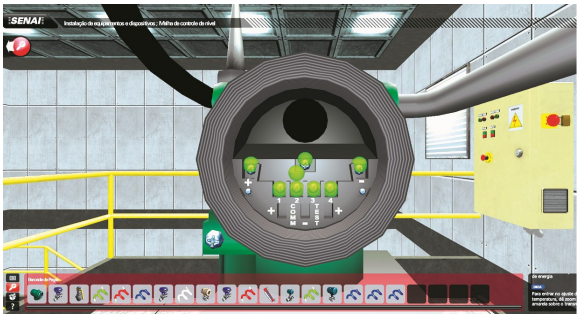

FIGURA IV
LIGAÇÃO ELÉTRICA DO TRANSMISSOR DE TEMPERATURA

Os conhecimentos que darão base para o desenvolvimento dessas capacidades técnicas estão associados diretamente a elas, isto é, durante o curso o aluno deverá aprender os conhecimentos necessários que ele mobilizará no momento da prática interativa com o simulador 3D. Os conhecimentos principais são os seguintes:

- Plano de instalação de equipamentos e dispositivos industriais: memorial descritivo; fluxograma de engenharia; típicos de montagem; diagrama de malha e de intertravamento; listas e folhas de dados; grau de proteção IP nos dispositivos; registro de inspeção.
- Instalação industrial: montagem mecânica e elétrica; procedimento de montagem; parametrização (protocolos e sistemas de controle).

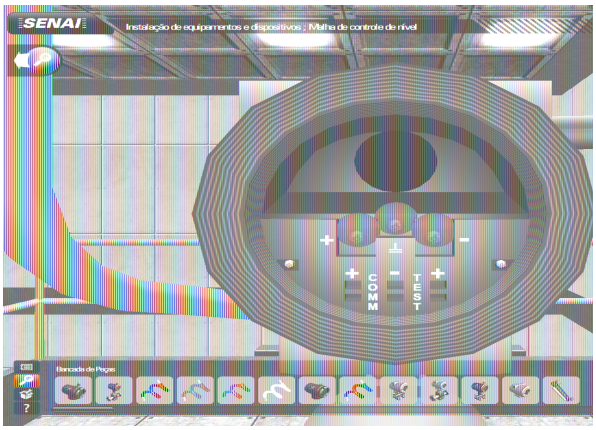

FIGURA V
LIGAÇÃO ELÉTRICA DO POSICIONADOR DA VÁLVULA DE CONTROLE

Os critérios de avaliação são estipulados com o objetivo de observar se o aluno conseguiu desenvolver cada uma das capacidades técnicas previstas para a solução da situação-problema do contexto de trabalho. Para cada critério de avaliação, são estabelecidas evidências suficientes para avaliar o nível de desempenho do aluno obtido com a resolução da situação-problema.

A proposta de solução que o aluno deve apresentar, para o caso que estamos tratando, é: selecionar os equipamentos e

dispositivos para a instalação das malhas de controle de nível, vazão e temperatura da água, do sistema de automação e controle, do tanque de cozimento da planta industrial. O aluno deve mobilizar e aplicar os conhecimentos sobre controle de vazão, de nível, de temperatura e de segurança para desenvolver as capacidades técnicas que o permitirão cumprir esse desafio.

Parecer Avaliativo de Aprendizagem

Este instrumento apresenta a avaliação formativa relativa ao processo de aprendizagem, do ponto de vista qualitativo e quantitativo, correspondente à rota de aprendizagem construída pelo aluno na interação com o simulador 3D. O parecer avaliativo de aprendizagem mostra, em forma de evidências, as ações que o aluno executou. A seguir, apresentamos as principais evidências:

- Seleção de componentes malha de vazão, nível, temperatura e segurança;
- Ligação de sinal e elétrica dos componentes das três malhas de controle;
- Ligação pneumática da válvula de controle;
- Regulagem da temperatura.

As evidências mostram se os níveis de desempenho de cada critério de avaliação foram alcançados. A avaliação do aluno acontece logo após a conclusão das atividades no simulador 3D. Todo o percurso do aluno é registrado por meio das evidências coletadas a partir das atividades que ele executou durante sua experiência virtual. O docente recebe esse roteiro de aprendizagem, de forma automática, faz as correções parciais necessárias e o encaminha ao aluno para que ele mesmo analise sua rota de aprendizagem. Essa autoavaliação permite que o aluno identifique suas fortalezas e fraquezas e reoriente sua rota, na próxima experiência com o simulador, com base nos conceitos parciais registrados para cada evidência.

TABELA II
CONCEITOS PARCIAIS DO PARECER AVALIATIVO DE APRENDIZAGEM

Conceito	Descrição
A	O aluno apresentou evidências de aprendizagem adequadas durante o desenvolvimento do trabalho, e os resultados alcançados apresentam a qualidade esperada.
B	O aluno apresentou evidências de aprendizagem parcialmente adequadas, mas os resultados alcançados não apresentam comprometimento qualitativo significativo.
C	O aluno apresentou evidências de aprendizagem parcialmente adequadas e os resultados alcançados apresentam comprometimento qualitativo significativo.
D	O aluno apresentou evidências de aprendizagem integralmente inadequadas e os resultados alcançados apresentam comprometimento qualitativo total.

Com o retorno do parecer avaliativo, o aluno refaz a atividade. Como já enfatizamos, a avaliação formativa permite que o aluno faça sua autoavaliação não pelo método da tentativa e erro, pois ele não conseguirá avançar se não desenvolver aquela capacidade técnica que está sendo exigida. Além disso, a cada nova tentativa, o sistema está programado randomicamente e reestrutura a ordem de serviço de forma aleatória. Entretanto, mesmo com todas as possibilidades de reconstrução de sua rota de aprendizagem, o aluno pode apresentar um desempenho não apto, o que nos permite concluir que ele não desenvolveu as capacidades técnicas necessárias. Estratégias de recuperação de conteúdos, por meio de diversas formas de atividades, são utilizadas nesse momento. Como no mundo do trabalho, há um tempo definido para que seja executada determinada atividade. No Ambiente Virtual de Aprendizagem partimos do mesmo princípio: após a avaliação pessoal de cada aluno, o docente decide pela finalização da interação com o simulador 3D e emite um parecer avaliativo conclusivo da aprendizagem baseado em conceitos finais.

TABELA III
CONCEITOS FINAIS DO PARECER AVALIATIVO DE APRENDIZAGEM

Conceito	Descrição
A (apto)	O aluno desenvolveu, de forma suficiente, as capacidades técnicas na Situação de Aprendizagem.
ED (recuperação)	O aluno desenvolveu, de forma insuficiente (podendo ser recuperado), as capacidades técnicas na Situação de Aprendizagem.
NA (não apto)	O aluno desenvolveu, de forma insuficiente, as capacidades técnicas na Situação de Aprendizagem.

Retornando à metáfora do ambiente fabril que construímos por meio do simulador 3D, o aluno consegue vivenciar uma simulação bem próxima da realidade que ele encontrará no mundo do trabalho, tanto em relação à forma, com toda a ambientação tridimensional de uma indústria, quanto em relação ao conteúdo, por meio da ordem de serviço que ele recebe de acordo com a situação-problema extraída do contexto de trabalho que lhe é apresentado: um desafio significativo e motivador que o preparará para o mundo do trabalho.

REFERÊNCIAS

[1] Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - SENAI, Departamento Nacional. Metodologia SENAI de Educação Profissional, Brasília, DF: SENAI - DN, 2013, pp. 9-277.

[2] Dolz, J., & Ollagnier, E. O enigma da competência. Porto Alegre: Artmed, 2004.

[3] Le Boterf, G. Desenvolvendo a competência dos profissionais. Porto Alegre: Artmed, 2003.

[4] Moreira, M. A. (2011). Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. Revista Meaningful Learning Review, 1, 3, 2011, pp. 25-46

[5] Perrenoud, P. Avaliação da excelência à regulação das aprendizagens: Entre duas lógicas. Porto Alegre: Artmed, 1999.

[6] Perrenoud, P. Construir competências desde a escola. Porto Alegre: Artmed, 1999.

[7] Perrenoud, P. Dez novas competência para ensinar. Porto Alegre: Artmed, 2000.