



APLICAÇÃO DE REALIDADE VIRTUAL PARA CAPACITAÇÃO EM TORNO CONVENCIONAL

VIRTUAL REALITY APPLICATION FOR TRAINING IN MANUAL LATHE

Giovanna Paulussi Tofanetto¹, Julia de Freitas², Anderson Alves de Oliveira³, Paulo Cesar da Silva Emanuel⁴, Antonio José do Couto Pitta⁵

DOI: 10.37702/REE2236-0158.v43p320-336.2024

RESUMO: A integração da realidade virtual na educação tem ampliado o acesso a recursos antes restritos para treinamento, além de oferecer experiências imersivas em situações de risco de acidentes. Isso tem contribuído para estimular uma postura mais participativa e engajada por parte dos alunos em relação aos estudos. Este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma ferramenta virtual de simulação 3D para a aprendizagem de usinagem em um torno convencional ROMI, utilizando-se óculos de Realidade Virtual (VR). A ferramenta é um complemento na aprendizagem, permitindo maior interação do aluno com o conteúdo sem a exposição aos riscos de acidentes e melhorando sua formação. Propõe-se uma trilha de aprendizagem para o desenvolvimento de competências alinhadas com as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) do Curso de Graduação em Engenharia, de 2019, seguindo a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), baseando-se na Metodologia SENAI de Educação Profissional. A trilha de aprendizagem está dividida em três fases progressivas, em que cada fase prepara os alunos para a seguinte, desenvolvendo gradualmente conhecimentos, habilidades e atitudes. A primeira fase da trilha prepara os alunos para reconhecer os elementos da máquina e suas ferramentas; a segunda fase aborda o reconhecimento dos elementos do painel e a resolução de problemas; e a terceira fase enfoca a interpretação de desenhos e operações de usinagem. O protótipo inclui o modelo 3D do torno, bem como painéis e quadros interativos que oferecem *feedback* instantâneo sobre a precisão das lições realizadas pelos alunos.

PALAVRAS-CHAVE: Realidade Virtual; Usinagem Industrial; DCNs de Engenharia.

ABSTRACT: The integration of virtual reality in education has expanded access to previously restricted training resources, while also providing immersive experiences in situations involving accident risks. This has contributed to fostering a more participative and engaged attitude among students towards their studies. This work presents the development of a 3D virtual simulation tool for machining learning on a conventional ROMI lathe, utilizing Virtual Reality (VR) goggles. The tool serves as a supplement to learning, enabling greater interaction with content without exposure to accident risks, thus enhancing student education. A learning pathway is proposed for the development of competencies aligned with the National Curriculum Guidelines (DCN) for the 2019 Engineering Undergraduate Course, following Problem-Based Learning (PBL) and drawing from the SENAI Professional Education Methodology. The learning pathway is divided into three progressive phases, with each phase preparing students for the next by gradually developing knowledge, skills, and attitudes. The first phase of the pathway focuses on recognizing machine elements and their tools; the second phase addresses panel element recognition and problem-solving; and the third phase emphasizes drawing interpretation and machining operations. The prototype includes a 3D model of the lathe, along with interactive panels and boards providing instant feedback on the accuracy of students' lesson performance.

KEYWORDS: Virtual Reality; Industrial Machining; Engineering DCNs.

¹ Aluna, Graduada, Faculdade Engenheiro Salvador Arena

² Aluna, Graduada, Faculdade Engenheiro Salvador Arena

³ Professor, Mestre, Faculdade Engenheiro Salvador Arena, pro21001711@cefsa.edu.br

⁴ Professor, Doutor, Faculdade Engenheiro Salvador Arena,

⁵ Professor, Mestre, Faculdade Engenheiro Salvador Arena



INTRODUÇÃO

Para que a estrutura curricular dos cursos atenda às necessidades de formação de engenheiros com competências e habilidades que supram as necessidades do mercado, existe a necessidade de que haja a devida integração de ações. Em parte, isso implica adotar metodologias de ensino mais modernas e adequadas à nova realidade global. Metodologias que se baseiam na vasta utilização de tecnologias da informação, atuando diretamente na vertente mobilidade, aliada ao desenvolvimento de competências comportamentais e à motivação dos estudantes a buscar por fontes diversas de conteúdo. Nesse ambiente, os professores deixam de ter um papel principal e central na geração e disseminação de conteúdo para adotar um papel de tutor (Brasil, 2018).

Em 2019, o Conselho Nacional de Educação (CNE) do Ministério da Educação (MEC) do Brasil atualizou as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia (DCNs de Engenharia). Essa atualização ocorreu após um processo de ampla discussão com representantes acadêmicos, industriais e profissionais, como a Associação Brasileira de Educação em Engenharia (Abenge), a Confederação Nacional da Indústria (CNI) e o Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (Confea) (Brasil, 2019).

As novas DCNs de Engenharia permitem que os projetos pedagógicos sejam mais flexíveis e mudaram a abordagem da formação baseada em conteúdo para uma formação baseada em competências. Além disso, foram abordadas várias preocupações, como a promoção de atividades práticas para estimular a criatividade e o espírito inovador, a adoção de metodologias de aprendizagem ativa, a diversificação dos métodos de avaliação, a recepção dos novos alunos e a valorização dos professores.

A transição para a formação por competências implica substituir um modelo que anteriormente enfatizava a exposição dos alunos aos conteúdos, preferencialmente por meio de aulas expositivas, seguido pela consolidação do conhecimento por meio da resolução de exercícios em livros didáticos. Nesse paradigma, a aplicação efetiva do conhecimento ficava reservada aos projetos de conclusão de curso. Uma das características a ser superada nesse modelo é a atenção limitada dedicada ao desenvolvimento de habilidades e atitudes (Prado; Santos, 2019).

No contexto atual, a Inteligência Artificial (IA), o *blockchain* e as criptomoedas, a mobilidade autônoma, a robótica, as realidades virtual e aumentada, as tecnologias implantáveis e a manufatura aditiva são apenas alguns exemplos de



tecnologias que estão causando grandes impactos nas economias, nos negócios, na sociedade e no indivíduo. O futuro do trabalho se entrelaça com uma abordagem orientada à demanda, centrada em projetos e guiada pelas competências, habilidades, atitudes e pelo valor proporcionado nas soluções (Donato; Prado, 2019).

Portanto, abre-se espaço para a maior adoção de tecnologias digitais, que permitem o uso de modelos como sala de aula invertida (aluno estuda previamente o tema da aula a partir de ferramentas *on-line*), laboratório rotacional (revezamento de grupos de alunos em atividades em sala de aula e laboratórios) e rotação individual (aluno possui lista específica de atividades para serem executadas *on-line* a partir de suas necessidades). Ainda, o envolvimento dos estudantes em atividades e espaços *makers* para imersão ao contexto de inovação (Brasil, 2018).

O ponto principal é imprimir maior sentido, dinamismo e autonomia ao processo de aprendizagem em Engenharia, por meio do engajamento do aluno em atividades práticas, preferencialmente desde os primeiros anos do curso. O aprendizado baseado em metodologias ativas, solução de problemas concretos, atividades que exijam conhecimentos interdisciplinares são alguns dos instrumentos que podem ser acionados para elevar a melhoria do ensino e combater a evasão (Brasil, 2018).

Assim como no trabalho proposto por Oliveira, Gonçalves Junior e Maciente (2022), o presente artigo apresenta uma trilha de aprendizagem destacando as habilidades e atitudes a serem desenvolvidas pelo aluno ao decorrer do percurso proposto, dessa forma, alinhando-se às novas DCNs.

Além do alinhamento, a trilha proposta está embutida em uma ferramenta educacional utilizando realidade virtual, apresentando-se como ferramenta mediadora e muito eficaz no treinamento e desenvolvimento de habilidades para atividades laborais em vários setores, como no setor industrial e na área médica (Tori; Kirner; Siscoutto, 2006). No setor industrial, observa-se uma crescente e ampla utilização da tecnologia de realidade virtual como mediadora de processos de formação. A partir disso, é possível utilizar realidade virtual para elevar a melhoria do ensino com mais segurança e autonomia ao aluno.

Sendo assim, a ferramenta deste trabalho tem o viés de auxiliar os alunos de engenharia, voltada ao setor industrial de usinagem, aumentando e diversificando a interação do aluno com o conteúdo. Portanto, esses alunos serão envolvidos em um ambiente virtual e imersivo que simula o que aconteceria em uma situação real, obtendo-se, assim, a prática, mas sem a exposição aos riscos de acidentes.



Essa ferramenta é um complemento na aprendizagem, a qual será utilizada principalmente na formação inicial em que o aluno é mais propenso a cometer vários erros, e poderá ser utilizada na formação continuada, em que o operador será testado e avaliado se está realizando os procedimentos de forma correta e adequada.

Nesse contexto, o trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de uma ferramenta virtual educacional de simulação 3D para a aprendizagem de usinagem industrial em um torno convencional ROMI utilizando-se os óculos RV (HTC Vive), por meio de lições e situações-problema.

Com base nisso, para o desenvolvimento dessa ferramenta, tornam-se necessárias a modelagem 3D do torno convencional ROMI e suas ferramentas, a modelagem 3D da peça que será usinada no ambiente virtual, a criação de materiais e texturização, a animação dos modelos criados e, por fim, a criação das interações e funcionalidades no ambiente virtual por meio de programação orientada a objetos em C#.

REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção, serão introduzidos os conceitos de Realidade Virtual assim como sua fundamentação na educação.

Conceito de Realidade Virtual

A Realidade Virtual (RV) é, antes de tudo, uma “interface avançada do usuário” para acessar aplicações executadas no computador, tendo como características a visualização de, e movimentação em, ambientes tridimensionais em tempo real e a interação com elementos desse ambiente. Além da visualização em si a experiência do usuário de RV pode ser enriquecida pela estimulação dos demais sentidos como tato e audição (Tori; Kirner; Siscoutto, 2006).

Segundo Mihelj, Novak e Beguł (2014), a RV é composta por uma simulação computacional interativa, que detecta o estado e a operação do usuário e substitui ou aumenta as informações de *feedback* sensorial a um ou mais sentidos de forma que o usuário tenha a sensação de estar imerso na simulação (ambiente virtual). Podemos assim identificar quatro elementos básicos de realidade: o ambiente virtual, presença virtual, *feedback* sensorial (como resposta às ações do usuário) e interatividade.



Realidade Virtual aplicada à educação

A utilização de RV com fins educativos tem merecido destaque e tem sido avaliada de forma intensiva nos últimos anos. Os resultados dessas avaliações mostram ganhos em termos de aprendizagem superiores a diversas outras formas de interação visando a educação mediada por computador (Tori; Kirner; Siscoutto, 2006).

Byrne *et al.* (1996) demonstraram que estudantes do Ensino Médio utilizando aplicativos baseados em realidade virtual para análise de experiências de Química (relacionadas com visualização e manuseio de moléculas) apresentaram uma retenção de informações (após três meses) muito superior a estudantes que obtiveram tais informações por intermédio de outros meios, tais como sistemas audiovisuais, demonstrando que um dos principais fatores envolvidos com a aprendizagem é a interatividade proporcionada pelo ambiente. Esse aspecto é apontado por Costa (2000), confirmando que a interação é a característica chave que distingue uma experiência em RV de uma experiência de, por exemplo, assistir a um filme.

Pausch *et al.* (1997) destacam que usuários de RV são muito melhores nas buscas sistemáticas da informação porque têm lembranças melhores daquilo que olharam na cena que os envolve. Pinho (2000) apresenta o consenso de que a RV pode influenciar positivamente o processo de aprendizado, sendo que uma das principais justificativas para essa influência está na forma de aprendizado, que pode ser baseada em experiências de 1ª pessoa.

Segundo Tori, Kirner e Siscoutto (2006), experiências de 1ª pessoa são aquelas nas quais o indivíduo conhece o mundo por meio de sua interação com ele, sendo caracterizado como um conhecimento direto, subjetivo e frequentemente inconsciente (o aprendiz não tem a clara definição que está aprendendo). Tais experiências são naturais e, geralmente, privadas. Por outro lado, experiências de 3ª pessoa são aquelas na qual o aprendiz ouve o relato de uma experiência ou aprende a partir da descrição feita por outra pessoa. Esta forma de aprendizado é objetiva, consciente e implícita. Como a realidade virtual permite a imersão e a exploração individual, o aprendiz vive experiências de 1ª pessoa e explora a informação como uma experiência diária. Conclusivamente, Bell e Foglerl (1995) e Pinho (2000) apontam como principais vantagens da utilização de técnicas de realidade virtual para fins educacionais os seguintes itens:



- a. motivação de estudantes e usuários de forma geral, baseada na experiência de 1ª pessoa vivenciada pelos mesmos;
- b. grande poderio de ilustrar características e processos, em relação a outros meios multimídia;
- c. permite visualizações de detalhes de objetos;
- d. permite visualizações de objetos que estão a grandes distancias, como um planeta ou um satélite;
- e. permite experimentos virtuais, na falta de recursos, ou para fins de educação virtual interativa;
- f. permite ao aprendiz refazer experimentos de forma atemporal, fora do âmbito de uma aula clássica;
- g. porque requer interação, exige que cada participante se torne ativo dentro de um processo de visualização;
- h. encoraja a criatividade, catalisando a experimentação;
- i. provê igual oportunidade de comunicação para estudantes de culturas diferentes, a partir de representações;
- j. ensina habilidades computacionais e de domínio de periféricos.

METODOLOGIA

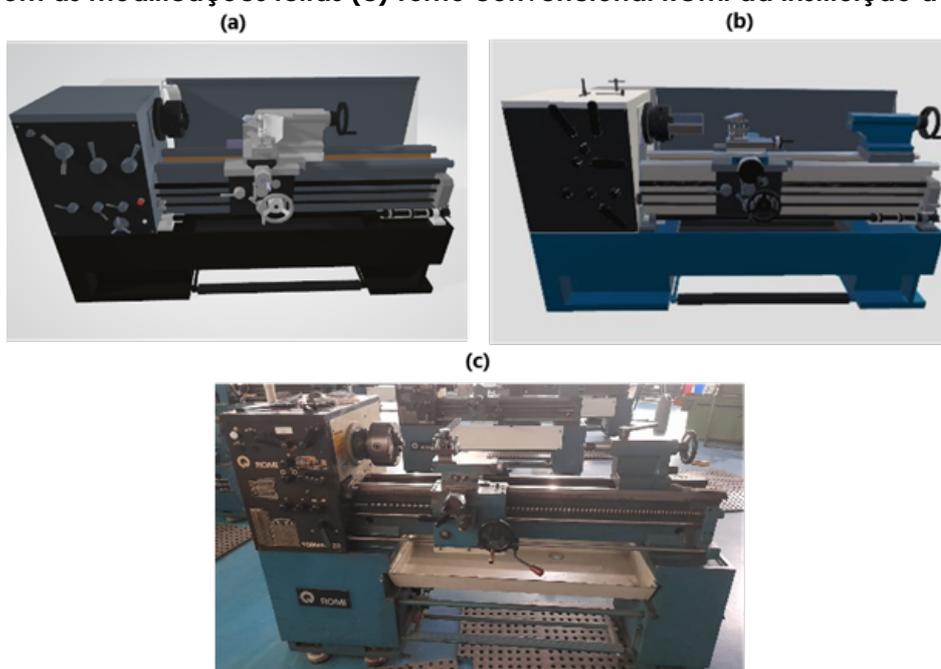
Nesta seção serão abordados os métodos e recursos utilizados para o desenvolvimento do projeto. Ela será dividida ainda em duas subseções: “Desenvolvimento da Aplicação” e “Desenvolvimento do Módulo de Aprendizagem”. Na primeira, será abordado como foi feita a criação dos objetos 3D que serão utilizados no ambiente de realidade virtual, sobre a criação de materiais e texturização desses objetos e sobre a criação das interações desses objetos no ambiente virtual. Na segunda, será abordado como foi feito a estruturação de cada módulo no projeto.

Desenvolvimento da Aplicação

Para adquirir os modelos virtuais de presentes no projeto estudado, foi utilizado o *software* da Siemens Unigraphics NX®, o qual, segundo o site da empresa (Siemens, 2022), permite a obtenção de soluções de projetos, simulação e manufatura. Isso garante que os modelos 3D sejam fiéis, seguros e leves para o uso no projeto. O modelo 3D do torno convencional ROMI foi disponibilizado pela

empresa “Infinite Foundry”, como ilustrado na Figura 1a, e reutilizado em sua maior parte; outras partes foram remodeladas novamente no Siemens Unigraphics NX®, como alavancas e ferramentas de encaixe, para se obter um modelo mais realístico e próximo ao que é utilizado na instituição de ensino (Figura 1b). As alterações no modelo base foram feitas para se obter uma melhor imersão do aluno no ambiente virtual. O foco do modelo é uma representação 3D no ambiente virtual e não uma réplica exata do maquinário (Figura 1c). Neste trabalho não foi possível se obter esse modelo exato por falta de recursos e tempo, pois para se obter tal exatidão uma das soluções seria o escaneamento do torno da instituição de ensino – gerando a nuvem de pontos é possível criar o modelo 3D no Siemens Unigraphics NX® – e a outra opção seria o fabricante do maquinário fornecer o modelo 3D para se utilizar no trabalho.

Figura 1 – (a) Modelo 3D do torno convencional ROMI (b) Modelo 3D do torno convencional ROMI com as modificações feitas (c) Torno convencional ROMI da instituição de ensino



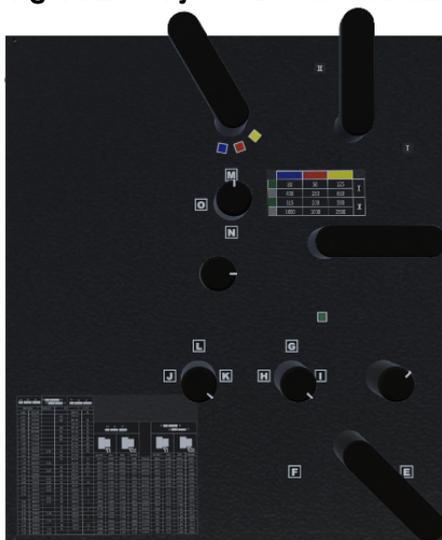
Fonte: elaborada pelos autores (2022).

A texturização é bastante utilizada na área de *design* e modelagem, mas em termos de criação de ativos 3D, geralmente se refere à pele de um objeto 3D, assim assumindo a forma de uma imagem 2D projetada em um modelo 3D. As texturas são cruciais para se obter renderizações realistas, e isso não apenas torna as representações mais realistas, significa também não ter que criar um material totalmente novo e renderizar cada objeto do projeto.



O *UV mapping* é um dos métodos utilizados para realizar a texturização, no qual é feito o mapeamento de uma textura 2D em um objeto 3D. Esse objeto 3D é literalmente desembrulhado, e a textura 2D é aplicada a ele. No Blender, esse processo é realizado no *Editor UV*, em que esse método se prova muito útil para a modelagem de modelos 3D no geral, pois o *UV mapping* economiza tempo e torna o mapeamento de textura muito mais simples. Na Figura 2, apresenta-se o painel do maquinário com texturização como exemplo.

Figura 2 – Objeto 3D com texturização



Fonte: elaborada pelos autores (2022).

Para realização do projeto foi utilizado a versão 2020.3.30f1 do Unity®. Depois de realizar as etapas de modelação e texturização dos objetos, foi feita a montagem do ambiente no Unity e o início da parte de programação e interação dos objetos com os óculos de RV.

A primeira etapa para a realização das interações das alavancas e botões foi por meio de movimentos circulares, mas com uma certa delimitação de angulação para cada botão e alavanca. Foi utilizado o *script* "Circular Drive" do *plug-in* do SteamVR para tal efeito. O *plug-in* SteamVR gerencia três coisas principais para os desenvolvedores: carregar modelos 3D para controladores RV, manipular a entrada desses controladores e estimar a aparência de sua mão ao usar esses controladores. Ademais, além de gerenciar essas coisas, há um exemplo de sistema de interação que fornece exemplos concretos de interação com o mundo virtual e APIs (Steamvr, 2022).

Em seguida, foram acrescentadas as funcionalidades a esses objetos por meio de *scripts*. Foram utilizados o *software* Microsoft Visual Studio, Programação



Orientada a Objetos (POO) e linguagem C# para se obter o avanço e o rpm do torno convencional ROMI no ambiente virtual. As tabelas de rosca, avanço e rpm foram obtidas a partir de fotos tiradas do torno convencional da instituição de ensino, como ilustrado na Figura 3. Com esses dados, foi obtido os parâmetros para fazer a rotação da placa de fixação e o avanço automático do carro principal, de acordo com o que será selecionado no ambiente virtual.

Para a criação da movimentação automática da placa de fixação e do carro principal foi utilizada a função “transform.Rotate(float xAngle, float yAngle, float zAngle)” e “transform.Translate(float x, float y, float z)”, respectivamente. Dessa forma, é necessário ligar o maquinário pelo botão lateral do painel para ocorrer a rotação da placa de fixação e acionar a alavanca para colocar o carro principal no modo automático no ambiente virtual.

Figura 3 – Tabela de RPM e Tabela de Avanço e Rotação

	80	50	125	I
	400	250	630	
	315	200	500	II
	1600	1000	2500	

24 56 57		24 56 57		24 56 57						24 56 57				
44 57		44 57		44 57						44 57				
METRICA	MODULO	D.P.		F.P.P.										
0,40	CFGJM			BEKIM	36									
0,45	CEGJM		120	DFKIM										
0,50	DFGJM		112	AELIM	28									
0,60	BEGJM			CEKIM	27									
0,65	AFGJM		104	AFLIM	26									
0,70	AEGJM		96	BELIM	24									
0,80	CFGJN		88	DELIM	22									
0,90	CEGJN		80	DFJIM	20									
1,00	DFGJN			BFJIM	19									
1,10	DEGJN		72	BEJIN	18									
1,20	BEGJN	0,30	64	CFLIM	16									
1,25	DFHJM		60	DFKIN		INCHES	MM	MM	INCHES	CFGJM	INCHES	MM	MM	INCHES
1,30	AFGJM		56	AELIN	14	.0017	0,042	0,019	.0007	.0013	0,033	0,015	.0005	
1,40	AEGJM	0,35		AFLIN	13	.0019	0,047	0,021	.0008	.0015	0,036	0,016	.0006	
1,50	BEHJM		48	BELIN	12	.0022	0,057	0,026	.0010	.0017	0,044	0,020	.0007	
1,60	CFGJO	0,40	46	BFLIN	11,5	.0027	0,068	0,031	.0012	.0022	0,053	0,024	.0009	
1,75	AEHJM		44	DELIN	11	.0029	0,073	0,033	.0013	.0023	0,057	0,026	.0010	
1,80	CEGJO	0,45	42	AEKIO		.0037	0,094	0,042	.0016	.0029	0,073	0,033	.0012	
2,00	DFGJO	0,50	40	DFLIN	10	.0041	0,104	0,047	.0019	.0032	0,082	0,036	.0015	
2,20	DEGJO	0,55	38	BFJIN		.0047	0,119	0,054	.0021	.0037	0,093	0,042	.0016	
2,40	BEGJO	0,60	36	BEKIO	9	.0053	0,135	0,061	.0024	.0042	0,10	0,048	.0018	
2,50	DFHJN		32	CFLIN	8	.0065	0,166	0,075	.0030	.0051	0,13	0,059	.0023	
	AFGJO	0,65	30	DFKIO		.0074	0,187	0,084	.0033	.0058	0,14	0,056	.0026	
2,80	AEGJO	0,70	28	AELIO	7	.0090	0,229	0,103	.0041	.0071	0,18	0,081	.0032	
3,00	BEHJN		26	AFLIO		.0098	0,250	0,113	.0044	.0077	0,19	0,088	.0034	
3,50	AEHJN		24	BELIO	6	.0118	0,299	0,135	.0053	.0092	0,23	0,106	.0042	
4,00	CFHJO	1,00	22	DELIO		.0133	0,338	0,152	.0060	.010	0,26	0,119	.0047	
4,50	CEHJO		20	DFLIO	5	.0164	0,416	0,189	.0074	.013	0,32	0,148	.0058	
5,00	DFHJO	1,25	19	BFJIO		.0185	0,470	0,212	.0083	.014	0,37	0,166	.0065	
5,50	DEHJO		18	CELIO	4,5	.0205	0,520	0,234	.0092	.016	0,41	0,183	.0072	
6,00	BEHJO	1,50	16	CFLIO	4	.0244	0,620	0,279	.0110	.019	0,48	0,219	.0086	
7,00	AEHJO	1,75				.0287	0,730	0,329	.0130	.022	0,57	0,258	.0102	

Fonte: elaborada pelos autores (2022).



Desenvolvimento do Módulo de Aprendizagem

A formação profissional e acadêmica por meio da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) é uma das abordagens inovadoras surgidas nos últimos anos, que vem ocupando espaço cada vez maior em algumas das principais universidades de todo o mundo. A ABP abrange diferentes enfoques do ensino e da aprendizagem, os quais podem se referir a conceitos didáticos baseados somente na resolução de problemas ou a conceitos que combinem os cursos tradicionais com resolução de problemas por meio do trabalho com projetos, com o foco no processo de aprendizagem do estudante (Araújo *et al.*, 2016).

Para a elaboração do módulo de aprendizagem foram utilizados recursos e materiais de apoio sobre a qualificação profissional na execução de atividades relacionadas à usinagem de peças, os quais abordam a Metodologia SENAI de Educação Profissional em que são identificadas e descritas as competências necessárias ao exercício profissional qualificado e seu contexto de trabalho.

Segundo o SENAI (2019), as competências específicas podem ser separadas em capacidades básicas ("saber") e em capacidades técnicas ("saber fazer"), e as competências socioemocionais em capacidades socioemocionais ("saber ser"). As capacidades são compreendidas como potenciais que os alunos podem desenvolver e que os tornam aptos a realizar determinadas ações, atividades ou funções.

As capacidades básicas devem ser direcionadas para a lógica dos processos de ensino e de aprendizagem, partindo de processos de desempenho menos complexos em busca de desempenhos de maior complexidade. Dessa forma, é possível estabelecer uma escala progressiva de conhecimento, trabalhando as capacidades, passando por níveis de conhecimento básico, intermediário, até alcançar a condição desejada ao final da aplicação. As capacidades técnicas também apresentam uma escala, mas que avaliam, por sua vez, a capacidade do aluno em aplicar o "saber fazer" em diferentes situações e contextos.

O módulo de aprendizagem será apresentado na aplicação em três fases, em que o conhecimento adquirido para resolver a primeira situação irá preparar o aluno para a resolução da próxima situação e assim por diante até o final da aplicação. A Figura 4 ilustra o caminho que o estudante deve percorrer durante a aplicação, e o Quadro 1 demonstra o que será abordado em cada fase em relação às capacidades básicas e técnicas.

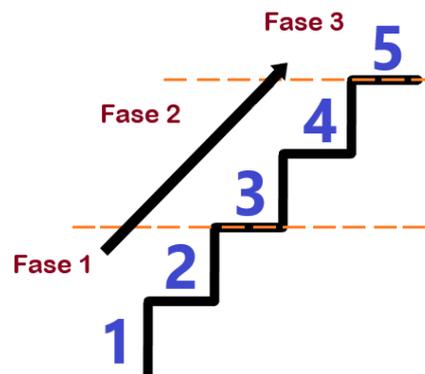


Quadro 1 – Capacidades técnicas e básicas

Fase 01	1	Capacidades Técnicas	Reconhecer os elementos da máquina (Torno Convencional)
	2		Identificar ferramentas utilizadas na usinagem e suas respectivas funções
Fase 02	1 e 2	Capacidades Básicas	Demonstrar raciocínio lógico
			Resolver problemas
	3	Capacidades Técnicas	Demonstrar rigor técnico
Fase 03	4	Capacidades Básicas	Reconhecer os elementos do painel de acordo com suas funções
	3 e 4		Determinar avanço e rotação de acordo com o sugerido
	5		Demonstrar raciocínio lógico
Fase 03	5	Capacidades Técnicas	Resolver problemas
			Demonstrar rigor técnico
			Reconhecer os elementos da máquina (Torno Convencional)
			Interpretar desenho técnico da peça a ser usinada
			Executar operações básicas de usinagem (Torneamento)
		Capacidades Básicas	Escolher ferramenta para a usinagem da peça
			Reconhecer os elementos do painel
			Determinar avanço e rotação para a usinagem da peça
			Planejar a sequência da usinagem
			Demonstrar raciocínio lógico
Fase 03	5	Capacidades Básicas	Resolver problemas
			Demonstrar rigor técnico
			Demonstrar atenção a detalhes
			Seguir procedimentos
			Demonstrar capacidade de planejamento

Fonte: elaborado pelos autores (2022).

Figura 4 – Escada de Aprendizagem



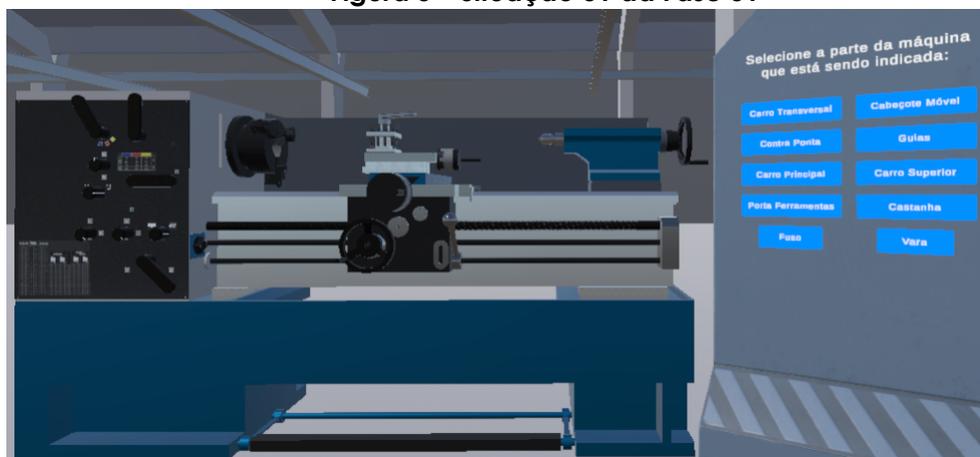
Fonte: elaborada pelos autores (2022).

Dessa forma, na situação 01 da fase 01 do módulo de aprendizagem, foi feito um painel no ambiente virtual (Figura 5) com os nomes das partes do torno convencional e com o maquinário (torno convencional) ao lado desse painel. A partir do momento em que a situação é iniciada, aparece um contorno amarelo em volta de umas das partes do torno convencional de forma aleatória. Para a realização da atividade é necessário escolher o nome correto de acordo com a parte do maquinário indicado. Se a escolha do nome da parte do maquinário não for compatível com a parte do maquinário que estiver com o contorno amarelo ativado, o nome ficará em vermelho e isso diminuirá a pontuação; dessa forma, para cada erro cometido pelo aluno haverá uma diminuição da pontuação da atividade. Por sua vez, se escolha do nome da parte do maquinário for compatível com a parte do maquinário que estiver com o contorno amarelo ativado, o nome



ficará verde e assim o contorno amarelo irá aparecer na próxima parte do maquinário e assim por diante até a finalização da atividade.

Figura 5 – Situação 01 da Fase 01



Fonte: elaborada pelos autores (2022).

Na situação 02 da fase 01 do módulo de aprendizagem, foram feitas uma mesa e um painel para cada ferramenta (Figura 6). Cada painel tem as opções de tipos de usinagem que podem ser ou não referentes à ferramenta que está disposta na mesa. Para a realização da atividade é necessário classificar as ferramentas dispostas nas mesas, selecionando a opção que se julgar certa para cada ferramenta e depois confirmá-la. Se o "CONFIRMAR" ficar vermelho a resposta está errada e a pontuação da atividade será diminuída para cada erro cometido, se ficar verde é porque a resposta está correta e é possível ir para a próxima mesa e assim por diante até o final da atividade.

Figura 6 – Situação 02 da Fase 01



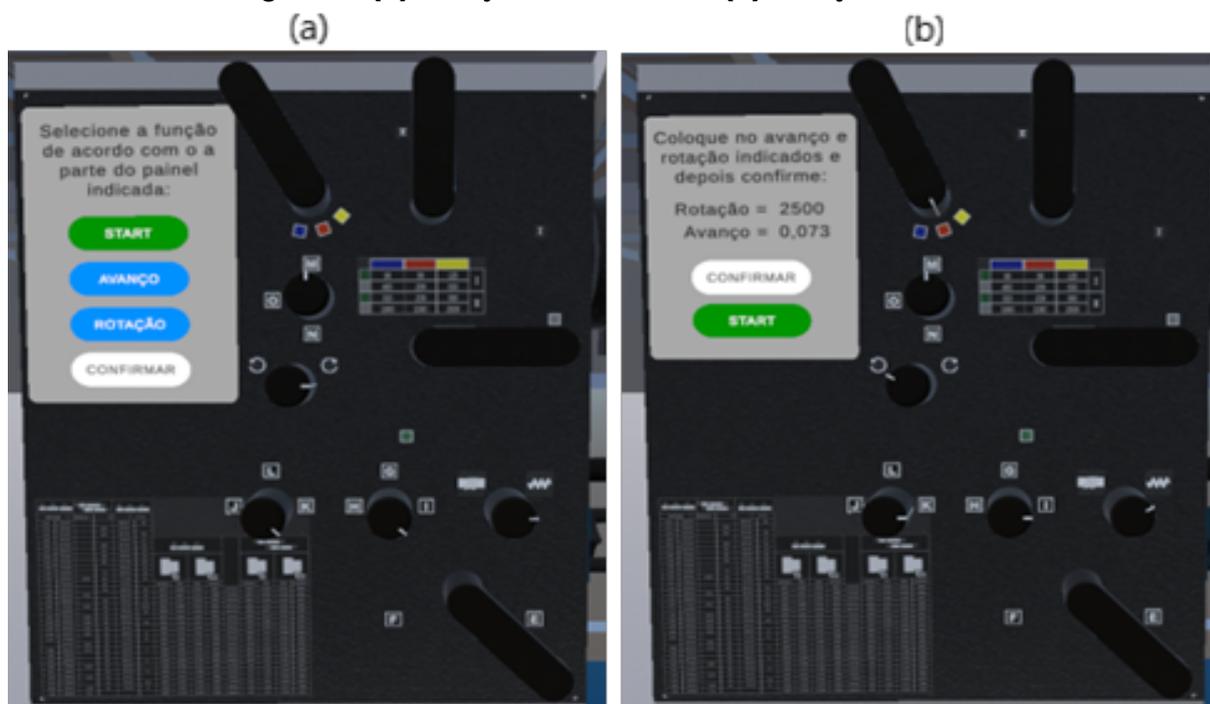
Fonte: elaborada pelos autores (2022).



Assim, na situação 03 da fase 02 do módulo de aprendizagem, foi feita a modelação do painel do maquinário com as alavancas e botões. Nesse painel há um quadro em branco com os nomes das funções – rotação (da castanha) ou avanço (do carro principal) – que cada botão e alavanca pode ter (Figura 7a). A partir do momento em que a situação for iniciada, aparecerá um contorno amarelo em volta de umas das alavancas ou botões de forma aleatória. Para realização da atividade é necessário escolher o nome correto de acordo com a função do objeto indicado e selecionar “CONFIRMAR”. Se for escolhida a função errada referente ao objeto indicado, o “CONFIRMAR” ficará vermelho e isso diminuirá a nota da atividade para cada vez que se realizar um erro. Se o “CONFIRMAR” ficar verde, irá aparecer o contorno amarelo em outra alavanca ou botão e assim por diante até o final da atividade.

Na situação 04 da fase 02 do módulo de aprendizagem, encontra-se o painel do maquinário com as alavancas e botões. Nesse painel haverá um quadro em branco com a indicação de qual rotação e avanço deverão ser colocados nas alavancas e botões (Figura 7b). A partir do momento em que a situação for iniciada, irá aparecer um valor de rotação e avanço de forma aleatória, de acordo com valores das tabelas de rotação e avanço do torno convencional ROMI, no quadro branco. Para realizar a atividade é necessário colocar as alavancas e botões de acordo com o avanço e rotação indicados no quadro e depois selecionar “CONFIRMAR”. Se as alavancas ou botões não estiverem de acordo com a rotação ou avanço, o “CONFIRMAR” ficará vermelho e isso diminuirá a nota da atividade para cada vez que um erro for cometido. Se o “CONFIRMAR” ficar verde, irá aparecer uma nova rotação e avanço no quadro branco para ser realizado e assim por diante até o final da atividade.

Figura 7 – (a) Situação 03 da Fase 02 (b) Situação 04 da Fase 02

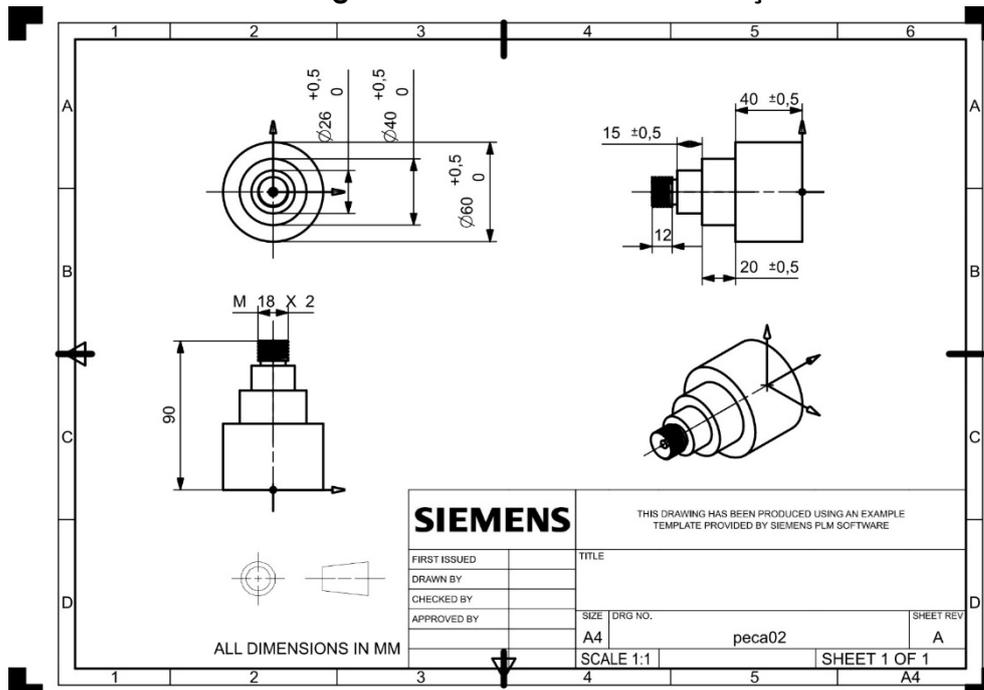


Fonte: elaborada pelos autores (2022).

Na fase 03 do módulo de aprendizagem, espera-se desenvolver no aluno competências técnicas e básicas relacionadas à realização e à operação de usinagem (torneamento) de uma peça, em conjunto com os conhecimentos adquiridos anteriormente.

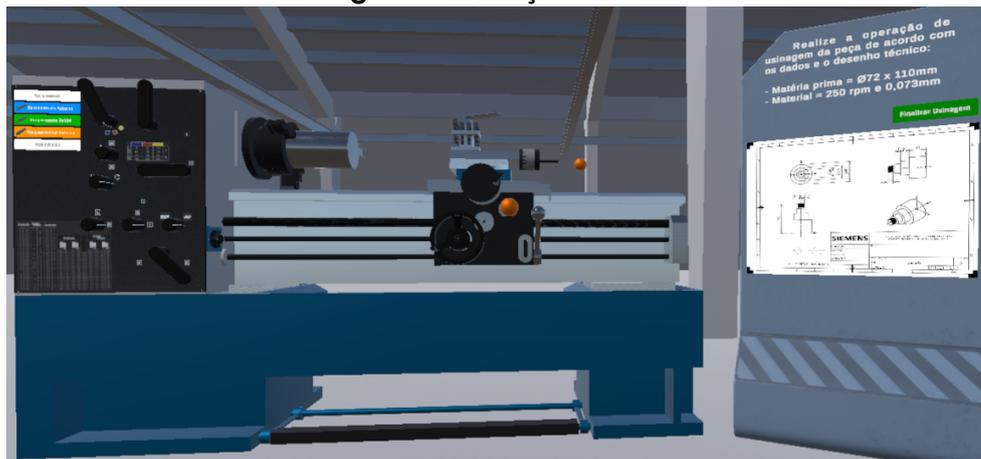
Portanto, na situação 05 da fase 03 do módulo de aprendizagem, a atividade irá ocorrer principalmente no maquinário (torno convencional ROMI), a partir da análise do desenho técnico da peça (Figura 8). Para realizar a atividade será necessário selecionar a ferramenta adequada para a situação sugerida (torneamento); selecionar a rotação da castanha e o avanço do carro principal de acordo com o sugerido na situação para realizar a usinagem da peça; e conseguir torneare a peça descrita no desenho técnico de forma correta utilizando os anéis graduais (no carro transversal e superior) dispostos no ambiente virtual (Figura 9). O critério de pontuação, especificamente nessa situação, irá levar em consideração o planejamento para a usinagem da peça, como a seleção correta do ferramental, do avanço do carro principal, da rotação da castanha e se a peça estará dentro da tolerância exigida.

Figura 8 – Desenho Técnico da Peça



Fonte: elaborada pelos autores (2022).

Figura 9 – Situação 05 da Fase 03



Fonte: elaborada pelos autores (2022).

CONCLUSÕES

Este trabalho buscou potencializar o ensino-aprendizagem no processo de usinagem industrial, tendo em vista o desenvolvimento de habilidades e metodologias definidas pelas novas DCNs de Engenharia. Para alcançar esse objetivo, foram explorados recursos como o ambiente virtual e interativo da



Realidade Virtual (RV) em conjunto com as ferramentas já utilizadas para a aprendizagem de usinagem industrial.

Na criação do protótipo foram utilizados recursos e materiais de apoio que utilizam uma metodologia que identifica e descreve as competências necessárias para o exercício profissional qualificado e o seu contexto de trabalho. Dessa forma, o aluno irá desenvolver capacidades básicas, como raciocínio lógico, resolvendo os problemas propostos, com atenção aos detalhes, rigor técnico e capacidade de planejamento, assim como desenvolver capacidades técnicas, como reconhecer elementos de máquina e suas ferramentas, e planejar e executar operações de usinagem. Além disso, as capacidades técnicas exploradas no *software* podem auxiliar o docente na avaliação da capacidade do aluno em aplicar o conhecimento em diferentes situações, sendo que o aluno será colocado em um ambiente imersivo e mais seguro em primeiro contato com o maquinário.

Nesse protótipo foram abordadas, na trilha de aprendizagem, três fases que exploram conceitos de aprendizagem em usinagem industrial, como a identificação do maquinário e suas ferramentas, a utilização das alavancas e botões para a seleção da rotação e avanço do maquinário e, por fim, a aplicação dos conhecimentos anteriores em conjunto com a realização do torneamento de uma peça a partir da leitura do desenho técnico disposto. Para melhorias futuras seria interessante aumentar a trilha de aprendizagem, inserindo novas fases que abordassem os outros métodos de usinagem, como o rosqueamento, furação e sangramento.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, U. F.; SASTRE, G. **Aprendizagem baseada em problemas no ensino superior**. 3.ed. São Paulo: Summus editorial, 2016.
- BELL, J. T.; FOGLER, H. Scott. The Investigation and Application of Virtual Reality as an Educational Tool. **Proceedings...** American Society for Engineering Education, 2513., 1995, Anaheim. Anaheim: Eld/Asee, p. 1-11, 1995. Disponível em: <https://www.cs.uic.edu/~jbell/Professional/Papers/aseepap2.pdf>. Acesso em: 23 set. 2022.
- BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Superior. **Resolução nº 2, de 24 de abril de 2019**. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=112681-rces002-19&Itemid=30192. Acesso em: 10 fev. 2023.
- BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Superior. **Diretrizes curriculares nacionais para o curso de graduação em engenharia**. Disponível em:



<http://portal.mec.gov.br/docman/agosto-2018-pdf/93861-texto-referencia-dcn-de-engenharia/file>. Acesso em: 10 fev. 2023.

- BYRNE, C. M. *et al.* **Water on tap: the use of virtual reality as an educational tool.** 1996. 102 f. Dissertação (Mestrado) – Philosophy, University Of Washington, Washington, 1996.
- COSTA, R. M. E. M. **Ambientes virtuais na reabilitação cognitiva de pacientes neurológicos e psiquiátricos.** 2000. 166 f. Tese (Doutorado) – Engenharia de Sistemas e Computação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.
- DONATO, G. H. B; PRADO, F. Visão, protagonismo e domínio do processo inovador como forças motrizes do processo de aprendizado. In: OLIVEIRA, V. F. de (org.). **A Engenharia e as Novas DCNs: oportunidades para formar mais e melhores engenheiros.** Rio de Janeiro: LTC, 2019.
- MIHELJ, M.; NOVAK, D.; BEGUŁ, S. **Virtual Reality Technology and Applications.** [S. L.]: Springer Dordrecht, 2014.
- OLIVEIRA, A. A.; GONÇALVES JUNIOR, J.; MACIENTE, L. O. Trilha de aprendizagem baseada nas novas DCNs aplicando comissionamento virtual para automação industrial. **Revista de Ensino de Engenharia**, [S.L.], v. 41, p. 242-253, 2022.
- PAUSCH, R. *et al.* Quantifying immersion in virtual reality. **Proceedings...** International Conference On Computer Graphics And Interactive Techniques, 24., 1997, Los Angeles, Dallas, New Orleans, Boston. [S.L.]: Siggraph, 1997.
- PINHO, Márcio Serolli. **Interação em ambientes tridimensionais: tutorial.** 2000. Disponível em: https://www.inf.pucrs.br/~pinho/3DInteraction/#_Toc493643447. Acesso em: 22 set. 2022.
- PRADO, F.; SANTOS, R. B. B. Novas DCNs dos cursos de graduação em Engenharia e a perspectiva da avaliação centrada em competências. In: OLIVEIRA, V. F. de (org.). **A Engenharia e as Novas DCNs: oportunidades para formar mais e melhores engenheiros.** Rio de Janeiro: LTC, 2019.
- SENAI. **Metodologia SENAI de educação profissional.** Brasília: Senai, 2019. Disponível em: https://senaiweb.fieb.org.br//areadocente/assets/Midia/2019/Livro_Msep_2019.pdf. Acesso em: 20 fev. 2023.
- SIEMENS. **NX software.** 2022. Disponível em: <https://plm.sw.siemens.com/en-US/nx/>. Acesso em: 25 set. 2022.
- STEAMVR. **Por que usar o STEAMVR?** 2022. Disponível em: <https://www.steamvr.com/pt-br/>. Acesso em: 23 set. 2022.
- TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. **Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada.** Belém: Editora Sbc, 2006.