



## TREINAMENTO IMERSIVO NO CURSO DE ENGENHARIA COM PLANTA INDUSTRIAL VIRTUAL

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2024.5355

**Autores:** LUCIANO LEONARDO SAMPAIO FORTES, VINICIUS BELMUDS VASCONCELOS TATAGIBA, MILENA TESCH FERRARI, MATHEUS ALVES PEREIRA, ÍCARO PRETTI ROSSI, GUILHERME VALDO VEIGA

**Resumo:** *Este trabalho apresenta o resultado do treinamento em uma planta industrial virtual aplicada em alunos de Engenharia de Controle e Automação, o seu desenvolvimento foi baseada em um planta real de uma instituição de ensino. Essa planta industrial virtual é separada em 3 treinamentos, o primeiro focando na parte elétrica, o segundo na parte da instrumentação e o terceiro na parte de controle. Os resultados foram significativo dentro da sala de aula, visto que os alunos desenvolveram de forma mais rápida o conhecimento do processo industrial da planta real, reduzindo o tempo do aluno na planta industrial real e facilitando a compreensão de disciplinas do curso. Outra vantagem da aplicação da planta em RV é o baixo custo de replicação, sendo necessário que o aluno/usuario que deseje treinar tenha um Meta Quest 2 apenas. Além do ganho dentro da sala de aula foi observado a reação de pessoas que não são da área ao levar o projeto em eventos e empresas, o resultado foi que pessoas que nunca viram a planta industrial conseguiam desenvolver os treinamentos e conseguiam ter uma idéia de como era a planta completa. Por ser um programa imersivo,ou seja foi criado todo um ambiente, o usuário não se distraia com fatores externos o que ajudava na concentração e desenvolvimento mais eficaz do treinamento.*

**Palavras-chave:** *Realidade Virtual, Treinamento, Engenharia de Controle e Automação, Meta Quest 2, MetaVerso, Controle de Processos*

# TREINAMENTO IMERSIVO NO CURSO DE ENGENHARIA COM PLANTA INDUSTRIAL VIRTUAL

## 1 INTRODUÇÃO

A tecnologia encontra-se cada vez mais presente nos processos de ensino aprendizagem, por exemplo: a presença de lousas digitais, computadores, aulas EAD (Educação a Distância). Estes conhecimentos visam aperfeiçoar os métodos de ensino, alterando o modo dos professores transmitirem o conteúdo e a forma de aprendizagem dos alunos.

A Realidade Virtual (RV) e a Realidade Aumentada (RA) são exemplos de tecnologias que reduzem o tempo de aprendizado do software, permitindo focar no objetivo, simulando situações reais, fornecendo a sensação do usuário estar vivenciando o ambiente (SANTOS NETO et al., 2016). O usuário pode interagir com o ambiente utilizando dispositivos como HMD (*head mounted display*), luvas, *joystick* ou até mesmo o próprio celular (TORI; HOUNSELL, 2020), permitindo a exploração e a manipulação natural dos objetos com o uso das mãos, como por exemplo, apertar botão, mover válvula, conectar instrumento e outras ações.

Estas tecnologias permitem a visualização tridimensional dos dados coletados, seja por meio de um ambiente completamente virtual, no caso da RV, ou pela sobreposição do ambiente real com imagens e dados virtuais, na RA, independentemente ambas aumentam a capacidade e a velocidade de interpretação dos funcionários e, conseqüentemente, aprimoram o processo de tomada de decisão (PORTER, 2017).

Netto, Machado e Oliveira (2002) afirmam que a RV foi adotada por muitas empresas como forma eficaz de treinar os funcionários, e no caso de instituições, ensinar os alunos. Mechlih (2016) com o uso dessa tecnologia computacional, identificou a possibilidade de manter as máquinas trabalhando na linha de produção e não diminuir a produtividade para realizar o treinamento de novos colaboradores. O trabalho de Borba, Bassan e Oliveira (2023) obteve como consequência instrutores altamente qualificados ao aplicar treinamento em Realidade Virtual para colaboradores de uma indústria.

Na educação, Junior, Dantas e Andrade (2021) dizem que a Realidade Virtual é uma grande aposta no ensino básico como objeto de aprendizagem, tornando o estudo mais atrativo, e Fernandes et al. (2024) cita essa tecnologia sendo promissora para revolucionar o ensino superior, tornando o processo de ensino-aprendizagem dinâmico a fim de proporcionar aos estudantes experimentarem atividades práticas virtuais.

Diversas aplicações de RV e RA já foram desenvolvidas em diversas áreas educacionais, como na medicina, engenharia, química e física (CARDOSO et al., 2013), como sistemas de RA aplicados a indústria de estaleiros (Blanco-Novoa et al. 2018) e aplicados na indústria da construção civil (Teixeira et al. 2014).

Em muitas situações, devido a necessidade de conhecer o desenvolvimento de ambientes 3D e adaptá-lo para se adequar ao público de alunos e professores, a implementação das simulações são difíceis visto que os especialistas projetam estas aplicações focando apenas nos requisitos funcionais apropriados (Martins et.al., 2013).

Observando essas referências observou-se a aplicabilidade da RV no ensino e treinamento e assim visamos utilizar essa tecnologia para construir uma planta industrial virtual, com base em uma existente no laboratório de instrumentação em nossa Instituição, para fins de treinamento dos alunos de Engenharia de Controle e Automação.

## 2 DESENVOLVIMENTO DA PLANTA INDUSTRIAL NO BLENDER

Para o desenvolvimento da planta a ser utilizada no treinamento, foi replicada a planta industrial mostrada na Figura 1, esta planta pertence a um laboratório de ensino para Engenharia de Controle e Automação e Técnico em automação industrial, cujos objetos de diversos tipos precisam ser modelados em 3D.

Figura 1 – Planta Real a ser modelada para o treinamento dos alunos da Engenharia.



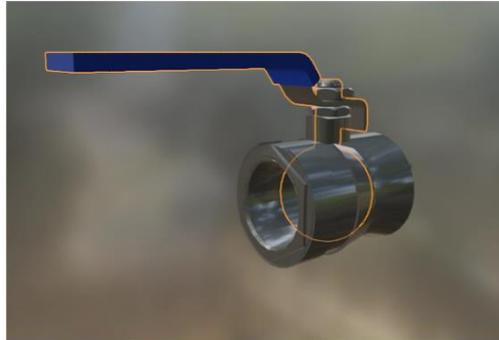
Fonte: Próprio Autor

A etapa de desenvolvimento dos instrumentos no Blender é a mais importante, pois define o nível de realidade a ser implementada, definindo as partes móveis e fixas de um instrumento, fator importante para a compreensão por parte do aluno do funcionamento dos instrumentos reais.

Durante o desenvolvimento do aplicativo a quantidade de polígonos presentes nos instrumentos modelados deve ser definida, estima-se 80 milhões de polígonos para uma cena real detalhada (Pinho; Kirner, 2004), porém o processamento do Meta Quest 2 não suporta, sendo necessário haver um contrapeso no realismo dos objetos para que se obtenha melhor performance.

A Figura 2 apresenta alguns dos instrumentos presentes na planta industrial, sendo destacado com contorno laranja as partes móveis desses instrumentos que permitirão iterações com o usuário na realidade virtual.

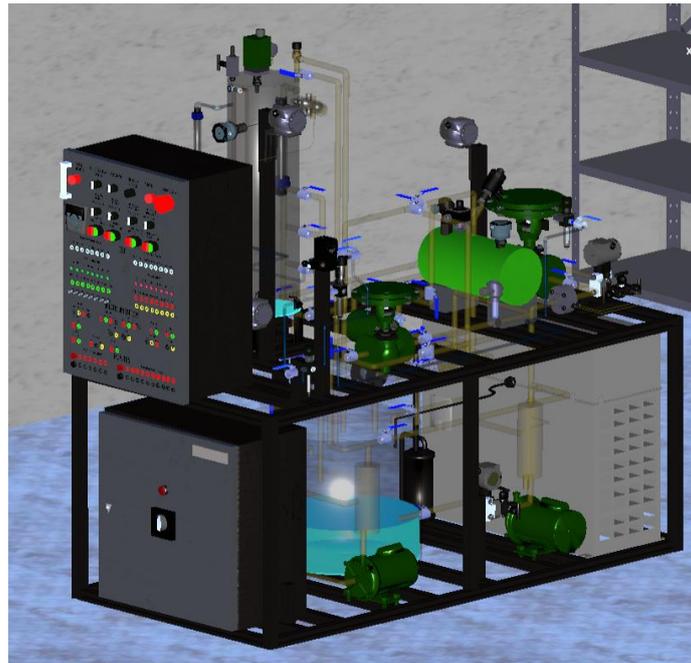
Figura 2 – Instrumentos modelados no Blender.



Fonte: Próprio Autor

A Figura 3 apresenta a planta industrial virtualizada que será utilizada para o treinamento dos alunos.

Figura 3 – Planta Industrial Modelada em 3D



Fonte: Próprio Autor

### 3 ETAPAS DE TREINAMENTO PARA CONTROLE NA PLANTA VIRTUAL

A planta industrial que foi virtualizada é uma planta didática que permite o controle de variáveis de processo como vazão, temperatura, pressão e nível. O controle dessas variáveis pode ser realizado por meio de bombas conectadas a inversores de frequência, condensadores, válvulas proporcionais, entre outros elementos finais de controle.

Dessa forma a primeira decisão desse projeto foi a definição de qual malha seria utilizada para o treinamento. Sendo definida a malha de nível controlada pela válvula de

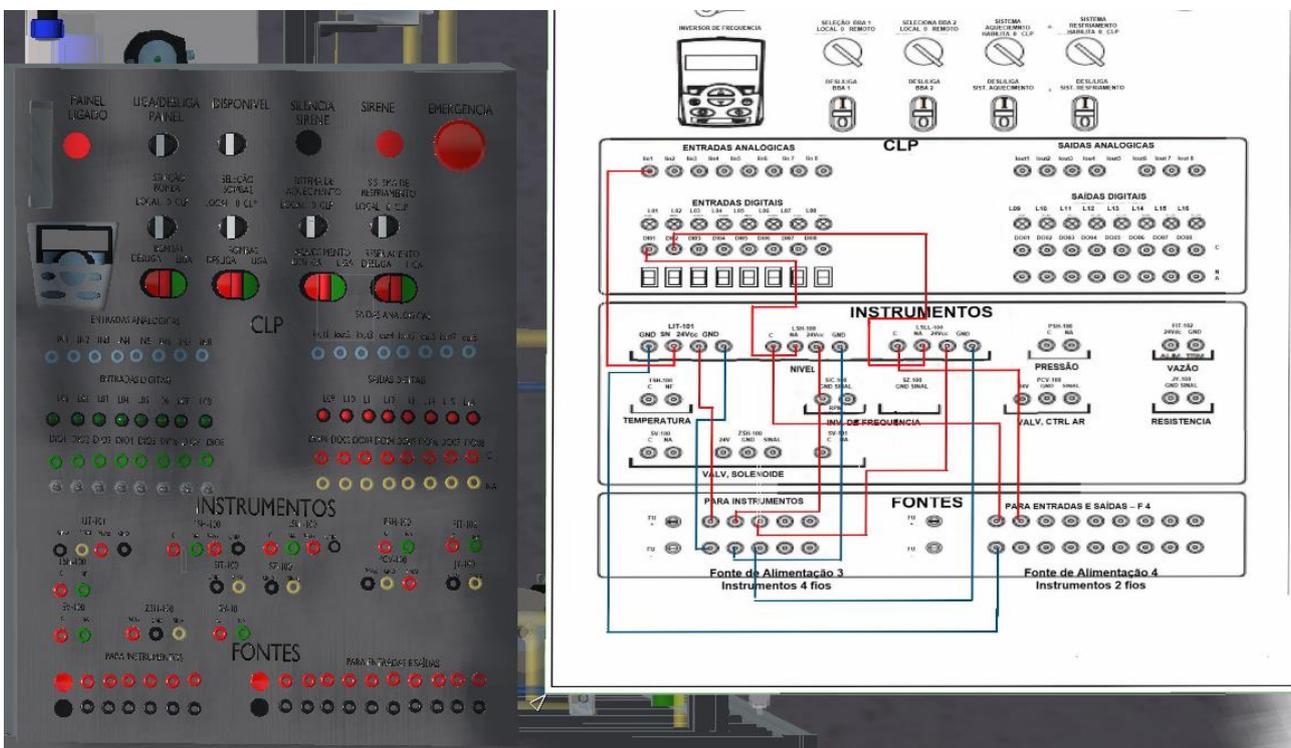
vazão pneumática, com vazão acionada por uma bomba de partida direta, por ser uma malha simples de ser compreendida e de resposta rápida.

### 3.1 Conexão do Cabeamento no Painel Elétrico

A primeira etapa do treinamento é a ligação dos cabos no painel elétrico, mostrado na Figura 4, para ativar os instrumentos responsáveis pela análise e controle da variável nível no tanque fechado do processo.

Para que o aluno realize a ligação correta deve seguir um diagrama elétrico em anexo ao painel, mostrado na Figura 4, e caso realize alguma ligação errada é emitido um alarme sonoro.

Figura 4 – Visão do Painel elétrico com os bornes de Conexão dos Cabos e o Diagrama a ser seguido.



Fonte: Próprio Autor

Os cabos estão pendurados próximos ao painel, para o aluno alcançar os cabos ele pode andar dentro do ambiente real, se tiver espaço suficiente, ou pode se locomover utilizando o controle analógico do *joystick*.

Após finalizado esse treinamento o aluno terá a permissão de iniciar o treinamento de controle de fluxo, para isso ele precisa dar a partida direta no motor. Assim como no painel real, para dar partida direta ele deve primeiro acionar o botão seletor Liga Painel, em seguida colocar a chave seletora para Controle Manual, e finalizar acionando o motor. O som característico de uma bomba em funcionamento é o sinal de que a próxima etapa do treinamento poderá ser realizada.

Esse treinamento permite que o aluno compreenda o funcionamento da alimentação elétrica dos instrumentos, assim como os tipos de sinais de entrada e saída que cada instrumento dessa malha de nível trabalha.

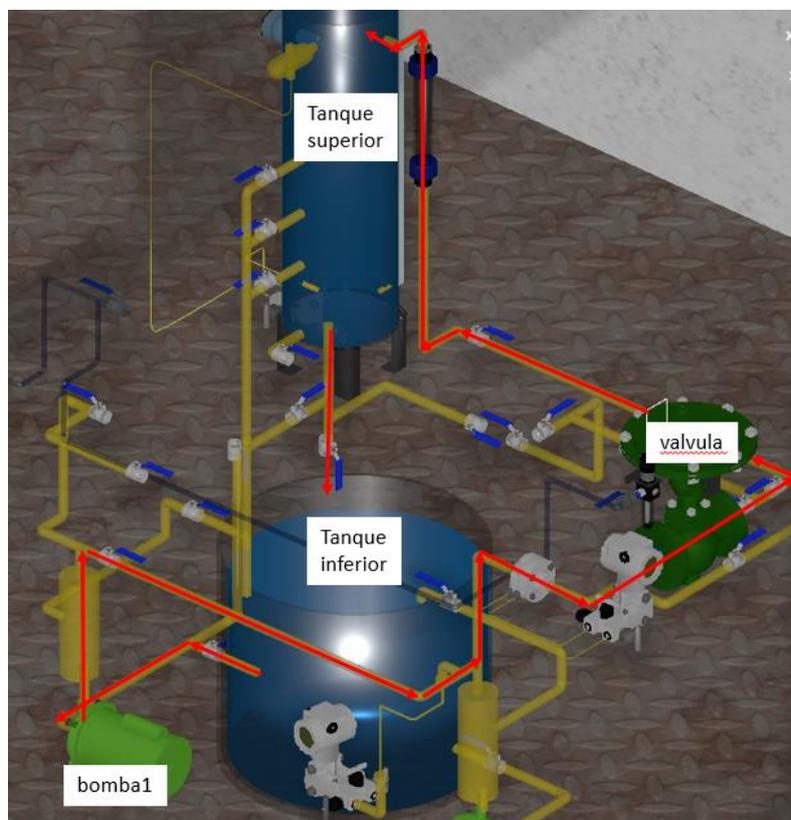
### 3.2 Controle de fluxo

A segunda parte do treinamento consiste no controle do fluxo de água por dentro da tubulação. Como informado a planta didática apresenta diferentes caminhos para diferentes variáveis de processo, dessa forma é necessário definir qual caminho a água deve circular de forma que passe por dentro dos instrumentos responsáveis pelo controle de nível.

O aluno deve fazer com que o fluxo de água saia do tanque inferior, passe por dentro da placa de orifício que está conectada a um transmissor indicador de vazão (FIT), o fluxo continua passando pela válvula pneumática proporcional e por fim passa por dentro do rotâmetro alcançando o tanque superior. Existe uma válvula na parte inferior do tanque que fica parcialmente aberta de forma fixa para a saída de fluido.

A Figura 5 apresenta o fluxo a ser seguido, sendo retirados os demais caminhos para facilitar a compreensão, durante o treinamento o aluno não tem essa opção e caso abra alguma válvula que não corresponde ao caminho a ser seguido é acionado um alarme.

Figura 5- Fluxo a ser seguido pelo fluido para finalizar o treinamento



Fonte: Próprio Autor

Em anexo a esse tanque estão o transmissor indicador de nível, LIT, (circulado de verde), e o indicador de nível, LI, (circulado de vermelho), como mostrado na Figura 6, sendo o primeiro o responsável a passar a informação para um gráfico durante a terceira etapa do treinamento.

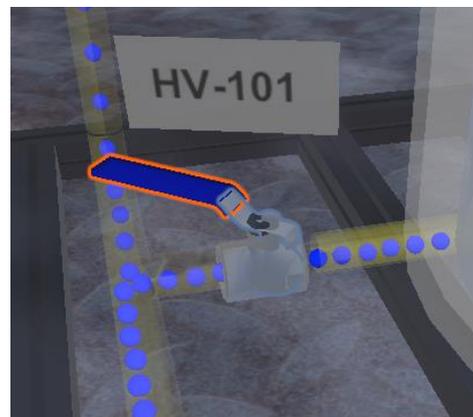
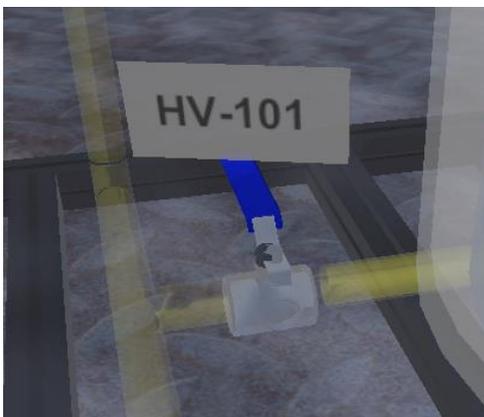
Figura 6- LIT e LI acoplados ao Tanque Superior



Fonte: Próprio Autor

Cada Válvula possui uma nomenclatura seguindo a Norma ISA 5.1 Quando o aluno coloca a mão sobre uma válvula manual é apresentada sua TAG e uma indicação de qual é a posição de aberta e fechada, sendo necessário dessa forma ele realizar o movimento de rotação para liberar ou não um fluxo. Abaixo a Figura 7 mostra uma válvula fechada e depois aberta no sistema.

Figura 7- Válvula Fechada a Esquerda e Aberta a direita



Fonte: Próprio Autor

O aluno possui um manual a ser seguido para finalizar esse treinamento de forma eficiente, informando quais as válvulas que devem ficar abertas e fechadas, como mostrado na Figura 8.

Figura 8- Tabela apresentando as Válvulas Abertas e Fechadas no Processo para Controle de Nível

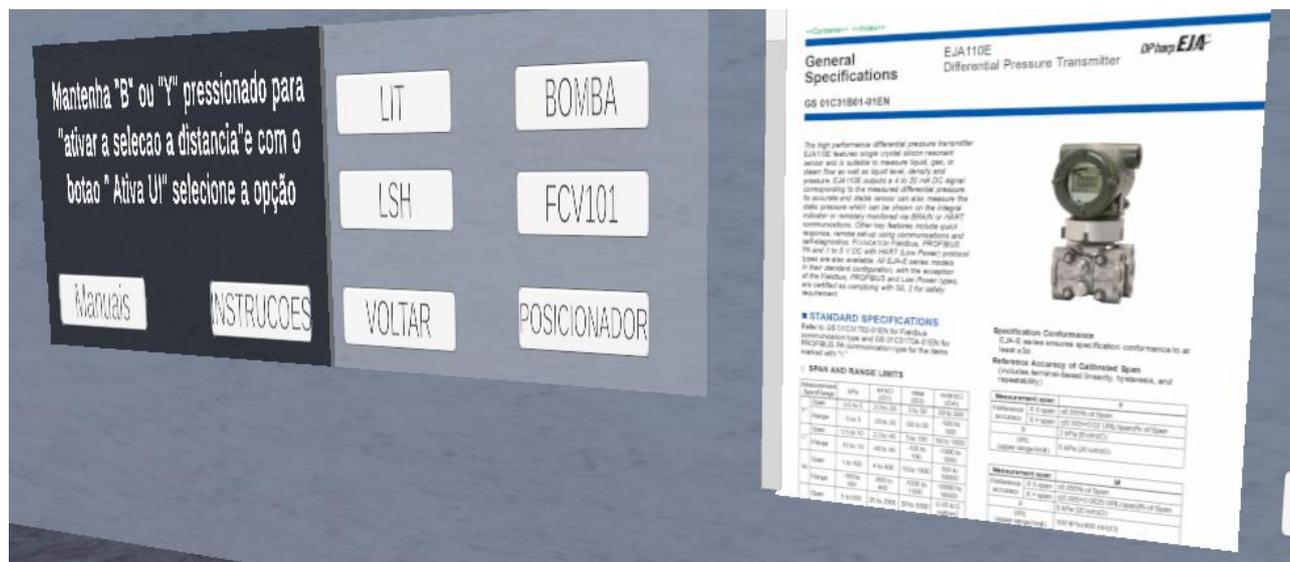
**PARA QUE O FLUXO DE AGUA SAIA DO TANQUE INFERIOR E CHEGUE ATÉ O TANQUE SUPERIOR ABRA AS VALVULAS ROTATIVAS COMO MOSTRADO ABAIXO E DEIXE FECHADA AS VÁLVULAS INDICADAS ABAIXO**

CONDIÇÃO DAS VÁLVULAS MANUAIS (ESFERA, GLOBO E SOLENÓIDE)	
FECHADAS	ABERTAS
HV-103	HV-101
HV-105	HV-123
HV- 102	HV-124
HV- 126	HV-125
HV- 117	HV-127
HV- 122	HV-162
HV-128	HV-137
HV-129	HV-141
HV-135	
HV-133	
HV-132	
HV-131	
HV-115	

Fonte: Próprio Autor

Esse treinamento é essencial para o aluno conhecer os instrumentos e suas Tags como Válvulas, Transmissores, Bombas, entre outros, além de compreender como funcionam os equipamentos dentro de uma malha de nível. Caso o aluno queira saber mais sobre os instrumentos no laboratório tem os manuais para serem acessados. Como mostrado na Figura 9.

Figura 9- Acesso aos Manuais dos Instrumentos Planta Industrial Didática Virtual



Fonte: Próprio Autor

### 3.3 Análise de Controlador PID em processo Industrial

A terceira etapa do treinamento é o controle do nível por meio da parametrização de um PID. Nessa etapa o aluno deve verificar a resposta no gráfico e verificar qual das combinações de valores de  $K_p$ ,  $K_i$  e  $T_d$  que fornecem a saída com menor *overshoot* e que forneça a estabilidade em regime permanente com menor erro. Caso o aluno escolha a opção errada é ativado um alarme e explicado o motivo pelo qual o seu resultado não foi o melhor.

O interessante nesse treinamento é que o valor é enviado direto do transmissor de nível acoplado ao tanque, dessa forma é possível o aluno ver a animação dentro do tanque fechado do nível acompanhando a parametrização que ele selecionou, enquanto que na planta real, por ser um tanque de aço inoxidável ele só pode acompanhar pelo indicador de nível.

A Figura 10 mostra a área de treinamento, sendo de vermelho representado o *set point* e de azul o nível atual do tanque.

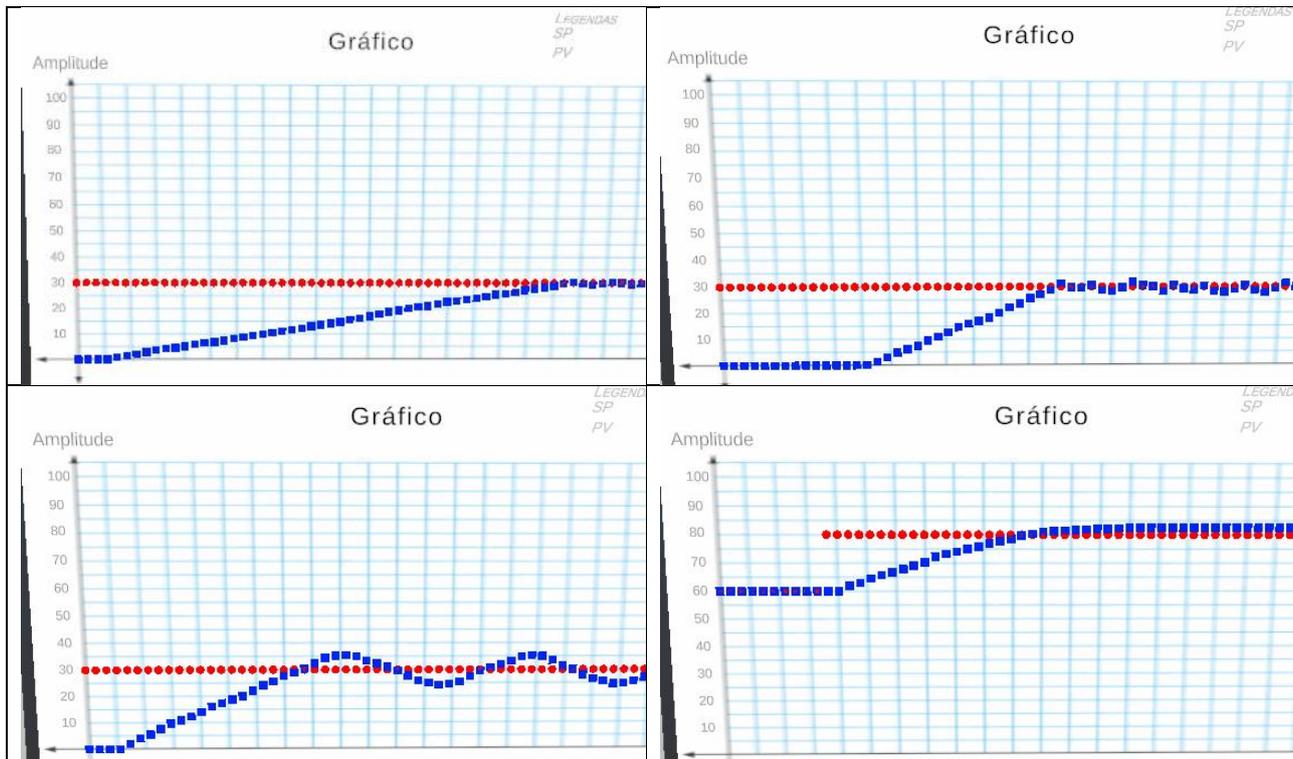
Figura 10- Acesso aos Manuais dos Instrumentos  
Planta Industrial Didática Virtual



Fonte: Próprio Autor

A Figura 11 apresenta alguns resultados ao aplicar um degrau no processo com variações entre  $K_p$ ,  $K_i$  e  $T_d$

Figura 11- Resultados no Gráfico da Malha Fechada Variando  $K_p$  e  $K_i$  do Controlador.



Fonte: Próprio Autor

## 4 RESULTADOS E CONCLUSÕES

A planta industrial virtual se apresentou um grande benefício para o curso de Engenharia de Controle e automação no Ifes Linhares, os alunos podem realizar o treinamento antes de ir para a planta real já com um pré conhecimento o que acelera o uso da planta nas aulas práticas permitindo focar em outras etapas de ensino.

Além disso como só temos uma planta industrial desse modelo, agora é possível replicar essa planta para quantos óculos Meta Quest 2 que tivermos, pois ela roda no próprio óculos, não sendo necessário computador nem nenhum outro recurso, podendo o aluno inclusive realizar essa atividade em casa e chegar no laboratório já com o conhecimento necessário para ver o funcionamento no real e comparar.

Segundo alguns alunos, a implantação desse projeto favoreceu o ensino no curso da Engenharia, pois antes ficavam 5 a 6 alunos utilizando a planta simultaneamente e agora fica de forma individual na planta virtual, além disso, a simulação de um ambiente total deixa o aluno imersivo sem distrações permitindo que se concentre mais no treinamento.

O aprendizado na área de instrumentação ficou mais fluido, pois o aluno já tem em mãos o acesso aos manuais de forma prática permitindo compreender os parâmetros mais importantes para o controle do seu processo

Existem mais aplicações a serem feitas nesse trabalho, como tornar a terceira etapa mais independente onde o aluno selecione de forma analógica o valor de  $K_p$ ,  $K_i$  e  $T_d$  permitindo realizar ações como instabilidade na planta, fator que não foi implantado e que não é recomendado fazer na planta real.

Além disso existem outras malhas de processo que podem ser aplicadas nessa planta industrial.

Abaixo temos a Figura 12 apresentando os alunos realizando o treinamento na planta industrial

Figura 12- Alunos da Engenharia Realizando o Treinamento com a Planta Virtual



Fonte: Próprio Autor

Essa planta industrial também foi apresentada em eventos e em empresas para mostrar o potencial da Realidade Virtual em treinamentos, como mostrado na Figura 13, indicando que mesmo pessoas sem o conhecimento prévio da planta após um tempo realizando as ações e seguindo as instruções começam a compreender o funcionamento e progredem no treinamento.

Figura 13- Treinamento apresentado em Evento e em Empresa



Fonte: Próprio Autor

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPES (Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo) pelo financiamento que possibilitou o desenvolvimento desse projeto.

## REFERÊNCIAS

BLANCO-NOVOA, Oscar et al. A practical evaluation of commercial industrial augmented reality systems in an industry 4.0 shipyard. **IEEE Access**, v. 6, p. 8201-8218, 2018.

BORBA, Eduardo Zilles; BASSAN, Dilani; OLIVEIRA, Fabiane Luiz. Treinamento imersivo em realidade virtual: a percepção de experiência dos colaboradores numa indústria calçadista. **Revista Gestão e Desenvolvimento**, v. 20, n. 2, p. 250-272, 2023.

CARDOSO, A. *et al.* Tendências e Técnicas em Realidade Virtual e Aumentada, **Sociedade Brasileira de Computação - SBC, ISSN 2177-6776**, Porto Alegre, RS, v.3, 2013.

DOS SANTOS NETO, Alber Francisco et al. A UTILIZAÇÃO DOS JOGOS ELETRÔNICOS E DISPOSITIVOS DE REALIDADE VIRTUAL NO ENSINO E NA PRÁTICA PROFISSIONAL DA ARQUITETURA, URBANISMO E DESIGN. **Humanas Sociais & Aplicadas**, v. 6, n. 16, 2016.

FERNANDES, Allysson Barbosa et al. REALIDADE VIRTUAL NO ENSINO SUPERIOR: TRANSFORMANDO A EXPERIÊNCIA ACADÊMICA. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 10, n. 3, p. 124-137, 2024.

FRAGA-LAMAS, Paula et al. A review on industrial augmented reality systems for the industry 4.0 shipyard. **IEEE Access**, v. 6, p. 13358-13375, 2018.

JUNIOR, Heraldo Gonçalves Lima; DANTAS, Renan Felipe Brito; DE ANDRADE, Matheus Vinicius Vidal. O uso de aplicações de realidade virtual e realidade aumentada como ferramentas pedagógicas na Educação Básica. **RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar-ISSN 2675-6218**, v. 2, n. 9, p. 1-9, 2021.

KIRNER, Claudio; PINHO, Marcio Sarroglia. Introdução à realidade virtual. In: **Workshop de Realidade Virtual**. 1997. p. 1-40.

MARTINS, Valéria Farinazzo; DE OLIVEIRA, Alisson José Gregório; GUIMARÃES, Marcelo Paiva. Implementação de um laboratório de realidade virtual de baixo custo: estudo de caso de montagem de um laboratório para o ensino de Matemática. **Revista Brasileira de Computação Aplicada**, v. 5, n. 1, p. 98-112, 2013.

MECHLIH, Hachemi. New employee education using 3D virtual manufacturing. In: **2016 13th Learning and Technology Conference (L&T)**. IEEE, 2016. p. 1-3.

PORTER, Michael E.; HEPPELMANN, James E. A manager's guide to augmented reality. **Harvard Business Review**, v. 95, n. 6, p. 45-57, 2017.

TEIXEIRA, João Marcelo et al. Teleoperation using google glass and ar, drone for structural inspection. In: **2014 xvi symposium on virtual and augmented reality**. IEEE, 2014. p. 28-36.

TORI, Romero; DA SILVA HOUNSELL, Marcelo. Introdução a realidade virtual e aumentada. **Sociedade Brasileira de Computação**, 2020.

VALERIO NETTO, Antonio; MACHADO, Liliane dos Santos; OLIVEIRA, Maria Cristina Ferreira de. Realidade virtual-definições, dispositivos e aplicações. 2002.

## IMMERSIVE TRAINING IN ENGINEERING COURSE WITH VIRTUAL INDUSTRIAL PLANT

**Abstract:** *This work presents the results of training in a virtual industrial plant applied to Control and Automation Engineering students, its development was based on a real plant from an educational institution. This virtual industrial plant is separated into 3 training sessions, the first focusing on the electrical part, the second on the instrumentation part and the third on the control part. The results were significant within the classroom, as students developed knowledge of the industrial process of the real plant more quickly, reducing the student's time in the real industrial plant and facilitating the understanding of course subjects. Another advantage of applying the plant in VR is the low cost of replication, meaning that the student/user wishing to train only needs one Meta Quest 2. In addition to the gain inside the classroom, the reaction of people who are not from the area was observed when taking the project to events and companies, the result was that people who had never seen the industrial plant were able to develop the training and were able to get an idea of how it was the complete plan. As it is an immersive program, that is, an entire environment was created, the user was not distracted by external factors, which helped with concentration and more effective development of the training.*

**Keywords:** *Virtual Reality, Training, Control and Automation Engineering, Meta Quest 2, MetaVerso*

