

USO DE FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA O APRENDIZADO DO FUNCIONAMENTO DE VÁLVULAS PNEUMÁTICAS

1 INTRODUÇÃO

No cenário industrial moderno há, cada vez mais, necessidade de automatizar processos, devido ao desenvolvimento tecnológico exponencial. Sistemas pneumáticos estão cada vez mais presentes em vários segmentos do mercado, sendo utilizados amplamente na indústria devido ao seu baixo custo, segurança e versatilidade em aplicações de processo (SCHLÜTER, 2018). Essa tecnologia é muito utilizada em máquinas-ferramentas, máquinas de envasamento e em sistemas de movimentação e transporte de peças, logo, o aprendizado acerca desses sistemas torna-se indispensável na formação de um profissional que precisa dominar processos integrantes da indústria 4.0.

De uma forma geral, a pneumática pode ser definida como sendo um conjunto das aplicações que utilizam a energia armazenada e transmitida pelo ar comprimido, podendo realizar acionamentos lineares ou rotativos (FIEGENBAUM et al., 2014). Os principais grupos de um circuito que utiliza ar comprimido são: grupo de geração, composto principalmente por compressores, reservatórios, filtros e lubrificantes; grupo de controle, formado pelas válvulas direcionais, reguladoras, de bloqueio e de pressão; grupo de atuação, feito por cilindros, motores, ventosas, entre outros.

Os simuladores pneumáticos são instrumentos que proporcionam um melhor aprendizado sobre essa área, uma vez que de acordo com Silva (2008), através deles os alunos podem vivenciar experiências entre a manipulação abstrata dos conceitos e da forma como é aplicada na prática. Além disso, as exigências geradas pelas mudanças na educação, principalmente no que trata da formação por competência, exige uma nova forma de desenvolvimento das aulas (SILVA, 2008), logo, o uso da tecnologia a favor da educação e com metodologias ativas é algo fundamental nessa Era da Informação.

Diante disso, percebe-se que a necessidade de implementação de materiais virtuais alternativos, como ferramentas para o aprendizado da pneumática, é crescente. A partir dessa perspectiva, essa pesquisa teve como finalidade apresentar a simulação computacional fluidodinâmica (CFD) como um importante instrumento didático e que facilita a compreensão acerca do funcionamento de válvulas pneumáticas no que tange às estruturas internas, nos cursos de Engenharia.

2 PROBLEMÁTICA

No ensino tradicional, o modo de lecionar maior parte das disciplinas de Engenharia leva em consideração que o aprendizado é o acúmulo de informações e o conhecimento é testado através do método analítico, em que o aluno se utiliza da modelagem matemática e da resolução, com cálculos, de problemas contidos no enunciado para obtenção de resultados numéricos. Essa forma de ensino dificulta o entendimento do aluno em relação ao processo como um todo, à sua configuração prática e à construção do conhecimento de fato, dado que, de acordo com Ribeiro (2008) é preciso ativar conceitos e estruturas cognitivas sobre os conteúdos, para que as informações recebidas sejam realmente aprendidas.

Essa questão também é vivenciada nas disciplinas que envolvem automação pneumática e o docente, por muitas vezes, se depara com barreiras ao tentar repassar os assuntos aos alunos, a monotonia, ausência de dinamismo e de entendimento conceitual são alguns fatores importantes para a falta de motivação. Ademais, segundo Santos *et al.* (2020), os acadêmicos dos cursos de Engenharia têm apresentado acentuadas dificuldades no tocante à “visualização espacial”.

Como consequência dessas lacunas não preenchidas ao decorrer do curso, temos a formação de profissionais não preparados para os problemas encontrados no mercado, pertinentes para a transformação e inovação do ambiente industrial e social. Especificamente na área da pneumática, encontra-se, por vezes, responsáveis que não entendem tão bem acerca dos componentes internos de equipamentos e o impacto das mudanças nessas estruturas, bem como a manutenção. Além disso, outro ponto forte encontrado, é a evasão alarmante encontrada:

Uma vez matriculados nos cursos de engenharia, fatores de natureza diversa têm levado a uma taxa média de evasão total bastante elevada, valor medido indiretamente através do número de alunos concluintes em um dado ano-curso em relação ao número de alunos que ingressaram neste curso quatro anos antes (CAVALCANTE e SOUZA, 2013, p. 6).

Como auxílio para a ministração de aulas e transmissão de conhecimento, há procura por metodologias como o PBL, comumente chamado como Aprendizagem Baseada em Projetos, além de um crescente desenvolvimento de aparatos digitais na educação, para o uso desde a básica até a superior, isso foi impulsionado pelo avanço tecnológico exponencial, mas também devido ao surgimento da modalidade à distância no ensino superior. Portanto, “é importante que as instituições e os cursos de engenharia iniciem logo a fase de reconhecimento e aplicação de novas metodologias de ensino mediados pelas tecnologias da informação e comunicação e baseados no conceito de Aprendizagem Ativa” (CARDOSO, 2019).

3 SIMULAÇÃO CFD COMO FERRAMENTA APLICADA À PNEUMÁTICA

A Simulação CFD (Computacional Fluid Dynamics) trata-se de uma ferramenta CAE (*Computer-Aided Engineering*) para análise de diversos problemas onde há escoamento de fluidos. Fenômenos de transporte, como os que são encontrados na pneumática, podem ser objetos de estudo dentro do ambiente virtual, uma vez que o escoamento do ar é estudado através de parâmetros como pressão, temperatura e vazão mássica nas disciplinas da área. Qualquer componente presente nesses sistemas pode ser utilizado para estudos, dependendo do aprofundamento solicitado, do grupo geração, controle ou atuação. O software é uma ferramenta muito útil já que promove a análise crítica em relação aos projetos e tem a capacidade de promover interação social entre grupos para discussão e desenvolver autonomia do aluno fazendo com que ele seja o protagonista do próprio aprendizado. É válido ressaltar que “a simulação deve ser abordada como um material pedagógico, a fim de aprimorar as habilidades básicas na análise teórica, na análise estatística e na capacidade de tomada de decisão.” (SANTOS *et al.*, 2012).

Um ponto considerável que afeta o ensino da pneumática é, segundo Lisboa e Vieira (2012), a falta de bancadas didáticas, já que algumas instituições não têm condições de aquisição, para realizar uma aula prática em laboratório de pneumática. De mesmo modo, relacionando esse tipo de recurso com a simulação, é fato que a última se sobressai, posto que a possibilidade de alteração, a agilidade e abertura para investigações são vantagens

encontradas, enquanto a experimentação laboratorial demanda mais tempo e custo financeiro, "hoje, a simulação computacional oferece a oportunidade de realizar projetos de engenharia e otimizá-los através de modelos numéricos eficientes e pouco custosos" (RODRIGUES *et. al*, 2016), mas é fato que o arranjo entre as duas formas tem maior potencial nesse quesito.

Apesar da existência de simuladores nos sistemas pneumáticos com grande potencial didático, percebe-se que o foco está mais relacionado à aprendizagem do circuito, das simbologias e dos mecanismos para o funcionamento geral. Enquanto isso, com a simulação fluidodinâmica é possível visualizar as estruturas internas, ter uma maior dimensão sobre a física envolvida com auxílio de recursos dinâmicos e compreender melhor o funcionamento na prática.

4 METODOLOGIA

O método do trabalho desenvolveu-se a partir da simulação computacional de uma válvula pneumática direcional 5/2 vias da FESTO® modelo MEH-3-0,9, feita por uma aluna do curso de Engenharia, de tal modo que foi verificada as condições de operação e se obteve resultados acerca das variáveis para o funcionamento do componente, que posteriormente foram analisadas.

A simulação CFD foi feita no ANSYS®, usando o programa CFX®, através da licença STUDENT, disponibilizada pela empresa para projetos com tamanhos e algumas características limitadas. O software é de fácil acesso e, apesar das limitações, é possível obter uma grande versatilidade para as simulações, que são compostas por três processos básicos: O pré-processamento, processamento e pós-processamento.

No pré-processamento foi realizada a modelagem CAD da válvula referida no software SOLIDWORKS, com suas estruturas internas, a simplificação da geometria foi feita na posição de avanço, ou seja, da linha de pressão para a de utilização, deixando apenas o domínio do fluido transportado, no término dessa etapa, foi realizada a geração da malha que serve para a resolução numérica do problema através do método dos elementos finitos

Figura 1 e 2: modelagem da válvula 5/2 vias da FESTO ®.

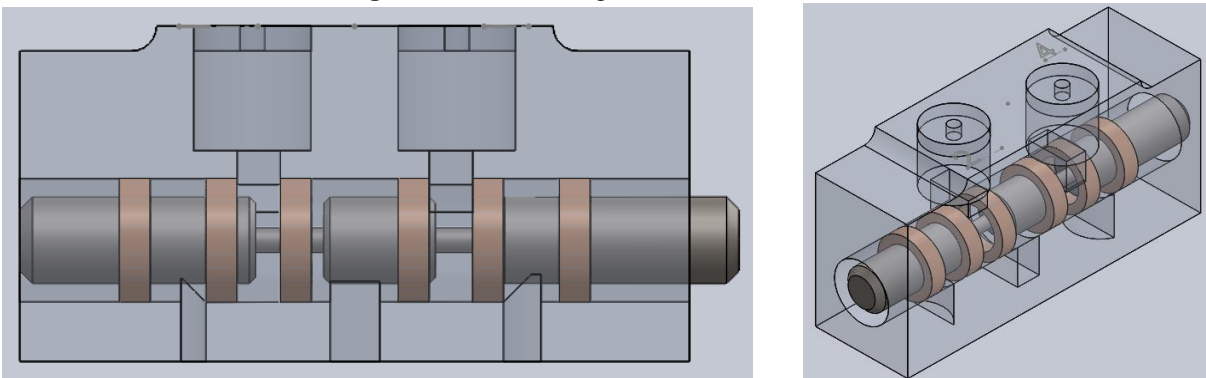
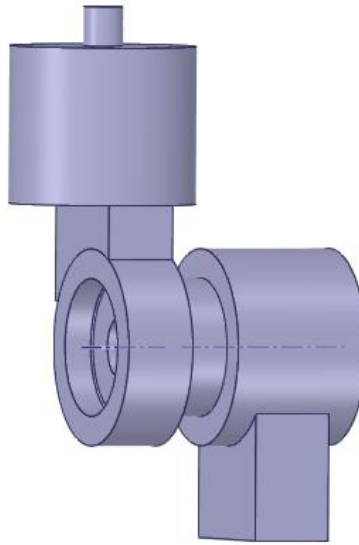
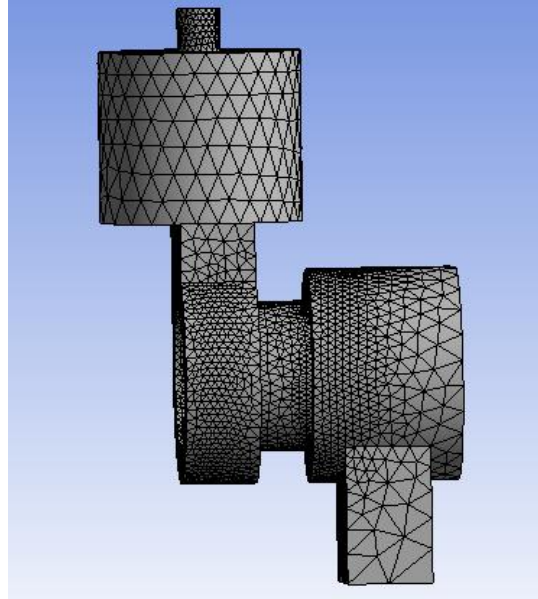


Figura 3: Domínio do fluido na posição de avanço.**Figura 4:** Geração da malha computacional.

Durante o processamento é feito o Setup, ou seja, é definida toda física envolvida no problema, nessa etapa é onde o aluno tem contato com os cálculos e modelos físicos, tanto no domínio quanto nas condições de contorno. São adicionados parâmetros na entrada no fluido e na saída, bem como em todo o percurso do fluido, alguns determinados foram: a pressão do ar definida como 7 bar na entrada e 6,3 bar na saída pelo orifício estreito; a transferência de calor foi desconsiderada por não ter relevância na situação apresentada e a temperatura fixada em 25°C nas Condições Normais de Temperatura e Pressão; o modelo de turbulência foi o k- ϵ , muito usado em fluxos turbulentos, que é complementado por equações diferenciais que já estão contidas no programa CFX® e o fluido definido foi o gás ideal e ficou de acordo com a equação de continuidade. Após isso, é ativado o *solver* e o programa efetua os cálculos com o número de interações pré-definida, o valor escolhido foi de 100. Já na última etapa, é possível obter os resultados para analisar a coerência, os valores numéricos e as questões envolvidas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A princípio, a simulação mostrou erros com a modelagem da geometria nas partes internas da válvula, uma vez que não foram colocadas as buchas de vedação, cujas função é limitar a passagem de ar para outras regiões do equipamento, com isso, percebeu-se uma distorção no resultado para valores de velocidade, os quais estavam muito superiores aos do som, chegando até 900 m/s. Dessa forma, foi evidenciada a necessidade das buchas com dimensões corretas e posições corretas nas válvulas, isso contribuiu bastante para o entendimento específico de cada elemento contido e, conseqüentemente, do desempenho prático.

Verificou-se, também, a necessidade de alteração nas pressões de entrada e de saída do equipamento, que havia sido definida como 6 e 5, respectivamente. A temperatura também foi alterada de 30°C para 25°C e colocada como fixa pela passagem de ar. Além disso, colocar o fator de compressibilidade do ar, mesmo sendo baixo, foi muito importante para o estudo. Os modelos físicos de transporte e turbulência implementados foram suficientes para um resultado coerente.

Os valores obtidos para a velocidade (Figura 5) foram compatíveis com situações práticas, visto que na saída do ar são mais altos, podendo associar ao barulho no escape para atmosfera, enquanto, durante o percurso de ar, muitas vezes pode haver até recirculação ou uma velocidade bem abaixo, como indicado na figura, cerca de 13,8 m/s. Na comparação com artigos que tratam de simulações com válvulas parecidas, como o de Withehead, Slaouti e Taylor (2007), que também teve experimentação laboratorial, e o de Jiang *et al.* (2008) que simulou uma válvula proporcional, ambos chegaram a valores semelhantes, já o dos autores Blaslak, Laskl e Takosoglu (2014) apresentaram resultados um pouco mais distantes, sendo reflexo de algumas diferenças no Setup e na estrutura geométrica. A pressão se manteve dentro do padrão estipulado, com uma variação menor que a esperada (Figura 6), na prática pode ocorrer uma variação um pouco maior. Em relação ao fluxo de massa, manteve-se homogêneo durante todo o percurso (Figura 7) e, ainda, pode ser modificado se houver mudança em outros parâmetros através de mais estudos.

Figura 5: valores para velocidades em streamlines.

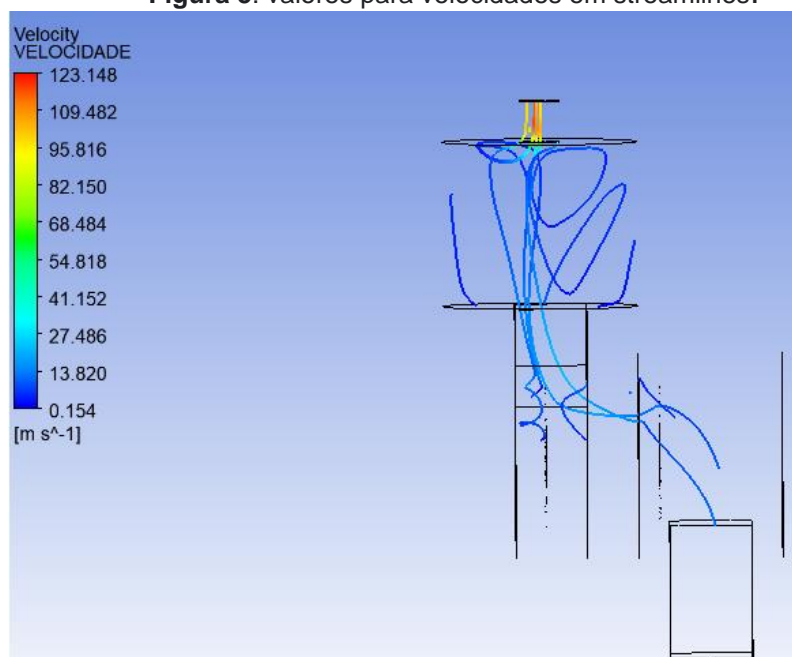


Figura 6: Valores para pressão no plano frontal.

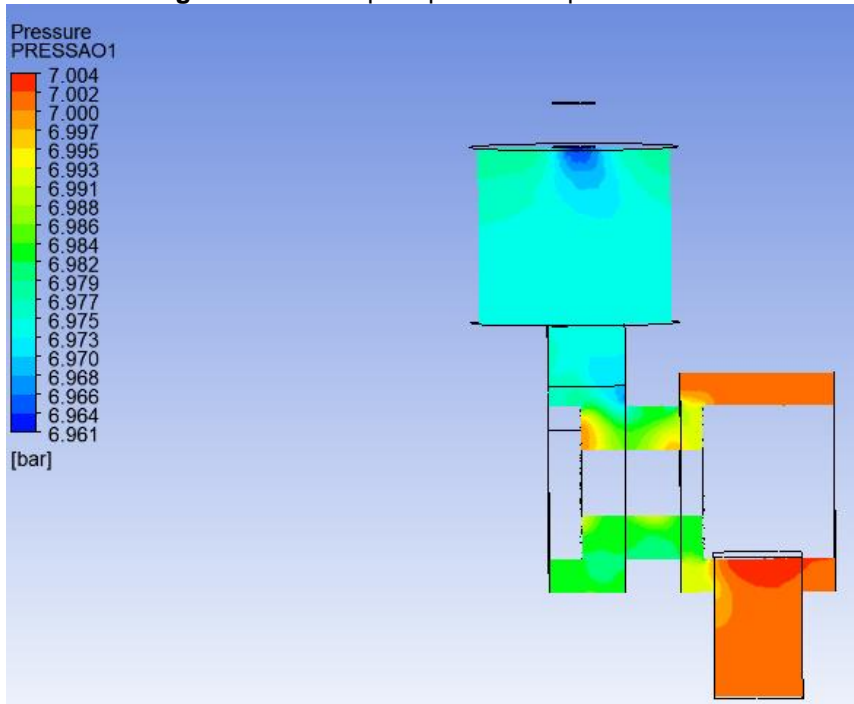
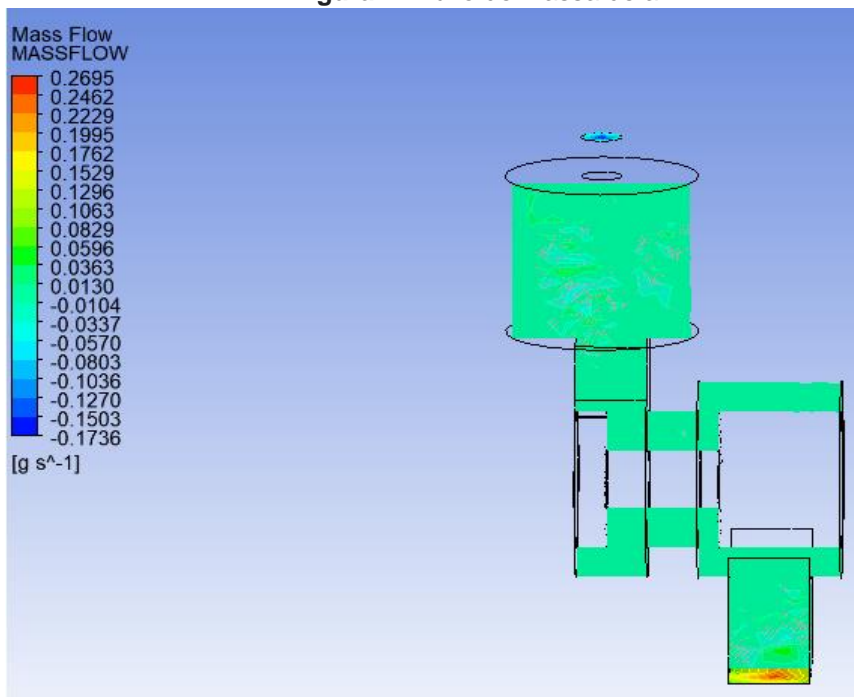


Figura 7: Fluxo de massa de ar.



6 CONCLUSÃO

O uso da tecnologia, no cenário pandêmico em que o mundo se encontra, como suporte foi o que deu a base para a construção do aprendizado acerca dos conteúdos, uma vez que sem aulas práticas, a visualização dos mecanismos com componentes reais não seria trabalhada. Apesar de ter sido usada nessa situação em especial, a simulação CFD mostrou-se uma alternativa promissora para o processo de aprendizado acerca da

pneumática industrial, pois possibilitou a construção do conhecimento e o desenvolvimento de autonomia e de criatividade por parte da aluna para resolver os problemas a respeito do que foi proposto. O ideal é que esse instrumento possa ser combinado com outros simuladores existentes para o ensino de circuitos pneumáticos, com a finalidade de que haja a compreensão do funcionamento geral de circuitos e da simbologia, e que a fluidodinâmica seja utilizada como forma de aprofundamento e de interação mais próxima com a prática industrial, substituindo atividades convencionais.

No processo de estudo, foi possível detectar falhas matemáticas nos parâmetros que foram remodelados mediante à análise crítica da estudante, sendo assim um meio de aprendizagem ativa que colabora para o entendimento do conteúdo. A leitura de artigos, para avaliar os resultados, proporcionaram um enriquecimento de repertório sobre a área no geral e o assunto específico de funcionamento de válvulas direcionais pneumáticas. Por fim, é preciso reforçar a importância dessa ferramenta CAE, já usada no mercado por profissionais na área de engenharia, como alternativa didática no ensino da pneumática.

REFERÊNCIAS

ANSYS®. <https://www.ansys.com/>. Acesso em: 24/04/2021

BŁASIAK, Sławomir; TAKOSOGLU, Jakub E.; ŁASKI, Paweł A. Flow rate analysis of 3/2 directional pneumatic valve by means of Ansys Cfx software. 2014. **Transactions of the VŠB – Technical University of Ostrava, Mechanical Series**, No. 2, 2014, vol. LX.

CARDOSO, Gisele da Silva et al. **Aprendizagem ativa e o ensino híbrido: uma alternativa para cursos de engenharia**. 2019. Tese (Mestrado) – Curso Tecnologias da Informação e Comunicação. Universidade do Extremo Sul Catarinense, Santa Catarina, 2019. Disponível em:

<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/214712/PTIC0063-D.pdf?sequence=-1&isAllowed=y#page=37&zoom=100,90,494>. Acesso em: 25/03/2021.

CAVALCANTE, Fernando P. L.; SOUZA, Marcelo E. de. **Ensino-Aprendizagem nas Engenharias: uma proposta para formar mais e melhores engenheiros no país**. In: XXXIII Encontro Nacional De Engenharia De Produção, 2013, Salvador. Anais. Salvador. Disponível em:

http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_tn_sto_186_057_22070.pdf. Acesso em: 29/03/2021.

FESTO® BRASIL. https://www.festo.com/cms/pt-br_br/index.htm. Acesso em: 25/04/2021.

FIEGENBAUM, Andrei *et al.* **Aplicação de um controle proporcional em um cilindro pneumático**. In: Encontro Regional de Estudantes de Matemática da Região Sul, 2014, Bagé. **Anais**. Bagé. Disponível em:

https://eventos.unipampa.edu.br/eremat/files/2014/12/CC_FIORI_07055720990.pdf. Acesso em: 05/04/2021.

LISBOA, Fernando; VIEIRA, Geovane. Simuladores de circuito pneumático como ferramenta de ensino. **Revista E-Tech: Tecnologias para Competitividade Industrial- ISSN-1983-1838**, p. 105-114, 2012.

RIBEIRO, Luis Roberto de Camargo. Aprendizagem baseada em problemas (PBL) na educação em engenharia. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 27, n. 2, p. 23-32, 2008.

RODRIGUES, R. S. et al. Impacto do uso da dinâmica de fluidos computacional no processo ensino-aprendizagem aplicado à fenômenos de transporte. **Blucher Physics Proceedings**, v. 3, n. 1, p. 99-104, 2016.

SANTOS, Amélia Moreira *et al.* **O Ensino da Automação Industrial Por Meio de Laboratórios Virtuais**. In: VII CONNEPI-Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, 2012, Palmas. **Anais**. Disponível em: <https://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/2913/2534>. Acesso em: 11/04/2021.

SCHLÜTER, M. S. **Controle Não Linear Adaptativo com Compensação de Atrito de um Manipulador SCARA com Acionamento Pneumático**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2018.

SILVA, Gustavo Rodrigues da. **Adequação dos recursos e materiais didáticos utilizados no conteúdo de pneumática nos cursos da EEP Senai Nilo Peçanha para a metodologia didática de competências**. 2008. Curso de graduação programa especial de formação pedagógica para formadores da educação profissional. SENAI - RS, Caxias do Sul, 2008.

WHITEHEAD, Nicholas Paul; AREZKI, Slaouti; HOWARD, Taylor. Optimisation of Flow Through a Pneumatic Control Valve using CFD Analysis and Experimental Validation. 2007. **International Journal of Fluid Power**, 8:3, 31-41, DOI: 10.1080/14399776.2007.10781284

USE OF COMPUTATIONAL TOOL FOR LEARN HOW PNEUMATIC VALVES WORK

Abstract: *Pneumatics makes use of compressed air to carry out processes, and its growth in the industrial environment is evident and fundamental as jobs are automated in the digital age. Since then, the need to train good professionals and academics, prepared to deal with the needs of the labor market becomes clear. It is known that the teaching-learning process is undergoing major transformations and one of the challenges in engineering is to make students aware of the problems presented in the form of calculations and feel motivated to solve real difficulties. Therefore, this research aimed to show the Computational Fluid Dynamics Simulation as an alternative for learning industrial pneumatic mechanisms. This CAE tool assists with fluid transport phenomena and, despite being used for engineering projects, it can act as a technologically up-to-date teaching tool to improve learning. The method used was the simulation of a pneumatic valve that followed the steps of modeling the internal structure, mesh generation, definition of physical parameters involved, and analysis of the results. The numerical values were consistent with practical visualization and with articles such as those by Blaslak, Laskl, and Takosoglu (2014) and Withehead, Slaouti, and Taylor (2007), in addition, the simulation provided learning, practical understanding, error correction and, mainly, autonomy.*

Keywords: *Pneumatic, Technology, Simulation, Teaching*



COBENGE
2021

XLIX Congresso Brasileiro
de Educação em Engenharia
e IV Simpósio Internacional
de Educação em Engenharia
da ABENGE

28 a 30 de SETEMBRO

Evento Online

"Formação em Engenharia:
Tecnologia, Inovação e Sustentabilidade"

Keywords: *Pneumatic, Technology, Simulation, Teaching*

Promoção:



Realização:

