



Ano 6, Vol 6, Núm. 2, jul-dez, 2025, pág. 274-290.

Impacto Didático das Simulações Computacionais na Mudança das Concepções Alternativas dos Alunos sobre o Escoamento de um Fluido Ideal

Impacto Didático de las Simulaciones Computacionales en el Cambio de Concepciones Alternativas de los Estudiantes sobre el Flujo de un Fluido Ideal

Didactic Impact of Computer Simulations on Changing Students' Alternative Conceptions about the Flow of an Ideal Fluid

Isaiás dos Santos Manuel Pedro¹
Júnior João Américo²

RESUMO

Este artigo investiga o impacto didático das simulações computacionais na transformação das concepções alternativas dos alunos do 3º Ano do curso de Ensino de Física do ISCED – Uíge, no que se refere ao escoamento de um fluido ideal em um canal com secções variáveis. O propósito foi avaliar uma estratégia didática que integra uma abordagem teórica às simulações computacionais, visando o ensino-aprendizagem do escoamento de fluidos em canais com secções variáveis. A pesquisa surgiu da vivência do autor enquanto aluno e professor de Física no ensino secundário e superior em Angola, identificando que as concepções dos alunos frequentemente giram em torno da variação da pressão e da velocidade, como evidenciado pela aplicação de um teste diagnóstico. Após identificar essas concepções, os alunos participaram de três (3) sessões letivas: a primeira focou na confrontação das concepções em relação aos modelos físicos abordados nas equações de continuidade, Bernoulli e na aplicação do tubo de Venturi; a segunda envolveu o uso do simulador *PhET*; e a terceira concentrou-se no trabalho individual dos alunos sobre a manipulação das variáveis apresentadas em um problema específico. Ao final das sessões, foi aplicado um teste prognóstico e os resultados mostraram uma melhoria significativa, indicando que a manipulação das variáveis por meio do software PhET Simulations contribuiu para a mudança das concepções alternativas dos alunos sobre o escoamento de fluidos, promovendo uma aprendizagem significativa dos fenômenos e processos relacionados. Para conduzir esta pesquisa, foram utilizados métodos teóricos, empíricos e matemáticos.

Palavras-chave: software PhET Simulations; concepções alternativas; fluidos ideais

RESUMEN

¹ Licenciado em Ensino de Física pela Universidade Agostinho Neto. Mestre em Energias Renováveis pela Universidade Europeia del Atlántico (Espanha). Doutorando em Ciências Físicas Aplicada na Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (Portugal). Professor Assistente, efetivo a tempo integral no Instituto Superior de Ciências da Educação do Uíge (ISCED – Uíge). Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6116-8013> E-mail: isaiaspanzo@hotmail.com

² Licenciado em Ensino de Química pelo Instituto Superior de Ciências da Educação do Uíge, Angola. Docente do Departamento de Ciências Exactas, Secção de Química do Instituto Superior de Ciências da Educação do Sumbe. Província do Cuanza Sul. Angola. Ministra as Unidades Curriculares de Química Geral e Química Física I, II e III. Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-0126-6335> . E-mail: juniorjoaoamerico@gmail.com



Este artículo investiga el impacto didáctico de las simulaciones computacionales en la transformación de las concepciones alternativas de los estudiantes de 3er año del curso de Enseñanza de Física del ISCED – Uíge, en lo que se refiere al flujo de un fluido ideal en un canal con secciones variables. El propósito fue evaluar una estrategia didáctica que integra un enfoque teórico con simulaciones computacionales, con el objetivo de la enseñanza-aprendizaje del flujo de fluidos en canales con secciones variables. La investigación surgió de la experiencia del autor como estudiante y profesor de Física en la educación secundaria y superior en Angola, identificando que las concepciones de los estudiantes a menudo giran en torno a la variación de la presión y la velocidad, como se evidencia por la aplicación de una prueba diagnóstica. Después de identificar estas concepciones, los estudiantes participaron en tres (3) sesiones educativas: la primera se centró en confrontar las concepciones respecto a los modelos físicos abordados en las ecuaciones de continuidad, Bernoulli y la aplicación del tubo de Venturi; la segunda involucró el uso del simulador PhET; y la tercera se centró en el trabajo individual de los estudiantes sobre la manipulación de las variables presentadas en un problema específico. Al final de las sesiones, se aplicó una prueba pronóstica y los resultados mostraron una mejora significativa, indicando que la manipulación de variables a través del software PhET Simulations contribuye al cambio de las concepciones alternativas de los estudiantes sobre el flujo de fluidos, promoviendo un aprendizaje significativo de los fenómenos y procesos relacionados. Para llevar a cabo esta investigación, se utilizaron métodos teóricos, empíricos y matemáticos.

Palabras clave: software de Simulaciones PhET; concepciones alternativas; fluidos ideales.

ABSTRACT

This article investigates the didactic impact of computer simulations on transforming the alternative conceptions of third-year students in the Physics Teaching course at ISCED – Uíge, regarding the flow of an ideal fluid in a channel with variable sections. The purpose was to evaluate a didactic strategy that integrates a theoretical approach with computer simulations, aiming at the teaching-learning process of fluid flow in channels with variable sections. The research emerged from the author's experience as a student and professor of Physics in secondary and higher education in Angola, identifying that students' conceptions often revolve around the variation of pressure and velocity, as evidenced by the application of a diagnostic test. After identifying these conceptions, students participated in three (3) teaching sessions: the first focused on confronting the conceptions with the physical models addressed in the continuity equations, Bernoulli's equation, and the application of the Venturi tube; the second involved using the PhET simulator; and the third concentrated on individual work by students on manipulating variables presented in a specific problem. At the end of the sessions, a prognostic test was applied, and the results showed a significant improvement, indicating that manipulating variables through PhET Simulations software contributes to changing students' alternative conceptions about fluid flow, promoting meaningful learning of related phenomena and processes. The research used theoretical, empirical, and mathematical methods to conduct this study.

Keywords: PhET Simulations software; alternative conceptions; ideal fluids

INTRODUÇÃO

Os fenómenos físicos cuja ocorrência manifesta-se de forma perceptível ao olho humano produzem sempre certas impressões, as quais interferem sempre na compreensão humana de tais fenómenos através da geração de sentidos coincidentes ou contraditórios na estrutura cognitiva humana (Frasão & Gomes, 2019; Souza et al., 2021). Deste modo, se as informações produzidas através dos sentidos forem coincidentes em relação aos sentidos partilhados pela comunidade científica consideram-se conhecimentos, sendo neste caso os nossos órgãos de sentido as bases físicas do conhecimento. No caso de as informações produzidas pelos sentidos humanos forem contraditórias às informações partilhadas pela comunidade científica as



mesmas recebem a designação de concepções alternativas (Baptista & Peduzzi, 2019; Boff et al., 2019) e neste caso, as interações entre nossos sentidos e os fenómenos físicos em causa constituem as fontes das concepções alternativas.

O estudo sobre as concepções alternativas para o ensino de Física é um assunto conhecido na comunidade científica, uma vez que tem como objectivo melhorar a aprendizagem através de um bom plano de actividades baseado na bagagem de observações e associações que o aluno já traz consigo (Melo et al., s.d).

Neste sentido, entende-se que o diagnóstico das concepções alternativas dos alunos por professores e/ou pesquisadores constitui um aspecto essencial no ensino de Física, dando ao aluno a oportunidade de aprendizagem a partir daquilo que ele já sabe (Melo et. al., s.d; Ferreira, 2019); conforme atestam os teóricos da aprendizagem significativa.

Em Física, o escoamento de um fluido ao longo de um canal de secções variáveis constitui um dos aspectos produtores de algumas concepções alternativas persistentes até em alunos do ensino superior, conforme revelaram os dados desta pesquisa, a qual foi realizada com o envolvimento de uma turma do 3º ano de licenciatura em ensino de Física no Instituto Superior de Ciências de Educação do Uíge (Angola) referente ao ano académico 2023-2024, tendo como aspectos essenciais a variação da pressão e da velocidade de escoamento de um fluido ao longo de um canal de escoamento cujas secções podem variar (Nobre, 2013; Botari et al., 2022), as quais assemelham-se às detectadas por João (2016) em alunos do ensino médio da cidade do Uíge (Angola).

O estudo das concepções alternativas no ensino da Física é relativamente velho, tendo mais de meio século de investigação, podendo considerar os estudos sobre construtivismo humano e a partilha de significados científicos como o início desse vasto e contínuo campo (Mintzes, Wandersee & Novak, 2000; Macedo, 2023). “Apesar do estudo das concepções alternativas ser do domínio dos pesquisadores da área de ensino de ciências, os seus resultados são, ainda, pouco divulgados, facto que contribui para as dificuldades conceituais dos alunos” (Vilanculo et al., 2020, p. 516) em diversos campos das ciências, sendo mais incisivas nos fenómenos físicos cujas manifestações podem ser observadas de forma natural, tal como o caso que vimos referindo.

Assim sendo, tendo em conta as oportunidades que possam ser geradas pela exploração das concepções alternativas dos alunos na aprendizagem significativa destes (Botari et al., 2022;



Filho & Ferreira, 2022), atendendo a falta de estudos virados ao escoamento de fluidos em canais rectilíneos com secções variáveis, havendo indícios de concepções alternativas nesse âmbito, surge a seguinte pergunta de investigação:

Como contribuir para aprendizagem significativa dos alunos a partir das concepções alternativas dominantes neles?

Nessa conformidade, atendendo as potencialidades apresentadas pelo *PhET Simulations* na melhoria da compreensão de fenómenos físicos pelos alunos através da exploração de modelos, assim como manipulação de variáveis (Weizenman, 2019; Botari et al., 2022), atendendo o domínio prévio dos alunos das principais leis da mecânica dos fluidos, acredita-se que a aplicação deste software com uma estratégia compatível para o efeito a ser testada, contribui para a aprendizagem significativa dos alunos nessa vertente; daí que o presente artigo tem como objectivo testar uma estratégia didáctica que combina abordagem teórica e simulações computacionais para o ensino-aprendizagem do escoamento de um fluido ao longo de um canal com secções variáveis.

METODOLOGIA DA PESQUISA

Percurso metodológico

A pesquisa tem antecedentes na experiência pessoal do autor enquanto aluno e docente de Física no ensino secundário e superior, tendo como referência as concepções alternativas demonstradas e constatadas ao longo dessa vivência relativamente ao escoamento de um fluido em regime estacionário; situações que contribuíam para o fracasso nas avaliações quantitativas, visto que durante as aulas focava-se mais na interpretação do raciocínio matemático sem se ter em conta as ideias prévias dos alunos resultantes de suas constatações em diferentes situações da vida, como por exemplo, durante a compressão da secção de uma mangueira em actividades de irrigação de uma horta, jardim caseiro e/ou escolar; situação idêntica à vivenciada por Ausubel ao longo de seu percurso formativo marcado por inexistência de condições que contribuíssem para seu desenvolvimento profissional e para a aprendizagem de novos conhecimentos a partir das lições escolares. “Essas experiências, pessoal e profissional, contribuíram para definir as linhas centrais da sua teoria: fazer da escola o local para uso da



capacidade de compreender e atribuir significados; focalizar a relevância do processo relacional na aquisição de conhecimentos” (Masini, 2011 apud Candia & Marques, 2021, p. 4).

Nesta conformidade, seguiu-se o levantamento da bibliografia a partir da biblioteca do ISCED do Uíge e Google Académico, procurando com maior ênfase estudos que abordam sobre o uso de simulações computacionais no ensino da física segundo uma perspectiva de mudança conceptual na vertente de escoamento de um fluido ideal ao longo de um canal de secções variáveis (João, 2016; Wuttiptom, 2018; Jia, Ding e Zhang, 2021), focalizando-se nas equações de continuidade e de Bernoulli, relação entre ambas e aplicação da segunda ao tubo de Venturi (João, 2016).

Deste modo, as buscas revelaram um baixo número de publicações alinhadas à vertente salientada, destacando assim os estudos apresentados pelos autores mencionados acima, isto é, João (2016), o qual foca-se no uso do *PhET* Simulations para a aprendizagem conceptual da dinâmica de fluidos ideais através da resolução de problemas por meio do simulador, Wuttiptom (2018) cujo trabalho generaliza os problemas de concepções alternativas tanto para a estática como para a dinâmica, minimizando a dinâmica como sendo mais estudada na literatura científica, focando-se mormente na análise comparativa em termos de evolução conceptual dos alunos em tópicos de mecânica de fluidos através dos métodos de instrução por pares de Mazur e Hilbon (1997) em ambiente online e discussão por pares em contexto off-line; enquanto o trabalho de Jia, Ding e Zhang (2021) centrou-se na investigação das concepções de professores em início de carreira em matéria de hidrodinâmica, enfatizando a aplicação da equação de Bernoulli para análise do escoamento de um fluido ideal num canal de secções variáveis, culminando com a distinção de três (3) diferentes categorias de erros sobre hidrodinâmicos cometidos por professores em início de carreira, estando os erros associados a:

- (a) Confusões ontológicas e uso indevido de propriedades associadas a sólidos, líquidos e gases;
- (b) Percepções deficientes de força-movimento e análise trabalho-energia;
- (c) Descaracterizações sobre a natureza da equação de Bernoulli e grandezas a ela associadas.

Assim sendo, com vista à obtenção de indicadores sobre as concepções dos alunos em termos do escoamento de um fluido ideal em canais com secções variáveis, revisou-se



enunciados de Mecânica de Fluidos leccionada no ISCED do Uíge referentes aos anos 2014, 2015, 2016 e 2017; o que permitiu elaborar o enunciado aplicado como teste diagnóstico e prognóstico a um conjunto de 36 alunos do 3º ano de licenciatura em Ensino de Física da referida instituição, cf a figura 1.

Figura 1. Alunos inquiridos durante o teste diagnóstico



Fonte: própria

Confirmadas as concepções alternativas dos alunos por meio da aplicação do teste diagnóstico, seguiu-se a realização de três (3) sessões lectivas (aulas) com a duração de 45 minutos cada, com excepção da última aula, a qual prolongou-se vinte e cinco (25) minutos além do tempo previsto, devido às interações professor-aluno e aluno-aluno surgidas ao longo da apresentação dos resultados das tarefas realizadas pelos alunos na vertente de resolução do problema por via da manipulação de variáveis com o simulador e por meio de caneta e papel. A seguir apresenta-se uma breve descrição das actividades lectivas desenvolvidas:

Primeira aula: esta fundamentou-se na discussão das principais concepções apresentadas pelos alunos, tendo como foco a confrontação das suas ideias através da análise do comportamento do fluido por via das equações de continuidade, Bernoulli, relação entre ambas e aplicação ao tubo de Venturi. Assim sendo, ao longo da referida aula, os alunos foram capazes de representar e analisar as referidas equações, comparar suas concepções às deduções das equações correspondentes e fazer um paralelismo ao contexto prático analisado.

Segunda aula: esta consistiu na instrução dos alunos sobre manuseio do *PhET* Simulations em contexto de práticas de simulações de Física, pois, nunca antes haviam utilizado



tal software. Atendendo a indisponibilidade dos computadores da escola para a referida actividade, formou-se seis (6) grupos de igual número de integrantes em função ao número de computadores disponíveis, os quais foram instalados o simulador dia antes da referida actividade. O trabalho cingiu-se em torno dos tópicos abaixo:

- ✚ Breve apresentação do simulador;
- ✚ Apresentação dos passos algorítmicos sobre o acesso e manuseio do simulador;
- ✚ Ensaio de manipulação de variáveis a partir da simulação sobre fluidos.

Terceira aula: baseados na monografia de João (2016) defendida no ISCED do Uíge, os grupos de alunos foram orientados à preencher o quadro abaixo por intermédio da manipulação de variáveis com o *PhET Simulations*, provando posteriormente seus resultados por via do trabalho com caneta e folha, tendo como problema em análise o seguinte:

Um tubo horizontal tem diâmetro de 3 m na parte mais larga e de 1 m na constrição. Flui água no tubo, cuja descarga é de 1500 l/s. Lembrando que $1\text{ l} = 10^{-3}\text{ m}^3$, calcule:

- a) A velocidade de fluxo nas porções larga e estreita;
- b) A diferença de pressão entre estas porções;
- c) Compare os resultados considerando inicialmente o fluido como sendo água e depois gasolina.

Tabela 1. Dados obtidos pelos alunos da resolução do problema a manipulação de variáveis com o *PhET Simulations*

Ponto	Diâmetro (m)	Área (m ²)	Velocidade (m/s)	Pressão (kPa)	Vazão (m ³ /s)	ρ_A (kg/m ³)	ρ_B (kg/m ³)
1	3	7,065	0,2	130,576	1,5	1. 10 ³	700
2	1	0,785	1,9	128,800			

Fonte: própria

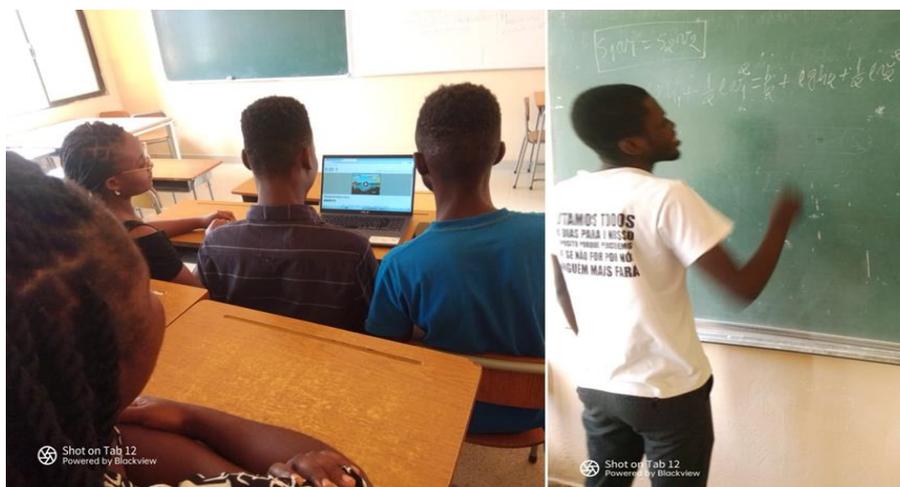
Com vista a uma melhor coordenação do trabalho nesta sessão, todos os grupos foram orientados a preencher primeiro a tabela por via da manipulação das variáveis com o simulador, pelo que a organização do trabalho dependeu de cada grupo. A medida que terminava o preenchimento dos dados por intermédio do simulador, os grupos enumerados com as letras do alfabeto de A a F entregava a tarefa executada com a designação do grupo, seguindo o



preenchimento da referida tabela por meio de caneta e papel, o que levou os alunos a mobilizarem seus conhecimentos físicos em termos do formalismo matemático correspondente, culminando igualmente com apresentação da tarefa executada com a designação do grupo.

Depois da execução final das actividades de cada grupo, os relatórios foram devolvidos aos mesmos seguindo uma apresentação oral dos resultados obtidos por estes em cada uma das actividades, salientando igualmente os fundamentos físicos mobilizados para a resolução do problema por via de caneta e papel, frisando igualmente as variáveis manipuladas e a relação de dependência existente as mesmas, isto é, inversa e/ou directa, cf a figura 2.

Figura 2. Alunos analisando a variação da pressão e velocidade de um fluido por meio do formalismo matemático e simulação computacional.



Fonte: própria

População e amostra

As actividades empíricas ocorreram na turma única do terceiro ano do curso de licenciatura em Ensino de Física, lecionada pelo ISCED do Uíge, que contou com uma população de 45 alunos inscritos. Apesar desse número, foi obtida de forma natural uma amostra de 36 alunos, pois essa quantidade representa a totalidade dos alunos regulares que frequentam as aulas de Química-Física, cujos tempos foram dedicados à realização da pesquisa.



Modalidade da pesquisa

Assim como afirma Américo e Niemba (2025) relativamente à modalidade da pesquisa, dizer que quanto ao objectivo, a pesquisa é descritiva, pois descreve o Impacto didáctico das simulações computacionais na melhoria da qualidade do processo de ensino e aprendizagem na área de Física com realce no escoamento de um fluido ideal. Em relação à abordagem, trata-se de uma pesquisa quantitativa, pois os resultados obtidos da coleta de dados foram quantificados; isto é, foram traduzidos em números para classificá-los e analisá-los por meio do uso de técnicas estatísticas descritivas. Em relação aos procedimentos, utilizou-se a pesquisa bibliográfica para fundamentar teoricamente e compreender a visão de outros autores sobre o tema em questão. Os métodos empregados ao longo da pesquisa foram teóricos, empíricos e matemáticos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base aos dados obtidos por intermédio do teste diagnóstico ressalta-se que, não obstante o estudo da dinâmica de fluidos ideais no ensino secundário e superior pelos alunos, suas concepções alternativas resultantes das constatações diárias de fenómenos de escoamento de fluidos ao longo de um canal de secções diferentes permanecem inalteradas. Outrossim, dentre as concepções alternativas dos alunos relativamente à variação da velocidade e da pressão de um fluido ideal ao longo de um canal de secções variáveis, no que tange ao aumento da velocidade do fluido ao escoar-se da parte de maior secção para a de menor, coincide com o modelo científico estabelecido pela equação de continuidade; enquanto a concepção que refere que o aumento da velocidade do fluido na situação considerada acima implicaria igualmente aumento da pressão do fluido, contradiz o modelo científico estabelecido pela equação de Bernoulli e sua aplicação ao tubo de Venturi.

Nesta conformidade, com base ao questionário aplicado no teste diagnóstico e pós-teste (ver anexo), obteve-se a seguinte distribuição de frequências por alínea em uma cada uma das questões em cada um dos inquéritos aplicados, cf a tabela 2.



Tabela 2. Resultados do teste diagnóstico

Grupo	Questões	Distribuição das opções dos alunos por alínea			
		a)	b)	c)	d)
I	1	21	3	8	4
	2	26	0	8	2
II	3	27	0	6	3
	4	31	0	3	2
III	5	28	2	4	2

Fonte: própria

Outrossim, em função das respostas assinaladas durante o teste diagnóstico, solicitados os alunos à justificarem suas respostas, apurou-se as seguintes concepções em defesa das suas concepções alternativas:

- Alguns alunos justificam o aumento da pressão na parte mais estreita do canal de seguinte modo: o fluido ao chegar nessa zona sua velocidade aumenta. Ao aumentar a velocidade, ocorre uma variação da aceleração e conseqüentemente da força da pressão. Relacionando a pressão, a força de pressão e a área de superfície; regista-se um aumento da pressão;
- Outros alunos atestam directamente que nas secções mais estreitas do canal o fluido sai com maior pressão através da relação inversa existente entre a pressão p e a área S do canal;
- Quanto à questão da torneira, os alunos desassociaam aos casos acima por acontecer fora de um canal de escoamento, pelo que atestam que a pressão aumenta em função da força de gravidade, a qual aumenta em função do aumento da velocidade do fluido.

Deste modo, ao longo da sessão lectiva procurou-se encaminhar os alunos a discutirem suas concepções em função aos modelos físicos correspondentes aprendidos em classes anteriores e demonstrados por eles próprios na lousa; aspecto na base conclusão parcial alcançada por eles durante esta etapa:



- a) O aumento da velocidade do fluido que se regista ao comprimir o canal de escoamento, justifica-se perfeitamente em função ao modelo físico estabelecido pela equação de continuidade;
- b) Quanto à situação da pressão, existe uma contradição entre o modelo físico expresso pela equação sobre o tubo de Venturi e as constatações obtidas na vida real.

Assim sendo, baseando-nos em João (2016); Jufriansah, Lering & Douata (2022); Pacala, (2023) e Souza (2023) aventou-se a hipótese segundo a qual, a representação do fenómeno e consequente manipulação das variáveis através do *PhET Simulations* permite a testagem e consequente confirmação das teorias já consolidadas, no caso sobre o escoamento de um fluido ideal, a qual permite através de modelos, converter uma realidade abstracta em concreta (Jufriansah, Lering & Douata, 2022; Pacala, 2023; Souza, 2023), de forma lúdica, segura e pouco dispendiosa; garantindo ao aluno a possibilidade de construção e/ou solidificação de sua própria aprendizagem em contexto de sala de aula (João, 2016; Ruywah et al. 2021; Pacala, 2023), tendo igualmente a possibilidade de repetição do experimento fora do ambiente escolar (Jufriansah, Lering & Douata, 2022; Souza, 2023).

É nesta concatenação que mobilizou-se condições para a realização de duas sessões de trabalho, sendo a primeira destinada à adaptação dos alunos no trabalho de manipulação de variáveis através do PhET Simulations (Jufriansah, Lering & Douata, 2022; Pacala, 2023; Souza, 2023); enquanto a sessão seguinte foi dominada pelo trabalho dos alunos de resolução de um problema por meio do PhET Simulations, seguindo a comprovação por meio de caneta e papel, trabalhando em ambas as sessões de forma colaborativa (João, 2016; Pacala, 2023; Souza, 2023), culminado na sessão seguinte com a aplicação do mesmo formulário de inquérito, cujo os resultados obtidos pode ser *cf* na tabela 3.



Tabela 3. Resultados do prognóstico

Grupo	Questões	Distribuição das opções dos alunos por alínea			
		a)	b)	c)	d)
I	1	02	34	00	00
	2	36	0	00	00
II	3	03	31	01	01
	4	36	00	00	00
III	5	05	26	02	03

Fonte: própria

No entanto, a literatura científica a que baseou-se apresenta três (3) cenários diferenciados os quais podem ser agrupados de seguinte modo:

- a) Grande parte dos estudos sobre concepções alternativas em física tratam de generalizações, pelo que não limitam uma área específica, o contexto como são detectadas as concepções e as directrizes para a mudança conceptual ao longo do processo de ensino-aprendizagem a partir de uma vertente empírica (Driver & Erickson, 1983; Thijs & Kuiper, 1990; Novak, 1988; Mintzes, Wandersee & Novak, 2000), não apresentando ou propondo as simulações computacionais como uma estratégia a ter-se em conta na mudança das concepções alternativas dos alunos;
- b) Alguns estudos focam-se no uso de simulações computacionais interativas na vertente de fomento de bases epistémicas dos alunos em diferentes contextos, fazendo pouca ênfase à aprendizagem conceptual e mudança de concepções por parte dos alunos (Ruywah et al. 2021; Jufriansah, Lering & Douata, 2022; Pacala, 2023; Souza, 2023), tendo como principal foco o desenvolvimento das capacidades argumentativas dos alunos em diferentes temáticas científicas ligadas às ciências físicas.
- c) Outros estudos abordam de forma peculiar sobre as concepções alternativas de professores e alunos na vertente do escoamento de um fluido ideal ao longo de um canal de secções variáveis, apresentando de forma ampla o uso de tecnologias de informação e comunicação de forma como solução, sendo que alguns apontam o uso de simulações computacionais (Thijs & Van Den Berg, 1995; Wutiprom, 2018; Jia, Ding e Zhang,



2021), pelo que não descrevem a perspectiva como usam e os resultados empíricos obtidos, encontrando uma boa aproximação apenas no trabalho de Lima (2019) cuja diferença em relação a abordagem consiste no número de actividades desenvolvidas e a perspectiva de desenvolvimento, primando Lima (2019) no análise de vídeo a partir do *PhET* Simulations para análise do comportamento do fluido.

Nessa conformidade, além de se notar alguma escassez em termos de publicações que abordam sobre as concepções alternativas dos alunos em torno do escoamento de um fluido ao longo de um canal de secções variáveis, bem como o uso de simulações computacionais como estratégia didáctica para a aprendizagem conceptual e mudança das concepções alternativas dos alunos, notam-se algumas incoerências na abordagem dos conteúdos nas publicações e livros textos, pois, referem-se bastante da água como dão pouca ênfase à incompressibilidade dos fluidos ideais como condição *sine qua non* para aplicação do modelo de Bernoulli e sua aplicação ao tubo de Venturi (Wutiprom, 2018; Jia, Ding e Zhang, 2021).

Por outro lado, durante o uso das equações de continuidade, Bernoulli e aplicação ao tubo de Venturi há que ter-se algumas precauções relativas à manipulação de variáveis, como por exemplo a diminuição do canal de escoamento em função da situação de incompressibilidade; conforme alegação de violação dessa condição ao longo da apresentação do resultado por um grupo de trabalho relativamente à compressibilidade do canal; situação na retratada com ênfase em nenhuma pesquisa que se teve acesso ao longo da revisão da bibliografia.

CONCLUSÕES

Por via do teste diagnóstico conheceu-se as concepções alternativas dos alunos em torno da relação entre a pressão e velocidade de um fluido ideal em escoamento ao longo de um canal de secções variáveis, as quais derivam essencialmente da interacção entre o fenómeno e os órgãos de sentido humano. Contudo, tais apresentam alguma convergência com os conhecimentos científicos associados à equação de continuidade, contrariando de modo grosseiro à equação de Bernoulli e sua aplicação ao tubo de Venturi, o que revelou que, apesar de os alunos terem estudado ao longo dos anos anteriores conteúdos relacionados à mecânica dos fluidos nos anos anteriores, a mesma não ocorreu de forma significativa, pois, não ancorou-



se nos conhecimentos modificados previamente existente na estrutura cognitiva dos alunos; o que gerou um absorvimento por estes.

Nessa conformidade, seguiu-se uma sequência de aulas mediadas por simulações computacionais interactivas realizadas através do software *PhET Simulations*, partindo das concepções alternativas apresentadas pelos alunos, confrontando-as inicialmente a partir da teoria científica dominada por eles, avançando em seguida para o treinamento do uso do simulador, culminando com a sua utilização em manipulação de variáveis com vista a comprovação das leis e formulação das conclusões em torno das questões presentes nos questionários utilizados tanto no teste diagnóstico como prognóstico; o que permitiu concluir que, o uso de simulações interactivas ao software *PhET Simulations* no ensino do escoamento dos fluidos ideais ao longo de canais com secções variáveis, contribui significativamente para a aprendizagem dos conteúdos em voga; mas para tal, precisa-se diagnosticar as concepções alternativas dos alunos, assim como envolve-los na construção das suas aprendizagens por intermédio de autonomia assistida pelo professor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Américo, J. J., & Niemba, A. (2025). Proposta metodológica sobre aplicação das leis de Faraday na resolução de problemas envolvendo electrólise em série. *Revista Educação e Humanidades*, 6 (1), 200-217.

Augustinho, E., & da Silva Vieira, V. (2021). Aprendizagem significativa como alicerce para metodologias ativas no ensino de ciências: uma interlocução em prol da educação de jovens e adultos. *Nova Revista Amazônica*, 9(1), 37-49.

Borsekowsky, A. R., Keske, C., Pires, F. L. B., Ketzer, F., & Nonenmacher, S. E. B. (2021). Aprendizagem significativa: transformando a sala de aula em laboratório para o ensino de ciências. *Revista Insignare Scientia-RIS*, 4(2), 13-22.

Botari, A., Botari, JC, da Rocha Brito, C., & Ciampi, MM (2022). Ferramentas educacionais e análise interventiva da aprendizagem significativa: estudos de caso aplicados ao ensino de física acústica na disciplina de conforto ambiental. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologias del Aprendizaje*, 17 (2), 115-124.



Calazans, F. D. F. M., da Costa, J., Oliveira, N. C., & Rebouças, G. O. G. (2023). O uso da bomba d'água manual como recurso didático nas aulas de hidrostática e hidrodinâmica. *Experiências em Ensino de Ciências*, 18(4), 630-642.

Caleon, I. S., & Subramaniam, R. (2008). Three-tier diagnostic instrument for investigating alternative conceptions. Asia-Pacific Education Research Association Conference 2008, Singapore, 26-28 November 2008.

Cid, A. S., & Correa, T. (2019). Venturino: análise da variação de pressão em um tubo de Venturi utilizando Arduino e sensor de pressão. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 41.

Da Silva, M. B., de Moraes, D. V., & Leão, M. F. (2022). Concepções dos estudantes de Ensino Médio de uma escola pública mato-grossense sobre o entendimento dos conceitos da Física após utilizar a plataforma PhET Interactive Simulations. *Research, Society and Development*, 11(5), e20611528802-e20611528802.

De Freitas, A. M., de Souza Melo, W., & de Almeida Silva, A. L. (2023). Proposta para o Ensino de Calorimetria Utilizando a Plataforma Arduino em uma Sequência Didática Diversificada. *Revista do Professor de Física*, 7(1), 20-38.

Driver, R. & Erickson, G. (1983). Theories-in-Action: Some Theoretical and Empirical Issues in the Students. Conceptual Frameworks in Science', *Studies in Science Education* 10, 37-60.

Faccio, M., Darroz, L. M., da Rosa, C. T. W., & Krummenauer, W. L. (2019).). Força e movimento: concepções alternativas no Ensino Superior. *Revista Educar Mais*, 3(2), 173-191.

Faccio, M., Darroz, L. M., da Rosa, C. T. W., & Krummenauer, W. L. (2019). Força e movimento: concepções alternativas no Ensino Superior. *Revista Educar Mais*, 3(2), 173-191.

Gerad, D., Thijs., & Berg E. V. D. (1995). Cultural Factors in the Origin and Remediation of Alternative Conceptions in Physics: *Science & Education*, 317 – 347.

Jayanagara, O., & Lukita, C. (2023). Evidence from SMA Students' Performance on the Impact of Physics Education Technology (PhET) Simulations. *International Transactions on Education Technology*, 1(2), 105-110.



Jia, Z., Ding, L., & Zhang, P. (2021). Using sequential synthesis problems to investigate novice teachers' conceptions of hydrodynamics. *Physical Review Physics Education Research*, 17(1), 010142.

João, N. (2016). Proposta metodológica sobre a aplicação das equações de continuidade e Bernoulli nas actividades práticas da 12^a classe. Instituto Superior de Ciências de Educação do Uíge (Monografia de licenciatura).

Jufriansah, A., Lering, L., & Donuata, PB (2022). Using PhET simulation in a flipped classroom to improve students' critical thinking skills Utilização de simulação PhET em sala de aula invertida para melhorar as habilidades de pensamento crítico dos alunos. *Jurnal Riset e Kajian Pendidikan Fisika*, 9 (1), 17-24.

Kariotoglou, P. e Psillos, D. (2019). Ensinando e aprendendo pressão e fluidos. *Fluidos*, 4 (4), 194.

Kurniawati, D.M & Ermawati, F. (2020). Analysis Students' Conception Using Four-Tier Diagnostic Test for Dynamic Fluid Concepts. No Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1491, No. 1, p. 012012). Publicação IOP.

Lima, A. V. B. (2019). A Hidrodinâmica para o ensino médio na perspectiva da aprendizagem significativa (Master's thesis, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza) Lima, A. V. B. (2019). A Hidrodinâmica para o ensino médio na perspectiva da aprendizagem significativa.

Macedo, J. C. P. D. (2023). Tendências, silenciamentos e perspectivas das pesquisas brasileiras sobre questões sociocientíficas na educação em ciências (Master's thesis, Universidade Federal de São Carlos de São Paulo).

Maia, M. B. (2021). *O ensino de fluidos e equação de Bernoulli na educação básica* (Master's thesis, Universidade Tecnológica Federal do Paraná).

Mintzes, J. J., J. H. Wandersse., & Novak, J. D. (2000). Ensinando Ciência para a compreensão: uma visão construtivista. Lisboa: Plátano Edições Técnicas.

Milani, I. G., & Arthury, L. H. M. (2019). A introdução de temas em aulas de física: utilização das concepções prévias nos modelos de mudança conceitual e perfil conceitual. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 36(2), 414-430.



Novak, J. D. (1988). Learning Science and the Science of Learning', *Studies in Science Education* 15, 77-101.

Pacala, F. A. (2023). Simple Harmonic Oscillation using Computer Simulation: Compilation of Experiments for Classroom Investigations. *EDUCATUM Journal of Science, Mathematics and Technology*, 10(1), 80-89.

Silva, M. A. L. D. (2023). Análise das concepções de professores de matemática em formação inicial sobre o ensino e a aprendizagem significativa do conceito de número racional.

Souza, F. D. J. (2023). As simulações educacionais no ensino de Física: aplicando uma UEPS sobre a primeira Lei da Termodinâmica utilizando a abordagem POE.

Sykora, J. (2019). Fluid Mechanics, Models, and Realism: Philosophy at the Boundaries of Fluid Systems (Doctoral dissertation, University of Pittsburgh).

Thijs, G.D & Van Den Berg, E.D. (1995). Cultural Factors in the Origin and Remediation of Alternative Conceptions in Physics. *Ciência e Educação* , 4 , 317-347.

Vilanculo, J. A., Mutimucuo, I. V., & Silva, C. S. (2020). Avaliação da influência das concepções alternativas no ensino e aprendizagem da física: um estudo de caso em Moçambique. *REAMEC-Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, 8(3), 515-532.

Vu, D. P., Nguyen, V. B., Kraus, S. F., & Holten, K. (2020). Individual concepts in physics and mathematics education. Comparison of mathematics and physics education I: Theoretical foundations for interdisciplinary collaboration, 215-256.

Weizenmann, L. M. (2019). *Uma sequência didática para análise de circuitos elétricos a partir das concepções espontâneas dos estudantes* (Master's thesis, Universidade Tecnológica Federal do Paraná).

Wuttiptom, S. (2018). A Comparison of Students' Understanding of Concepts in Fluid Mechanics through Peer Instruction and the T5 Learning Model. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 26(5), 20–35.