

**PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O USO DO PHET EM  
HIDRODINÂMICA: POTENCIALIZANDO O ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO**

**PROPOSAL FOR A TEACHING SEQUENCE FOR THE USE OF PHET IN  
HYDRODYNAMICS: ENHANCED PHYSICS TEACHING IN HIGH SCHOOL**

**PROPUESTA DE SECUENCIA DIDÁCTICA PARA EL USO DE PHET EN  
HIDRODINÁMICA: MEJORA DE LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA EN LA EDUCACIÓN  
SECUNDARIA**

Renan Cesar Ribeiro <sup>1</sup>

**RESUMO:**

Este trabalho propõe uma sequência didática para o ensino de hidrodinâmica no primeiro ano do ensino médio, utilizando os simuladores PhET Colorado e alinhada ao currículo paulista. A abordagem busca integrar simulações interativas para explorar conceitos fundamentais, como fluxo, pressão e energia dos fluidos. Um dos motivadores da proposta é a alta evasão em Física, especialmente em tópicos mais complexos, como hidrodinâmica, que carecem de material didático específico no currículo paulista. A sequência didática planejada com o PhET visa facilitar a compreensão, incentivar a aprendizagem ativa e aumentar o engajamento dos alunos. Embora a proposta tenha sido elaborada inicialmente para escolas de período integral, sua aplicação pode ser adaptada ao ensino regular, desde que se considerem as limitações de tempo e se adotem estratégias complementares oferecendo níveis diferentes de desafios que favoreçam um aprendizado significativo.

**Palavras-chave:** Hidrodinâmica. Ciências. Sequência Didática. Simulações. PhET.

**ABSTRACT:**

This study proposes a didactic sequence for teaching hydrodynamics in the first year of high school, using PhET Colorado simulators and aligned with the São Paulo state curriculum. The approach integrates interactive simulations to explore fundamental concepts such as flow, pressure, and fluid energy. One of the main motivations for this proposal is the high dropout rate in Physics, particularly in complex topics like

<sup>1</sup> Mestre em Ensino de Física (FCT – UNESP). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8886-780X>

E-mail: renanrcrenan18@gmail.com

hydrodynamics, which lack specific teaching materials in the state curriculum. The didactic sequence planned with PhET aims to facilitate understanding, encourage active learning, and increase student engagement. Although designed for full-time schools, it can be adapted to regular education, considering time constraints and complementary strategies for meaningful learning.

**Keywords:** Hydrodynamics. Science. Didactic Sequence. Simulations. PhET.

### Resumen

Este estudio propone una secuencia didáctica para la enseñanza de la hidrodinámica en el primer año de la educación secundaria, utilizando simuladores de PhET Colorado y alineada con el currículo del estado de São Paulo. El enfoque integra simulaciones interactivas para explorar conceptos fundamentales como el flujo, la presión y la energía de los fluidos. Uno de los principales motivos de esta propuesta es la alta tasa de deserción en Física, especialmente en temas complejos como la hidrodinámica, que carecen de material didáctico específico en el currículo estatal. La secuencia didáctica planificada con PhET busca facilitar la comprensión, fomentar el aprendizaje activo y aumentar el compromiso de los estudiantes. Aunque diseñada para escuelas de jornada completa, puede adaptarse a la educación regular, considerando las limitaciones de tiempo y estrategias complementarias para un aprendizaje significativo

**Palabras clave:** Hidrodinámica, Enseñanza de Física, Simulaciones, Secuencia Didáctica, PhET.

### INTRODUÇÃO

Não é de hoje que sabemos que o estudo da hidrodinâmica desempenha um papel fundamental na evolução da ciência, principalmente nas áreas como as engenharias, em que seus princípios são aplicados no desenvolvimento de novas tecnologias. Desde a Antiguidade, seu estudo tem evoluído significativamente, contribuindo para a criação de aviões, automóveis, vaporizadores, capacetes, tubulações, medição da vazão de água residencial ou industrial e diversas outras aplicações. Diante disso, como uma disciplina tão relevante enfrenta altos índices de evasão escolar?

A evasão no estudo da hidrodinâmica pode ser atribuída a diversos fatores. Entre eles, destacam-se a abordagem excessivamente teórica, a escassez de

experimentação e simulações interativas, além da dificuldade dos alunos com conceitos matemáticos mais complexos. O ensino, muitas vezes, se restringe a fórmulas abstratas, sem conexão com aplicações do dia a dia, o que contribui para a desmotivação.

O currículo paulista apresenta pouca flexibilidade para inovações metodológicas, limitando-se, no caso da hidrodinâmica, a uma abordagem focada na hidrostática. Conceitos como pressão, densidade, empuxo e o Princípio de Pascal recebem mais atenção, enquanto a equação de Bernoulli e suas aplicações, como o Tubo de Venturi, são abordadas de maneira superficial.

No entanto, a introdução do Tubo de Venturi que é utilizado em diversas aplicações, como medidores de vazão e sistemas de ventilação pode ser usado como um exemplo prático para enriquecer esse estudo, permitindo que os alunos visualizem a aplicação real da equação de Bernoulli. De acordo com Young e Freedman (2013), a equação de Bernoulli descreve o comportamento de um fluido em escoamento, demonstrando que, ao passar por uma região de menor área, a velocidade do fluido aumenta e, consequentemente, a pressão diminui.

Esse dispositivo demonstra como a velocidade de um fluido aumenta ao passar por uma região de menor área e, consequentemente, a pressão diminui, um conceito fundamental em diversas áreas da engenharia e da física aplicada. O uso de simulações interativas, como as oferecidas pelo PhET Colorado, pode facilitar a compreensão desse fenômeno, tornando o aprendizado mais dinâmico e significativo. Dessa forma, a inclusão do Tubo de Venturi no ensino da hidrodinâmica pode complementar o currículo paulista, aproximando os estudantes de aplicações práticas e contribuindo para uma melhor assimilação dos conceitos físicos envolvidos.

Para reverter esse cenário da evasão curricular, é essencial adotar estratégias pedagógicas participativas que promovam o aprendizado duradouro, como o uso de simulações interativas, experimentação prática e projetos que demonstrem a aplicação dos conceitos em situações reais. Assim, para Doug Lemov (2012), em seu

livro Aula Nota 10: 49 Técnicas para Ser um Professor Campeão, evidencia que a implementação de técnicas pedagógicas específicas pode aumentar significativamente o engajamento e a eficácia do ensino. Ele enfatiza que estratégias como estabelecer altas expectativas acadêmicas, planejar objetivos mensuráveis e estruturar aulas de forma envolvente são cruciais para promover uma aprendizagem ativa e significativa.

Nesse sentido, a implementação de novas técnicas pedagógicas como as simulações interativas faz com que as aulas se tornem mais eficientes e atrativas e se destacam como ferramentas eficazes para tornar o aprendizado mais dinâmico e envolvente, permitindo que os alunos interajam diretamente com os conceitos e visualizem sua aplicação prática.

Além disso, esses simuladores não apenas auxiliam os estudantes, mas também contribuem para a formação continuada dos professores que é um dos princípios do programa ensino integral (PEI) que garante que os professores estejam sempre atualizados e capacitados para oferecer um ensino de qualidade, oferecendo recursos que facilitam a abordagem dos conteúdos em sala de aula. Com uma integração mais estruturada da hidrodinâmica no currículo, o ensino pode se tornar mais acessível e atrativo, reduzindo a evasão e despertando maior interesse dos alunos pela disciplina.

Apesar da relevância da hidrodinâmica, o currículo paulista ainda apresenta lacunas nesse tema, restringindo-se à hidrostática no Ensino Médio e, em alguns casos, a noções básicas de fluidos no Ensino Fundamental. Esse ensino teórico, sem uma abordagem prática, pode dificultar a compreensão e reduzir o interesse dos alunos pelo tema.

Para que os alunos consigam assimilar os princípios da hidrodinâmica de forma duradoura e aplicável, é fundamental que o aprendizado vá além da simples memorização de fórmulas e definições. Segundo David Ausubel (1963), a aprendizagem duradoura ocorre quando novas informações se conectam de maneira substancial a conhecimentos já adquiridos, permitindo sua aplicação em diferentes contextos:

A aprendizado duradouro é aquela que ocorre quando novas informações são conectadas e relacionadas de maneira substancial a conceitos já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Esse tipo de aprendizagem é contrastante com a aprendizagem mecânica, que envolve a memorização de informações sem a compreensão real. A aprendizado duradouro resulta em uma retenção mais duradoura do conhecimento e permite que o aprendiz aplique o que aprendeu em novas situações. (AUSUBEL, 1963, p. 18)

Em outras palavras, a aprendizado duradouro ocorre quando novos conceitos se conectam de maneira substancial, que possui relevância ou significado, ao conhecimento prévio do estudante, garantindo uma maior retenção o que facilita a aplicação dos conteúdos em diferentes contextos. Dessa forma, a utilização de simuladores interativos, como os oferecidos pelo PhET Colorado, pode tornar o ensino da hidrodinâmica mais acessível e atrativo, favorecendo o engajamento dos alunos e auxiliando na superação das dificuldades associadas ao aprendizado desse conteúdo.

Para tornar o ensino da hidrodinâmica mais acessível e envolvente, este estudo propõe o desenvolvimento de uma sequência didática (SD) com o uso dos simuladores interativos do PhET Colorado. A estruturação do ensino por meio de uma SD possibilita uma abordagem mais dinâmica e planejada, incentivando a participação ativa dos estudantes e ampliando as possibilidades de aprendizado.

O uso de sequências didáticas favorece a construção do conhecimento ao organizar o conteúdo em etapas progressivas, facilitando a compreensão de conceitos complexos, como os princípios da hidrodinâmica. Elas incluem objetivos, seleção de materiais didáticos e aplicações de avaliações. Essas etapas são essenciais para estruturar o processo de ensino e garantir que os alunos possam construir conhecimento de forma progressiva e significativa ampliando suas possibilidades de aplicação não apenas em escolas de período integral, mas também no ensino regular.

Nesse contexto, de acordo com Zabala (1998):

A sequência didática é um conjunto de atividades ordenadas, sistemáticas e planejadas, com um determinado grau de estruturação, que têm um princípio e um fim conhecido tanto pelo professor como pelos alunos. Esse conjunto de atividades é concebido para ajudar os alunos a atingir determinados objetivos de aprendizagem. As sequências didáticas permitem

que os estudantes adquiram gradualmente as competências previstas, proporcionando uma progressão na aprendizagem e favorecendo a construção significativa do conhecimento." (ZABALA, 1998, p. 15)

Para tornar o aprendizado mais envolvente e eficiente, é essencial que as aulas sejam organizadas de forma estruturada, especialmente quando abordam conteúdos mais complexos. As sequências didáticas, quando bem planejadas, proporcionam um caminho mais claro e acessível para a assimilação do conhecimento.

Ao seguir uma progressão lógica e bem definida, os estudantes conseguem compreender os conceitos de maneira mais profunda e conectada à realidade. A utilização de simuladores interativos, como os disponibilizados pelo PhET Colorado, contribui significativamente para esse processo, tornando as aulas mais dinâmicas e estimulantes. Com isso, os alunos conseguem aprender de forma gradual, associando teoria e prática de maneira natural, o que facilita a compreensão dos fenômenos hidrodinâmicos e amplia o interesse pelo tema.

Diante das pesquisas realizadas no currículo paulista, fica evidente a ausência ou exclusão dos conteúdos de hidrodinâmica, que se restringem, no ensino médio, apenas aos conceitos básicos de hidrostática, e, no ensino fundamental, a noções básicas de fluidos como densidade, viscosidade e pressão atmosférica. A proposta de criar uma sequência didática, com o apoio da simulação do PhET Colorado, intitulada "Pressão do Fluido e Fluxo", busca auxiliar os docentes a introduzir esse tema de maneira dinâmica e prática, potencializando, assim, o aprendizado dos alunos.

### O ESTUDO DA HIDRODINÂMICA

Neste desenvolvimento, discutiremos os principais tópicos da hidrodinâmica que servirão como referência para os docentes que aplicarão esta sequência didática. Considerando que se trata de um estudo qualitativo voltado para o primeiro ano do ensino médio, abordaremos conceitos fundamentais de forma simplificada, adequados para serem trabalhados em sala de aula. Essa maneira facilita a compreensão dos

alunos e promover um aprendizado significativo, essencial para a assimilação dos conteúdos hidrodinâmicos.

A hidrodinâmica ou também conhecida como dinâmica dos fluidos é o campo da Física que estuda os fluidos (líquidos e gases) ideais em movimento e suas interações com outros fluidos e o meio considerando os conceitos como força, velocidade e aceleração, que são variáveis que atuam sob os líquidos em movimento. De acordo com Fox et al. (2010), a hidrodinâmica se concentra no estudo do comportamento dos fluidos em movimento, abordando as forças que atuam sobre esses fluidos e suas interações com superfícies sólidas.

Um fluido ideal, na hidrodinâmica, é aquele que não apresenta viscosidade (não oferece resistência ao escoamento) e é incompressível (densidade constante), permitindo uma análise mais simplificada dos escoamentos, escoamento laminar, em que a intensidade, sentido e direção da sua velocidade em um ponto fixo não se alteram durante o tempo. De acordo com Fox et al. (2010):

Um fluido ideal é aquele que é completamente incompressível e não possui viscosidade. Essa suposição simplifica significativamente a análise dos escoamentos, pois elimina as forças dissipativas associadas ao atrito interno do fluido.” (FOX et al., 2010, p. 35).

Entre os conceitos fundamentais da hidrodinâmica, temos a pressão. De acordo com White (2016), a pressão em um fluido em repouso é definida como a força exercida perpendicularmente por unidade de área. Em hidrostática, observamos que a pressão atmosférica tende a ser constante em condições específicas: altitude constantes, temperatura constante, localização geográfica, ausência de eventos meteorológicos.

Na hidrostática estudamos que, à medida que a coluna de água aumenta sobre um ponto qualquer, a pressão nesse ponto também aumenta. Essa relação demonstra a dependência da pressão em relação à altura da coluna do líquido acima do ponto analisado. Esta relação entre a pressão e profundidade ajuda a entender

como os fluidos se comporta tanto em repouso quanto em movimento e prepara o aluno para os conceitos mais complexos de hidrodinâmica.

Por outro lado, de acordo com Granger (2014), a pressão em um fluido em movimento varia em função da velocidade do fluido e da altura em que ele se encontra, refletindo a interdependência entre a pressão, a energia cinética (associada a velocidade) e a energia potencial do fluido (energia armazenada em função da sua posição em relação a gravidade).

Além da pressão, outro conceito fundamental na hidrodinâmica é a vazão volumétrica e mássica. A vazão volumétrica pode ser definida como a quantidade de fluido que passa por uma seção transversal de um tubo por unidade tempo, geralmente é medida em metros cúbicos por segundo. E vazão mássica pode ser definida como a quantidade de massa de um fluido que atravessa uma seção reta durante um intervalo de tempo podendo ser medida em quilograma por segundos. Em outras palavras, de acordo com White (2016), a vazão volumétrica ( $Q$ ) é expressa como o produto da área da seção transversal ( $A$ ) e a velocidade média do fluido ( $v$ ), ou seja,  $Q = A \cdot v$ . Além disso, a vazão mássica ( $m$ ) é dada pela multiplicação da densidade do fluido ( $\rho$ ) pela vazão volumétrica, expressa como  $m = \rho \cdot Q$ .

Agora que vimos a vazão mássica e volumétrica conseguiremos entender nos permite entender um dos princípios fundamentais da hidrodinâmica: a conservação da massa em um fluido em escoamento que é expresso matematicamente pela Equação da Continuidade. De acordo com White (2016), esse princípio estabelece que, para um fluido incompressível, a quantidade de massa que entra em um sistema deve ser igual à quantidade que sai, garantindo a continuidade do escoamento. Isso significa que, se um fluido passa por um tubo que sofre um estreitamento ou alargamento, sua velocidade se ajustará para manter a vazão volumétrica constante.

A Equação da Continuidade relaciona a variação da área da seção transversal de um conduto com a velocidade do fluido, garantindo que a vazão volumétrica permaneça constante ao longo do escoamento. A equação matemática que descreve

este princípio é demonstrada em passos simples, o que pode ser realizado junto aos alunos para obter um aprendizado significativo mais eficaz.

A quantidade de água que entra, por exemplo, em um tubo, é a mesma que sai. Então podemos dizer que o volume de entrada ( $V_e$ ) é igual ao volume de saída ( $V_s$ ):

$$V_e = V_s \text{ (equação 1)}$$

Considerando que o volume é o produto da área ( $A$ ) pelo espaço percorrido no fluido  $\Delta S$  e substituindo na (equação 1), temos que:

$$Ae \cdot \Delta S_e = As \cdot \Delta S_s \text{ (equação 2)}$$

Então, temos que o produto da área da entrada ( $A_e$ ) pelo espaço percorrido na entrada ( $\Delta S_e$ ) é igual ao produto da área da saída ( $A_s$ ) pelo espaço percorrido na saída ( $\Delta S_s$ ). E lembrando o conceito de velocidade média ( $V$ ) é dado pela razão do espaço percorrido em um intervalo de tempo ( $\Delta t$ ). Podemos, então dizer que o espaço percorrido no fluido é a velocidade média multiplicada por um intervalo de tempo, resultando no espaço alcançado pelo fluido.

$$\Delta S = V \cdot \Delta t \text{ (equação 3)}$$

Substituindo a equação 3 na equação 2:

$$Ae \cdot V_e \cdot \Delta t = As \cdot V_s \cdot \Delta t \text{ (equação 4)}$$

Considerando o intervalo de tempo iguais nos dois lados da igualdade, temos a equação da continuidade:

$$Ae \cdot V_e = As \cdot V_s \text{ (equação 5)}$$

Agora que entendemos melhor sobre a equação da continuidade, a hidrodinâmica também se baseia na conservação da energia, descrita pela Equação de Bernoulli. Essa equação mostra como a pressão, a velocidade e a altura se relacionam ao longo de uma linha de corrente, sendo fundamental para a compreensão de diversos fenômenos hidrodinâmicos.

De acordo com Munson, Young e Okiishi (2014), a Equação de Bernoulli representa o princípio da conservação da energia para fluidos em escoamento. Esse

princípio, fundamentado na Primeira Lei da Termodinâmica, estabelece que a energia total de um sistema fechado permanece constante, apenas sendo convertida entre diferentes formas. No caso dos fluidos, a equação considera que a soma da energia de pressão, energia cinética e energia potencial gravitacional se mantém constante ao longo de uma linha de corrente, desde que o escoamento seja incompressível e sem perdas por viscosidade.

A Equação de Bernoulli pode ser expressa como.

$$P + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g h = \text{Constante}$$

- $P$  é a pressão do fluido ( $\text{Pa}$ );
- $\rho$  é a densidade do fluido ( $\text{kg/m}^3$ );
- $v$  é a velocidade do fluido ( $\text{m/s}$ );
- $g$  é a aceleração da gravidade ( $\text{m/s}^2$ );
- $h$  é a altura em relação a um referencial ( $\text{m}$ ).

Essa equação nos mostra que, em um escoamento ideal (sem viscosidade), um aumento na velocidade do fluido resulta em uma diminuição da pressão ou da altura, e vice-versa. Esse princípio é fundamental para entender fenômenos como a sustentação das asas de um avião e o efeito Venturi.

Até aqui abordamos os principais princípios da hidrodinâmica que estudamos no ensino médio. No entanto, a compreensão da hidrodinâmica exige uma abordagem didática que vá além da simples transmissão de fórmulas e definições abstratas, que promovendo um aprendizado significativo e ativo. Nesse contexto, a utilização de sequências didáticas planejadas e bem estruturadas surge como uma ferramenta essencial para facilitar a construção gradual e progressiva do conhecimento, como destacado por Zabala (1998).

Ao integrar simuladores interativos, como os do PhET Colorado, em uma sequência didática, o ensino se torna mais dinâmico, acessível e próximo das realidades do cotidiano dos alunos. Portanto, uma sequência didática que inclua essas ferramentas permite que os estudantes não apenas compreendam os princípios fundamentais da hidrodinâmica, mas também consigam aplicar esses conhecimentos em contextos práticos e reais.

Com isso, passamos para a etapa metodológica deste trabalho, onde serão detalhadas as estratégias e atividades planejadas para implementar a sequência didática, utilizando as simulações interativas do PhET Colorado, visando o desenvolvimento de uma aprendizagem ativa e significativa no ensino da hidrodinâmica.

### **PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

A metodologia aqui apresentada não se refere a uma aplicação prática imediata, mas sim a uma proposta que visa oferecer uma estrutura didática eficaz para o ensino da hidrodinâmica, com ênfase em uma abordagem ativa e significativa. O objetivo principal dessa sequência é promover uma aprendizado duradouro, permitindo que os alunos compreendam os princípios da hidrodinâmica por meio de atividades exploratórias.

A seguir, apresenta-se a sequência didática planejada para o ensino de hidrodinâmica no contexto do ensino médio, com o uso do simulador PhET Fluid Pressure and Flow ( Pressão do Fluido e Fluxo ). As aulas foram estruturadas de modo a explorar os princípios fundamentais da hidrodinâmica com a utilização de atividades práticas e simulações que ilustram o comportamento dos fluidos em diferentes condições.

Para estruturar a sequência didática com o simulador PhET, foi desenvolvida a tabela a seguir, que descreve as atividades de cada aula, os objetivos e como o simulador será utilizado para facilitar o aprendizado dos princípios da hidrodinâmica.

Aula	Objetivo	Atividade	Uso do Simulador
Aula 1	Introdução à Hidrodinâmica e Pressão de Fluido	Exploração de conceitos de pressão, fluxo e densidade.	Os alunos manipulam o simulador para visualizar como a pressão e o fluxo variam em diferentes condições de fluido.
Aula 2	Estudo da Equação de Bernoulli	Aplicação prática da equação de Bernoulli.	Usando o simulador, os alunos observam a relação entre pressão e velocidade em um sistema de fluido e como a energia é conservada.
Aula 3	Conservação de Massa e Energia no Fluxo de Fluido	Demonstração de como a vazão volumétrica e mássica se relacionam.	Os alunos interagem com o simulador para alterar a área do tubo e a velocidade do fluido, visualizando os efeitos no fluxo.
Aula 4	Experimentos com Diferenças de Altura e Tipos de Fluido	Exploração das variações de pressão e fluxo em diferentes alturas e tipos de fluido.	O simulador é usado para alterar as variáveis de altura e densidade do fluido, permitindo observar como elas afetam o comportamento do fluido.
Aula 5	Revisão e Aplicação de Conceitos de Hidrodinâmica	Revisão geral dos conceitos abordados e aplicação de conhecimentos em situações do cotidiano.	Revisão ao simulador para que os alunos realizem experimentos relacionados ao funcionamento de sistemas reais, como tubos de Venturi.

**Tabela 1:** Sequência Didática com o Simulador PhET “Pressão do Fluido e Fluxo”

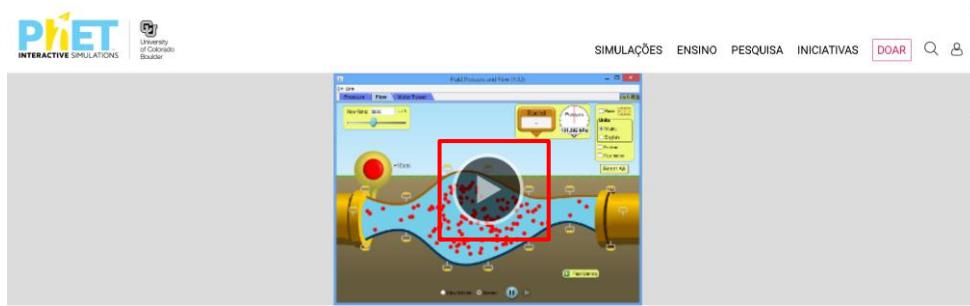
**Fonte:** Próprio Autor

Após a apresentação da sequência didática nas aulas, que foi organizada de forma a permitir uma compreensão gradual dos princípios da hidrodinâmica, a seguir detalho o uso do simulador PhET. Esse simulador será utilizado ao longo das aulas para ilustrar de forma resumida e prática, os conceitos abordados em cada momento.

Abaixo, seguem prints das telas do simulador com a respectiva explicação de cada configuração utilizada nas atividades propostas, a fim de demonstrar como ele facilitará o entendimento dos alunos sobre os princípios da hidrodinâmica.

Primeiramente, acesse o simulador PhET através do link [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/fluid-pressure-and-flow](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/fluid-pressure-and-flow) e clique em play. O ícone "Play" está marcado com um quadrado na imagem abaixo.

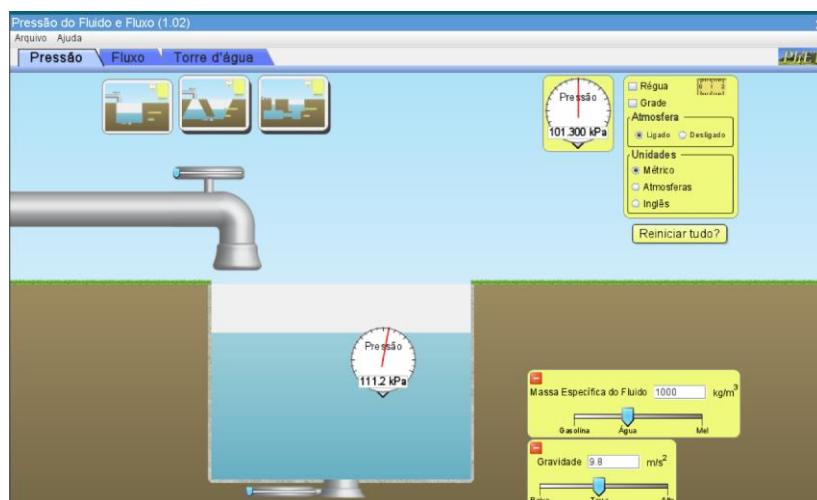
**Figura 1:** Parte da página inicial do simulador de Pressão do Fluido e Fluxo



Fonte: Próprio Autor

Após o carregamento da simulação, você será direcionado para a interface gráfica interativa do PhET, que apresenta três opções de simulação: Pressão, Fluxo e Torre d'Água. Cada uma dessas opções permite a manipulação de diferentes variáveis, possibilitando uma exploração mais aprofundada dos princípios da hidrodinâmica. A seguir, discutiremos cada uma dessas simulações e como elas podem contribuir para a aprendizagem do aluno, promovendo uma compreensão mais interativa e visual dos fenômenos estudados.

**Figura 2 – Interface da simulação de pressão**



Fonte: Próprio Autor

Na simulação de Pressão, podemos variar a massa específica do fluido em um intervalo de  $700 \text{ kg/m}^3$  a  $1420 \text{ kg/m}^3$ . A mudança na densidade altera a pressão, pois, quanto maior a densidade, maior será a massa do fluido em um mesmo volume,

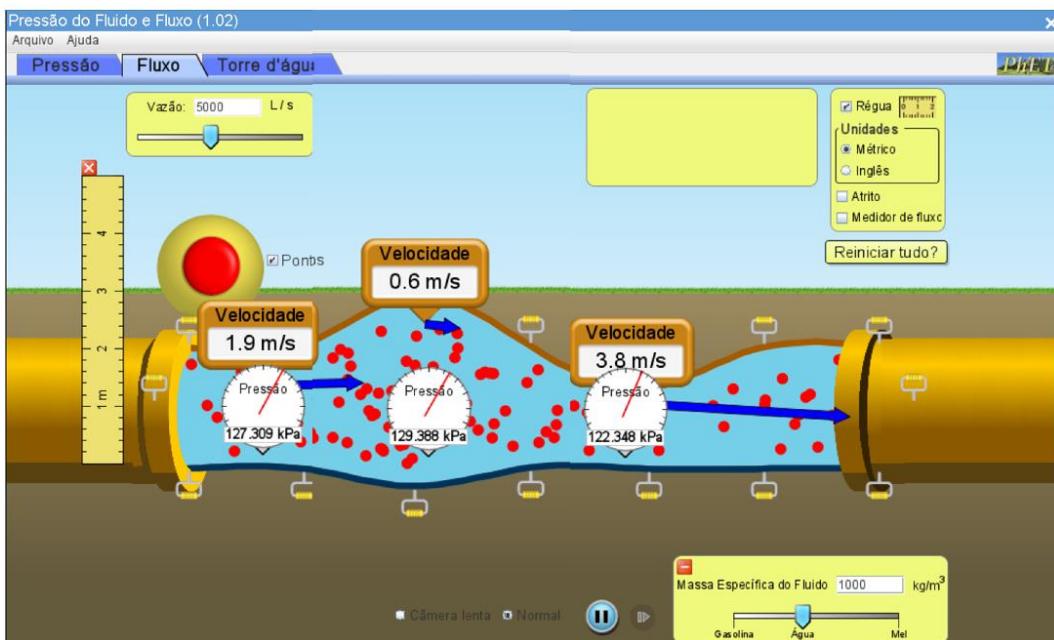
resultando em um aumento da pressão exercida. Dessa maneira, se diminuirmos a densidade, a pressão também diminui. Isso, demonstra que para a mesma altura, apenas a mudança de densidade é o suficiente para alterar o resultado da pressão.

Além disso, o simulador permite ajustar o valor da gravidade entre  $1\text{ m/s}^2$  e  $20\text{ m/s}^2$ . Alterar a gravidade também impacta a pressão, pois a força exercida pelo fluido em um ponto específico varia conforme a aceleração gravitacional, mesmo sem modificar a altura da coluna de fluido.

A próxima imagem mostra a simulação do Fluxo, que trabalha com os parâmetros vazão, pressão e velocidade. No simulador, conseguimos alterar a dimensão do tubo, o que influencia diretamente nessas variáveis, como ilustrado na figura. Além disso, podemos visualizar com mais precisão as mudanças nos valores utilizando uma régua, que auxilia na observação das variações conforme modificamos a dimensão do tubo.

Essa simulação permite demonstrar de forma clara que, ao diminuirmos a dimensão do tubo, a velocidade do fluido aumenta e a pressão diminui, conforme previsto pela Equação da Continuidade e pelo Princípio de Bernoulli. Da mesma forma, ao aumentarmos a dimensão do tubo, a pressão se eleva e a velocidade diminui, considerando um mesmo nível de referência.

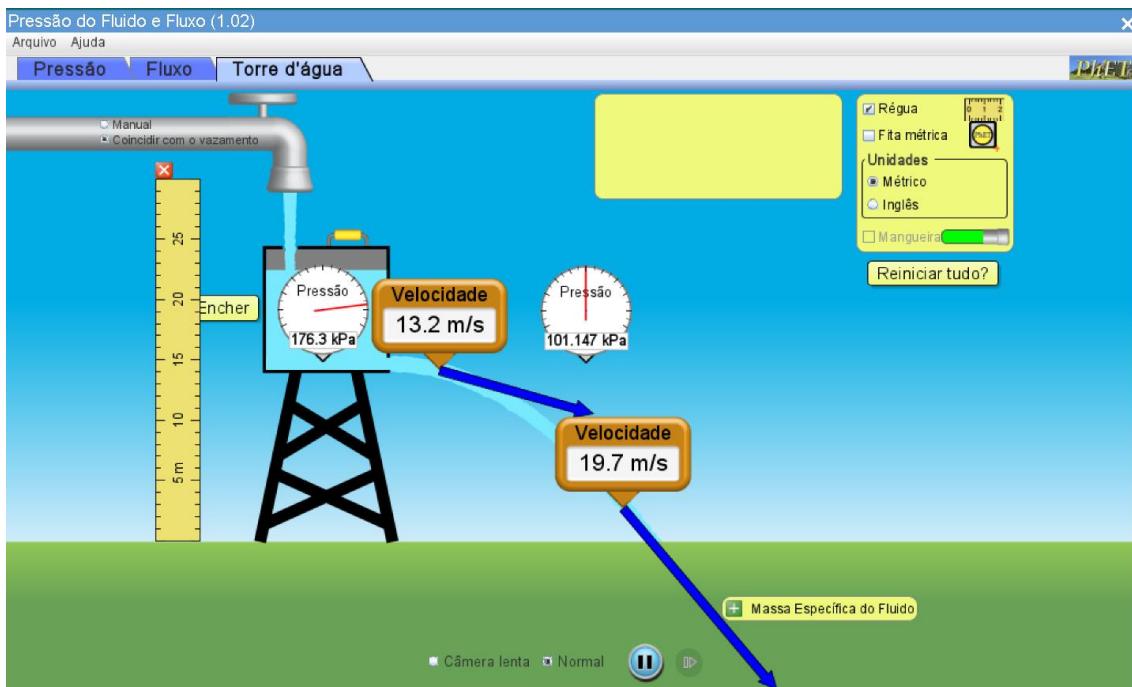
Outro parâmetro importante apresentado no simulador é a vazão, que é medida em litros por segundo ( $\text{L/s}$ ). A vazão representa o volume de fluido que atravessa uma determinada seção do tubo por unidade de tempo. Como previsto pela Equação da Continuidade, a vazão se mantém constante ao longo do tubo, de modo que, quando a área da seção transversal diminui, a velocidade do fluido aumenta para compensar essa mudança, e vice-versa.

**Figura 3:** Segunda simulação sobre fluxo


Fonte: Próprio Autor

A terceira imagem mostra a simulação da torre d'água, na qual temos um reservatório de água com uma abertura controlável. Podemos aumentar a altura desse reservatório em relação ao solo e, com isso, observar diferentes velocidades de escoamento da água. Percebemos que, quanto maior a altura da coluna d'água, maior será a velocidade do fluxo ao atingir o solo. Esse comportamento pode ser explicado com base no princípio da conservação da energia: à medida que a energia potencial gravitacional diminui, a energia cinética aumenta.

Além disso, é possível analisar a diferença entre a pressão dentro da caixa d'água e a pressão atmosférica externa. A pressão dentro do reservatório varia conforme a altura da coluna d'água, enquanto a pressão atmosférica se mantém constante.

**Figura 4:** Terceira simulação “Torre d’ Água”


Fonte: Próprio Autor

Dessa forma, a sequência didática apresentada, aliada ao uso do simulador PhET Pressão do Fluido E fluxo, permite a exploração interativa dos princípios da hidrodinâmica. A estrutura proposta busca tornar o aprendizado mais dinâmico e acessível, promovendo a construção do conhecimento de maneira progressiva.

Ainda que a proposta não tenha sido aplicada, sugere-se que a avaliação da aprendizagem seja realizada por meio de atividades diagnósticas e formativas ao longo da sequência didática. Podem ser utilizados questionários conceituais, discussões orientadas, resolução de problemas contextualizados e relatórios de experimentação com o simulador. Essas estratégias permitem avaliar a compreensão dos princípios da hidrodinâmica de forma contínua e integrada ao processo de ensino.

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Este estudo teve como objetivo apresentar uma proposta didática para o ensino da hidrodinâmica utilizando o simulador PhET Fluid Pressure and Flow,

proporcionando uma abordagem interativa e significativa para a aprendizagem dos conceitos fundamentais da área. A sequência didática estruturada permitiu que os conteúdos fossem abordados de maneira gradual, favorecendo a construção do conhecimento por meio da experimentação virtual.

O uso do simulador mostrou-se uma ferramenta eficaz para demonstrar fenômenos como a variação da pressão em função da densidade e da gravidade, a conservação da vazão e da energia no fluxo de fluidos, e o impacto da altura da coluna d'água na velocidade de escoamento. Dessa forma, a metodologia proposta possibilita que os alunos visualizem e compreendam, de forma dinâmica, os princípios da hidrodinâmica, reduzindo dificuldades conceituais e tornando o aprendizado mais acessível.

Além disso, a abordagem baseada em simulações digitais alinha-se às estratégias pedagógicas participativas de ensino, o que incentiva a participação dos estudantes mais ativamente nas atividades propostas estimulando um aprendizado mais autônomo, prático e exploratório. A estratégia de manipular as variáveis e observar os efeitos em tempo real contribui para o desenvolvimento do pensamento crítico permitindo aos alunos desenvolverem habilidades de raciocínio lógico, resolução de problemas e tomada de decisões e incentiva os estudantes a criar métodos investigativo, tornando a disciplina mais envolvente e contextualizada.

A proposta está em consonância com as diretrizes do Currículo Paulista, que valoriza o uso de tecnologias digitais no ensino de Ciências da Natureza para promover a aprendizado duradouro e interdisciplinar. O documento destaca a importância de metodologias que favoreçam a experimentação, a resolução de problemas e a conexão dos conteúdos com a realidade dos alunos.

Embora o Currículo Paulista traga avanços importantes para o ensino de Ciências da Natureza, ainda apresenta lacunas significativas no que diz respeito ao ensino da hidrodinâmica. O conteúdo frequentemente se restringe à hidrostática, deixando de lado temas como a equação da continuidade, a equação de Bernoulli e

seus desdobramentos práticos, o que limita o desenvolvimento de uma visão mais ampla sobre os fenômenos que envolvem os fluidos. Essa limitação curricular reforça a necessidade de propostas complementares como a apresentada neste trabalho.

O uso do PhET Fluid Pressure and Flow atende a essas diretrizes ao permitir que os estudantes interajam com os conceitos físicos de maneira prática, desenvolvendo habilidades previstas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), como a análise de fenômenos naturais e a argumentação baseada em evidências. É importante destacar que esta proposta ainda não foi aplicada em sala de aula, o que constitui uma limitação da pesquisa.

A ausência de uma validação empírica dos resultados restringe a avaliação de sua eficácia prática. No entanto, a proposta mostra-se exequível, alinhada ao Currículo Paulista e fundamentada em estratégias pedagógicas participativas. Recomenda-se que futuros estudos investiguem a implementação da sequência didática em contextos escolares reais, com instrumentos de avaliação que permitam mensurar o impacto na aprendizagem dos alunos.

Por fim, destaca-se a importância da utilização de recursos digitais no ensino de Física, especialmente em tópicos que apresentam dificuldades de abstração. Ferramentas como o PhET Fluid Pressure and Flow podem desempenhar um papel fundamental na modernização do ensino, tornando-o mais interativo e alinhado às demandas contemporâneas da educação.

## REFERENCIAS

- AUSUBEL, David Paul.** *Educational psychology: a cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1963.
- FOX, R. W.; McDONALD, A. T.; PRITCHARD, P. J.** Introdução à Mecânica dos Fluidos. 7<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.
- GRANGER, Robert A.** *Fluid Mechanics*. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 2014

**LEMOV, Doug.** *Aula Nota 10: 49 técnicas para ser um professor campeão*. Rio de Janeiro: Fundação Lemann, 2012.

**MUNSON, Bruce R.; YOUNG, Donald F.; OKIISHI, Theodore H.** Fundamentos da Mecânica dos Fluidos. 6. ed. São Paulo: LTC, 2014.

**PHET INTERACTIVE SIMULATIONS.** Fluid Pressure and Flow [online]. Boulder: University of Colorado, 2015. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/en/simulation/fluids>. Acesso em: 11 mar. 2025

**WHITE, Frank M.** Mecânica dos Fluidos. 7. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2016.

**YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A.** University Physics with Modern Physics. 13th ed. Pearson, 2013.

**ZABALA, Antoni.** A prática educativa: como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998.

Data da submissão: 10/03/2025.

Data do aceite: 23/06/2025.