

# HIDRODINÂMICA: CONHECIMENTO CIENTÍFICO X CONCEPÇÕES ESPONTÂNEAS

## *HYDRODYNAMICS: SCIENTIFIC KNOWLEDGE X SPONTANEOUS CONCEPTIONS*

*Jair Augusto Gomes de Sant' Ana*<sup>1</sup>

*Wallace Vallory Nunes*<sup>2</sup>

*Luiza D'Oliveira Sant' Ana*<sup>3</sup>

**Resumo:** Na observação de diversos fenômenos físicos são assumidas ideias a partir de concepções espontâneas. Estas ideias favorecem equívocos que são associados ao conhecimento popular denominado de “senso comum” que, geralmente, são atribuídos às pessoas de pouca escolaridade. As concepções espontâneas são próprias do ser humano e estão associadas à sua sensibilidade. No entanto, os conceitos físicos são assumidos a partir da experimentação baseada no conhecimento científico. No ensino de hidrodinâmica é importante a utilização do laboratório didático ou de aparatos em sala de aula, pois favorecem a observação de eventos e minimiza a construção de conceitos equivocados, possibilitando uma alfabetização científica. Este trabalho demonstrou que os principais equívocos de hidrodinâmica também encontram-se em grupos de maior formação escolar, inclusive de licenciandos.

**Palavras-chave:** hidrodinâmica; ensino de física; equívocos conceituais.

**Abstract:** In the observation of diverse physical phenomena, ideas are assumed from spontaneous conceptions. These ideas favor mistakes that are associated to the popular knowledge called “common sense” that, generally, are attributed to people of low scholarship. Spontaneous conceptions are natural of the human being and are associated to its sensitivity. However, physical concepts are acquired from experimentation based on the scientific knowledge. In the teaching of hydrodynamics, it is important the utilization of the didactic laboratory or apparatus in classroom, because they help the observation of events and minimize the development of wrong concepts, turning possible the scientific alphabetization. This work showed that the main mistakes on hydrodynamics are also found in groups of higher scholarship, even among teaching degree students.

**Key-words:** conceptual mistakes; hydrodynamics; physics teaching.

## INTRODUÇÃO

Os equívocos conceituais apresentados em livros didáticos e em endereços eletrônicos representam graves problemas para a construção do conhecimento nos diversos campos da Física e, em especial, nos tópicos de hidrodinâmica trabalhados no ensino médio.

Observa-se que na construção de modelos que envolvem mais de uma variável, os autores devem cuidar que todas as possibilidades impostas pelas variáveis sejam analisadas, evitando a construção de modelos equivocados que são utilizados nos livros de ciências. Esses equívocos podem ser evitados se autores de livros de Ciências se preocuparem em reproduzir os experimentos respeitando a metodologia da pesquisa (controle das variáveis) antes da inserção das gravuras em livros e se os professores de Ciências tiverem o cuidado de reproduzir os experimentos apresentados ou sugeridos pelos livros. (SANT'ANA, 2008).

Por outro lado, em artigo publicado na Revista Brasileira de Ensino de Física, Araújo e Abib (2003) apresentaram os resultados de sua investigação referente à produção de temas abordados em pesquisa no ensino de Física nos

últimos anos. Esta análise foi baseada nos trabalhos publicados entre 1992 e 2001 pela Revista Brasileira em Ensino de Física e Caderno Catarinense de Ensino de Física. Foram privilegiadas nove áreas de pesquisa, sendo elas: Mecânica, Ótica, Eletricidade e Magnetismo, Física Moderna, Calorimetria, Hidrodinâmica, Gases, Astronomia e Ondulatória. Somando-se um total de noventa e dois (92) artigos publicados. No entanto, o tópico de Hidrodinâmica teve apenas quatro (4) trabalhos publicados, atingindo um índice de 4,3 % do total.

Dentre esses quatro trabalhos em hidrodinâmica, a publicação de autoria de Dornelles Filho, que foi publicada pelo Caderno Catarinense de Ensino de Física apresentou as figuras dispostas de forma equivocada. Isto provocou dúvidas na questão conceitual, prejudicando o trabalho realizado pelos autores e pondo em risco ao leitor a ter uma interpretação enganosa a respeito das ideias físicas envolvidas na questão. Verificou-se também que os conceitos envolvidos em hidrodinâmica encontram similaridades em situações físicas que ocorrem ao ar livre, face que a diferença fundamental entre as duas situações é a variável densidade do fluido onde ocorre o evento físico. Ainda neste trabalho, Araújo e Abib relatam a utilização de novas tecnologias nos experimentos em sala de aula. Entretanto, discutem que a sua utilização está mais voltada à coleta e análise de dados experimentais. Além disso, destacam que a maioria dos trabalhos que fazem uso de simulações recorrem a *softwares* que não foram produzidos no país.

Sendo assim, dentre os diversos fatores que dificultam a assimilação correta dos conceitos físicos de hidrodinâmica, podemos destacar o fato de que tais assuntos são pouco discutidos e até mesmo pouco trabalhados em sala de aula. O que perpetua o volume de concepções espontâneas com seus respectivos equívocos a respeito do tema proposto.

## APORTE TEÓRICO

### I) CONCEITOS E CONCEPÇÕES ESPONTÂNEAS

A concepção espontânea adquirida mediante a observação de fenômenos físicos é proveniente do pensamento natural do ser humano, pois utiliza os órgãos sensoriais para a percepção dos eventos, coletar dados, tirar suas conclusões e construir seu conhecimento. Com o desenvolvimento do pensamento advém a curiosidade e a experimentação, com isso construímos o conhecimento científico que permite uma interpretação dos fenômenos com a utilização de métodos apropriados a análise dos fatos que ultrapassam a barreira imposta pelas limitações sensoriais. Portanto, faz-se necessário explorar mecanismos que desmistifiquem tais crenças assumindo como verdade o conhecimento científico. Quanto mais frequentes forem os experimentos em sala de aula, mais os alunos estarão aptos a assimilarem e buscarem o saber científico.

Diversos autores apresentam a relevância de se discutir corretamente os conceitos físicos através da experimentação em laboratórios didáticos. Dentre estes podemos destacar Barbeto e Yamamoto (2007) que relatam as dificuldades conceituais apresentadas por alunos do curso de engenharia a respeito do tópico de hidrodinâmica, em testes simples realizados com esses estudantes.

Também podemos citar Hodson (1988) que questiona a crença de que as atividades práticas são exclusivas do laboratório didático e que várias estâncias do

conhecimento utilizam pouco ou nenhum experimento laboratorial. Em alguns casos, o autor, apresenta coerência ao sinalizar para o uso de aparatos em sala de aula, as simulações em computador com utilização de aplicativos informatizados que simulam eventos e vídeos e filmes que apresentam experimentos. Na concepção do autor, o laboratório didático pode ter múltiplos usos, entre eles o desenvolver habilidades básicas de observação e coleta de dados. Além disso, também apresenta a crença em que o laboratório didático é fonte para propiciar espetáculos de luzes, estrondos e espumas. Neste caso, parece haver uma confusão entre o laboratório didático, o laboratório de pesquisa e o tipo de apresentação citada acima. O laboratório didático difere do laboratório de pesquisa justamente em sua finalidade, pois os equipamentos que estão num podem ser os mesmos que estão no outro, mas sua utilização difere entre eles. Um é para aprender a utilizar equipamentos, comprovar teorias já conhecidas e desenvolver a metodologia da pesquisa, o outro é utilizado na prática metodológica, onde já se conhece o instrumental utilizado e a metodologia científica. Neste mesmo caminho o autor exemplifica o caso das observações astronômicas e relata como neste caso praticamente é inexistente a experimentação; tal suposição pode ser questionada, pois muitas das teorias astronômicas foram comprovadas ou modificadas justamente em laboratório, porém não no didático (utilizado para o aprendizado escolar), mas em laboratório de pesquisa científica. O autor parece tratar laboratório didático como sendo o próprio laboratório de pesquisa científica, não apresentando em seu trabalho comentários sobre as diferenças fundamentais entre esses espaços. Hodson apresenta o uso aprendizagem auxiliada por computador como importante recurso sob a alegação de que muitos pesquisadores não vão a bancada do laboratório e utilizam os computadores na construção de modelos e teorias.

Alves (2006) apresenta um trabalho envolvendo um grupo de pesquisa formado por alunos de ensino médio de uma instituição pública e um grupo de controle formado por uma turma de alunos da mesma série da mesma instituição. Este trabalho desenvolvido utilizou o laboratório didático como local de observação e simulação de eventos físicos. Inicialmente percebeu-se a diferença de aprendizado entre os dois grupos focais, mas no último bimestre o grupo de pesquisa não apresentou resultados melhores que o grupo de controle. Isto se deve pelo fato de que, este último, precisava de notas melhores que o grupo de pesquisa. Sendo assim, apresentaram uma maior dedicação aos estudos teóricos, o que ocasionou melhor rendimento na aprendizagem dos conteúdos. Dessa forma, concluiu-se que não se pode afirmar que a simples mudança na rotina escolar e a utilização do laboratório didático melhoram o desempenho dos estudantes. Neste caso, não se pode mais afirmar que o aprendizado foi significativo ou mecânico em relação aos novos conceitos apresentados. Moreira (1999) comenta que o estudante ao deparar com novos conhecimentos realiza uma série de relações com os conceitos que já fazem parte de sua estrutura cognitiva. O problema maior está relacionado ao conhecimento anterior que poderá estar carregado de concepções alternativas em desacordo com o cientificamente aceito.

Outro exemplo de equívocos conceituais em hidrodinâmica, como o encontrado no livro “Ciências: Entendendo a Natureza de César, Zesar e Bedaque

(1996) e o uso do laboratório didático como ferramenta pedagógica pode ser observado em Dorneles (1996). As sugestões motivam a exploração de dúvidas e questionamentos que o leitor, ao reproduzir o experimento sugerido pelo professor Dorneles, terá a satisfação de resolver.

Tendo em vista a pequena quantidade de trabalhos realizados sobre o ensino de hidrodinâmica e os equívocos apresentados em livros didáticos e na *web* (Sant'ana, 2008), fez-se necessária uma pesquisa sobre as concepções presentes nos alunos do curso de Licenciatura em Física com a hipótese de que esses conceitos estariam equivocados. A partir dos resultados obtidos, pretende-se propor ações para a ampla discussão no colegiado de curso, a fim de se discutir propostas curriculares que enfoquem corretamente esse tema.

## II) A HIDRODINÂMICA E A EQUAÇÃO DE BERNOULLI

Neste trabalho, escolheu-se estudar a equação de Bernoulli. É utilizado um modelo que apresenta o deslocamento de um fluido a partir de ponto superior em direção a um ponto inferior (seguindo a questão do movimento natural). A seguir, descreve-se o desenvolvimento matemático da equação de Bernoulli para dois pontos quaisquer em um fluido:

Abaixo, temos o desenvolvimento da equação de Bernoulli extraída de Sant'Ana (2008), que apresenta o desenvolvimento a partir da energia total de um sistema.

Devemos considerar que o alcance horizontal depende tanto da velocidade na saída do orifício quanto à altura do orifício ao plano de referência e comprovar experimental e matematicamente.

Nomenclatura adotada:

$m$  = massa da água,

$h_A$  = altura do nível da água no recipiente em relação ao plano horizontal de referência (fundo do recipiente),

$h_B$  = altura do orifício em relação ao plano horizontal de referência,

$t_q$  = tempo de queda da água do orifício até o plano de referência,

$g$  = aceleração da gravidade,

$P$  = pressão,

$P_A$  = pressão sobre a superfície superior da coluna d'água,

$P_B$  = pressão sobre o orifício de saída d'água,

$P_{atm}$  = pressão atmosférica,

$\rho$  = densidade do líquido,

$v_L$  = velocidade de lançamento horizontal do jato de água,

$v$  = velocidade de descida do volume superior de água,

$E$  = energia mecânica,

$E_k$  = energia cinética,

$U$  = energia potencial do sistema,

$W$  = trabalho realizado,

$A_1$  = área da superfície do recipiente,

$A_2$  = área do orifício,

$l_1$  = altura do líquido deslocado referente a parte superior da coluna d'água,

$l_2$  = altura do líquido deslocado referente a parte superior da coluna d'água,

$V$  = volume do líquido deslocado,

$F_A$  = força-peso do ar sobre a superfície superior da coluna de água,

$F_B$  = força-peso do ar sobre a superfície superior da coluna de água.

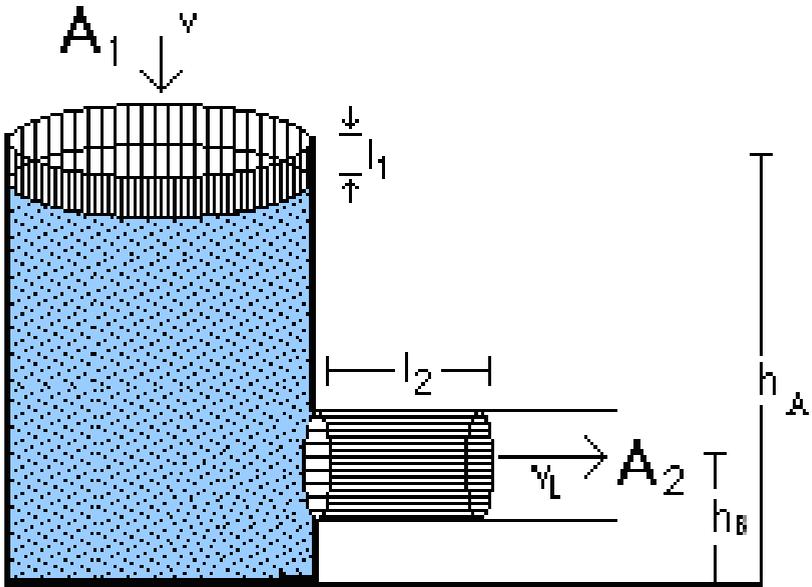


Figura 1: recipiente com parte superior aberta e orifício lateral

Fonte:

(adaptada)

<http://www.if.ufrj.br/teaching/fis2/hidrodinamica/hidrodin.html>

Diferença de energia potencial do sistema ( $U$ ) = volume contendo uma quantidade de massa de água ( $V$ ) multiplicada pela aceleração da gravidade ( $g$ ) e pela diferença de nível entre os pontos ( $h_A - h_B$ ).

$$U = \rho.V.g.\Delta h$$

Como  $m = \rho.V$ , temos:

$$U = m.g.(h_A - h_B)$$

Além da energia potencial, temos também energia cinética no nível superior e no orifício do tambor.

Como um determinado volume de água que sai pelo orifício é igual ao volume de água que está no nível superior do tambor, a diferença entre as superfícies (área do nível superior e área do orifício) implica em velocidades diferentes de escoamento. Temos então:

$$E_k = \frac{1}{2}mv_L^2 - \frac{1}{2}mv^2 \rightarrow E_k = \frac{1}{2}\rho Vv_L^2 - \frac{1}{2}\rho Vv^2$$

Energia mecânica (E):

$$E = E_k + U = \frac{1}{2}\rho Vv_L^2 - \frac{1}{2}\rho Vv^2 + mgh_A - mgh_B$$

Como o volume de água se desloca em comprimento  $l_1$  na parte superior e também há deslocamento do mesmo volume de água em comprimento  $l_2$  no orifício, temos trabalho realizado pela força peso do volume de água, que se deslocará em  $l_1$  comprimento no nível superior (ponto A) e  $l_2$  através do orifício (ponto B), têm:

$$W = F_A \cdot l_1 - F_B \cdot l_2$$

Sabemos que força = pressão vezes área,

$$W = P_A \cdot A_1 \cdot l_1 - P_B \cdot A_2 \cdot l_2 = P_A \cdot V - P_B \cdot V$$

O trabalho é igual à variação da energia total do sistema. Logo,

$$P_A \cdot V - P_B \cdot V = \frac{1}{2}\rho Vv_L^2 - \frac{1}{2}\rho Vv^2 + mgh_A - mgh$$

Dividindo por todos os termos por  $V$ , temos a Equação de Bernoulli para dois pontos A e B quaisquer em um fluido:

$$P_A + \frac{1}{2}\rho v_A^2 + \rho gh_A = P_B + \frac{1}{2}\rho v_B^2 + \rho gh_B$$

No caso de se trabalhar com essa equação em turmas de ensino médio, deve-se considerar que o tema hidrodinâmica é posterior a hidrostática e energia, o desenvolvimento da equação de Bernoulli é iniciado pela conservação da energia total de um sistema e ao finalizar o cálculo o aluno perceberá que a equação não surge inesperadamente e sem contextualização. A partir da reflexão e análise desses temas a equação de Bernoulli passa a ter sentido e seu aprendizado logra êxito.

## METODOLOGIA

Optamos por trabalhar com alunos dos cursos de Licenciatura do IFRJ (*campus* Nilópolis-RJ) e adotamos como instrumento de investigação, entrevistas realizadas a partir de questionário, método que é muito utilizado por Moreira (1999) em suas pesquisas. Este autor utiliza a técnica de questionário que pode ser amplamente utilizada para se extrair as concepções a cerca de um tema estudado.

Foi realizada uma entrevista com cinquenta e seis (56) alunos de licenciatura, sendo quarenta e nove estudantes de licenciatura em Física e sete de Matemática. Esta entrevista consta de um questionário contendo duas gravuras referentes à saída de água por orifícios postos verticalmente em parede lateral de um recipiente cilíndrico e dez (10) questões abertas sobre o tema e correlações com história e filosofia das ciências. Com esse questionário pretendeu-se avaliar os conhecimentos prévios que futuros professores carregam durante, pelo menos parte de, sua vida acadêmica; conhecimentos esses que caso sejam equivocados e não

corrigidos, fatalmente serão carregados para a vida profissional e reproduzidos em sala de aula como conhecimento cientificamente aceito.

A entrevista com os alunos de graduação em licenciaturas de Física e Matemática contou com um formulário contendo duas figuras incompletas referentes a deslocamento de água por orifícios em parede lateral de recipientes cheios de água, as quais deveriam ser completadas pelos entrevistados e outras questões sobre conceitos de hidrostática, hidrodinâmica e história da Ciência.

## QUESTIONÁRIO

Questão 1 – Faça o caminho percorrido pela água ao sair de cada orifício, considerando que o nível da água permanece constante por realimentação.

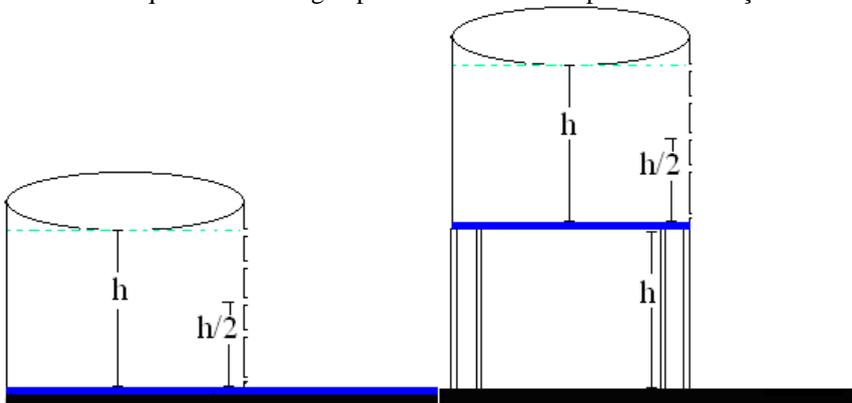


Figura 1: Modelo a ser completado pelos entrevistados.

Questão 2 – Justifique sua resposta, explicando seu desenho.

---



---

Questão 3 – Você já viu esta situação alguma vez? Onde e como foi? Ex.: em livro, na escola, no laboratório, em casa, etc.

---



---

Questão 4 – Você conhece o Teorema de Stevin?

---



---

Questão 5 – Que conceito(s) o Teorema de Stevin correlaciona?

---



---

Questão 6 – Quem foi Simon Stevin?

---

---

Questão 7 – Você conhece a equação de Bernoulli?

---

---

Questão 8 – Que conceito(s) a equação de Bernoulli correlaciona?

---

---

Questão 9 – Escreva o que você conhece sobre a família Bernoulli?

---

---

Questão 10 – É possível correlacionar o(s) conceito(s) de hidrodinâmica das figuras que você completou com conceitos de outros tópicos de Física? Quais?

---

---

Questão 11 – Este tema é relevante para o ensino de Física? Por Quê?

---

---

## RESULTADOS

Referente à história e filosofia da Ciência, os entrevistados demonstraram desconhecer sobre Simon Stevin e sobre os Bernoulli, assim como demonstraram desconhecer sobre os principais trabalhos desenvolvidos pelos pesquisadores.

Resultados da pesquisa com alunos de licenciatura:

I – Referente às gravuras a serem completadas:

50% dos entrevistados acreditam que quanto maior a altura do orifício, maior será o alcance horizontal do jato de água.

34% dos entrevistados acreditam que quanto menor a altura do orifício, maior será o alcance horizontal do jato de água.

15% dos entrevistados não completaram as gravuras.

1% dos entrevistados completaram as gravuras com os jatos d'água atingindo o mesmo ponto.

II – Referente a conhecimento anterior sobre o tema:

50% dos entrevistados declararam desconhecer o tema.

40% declararam conhecer através de fatos do dia-a-dia.

10% dos candidatos declararam conhecer através de livros ou experimentos em laboratório.

Percebe-se pelos dados obtidos que o tema hidrodinâmica não foi abordado no ensino fundamental e médio ou a abordagem não foi significativa e as concepções alternativas são perpetuadas ao longo da graduação.

III – Quanto a correlacionar hidrodinâmica com outros tópicos da Física, apenas 9% dos entrevistados conseguiram correlacionar, porém apenas um entrevistado (1,7 %) correlacionou com energia de um sistema.

IV – Apesar da maioria dos entrevistados (84%) considerar o tema hidrodinâmica relevante ao ensino de Física, nem um deles soube informar o porquê da relevância.

Percebe-se que os equívocos gerados nas séries iniciais se propagam ao longo da formação do estudante, refletindo-se nos alunos de graduação em licenciatura. A não correção dos erros conceituais na fase de formação do futuro docente em Física poderá acarretar a propagação desses equívocos para os futuros alunos desses mesmos licenciandos e que a abordagem cientificamente aceita em sala de aula não é suficiente para desconstruir a concepção espontânea do aluno. Faz-se necessária a atividade laboratorial e outros recursos, como exemplo as simulações em computador, para motivar os estudantes a observação dos fenômenos e à percepção correta dos conceitos físicos e suas correlações com os fenômenos do cotidiano.

## CONCLUSÃO

Este trabalho revelou que os conceitos de hidrodinâmica abordados e suas referentes equações são pouco explorados ou possuem desconhecimento do estudante. Além de destacar o insuficiente conhecimento a respeito da história da ciência no nível médio, o que se perpetua ao longo da graduação.

Dessa maneira, é necessário que se discuta a necessidade de uma revisão curricular no ensino de Física do ensino médio e dos cursos de Licenciatura, a fim de que se explore melhor os conceitos triviais de hidrodinâmica, tais como os discutidos a partir da equação de Bernoulli.

As concepções espontâneas adquiridas a partir do ensino médio e, em especial no decorrer do curso de Licenciatura em Física, devem ser desmistificadas com o uso constante do laboratório didático e de simulações em computador. Experimentos simples e de baixo custo podem ser implementados de forma que o desejo pelo conhecimento científico e a investigação se torne uma rotina no estudo dos fenômenos físicos.

A pesquisa demonstra que história e filosofia das ciências é negligenciada, tanto nas disciplinas de ciências naturais, quanto na disciplina de História Humana.

## REFERÊNCIAS

ALVES, V. F. **A inserção de atividades experimentais no ensino de física em nível médio: em busca de melhores resultados de aprendizagem.** Dissertação de Mestrado, UNB, disponível em [http://bdtd.bce.unb.br/tesdesimplificado/tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=1845](http://bdtd.bce.unb.br/tesdesimplificado/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=1845) Acesso em 21/dez./2008.

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.25, n.2, Rio de Janeiro, jun./2003. p.176-19.

BARBETA, V. B.; YAMAMOTO, I. Dificuldades conceituais em física apresentadas por alunos ingressantes em um curso de engenharia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.24, n.3, São Paulo, set./2002.

DORNELLES FILHO, A. Uma questão em hidrodinâmica. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.13, n.1, Santa Catarina, 1996. p.76-79.

HODSON, Derek. **Experimentos na ciência e no ensino de ciências**. Educational philosophy and theory. Tradução de Paulo A. Porto. Disponível em <http://www.iq.usp.br/wwwdocentes/palporto/TextoHodsonExperimentacao.pdf> Acesso em 28/fev./2007.

MOREIRA, M. A. **Teorias construtivistas**. Porto Alegre: Instituto de Física-UFRGS, 1999.

SANT'ANA, J. A. G. Mapeamento de modelos utilizados por alunos e professores em uma situação clássica de hidrodinâmica. Monografia (Graduação em Física-IFRJ). Nilópolis-RJ: 2008. p.34.