



PROBLEMATIZAÇÃO NO ENSINO DO PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES E O PARADOXO HIDROSTÁTICO DE GALILEU

Gleydson Patricio De Souza Silva¹

Natilene Teixeira Costa Silva²

Marcelo Pereira Matias³

Francisco Nairon Monteiro Júnior⁴

RESUMO

Refletir sobre a função do experimento no ensino de física é articular, necessariamente, a dimensão psicológica, na natureza do ser que pensa enquanto indivíduo, à dimensão epistemológica, na natureza da construção coletiva do conhecimento, fundamentando a atividade experimental enquanto práxis pedagógica. A conexão da metodologia da problematização quando implantada na vivência pedagógica escolar institui ambientes para a identificação e o diálogo entre ação-reflexão de temas no ensino de física e oportuniza a construção de uma aprendizagem diversificada e instigante, mediante a apropriação deste elemento questionador aplicável na prática pedagógica do professor de física do ensino médio. Neste artigo apresenta-se os resultados da aplicação da metodologia da problematização ao enigma do paradoxo hidrostático de Galileu. Nesta investigação, foi realizada uma entrevista com quatro professores de física de distintas escolas públicas estaduais da região metropolitana de Recife/PE, na qual foi utilizada a pesquisa qualitativa e a aplicação do questionário que se deu de forma individual, a qual foi relevante por apontar e refletir sobre o entendimento do princípio de Arquimedes na práxis de professores de física em ensino médio.

Palavras-chave: Problematização, Princípio de Arquimedes, Paradoxo de Galileu.

INTRODUÇÃO

A educação contemporânea sustenta que a aprendizagem se estabelece num processo dinâmico, interligando a cultura aos contextos físicos de aprendizagem, focalizando a participação ativa do aluno na produção individual e social de conhecimentos. Neste sentido, a ação do professor se desloca da perspectiva de detentor do conhecimento, responsável direto pela aprendizagem do estudante, em direção a uma

¹ Mestre em Ensino de Física / Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, xgleydson@gmail.com.

² Mestre em Ensino de Física/ Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, lenesbel2006@gmail.com.

³ Mestre em Ensino de Física / Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, maralo_matias@yahoo.com.br

⁴ Doutor em Educação em Ciências e Matemática / Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, naironjr67@gmail.com.



perspectiva mediadora, facilitadora, promotora do protagonismo estudantil tão necessário à aprendizagem ativa.

“A Metodologia da Problematização, portanto, vem surgindo e se estabelecendo como instrumental eficiente para o processo de ensino-aprendizagem, em decorrência da necessidade de inovações metodológicas capazes de favorecer a formação de profissionais articulados e comprometidos com o contexto sócio-político e histórico em que estão inseridos.” (Téo; Coelho, 2002 apud Santos; Silva, 2008, p.3).

Nesta pesquisa de campo quatro docentes foram indagados sobre a explicação de um experimento envolvendo o princípio de Arquimedes, como costuma ser apresentado nos livros-texto. Em seguida, foram apresentados a uma situação experimental atípica, na qual o princípio de Arquimedes não pode ser aplicado, derivada do mesmo aparato da situação experimental inicial. Tal situação atípica (Figura 1), conhecida como “paradoxo hidrostático de Galileu”, consiste na afirmação de que um corpo pode flutuar em um fluido mesmo quando o peso total do fluido disponível, e não apenas o do volume deslocado, é menor do que o peso do corpo. Segundo o citado princípio, a força de empuxo, necessária à flutuação, é numericamente igual ao peso da massa de fluido deslocado, quando o corpo de teste é colocado no fluido. Na medida em que tal corpo afunda, o empuxo vai aumentando, na proporção direta do aumento da parte submersa do corpo, até que o empuxo possa se igualar ao peso, no caso em que o corpo flutua. Se, ao final de toda a imersão do corpo, o empuxo não equilibrar o peso, o corpo afunda. Contudo, há um caso paradoxal, o qual foi criado por Galileu, a fim de ‘embaraçar’ os arquimedianos de sua época, o qual consiste de um recipiente cilíndrico, no qual é colocada uma pequena quantidade de água, e de um corpo cilíndrico que normalmente flutuaria em água, quando colocado num recipiente muito maior do que ele, e cujo diâmetro é um pouco menor do que o diâmetro interno do recipiente cilíndrico. Quando tal corpo é colocado dentro deste recipiente cilíndrico, a água, rapidamente, sobe no pequeno espaço existente entre a parede interna do recipiente e a parede externa do cilindro, alcançando o nível que seria o de flutuação num recipiente grande, e o corpo flutua, neste caso com um volume fluido deslocado cujo peso pode ser muito menor do que o peso do cilindro.

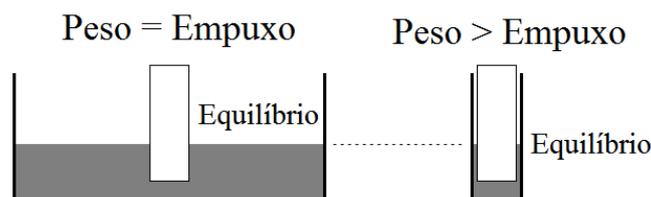
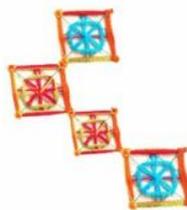


Figura 1. Paradoxo Hidrostático de Galileu.

METODOLOGIA

Esta pesquisa incluiu uma revisão bibliográfica e a pesquisa de campo aplicando a metodologia da problematização ao enigma do paradoxo hidrostático de Galileu. A primeira consistiu em se fazer um levantamento da forma como costuma ser apresentado “experimentalmente” nos livros-texto o princípio de Arquimedes, e que habitualmente leva a um erro de julgamento, muitas vezes não é apercebido.

Na investigação de campo, foi utilizada a pesquisa qualitativa e a aplicação do questionário que se deu de forma individual. Essa investigação foi essencial por diagnosticar e refletir sobre o entendimento do princípio de Arquimedes na práxis de professores de física em ensino médio. Para a coleta de dados, foi utilizada uma entrevista estruturada. Desta forma, foi possível diagnosticar aspectos concernentes à compreensão por parte dos professores de física do referido princípio, confrontando com o paradoxo hidrostático de Galileu, como uma ferramenta intrínseca a um processo de aprendizagem que envolva a metodologia da problematização. O experimento foi realizado em 3 etapas. A figura 2 apresenta os materiais utilizados no experimento.



Figura 2. Recipientes utilizados no experimento.

Etapa 1: mergulha-se a lata de refrigerante na lata de tinta completamente cheia de água deixando o líquido extravasar para o recipiente coletor (figura 3).



Figura 3. Recipiente 1 com corpo de 350 mL imerso na água e volume deslocado no recipiente aparador.

Etapa 2: coloca-se o líquido extravasado do recipiente 1 no recipiente 2 (figura 4) e insere-se a lata de refrigerante (figura 5).



Figura 4. Recipiente 2, volume 2L, com volume deslocado do recipiente 1 após a imersão do corpo de 350 mL.



Figura 5. Recipiente 2 com corpo de 350 mL imerso no volume de água deslocado no recipiente 1.

Etapa 3: coloca-se o líquido do recipiente 2 no recipiente 3 (figura 6) e novamente inserimos a lata de refrigerante (figura 7).



Figura 6. Recipiente 3, com volume de 500 mL, e volume de água deslocado no recipiente 1.



Figura 7. Recipiente 3, com volume de 500 mL, com o corpo de 350 mL imerso no volume de água deslocado no recipiente 1.

A seguir, apresentamos a descrição do experimento e as intervenções realizadas antes, durante e depois de cada etapa.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conceito de Empuxo x Lei de Arquimedes: o que dizem os colegas entrevistados?

Para conceituar o empuxo foi possível perceber que os professores possuem uma clara dependência de uma equação para poder conceituar algo, chegando a não conseguirem definir o empuxo por não lembrarem da relação $E = d \cdot L \cdot v \cdot g$. Essa situação fica explícita na frase dita pelo professor 4: “*Não, nem lembro mais da fórmula!*”. Assim como, na descrição do Empuxo como se estivessem lendo a equação, como fica evidente na fala do professor 1: “*Empuxo, é uma força e ela depende da densidade do líquido e do efeito do volume deslocado dependente desse corpo.*”.

Quando foi pedido para enunciarem a Lei de Arquimedes, foi constatada uma confusão entre o teorema e o conceito de empuxo, como pode ser visto na fala do professor 3: “*É... um corpo submerso em um fluido, possui um volume na qual desloca uma coluna de água ou fluido.*” E segundo o mesmo professor a definição de empuxo “*é um volume de água deslocado, exerce pressão num corpo.*”. Pelo exposto, não dá para saber se o professor pensou no modelo da balança hidrostática, na lei de Stevin, ou se fez uma confusão e misturou as ideias, além de ser observado que o mesmo professor achava que se tratava de algo único, ou seja, que a lei de Arquimedes é a própria definição de Empuxo, como respondido em: “*Ôxe! E não é a mesma coisa?*”. Com respeito ao enunciado da Lei, o professor 1 é o que chega mais próximo da forma comumente apresentada pelos livros didáticos, qual seja a de que “*Todo corpo mergulhado em um líquido sofre um empuxo de baixo para cima igual ao peso do fluido por ele deslocado*” (MEDEIROS; SILVEIRA, 2009)

Com respeito ao teorema de Arquimedes, segundo o professor 1, “*O Teorema de Arquimedes é justamente o teorema que relaciona duas forças. A força em sentido de cima pra baixo que é o peso. E o efeito do empuxo, que é uma força em sentido contrário, que ocorre em todos os líquidos e que faz com que os corpos tendam a flutuar*”. Como pode ser notado na transcrição, o citado professor incluiu, equivocadamente, a força peso como fazendo parte do citado princípio. A definição dada pelo professor 2 foi a que mais se aproximou do enunciado usualmente encontrado nos livros didáticos. Segundo ele, “*O Arquimedes provou que os corpos na água ficam mais leves porque existe uma força*



chamada empuxo, que é uma força vertical de baixo para cima quando você está imerso na água”. No entanto, essa foi a definição de Empuxo dada pelo professor e não a Lei enunciada por Arquimedes. Porém, quando o mesmo foi indagado sobre a definição da lei, foi percebido o desconforto em responder, pois, pela sua resposta é possível verificar que houve conflito entre empuxo e lei: “Rapaz... Enunciar de cabeça... todo corpo imerso parcialmente ou totalmente num fluido sofre uma força vertical de baixo para cima.”.

Com relação ao experimento: quais as explicações dadas pelos colegas professores?

Na etapa 1 do experimento, ao se colocar o corpo no recipiente 1 completamente cheio de água, pergunta-se se flutua ou afunda. Três professores responderam corretamente que flutuaria. O que chamou atenção foi a justificativa dada para a flutuação do corpo.

Professor 1: *“acredito que ele vai boiar porque a densidade dele é menor que a da água”.*

Professor 2: *“Então eu acredito que... ele vá... afundar. Pelo menos se ela estiver totalmente cheia, eu creio que... vai afundar. Ele ficou um pouco fora”.*

Professor 3: *“ah! É leve, então flutua.”.*

Professor 4: *“Acho que flutua, já que é leve!”.*

Como constatou-se nas respostas acima elencadas, apenas o professor 1 respondeu de forma cientificamente coerente, atribuindo a condição de flutuação à relação entre as densidades. O professor 2 não levou em consideração o gás presente dentro da lata de refrigerante. Os professores 3 e 4 atribuíram, equivocadamente, a condição de flutuação ao peso do objeto. É de se estranhar que nenhum dos professores tenha atentado para o fato de que o refrigerante é constituído, em grande parte, por água, bem como a lata, embora lacrada, não está totalmente cheia, gerando espaço para o ar dentro da mesma.

Quando questionados sobre o volume de água extravasado do recipiente após a introdução do corpo, o professor 1 respondeu: *“O volume de água deslocado é o volume que equivale ao conteúdo da lata”.* O professor 3 disse: *“Sim, é igual ao volume do corpo imerso”.* Ambos Chegam à consonância de que o volume de água deslocado era igual ao volume do corpo imerso. O professor 2 disse ser proporcional: *“É segundo Arquimedes, essa quantidade de líquido que foi derramado é proporcional ao volume do corpo que...”*



da parte do corpo que está na água”. O professor 4 deixou evidente que não havia relação entre os volumes. – “Acho que não! Não depende do objeto.”. como podemos ver, apenas o professor 2 respondeu de forma cientificamente coerente.

Na etapa 2, coloca-se no recipiente 2 o volume extravasado do recipiente 1 (após a introdução do corpo), ou seja, 350 mL de água num recipiente de diâmetro bem maior que o diâmetro da lata. Nessa situação, o Professor 1 disse: “*eu acredito que agora,... ele ainda vai flutuar, porque a densidade da água é a mesma*”. A questão aqui não se refere à densidade porque todo o experimento é realizado com o mesmo líquido e com o mesmo corpo. Para os três outros percebemos a ideia implícita e equivocada de que um corpo só flutua se o volume de líquido for maior que o volume do objeto imerso.

Professor 2: “*Eu acredito que ele vai afundar*”... “ : *Ele afundou, porque a quantidade de líquido, dele, do corpo, é maior que a quantidade de... de água do recipiente.*”

Professor 3: “*Afunda. Porque não tem água suficiente para ele flutuar*”.

Professor 4: “*Afunda. Porque não tem água suficiente para ele flutuar.*”

Na terceira etapa, situação final do experimento, temos o recipiente 3 com um volume de líquido menor que o volume do objeto a ser imerso. E a mesma pergunta: flutua ou afunda?

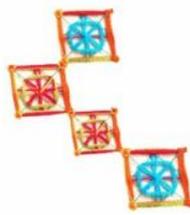
Professor 1: “*Vai afundar. Flutua???(risos)*

Professor 2: “*Neste caso aí... vamos supor... eu ainda acho que ele vai afundar. Será.*”... “*E flutuou. (surpreso e risos)*”

Professor 3: “*Peraê! Acho que.... isso é uma pegadinha né? Então flutua!*”... “*No outro tinha maior área ai a força era menor e nesse que tem menor área a força é maior.*” (risos).

Professor 4: “*rapaz... eu acho que vai flutuar porque a água vai se espalhar pelas laterais e vai cobrir a lata.*”.

Os dois professores licenciados em Física e o licenciado em Matemática se surpreenderam ao ver que o corpo flutuava em tão pouco líquido. Já o professor 4, licenciado em Química, não se surpreendeu e ainda propôs uma justificativa diferente dos demais, embora não falasse das dimensões do recipiente. Desta maneira, foi possível perceber que sua ideia é de que o corpo flutuaria, pois, de alguma forma, ele estaria totalmente imerso, o que de certa forma remete à primeira situação.



O professor 3, ainda que surpreso, cita as dimensões do recipiente. Entretanto, relaciona o valor do empuxo com a largura do recipiente ou que confunde com a prensa hidráulica.

É interessante observar que o professor 3, após ver o paradoxo da flutuação numa quantidade de líquido cujo peso total é menor do que o peso do corpo (lata de refrigerante), fica impressionado, mas, mesmo assim, tenta reconstruir as suas explicações para dar conta dessa nova situação. Por outro lado, o professor 4 monta uma explicação que muito se parece com a situação apresentada por Galileu e que está esquematizada na figura 1, na qual há a ideia implícita de uma balança, conforme detalhado num célebre artigo publicado por Snir (1991).

Finalmente questionados sobre a existência de um erro na Lei de Arquimedes, todos são enfáticos que não, mesmo após evidenciarem o experimento.

Professor 1: *“Não...nenhum erro...acho que é a questão do quantitativo de água e de massa, mesmo as densidades influenciando. Tem a altura do recipiente e a altura da água”*. Percebe que as dimensões do recipiente alteram o esperado.

Professor 2: dúvidas e... *“ Tem haver com... a altura do recipiente, volume, densidade”*. O professor demonstra perceber a interferência das dimensões, mas também relacionou uma grandeza que foi constante durante a execução de todo o experimento.

Professor 3: *“Não. Isso acontece por causa da pressão interna entre as paredes do vaso”*. De fato, a pressão não afeta as paredes do vaso.

Professor 4: *“Não sei dizer, mas flutua por causa do recipiente”*. O professor demonstra perceber a interferência da dimensão do recipiente mesmo sem conseguir definir com precisão.

Aqui é importante que se diga que o modelo físico, além de provisório, tem seus limites de validade impostos pelas simplificações que são assumidas na sua construção. No caso, o princípio de Arquimedes só é válido para recipientes fisicamente infinitos, ou seja, cujas dimensões sejam muito maiores do que a do corpo de prova. As explicações dos professores parecem reforçar a visão realista ingênua, fortemente presente em livros didáticos e, infelizmente, nas visões de muitos colegas professores de física. Para o realista ingênuo, as leis da física são retratos fieis da realidade a que se reportam. Não há simplificações ou limites de aplicação. Perguntados sobre se conheciam o *Paradoxo Hidrostático De Galileu*, todos afirmaram já ter ouvido falar, mas não lembravam o que



dizia. Também não conseguiram formular um novo enunciado para a Lei de Arquimedes mesmo tendo presenciado o experimento.

A Lei de Arquimedes e o empuxo segundo os livros didáticos

Abaixo seguem seis enunciados da Lei de Arquimedes encontrados em livros didáticos, tanto para o ensino médio, quanto ao superior, que foram usados como referência para comparar com as respostas dos docentes entrevistados.

“Quando um corpo é imerso total ou parcialmente em um fluido em equilíbrio sob a ação da gravidade, ele recebe do fluido uma força denominada empuxo (ou impulsão de Arquimedes). Tal força tem sempre direção vertical, sentido de baixo para cima e intensidade igual à do peso do fluido deslocado pelo corpo.” (DOCA; GUALTER, HELOU. 2012)

“Um corpo, total ou parcialmente, imerso em um fluido em equilíbrio recebe desse fluido uma força, vertical, de baixo para cima e com intensidade igual ao peso de fluido deslocado pela imersão do corpo, chamada empuxo.” (PENTEADO, 2001)

“Quando um corpo está total ou parcialmente submerso em um fluido, o fluido ao redor exerce uma força de empuxo \vec{F}_e sobre o corpo. A força está dirigida para cima e possui uma intensidade igual ao peso $m \cdot g$ do fluido que foi deslocado pelo corpo.” (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2001)

“Todo corpo sólido mergulhado num fluido em equilíbrio recebe uma força de direção vertical e sentido de baixo para cima cuja intensidade é igual ao peso do fluido deslocado.” (RAMALHO; NICOLAU; TOLEDO, 2007)

“A equação $F_e = \rho g v$ perdiz a força líquida vertical sobre um corpo que está totalmente submerso em um único fluido. Nos casos de imersão parcial, um corpo flutuante desloca um volume de líquido com peso igual ao peso do corpo.” (FOX; MCDONALD; PRITCHARD, 2006)

“Todo corpo imerso em um fluido sofre a ação de uma força vertical para cima, empuxo, de módulo igual ao peso do fluido deslocado, dado por: $E = V_s \cdot \mu \cdot g$, onde V_s = volume submerso do corpo e μ = massa específica do fluido.” (SILVA FILHO, 1995)

Dos enunciados acima citados, é possível compreender que o empuxo é uma força, e como tal deve possuir direção, sentido e intensidade. Logo, de acordo com as referências, a direção desta força é vertical e o seu sentido é para cima. No entanto, a sua intensidade pode ser deduzida a partir da Lei Fundamental da Hidrostática que foi formulada por Simon Stevin, como apresentado a seguir.

Tomemos um corpo totalmente imerso em um fluido, de densidade ρ , como na figura 8, o qual, para efeitos de simplificação de cálculos, é cilíndrico e flutua



verticalmente em repouso. A parte superior do cilindro está a uma altura h_1 da superfície do fluido e a parte inferior está a uma altura h_2 também em relação a superfície do fluido. Como a face 2 do cilindro está a uma profundidade maior que que face 1, é possível concluir que a pressão na face 2 é maior que na face 1. Consequentemente é válido que $|\vec{F}_2| > |\vec{F}_1|$. Admitindo-se uma força resultante vertical para cima, já que as forças exercidas nas laterais do cilindro por simetria se anulam, a esta resultante chama-se Empuxo (E).

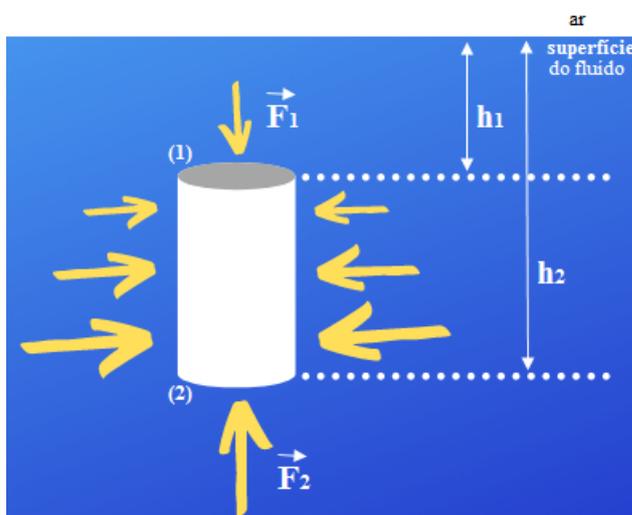


Figura 8: diagramas de forças.

Usando a lei de Stevin, obtém-se:

$P_2 - P_1 = \rho gh$, sendo $P = F/A$ e substituindo na lei de Stevin temos:

$$F_1/A - F_2/A = \rho gh$$

$$F_1 - F_2 = \rho gh.A$$

Deste modo, nota-se que a diferença $F_1 - F_2$, é o empuxo (E), e o produto $A \cdot h$ é o volume do cilindro. Logo, $E = \rho Vg$, Onde, neste caso, o volume do cilindro é o volume de fluido deslocado:

$$E = \rho \cdot V_{fd} \cdot g$$

Quanto ao teorema, os enunciados deixam claro que relaciona a força empuxo à submersão de um corpo. A grande “sutileza” do problema é saber se o empuxo é igual ao peso do fluido por ele deslocado, pois daí deve-se sair a conclusão se o corpo flutua ou não. De acordo com Medeiros e Silveira (2009), um possível enunciado para a situação é o de que “todo corpo mergulhado em um líquido sofre um empuxo de baixo para cima igual ao peso do fluido contido em um volume idêntico ao volume submerso do corpo no fluido.”

Neste contexto, observa-se que esse experimento que é simples de se realizar e possui um custo baixo, pode ser inserido nas salas de aulas do ensino médio, visto que precisamos apenas de materiais acessíveis para realizá-lo e auxílio de uma matemática em nível médio para analisá-lo. Além do mais, traz uma excelente problematização na



realização de um ensino por investigação, no cumprimento das atividades curriculares do ensino médio. Segundo Campos e Nigro (2009, p.24),

“Deve-se salientar, contudo, que o objetivo do ensino como investigação não é formar verdadeiros cientistas, tampouco única e exclusivamente mudanças conceituais. O que se pretende, principalmente, é formar pessoas que pensem sobre os fenômenos do mundo de modo não superficial.”

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar da Lei de Arquimedes ser enunciada de forma usual em inúmeros livros de Física, como foi mostrado neste trabalho, pode-se perceber a necessidade do cuidado com as generalizações. Pois, neste caso, a Lei de Arquimedes não possui validade quando as dimensões do recipiente forem próximas às do corpo de prova, situação materializada pelo paradoxo de Galileu. De fato, seria preciso uma nova formulação para que o mesmo atendesse de maneira mais abrangente.

A proposta deste trabalho foi utilizar o paradoxo hidrostático de Galileu com finalidade de gerar uma problematização referente à lei de Arquimedes, criando assim, uma situação inusitada de forma a despertar a aprendizagem de maneira ativa.

Foi percebido, no desconforto de suas respostas, quando entrevistados, que os professores tiveram ideias conflitantes em relação a conceituação do empuxo e do teorema de Arquimedes. Também ficou evidenciado que eles não conheciam o teor do Paradoxo Hidrostático de Galileu, e, conseqüentemente, não conseguiram concluir que teoremas e leis possuem seus limites de validade, numa perspectiva epistemológica mais alinhada com a moderna filosofia da ciência.

Destaca-se também que o objetivo desta investigação não foi o de criar novos conceitos físicos, nem mostrar erros dos docentes, mas sim o de compartilhar este célebre experimento, o qual evidencia uma situação que não pode ser explicada a partir do princípio de Arquimedes, auxiliando-os na condução de um ensino investigativo.

Desta proposta didática foi possível depreender que a atividade experimental é uma importante estratégia no ensino da Física, potencializando e melhorando a construção do conhecimento em sala de aula, em consonância com a perspectiva investigativa.



REFERÊNCIAS

- CAMPOS, M. C. C.; NIGRO, R. G. **Teoria e Prática em ciências na escola: o ensino aprendizagem como investigação.** São Paulo: FTD, 2009.
- DOCA, G. H.; VILLAS BOAS, N. **Tópicos de Física.** v.1. 21ed. São Paulo: Saraiva, 2012.
- FOX, R. W.; MCDONALD, A. T.; PRITCHARD, P. J. **Introdução à mecânica dos fluidos.** 6ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física.** v.2. 6ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.
- MEDEIROS, A. J. G.; SILVEIRA, F. L. O paradoxo hidrostático de Galileu e a lei de Arquimedes. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.26, n.2: p. 273-294, 2009.
- PENTEADO, P. C. **Física: conceitos e aplicações.** v.1. São Paulo: Moderna, 2001.
- RAMALHO, F.; NICOLAU, G. F.; TOLEDO, P. A. **Os Fundamentos da Física.** v.1, 9ed. São Paulo: Moderna, 2007.
- SANTOS, A. J.; SILVA, M. D. A Metodologia da Problematização na Física do Ensino Fundamental. In: Simpósio Nacional de Educação, 1, 2008, Cascavel, **Anais.** Cascavel/PR: anais, 2008.
- SILVA FILHO, E. **Problemas de Física para o Vestibular e Universidade.** v.1. 1ed. Recife: Editora Universitária da UFPE, 1995.
- SNIR, J. Sink or float - What do the experts think?: The historical development of explanations for floatation. **Science Education**, 75(5), p. 595-609, 1991.