

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

DANIELA ALMEIDA CANÇADO

**DESENVOLVIMENTO DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE
HIDROSTÁTICA NO ENSINO MÉDIO UTILIZANDO ENSINO POR
INVESTIGAÇÃO**

VIÇOSA – MINAS GERAIS

2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

DANIELA ALMEIDA CANÇADO

**DESENVOLVIMENTO DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE
HIDROSTÁTICA NO ENSINO MÉDIO UTILIZANDO ENSINO POR
INVESTIGAÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Orlando Pinheiro da Fonseca Rodrigues

VIÇOSA – MINAS GERAIS

2021

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da
Universidade Federal de Viçosa – Campus Viçosa**

(A ser inserida pela Biblioteca quando da entrega da versão final)

DANIELA ALMEIDA CANÇADO

**DESENVOLVIMENTO DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE
HIDROSTÁTICA NO ENSINO MÉDIO UTILIZANDO ENSINO POR
INVESTIGAÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA:



Daniela Almeida Cançado

Autora

Orlando Pinheiro da Fonseca Rodrigues

Orientador

Dedico à minha mãe e aos meus amigos pelo apoio incondicional em todos os momentos
difíceis da minha trajetória acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Orlando Pinheiro da Fonseca Rodrigues pela dedicação, ensinamentos, suporte e conversas.

Aos professores do programa, em especial, Eduardo Nery Duarte de Araújo, pelas aulas inestimáveis e por todo conhecimento transmitido.

Aos colegas de curso, em especial, Hermes José de Oliveira Junior, cujo apoio e amizade estiveram presentes em todos os momentos. Valeu a penas todas as noites em claro que passamos estudando.

Aos professores da Universidade Federal de Viçosa – Campus Florestal, por todo ensinamento durante a minha graduação. Sem vocês, seria impossível.

Aos professores e direção do colégio de aplicação que permitiu a realização da pesquisa.

A todos os alunos que participaram da pesquisa, que foi essencial para avaliar os métodos de ensino.

A minha mãe pelo amor, carinho e constante incentivo. Eu te amo!

Aos meus amigos que me aturaram nos dias estressantes pré-prova e nos frustrantes pós-prova.

Em especial, minhas amigas Raquel e Patrícia, por me apoiarem, me ouvirem e me esperarem até tarde da noite, principalmente quando eu não conseguia carona para ir embora. E aos meus amigos Igor e Catita, que sempre estiveram dispostos a me levarem à Viçosa, quando eu mais precisava.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

RESUMO

CANÇADO, Daniela Almeida, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, maio de 2021. **Desenvolvimento de sequência didática para o ensino de hidrostática no ensino médio utilizando ensino por investigação.** Orientador: Orlando Pinheiro da Fonseca Rodrigues.

O trabalho consiste no desenvolvimento de uma sequência didática, contendo sete atividades, cobrindo o conteúdo de hidrostática no ensino médio. Dessa forma, o objetivo geral é desenvolver um procedimento metodológico que permita ao aluno, por meio da manipulação de objetos, o desenvolvimento de atividades experimentais, simulações e análise de situações, levantamento e teste de hipóteses explicativas para os fenômenos, trabalhando em pequenos grupos e apresentando considerações de forma oral e escrita, visando um ensino de Física mais prazeroso e eficaz. Como princípio basilar da sequência tem-se a utilização de materiais de baixo custo e de materiais levantados por curadoria e disponíveis na internet, que além de poderem ser utilizados em sala de aula, também podem ser usados pelo aluno posteriormente e, inclusive, são materiais aplicáveis em ensino remoto. Sempre buscando promover uma maior participação dos alunos, organizamos o material didático em vários momentos, envolvendo teoria e prática, além de discussões e avaliações de conteúdo. Nossa análise mostra que a metodologia foi eficaz, com resultados melhores e uma participação muito maior dos estudantes, que interagem continuamente com a professora e entre si, reiterando as vantagens do processo de Ensino de Física por Investigação. O resultado mostra uma melhoria significativa na construção do conhecimento científico pelos estudantes.

Palavras-chaves: Ensino por Investigação. Experimentação. Hidrostática. Simulações.

ABSTRACT

CANÇADO, Daniela Almeida, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, May, 2021. **Development of a didactic sequence for teaching of hydrostatic at high school level using inquire based approach.** Advisor: Orlando Pinheiro da Fonseca Rodrigues.

The work consists of the development of a didactic sequence, containing seven activities, covering the content of hydrostatics in high school. Thus, the general objective is to develop a methodological procedure that allows the student, through the manipulation of objects, the development of experimental activities, simulations, and analysis of situations. In oral and written form, aiming at a more pleasant and effective Physics teaching. As a basic principle of the sequence, we have the use of low-cost materials in addition to materials collected by curators and available on the internet, which in addition to being used in the classroom, can be used by the student later and, inclusive, also applicable in remote education. Always seeking to promote greater student participation, we organize didactic material at various times, involving theory and practice, in addition to discussions and content evaluations. Our analysis shows that the methodology was effective, with better results and much greater participation of the students, who continuously interact with the teacher and with each other, reiterating the advantages of the Physics Teaching process by Investigation. The result is a significant improvement in the construction of scientific knowledge by students.

Key-Words: Experiments. Hydrostatic. Inquiry based teaching. Simulations.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 MARCO TEÓRICO.....	14
2.1 Teorias da Aprendizagem.....	14
2.2 Fluidos.....	19
3 SEQUÊNCIA DIDÁTICA E SUA APLICAÇÃO.....	38
3.1 Atividade 1: Densidade.....	38
3.1.1 Experimento 1.1: Fazendo um ovo cru flutuar.....	42
3.2 Atividade 2: Pressão.....	44
3.2.1 Experimento 2.1: Relação pressão x área.....	45
3.3 Atividade 3: Pressão Atmosférica.....	46
3.3.1 Experimento 3.1: Canudinho de Refresco.....	47
3.3.2 Experimento 3.2: A pressão atmosférica esmaga a caixinha.....	49
3.3.3 Experimento 3.3: A água que não cai.....	50
3.3.4 Experimento 3.4: A vela que levanta a água.....	55
3.3.5 Experimento 3.5: Implodindo uma latinha de alumínio.....	55
3.3.6 Experimento 3.6: Como encher a bexiga na garrafa sem assoprar.....	56
3.3.7 Experimento 3.7: Colocando um ovo dentro da garrafa.....	57
3.4 Atividade 4: Pressão x altura e pressão x profundidade.....	58
3.4.1 Experimento 4.1: Garrafa PET com dois furos.....	61
3.4.2 Experimento 4.2: Pressão e escoamento.....	63
3.4.3 Experimento 4.3: Vasos comunicantes.....	65
3.5 Atividade 5: Princípio de Arquimedes.....	70
3.6 Atividade 6: Empuxo.....	71
3.6.1 Experimento 6.1: Por que o barco não afunda?.....	86
3.6.2 Experimento 6.2: Construindo um ludião.....	87
3.7 Atividade 7: Princípio de Pascal.....	91
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	93
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	143
6 REFERÊNCIAS.....	145
APÊNDICE A - PRODUTO EDUCACIONAL.....	147

1 INTRODUÇÃO

A Física, conforme figura nos PCNs, é uma ciência natural que objetiva estudar o mundo submicroscópico das partículas que compõem a matéria, ao mesmo tempo que possibilita o desenvolvimento de fontes de energia alternativas, criação de produtos, materiais e tecnologias. Estudando Física, os alunos podem compreender fatos e fenômenos da natureza a fim de construir uma visão dinâmica do mundo e serem capazes de empreenderem discussões filosóficas, essenciais na construção do conhecimento. (BRASIL, 1998, p.22).

Trata-se de uma disciplina que exige abstração e conhecimentos matemáticos dos alunos. Por isso, é considerada pelos alunos como difícil, incompreensível e “chata”. Esse status negativo deve-se, sobretudo, à maneira como o ensino é processado na maioria das salas de aula.

Em grande parte das escolas brasileiras, o ensino da Física é um ensino tradicionalista e engessado no molde “quadro – giz - livro didático”, em que o professor apresenta aulas expositivas explicando leis e fórmulas e aplicando exercícios e problemas para avaliar a compreensão dos tópicos estudados. Tal procedimento coloca o professor como detentor e transmissor do conhecimento e os alunos como meros expectadores e receptores, tornando as aulas pouco participativas e sem sentido para eles, resultando em uma aprendizagem mecânica.

A vivência (interpretação de mundo) e os conhecimentos prévios dos alunos acabam relegados a um segundo plano nesse modelo de ensino tradicional, ou seja, sequer é discutido ou refutado em sala de aula. Dessa forma, ele continua sendo largamente utilizado pelos alunos por ser “simples e organizado para conseguir os resultados de uma aprendizagem mecânica”, e dificilmente é substituído. (RODRIGUES; OLIVEIRA, 2015). Assim, o ensino da Física transforma-se em “algo inútil e sem sentido”, posto que os alunos não fazem uma conexão dos postulados com as situações cotidianas de suas vidas reais.

Ausubel (1978, *apud* Moreira, 1982) define aprendizagem mecânica (ou automática) como o armazenamento arbitrário da informação, ou seja, não há ligação da informação recebida com as informações relevantes que já existem na estrutura cognitiva.

Somado a isso, há o ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio) que avalia o desempenho escolar ao final da Educação Básica e colabora para o acesso à educação superior – por meio do Sisu, do Prouni, dos programas de financiamento e apoio estudantil, como o Fies, além de convênios com instituições portuguesas. Dessa forma, as escolas e sistemas de ensino, hoje, se preocupam apenas em preparar o estudante para a realização da prova do Enem, e isso

contribui de forma significativa para uma formação mecanicista, em que o aluno decora as fórmulas e conceitos e, na maioria das vezes, não consegue aplicá-los na hora da prova.

O ensino de Física, no entanto, deveria contribuir para que os alunos tivessem uma alfabetização científica que os possibilitasse interpretar os processos naturais do cotidiano, e não apenas memorizar fórmulas, sequências automatizadas de procedimentos e situações extremamente abstratas, devendo, sobretudo, ter significado para os alunos (BOFF; BARROS, 2014, p.190).

Em face do quadro da educação no Brasil, torna-se urgente e necessária a adoção de estratégias de ensino inovadoras, motivadoras, eficazes e significativas. Ensinar Física de maneira clara e concisa, atentando para a forma com que o discente recebe, processa e internaliza a informação, de forma eficiente e significativa, é um modo para melhorar o ensino de Física (ROSSINI, 2015).

Neste trabalho, abordar-se-á o ensino da Física por investigação por meio de sequência didática, utilizando experimentos, relacionando e corroborando as ideias de Lev Semyonovich Vygotsky e David Paul Ausubel à medida em que ambos concordam que as atividades em grupo e a consideração do conhecimento prévio dos estudantes (aprendizagem significativa) contribuem para a construção do conhecimento.

Tal abordagem objetiva destacar a importância de aprender Ciências de forma científica para a formação de um cidadão crítico e participativo na sociedade. O experimento vai além da validação de leis e conceitos. Ele incita a reflexão sobre os saberes construídos (SANTOS, 2018).

Nesse sentido, Azevedo (2010) aponta a importância de metodologias ativas, investigativas e problematizadoras na docência, a fim de que os alunos resolvam problemas, expliquem evidências, construam argumentos, estabeleçam relações enquanto aprendem conceitos e fenômenos científicos.

O ensino investigativo desenvolve competências como observação, planejamento, dedução, interpretação de dados, reflexão e construção de teorias.

Segundo Carvalho,

[...] a perspectiva mais proeminente centra-se, hoje, em uma concepção construtivista, em que vários modelos precisam ser conhecidos (considerando possibilidades e limitações) pelos professores. Esses modelos assumem o aluno como sujeito ativo do processo de aprendizagem e faz do professor um mediador. Dessa forma, professor e aluno são percebidos como indivíduos investigativos, autônomos, críticos e reflexivos sobre suas respectivas ações. (CARVALHO, 2008, p.21).

Os experimentos, por outro lado, concretizam a teoria por meio da prática.

Atividades tradicionais de laboratório realizadas por grupos de alunos com orientação do professor, apresentam dificuldades comuns para a sua realização, desde a falta de equipamentos até a inexistência de orientação pedagógica adequada. No entanto, alguns fatores parecem favorecer a demonstração experimental: a possibilidade de ser realizada com um único equipamento para todos os alunos, sem a necessidade de uma sala de laboratório específica, a possibilidade de ser utilizada em meio à apresentação teórica, sem quebra de continuidade da abordagem conceitual que está sendo trabalhada e, talvez o fator mais importante, a motivação ou interesse que desperta e que pode predispor os alunos para a aprendizagem. (GASPAR; MONTEIRO, 2005, p.227-228).

Além disso, as atividades experimentais usualmente aplicadas nas escolas seguem uma visão mecânica, tipo “receita de bolo”, nas quais os níveis mais altos de pensamento como propostos pela taxonomia de Bloom nunca são alcançados.

No ensino por investigação, o professor trabalha os conteúdos programáticos, capacitando os alunos para: “pensarem, levando em conta a estrutura do conhecimento; falarem, evidenciando seus argumentos e conhecimentos construídos; lerem, entendendo criticamente o conteúdo lido; escreverem, mostrando autoria e clareza nas ideias expostas”. (CARVALHO, 2018, p.766).

Deve ficar claro, portanto, que em uma aula investigativa o professor deve implementar ações que permitam a análise de situações, a construção de hipóteses e de ideias a confirmar e a explicação para os fenômenos em estudo. (SASSERON, 2014, p.123).

Ainda, segundo Ferreira (1978, *apud* Gaspar e Monteiro, 2005), os principais objetivos das atividades experimentais em sala de aula são: ilustrar e ajudar a compreensão das matérias desenvolvidas nos cursos teóricos; tornar o conteúdo interessante e agradável; desenvolver a capacidade de observação e reflexão dos alunos.

A partir dessas colocações, a proposta desse trabalho será o desenvolvimento de sequência didática que leve em conta a concepção prévia que o aluno traz para a sala de aula referente à compreensão dos conceitos de hidrostática com a aplicação do produto no ambiente da sala de aula, durante um processo de intervenção didática, organizado em torno da junção entre os conceitos de densidade, pressão e relação entre peso e empuxo.

Mediante a aplicação da sequência didática, objetiva-se desenvolver um produto educacional utilizando uma metodologia de ensino que gere aprendizagem significativa e que, não só utilize o conhecimento prévio do aluno como subsunçor, mas auxilie no processo do aluno de remodelar seu conhecimento prévio tornando-o científico. Espera-se alcançar tal feito por meio da sequência didática proposta com temas de hidrostática, aplicando-a em sala de aula e analisando as respostas pedagógicas dos alunos frente a essa metodologia, por meio da análise

de seus desempenhos em avaliações regulares da disciplina na escola. Desta forma, almeja-se mudar a dinâmica das aulas, facilitando a criação de um ambiente propício ao aprendizado.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Teorias da Aprendizagem

A aprendizagem dos conceitos científicos mediada por experimentos favorece a compreensão e a aquisição formal e mais profunda desses mesmos conceitos, ou seja, o desenvolvimento intelectual, tendo como embasamento a teoria sociocultural de Vygotsky e a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel.

Neste trabalho, busca-se relacionar as teorias de Ausubel e Vygotsky, explicitando que ambos concordam que o conhecimento prévio e as atividades em grupo contribuem na construção do conhecimento. Para efeito positivo, considere-se aqui conhecimento prévio como as experiências e contatos cotidianos que os alunos tiveram com os fenômenos naturais da Física, que permeiam a nossa vivência. Tais fatos, quando exemplificados juntamente ao conceito científico e/ou à demonstração que a experimentação proporciona, têm significado real para o aprendiz.

Lev Semyonovich Vygotsky, em seu livro *Psicologia pedagógica*, sugere que o professor tem de criar as circunstâncias e as condições ideais mais propícias para que a aprendizagem se realize, porém, em última instância, a criança é que deve aprender com suas próprias atividades. De alguma maneira fundamental, as crianças educam-se a si mesmas. Tal afirmação baseia-se em um aspecto particularmente importante da teoria de Vygotsky: a ideia da existência de uma área potencial de desenvolvimento cognitivo, mediadora do nível de desenvolvimento atual da criança, determinada pela sua capacidade de resolver individualmente os problemas e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da resolução de problemas seguido de orientação de mediadores.

Imaginando uma aula sobre Física, em que o professor passa a seus alunos o exercício “Em quanto tempo uma pessoa percorreria uma distância de cinco quilômetros?”, percebe-se que por ser um questionamento mais abrangente, leva a infinitas possibilidades, afinal, não se sabe se tal pessoa está em um veículo, montada em um animal, possui alguma deficiência motora, se são cinco quilômetros em linha reta, se está subindo ou descendo, se existe uma estrada, configurando, assim, um exercício altamente investigativo.

Esse tipo de abordagem é incompatível com o atual sistema de ensino, com o Enem e outros mecanismos de acesso ao ensino superior, uma vez que o sucesso escolar está vinculado ao desempenho do aluno nessa avaliação. A sociedade escolar (escola, alunos, pais) estão preocupados com o que “cai e o que não cai” no Enem e, para eles, um bom ensino é aquele em que o professor ensina ao aluno como fazer uma prova e, atividades diferenciadas, como experimentos, vídeos e atividades em grupo são consideradas “enrolação”. O Ensino por

Investigação sugere, assim, um método que se utilize da teoria de Vygotsky, em que diferentes alunos são autores em seu desenvolvimento, chegando a uma conclusão para o exercício proposto com participação social.

De acordo com Vygostky, a aprendizagem é uma experiência social mediada pela linguagem e pela ação, por meio do uso de instrumentos e signos. Para ele, a educação é o desenvolvimento artificial da criança, que tem papel ativo no processo de aprendizagem, mas que não atua sozinha (VYGOTSKY, 1984).

Moreira e Massoni (?, *apud* Moura, 2018) corroboram Vygotsky quanto à premissa da aquisição do conhecimento, que é fruto das relações sociais. Ele advém tanto das relações a dois quanto do homem com o meio. Segundo Vygotsky:

Afirmamos que, em colaboração, a criança sempre pode fazer mais do que sozinha. No entanto, cabe acrescentar: não infinitamente mais, porém só em determinados limites, rigorosamente determinados pelo estado do seu desenvolvimento e pelas suas potencialidades intelectuais. Em colaboração, a criança se revela mais forte e mais inteligente que trabalhando sozinha, projeta-se ao nível das dificuldades intelectuais que ela resolve, mas sempre existe uma distância rigorosamente determinada por lei, que condiciona a divergência entre a sua inteligência ocupada no trabalho que ela realiza sozinha e a sua inteligência no trabalho em colaboração. [...] A possibilidade maior ou menor de que a criança passe do que sabe para o que sabe fazer em colaboração é o sintoma mais sensível que caracteriza a dinâmica do desenvolvimento e o êxito da criança. Tal possibilidade coincide perfeitamente com sua zona de desenvolvimento imediato. (VYGOTSKY, 2001, p.329).

Assim, entende-se que a interação social existe efetivamente em uma tarefa caso um dos participantes saiba realizá-la, posto que Vygotsky afirma que o desenvolvimento descende da imitação. Nesse caso, é essencial a presença de alguém que seja detentor do conhecimento a fim de ser ou de fazer-se imitado. (VYGOTSKY, 2001). De tal noção pode-se inferir, também, que a atividade conjunta com colegas mais capazes é essencial para o desenvolvimento cognitivo e que os aprendizes diferem em sua habilidade de tirar partido dessa cooperação. Nesse sentido, Carvalho e Sasseron (2015) concordam com Vygotsky ao afirmar que as relações sociais na sala de aula são aceitas como base do desenvolvimento cognitivo do aluno para a construção do conhecimento e podem figurar como trabalhos em grupo, interações e proposições resolutivas entre os alunos, entre outros.

Dessa forma, o professor atuará como mediador na aquisição do conhecimento, pois o aluno é sujeito atuante, interativo, moldando o seu cognitivo a partir das relações intra e interpessoais e pela troca com o meio. “Essa visão expõe que sem a interação social, ou sem intercâmbio de significados, dentro da zona de desenvolvimento proximal, não há ensino, não

há aprendizagem e não há desenvolvimento cognitivo.” (MOREIRA E MASSONI ?, *APUD* MOURA, 2018, p.20).

Segundo a teoria interacionista de Vygotsky, a aprendizagem se efetiva quando acontece interação social dentro da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), que é a distância entre os conhecimentos prévios do sujeito e o conhecimento formal, e o potencial para aprender do indivíduo, em que o conhecimento formal é aquele que o sujeito é capaz de aplicar sozinho, e o potencial é aquele que o sujeito necessita de ajuda para conseguir aplicar. (GUEDES, 2015, p.18).

Para lidar com a aprendizagem na concepção interacionista, é preciso se atentar, não apenas para o que o estudante realiza sozinho, mas para o que faz com ajuda, pistas e orientação de alguém mais habilidoso na tarefa a ser realizada. Para isso, Vygotsky (1984) diferencia Desenvolvimento Potencial, Desenvolvimento Real e Desenvolvimento Proximal.

Nas palavras de Vygotsky, a Zona de Desenvolvimento Proximal é a distância entre o nível de desenvolvimento real, determinado pela solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado pela solução de problemas via orientação de um adulto ou colaboração de companheiros mais capazes. (VYGOTSKY, 1991, p.56).

Podemos relacionar o Ensino por Investigação às teorias de Vygotsky através da interação social, dos significados, da fala e da zona de desenvolvimento proximal. Partindo da premissa que o professor ao propiciar o desenvolvimento do cognitivo do estudante, possibilitando o diálogo, a interação entre alunos e levantamento de hipótese, propiciando maior engajamento do mesmo, não deve esquecer de abordar o contexto social e cultural do indivíduo. Pois, os processos mentais superiores são pensamentos, as linguagens e os comportamentos têm origem nos processos sociais e ao desenvolver o cognitivo, gera conversão entre as relações sociais e funções mentais. (VYGOTSKY, 1988, *APUD* MOURA, 2018, p.20).

Os experimentos no ensino da Física fundamentam-se em conceitos científicos, formais e abstratos, mas têm, por particularidade, o elemento real, diretamente observável, e a possibilidade de simular as vivências do mundo exterior no ambiente escolar. Além disso, as vivências do dia a dia dos estudantes só adquirem sentido se compartilhadas com adultos ou parceiros mais capazes que os ajudarão a encontrar definições e significados para tais vivências, de acordo com o ambiente sociocultural em que vivem.

Pode-se utilizar de atividades práticas investigativas como experiências que colocam o aluno em contato com fenômenos naturais e/ou como investigações em que o aluno tem a oportunidade de lidar com questões abertas e necessita de se portar como um cientista que resolve determinado problema, cuidando para que essas atividades não sejam engessadas, mas

que produzam sentido próprio e único para cada aluno, a fim de que ele se descubra parte atuante da construção de cada resposta produzida (SOUZA et al., 2015).

Assim, infere-se que os experimentos, quando corretamente aplicados, introduzem elementos reais no cognitivo do aluno, podendo sanar as lacunas de abstração dos conceitos científicos, bem como desconstruir modelos prévios por meio de situações que demonstrem a incoerência ou incompletude desses modelos interpretativos que todos têm.

Para tanto, o professor deve valer-se de estratégias que levem o aluno a ser independente e que estimulem o conhecimento potencial, criando zonas de desenvolvimento proximais a todo momento. (GUEDES, 2015, p.19).

Quanto a David Paul Ausubel, suas contribuições compõem a Teoria da Aprendizagem Significativa. Na sua pesquisa, valoriza-se a aula do tipo expositiva, mas também se acredita no valor da aprendizagem por descoberta. Dentre os vários postulados criados por Ausubel em seu estudo, destaca-se nesse trabalho a importância da mediação do professor para a organização das ideias apresentadas aos alunos, tanto na aula expositiva, quanto na preparação do material instrucional a ser utilizado durante o ensino. O cuidado com a transmissão da nova informação pode mudar o significado desta para os alunos, pois a aprendizagem significativa acontece quando a nova informação se liga aos subsunçores (conceitos relevantes). Assim, novas ideias, conceitos, proposições são aprendidos significativamente e retidos quando há outros pares já existentes que funcionem como ponto de ancoragem para eles. (MOREIRA, 2016).

A aprendizagem significativa caracteriza-se, pois, por uma interação (não uma simples associação), entre aspectos específicos e relevantes da estrutura cognitiva e as novas informações, através da qual estas adquirem significado e são integradas à estrutura cognitiva de maneira não-arbitrária e não-literal, contribuindo para a diferenciação, elaboração e estabilidade dos subsunçores preexistentes e, conseqüentemente, da própria estrutura cognitiva. (MOREIRA, 2016, p.8).

Ausubel utiliza-se do conceito de aprendizagem mecânica (ou automática), em oposição à aprendizagem significativa, como o armazenamento da informação de forma arbitrária e literal, com pouco ou nenhum relacionamento com algum subsunçor. Um ótimo exemplo no ensino de Física é a memorização de conceitos, leis e fórmulas a serem utilizados nas provas, mas que, por não terem “significado” para o aluno, esse não consegue utilizar o conhecimento para a resolução das questões. De acordo com a maneira que a nova informação é armazenada no cognitivo é que a aprendizagem será classificada em significativa ou mecânica.

A aprendizagem significativa configura-se quando as novas ideias se relacionam de forma não-arbitrária e substantiva com as ideias já existentes. “Não-arbitrária” corresponde à existência de uma relação lógica e explícita entre a nova ideia e alguma(s) outra(s) já existente(s) na estrutura cognitiva do indivíduo. “Substantiva”, por sua vez, indica que uma vez aprendido determinado conteúdo desta forma (significativa), o indivíduo conseguirá explicá-lo com as suas próprias palavras.

O oposto da aprendizagem significativa é a mecânica. Nela, as novas ideias não se relacionam de forma lógica e clara com nenhuma ideia já existente na estrutura cognitiva do sujeito, mas são “decoradas”. Desta maneira, elas são armazenadas de forma arbitrária, o aprendiz não consegue reproduzir o conteúdo com sua linguagem, apenas reproduz a mesma sequência de palavras que decorou. Dessa forma, ele não aprendeu o significado, o sentido do novo material, portanto, não será capaz de utilizá-lo em uma situação distinta daquela na qual tais ideias foram apresentadas a ele.

Ausubel ainda fez distinção no conceito de aprendizagem quanto à maneira que a informação chega para o indivíduo. Quando o conteúdo chega ao aprendiz em sua forma final, há aprendizagem por recepção, e quando o conteúdo deve ser descoberto pelo aprendiz, há aprendizagem por descoberta.

Percebe-se que o ensino nas salas de aula, em sua maioria, está voltado para a aprendizagem receptiva. Segundo o autor, não há problema algum em se utilizar dessa metodologia expositiva, posto que, bem empregada, é das mais eficientes quanto à aquisição de conteúdo cognitivo, desde que a aprendizagem seja significativa.

Dessa forma, a proposição desse trabalho está nos parâmetros desse pesquisador, pois em momento algum pretende-se que os alunos se guiem sozinhos nos experimentos. A função mediadora/explicativa do professor faz-se presente e necessária durante o procedimento investigativo. Atende, também, outra questão levantada por Ausubel: o que se deve fazer quando não existe subsunçor. O autor da Teoria da Aprendizagem Significativa sugere o uso de organizadores prévios, que são “materiais introdutórios, apresentados antes do próprio material a ser aprendido, em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade do que esse material”. Os organizadores prévios não precisam ser textos escritos. Podem figurar como discussões, demonstrações, mídias diversas, de acordo com a situação de aprendizagem (MOREIRA, 2016, p.13).

Ausubel distingue ainda três tipos de aprendizagem significativa: representacional, de conceitos e proposicional. A primeira trata da identificação, em significado, de símbolos com seus referentes (objetos, eventos, conceitos); a segunda também é representacional, mas consta

de abstrações dos atributos dos referentes e a última envolve aprender o significado das ideias em forma de proposição.

Na verdade, embora a aprendizagem significativa de proposições seja mais complexa do que as aprendizagens representacional e conceitual, é similar a elas, no sentido de que os significados emergem quando a nova proposição está relacionada e interage com proposições ou conceitos relevantes (subsunçores), existentes na estrutura cognitiva. Ou seja, uma proposição potencialmente significativa, expressa verbalmente em uma sentença, contendo tanto os significados denotativos como os conotativos dos conceitos envolvidos, interagem com ideias relevantes, estabelecidas na estrutura cognitiva e, dessa interação, emergem os significados da nova proposição. (MOREIRA, 2016, p.16).

“A compreensão genuína de um conceito ou proposição implica na posse de significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis.” (AUSUBEL, 1978, *apud* MOREIRA, 2016, p.17). Essa sentença apresenta-se em consonância com os objetivos supracitados de Carvalho (2018, p.766), no ensino por investigação.

A aquisição de significados, como já foi dito, é o produto da aprendizagem significativa. Ou seja, o significado real para o indivíduo (significado psicológico) emerge quando o significado potencial (significado lógico) do material de aprendizagem converte-se em conteúdo cognitivo diferenciado e idiossincrático por ter sido relacionado, de maneira substantiva e não-arbitrária, e interagido com ideias relevantes existentes na estrutura cognitiva do indivíduo. (MOREIRA, 2016, p.17).

Neste contexto, faz-se indispensável um currículo baseado na realidade dos alunos, a utilização de materiais e estratégias didáticas que sejam significativos e incitem a socialização e a atuação dos alunos para a construção do conhecimento. Segundo Ausubel (*apud* Moreira & Masini, 1982, p 88), o fator isolado mais importante influenciando a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Determine isso e ensine-o de acordo. Nesse ponto, é inevitável a comparação desse pensamento de Ausubel com o conceito de zona do desenvolvimento proximal enunciado por Vygotsky. Em ambos os casos, apesar de os conceitos possuírem algumas particularidades, o que se quer dizer, no contexto acadêmico, é a mesma coisa: se o que se deseja é potencializar um aprendizado verdadeiro, o professor deve partir, em suas aulas e no material instrucional que utiliza, daquilo que o aluno já sabe (e não daquilo que ele deveria saber), fazendo uso de meios, linguagem e métodos significativos para estes aprendizes.

2.2. Fluidos

Hidrostática é o termo da Física que se refere ao estudo dos fluidos (líquidos e gases) em repouso. Vem de hidro que significa água e estática que significa corpos rígidos em equilíbrio (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009).

A Hidrostática é um tema abordado no Ensino Médio, sendo um conteúdo estudado no primeiro ano e que está incluso na área da Mecânica dos fluidos. São relacionados à Hidrostática os conceitos de densidade e pressão, a Lei de Stevin, Princípio de Pascal, Princípio de Arquimedes e Empuxo.

Massa específica e densidade são a razão entre a massa e o volume de um corpo. No entanto, têm conceitos diferentes. Para um determinado corpo maciço e homogêneo de massa m e volume V , definimos sua massa específica (ρ) da seguinte maneira:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Essa grandeza representa a concentração de massa daquele corpo. Um corpo com alta massa específica possui muita massa em um espaço pequeno. Considere como exemplo um corpo feito de 760 g de ferro maciço. Calculando o seu volume, descobre-se que esse corpo ocupa 100 cm³. A sua massa específica será:

$$\rho = \frac{760}{100} = 7,6g/cm^3$$

Esse resultado mostra que a cada centímetro cúbico desse corpo, encontra-se 7,6 g de ferro. A massa específica de qualquer outro corpo de ferro maciço será exatamente a mesma, ou seja, em cada centímetro cúbico de ferro sempre há uma massa de 7,6 g/cm³. A massa específica é característica de cada substância. Veja a tabela:

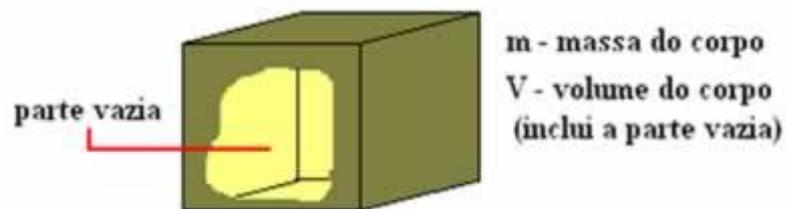
Tabela 1 - Massa específica de algumas substâncias

Substância	Massa específica (kg/m ³)
Ar	1,3
Água	1000
Ferro	7600
Mercúrio	13600

Fonte: Própria autora, 2020.

Considera-se, agora, um corpo de massa m e volume V que pode ser heterogêneo ou oco, como mostra a figura a seguir:

Figura 1 - Sólido oco



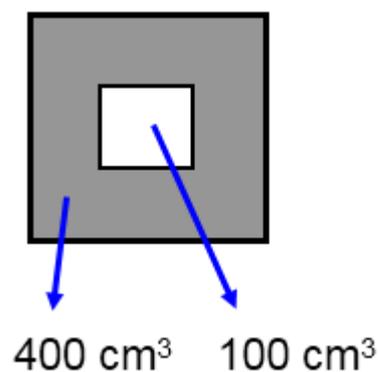
Fonte: <https://www.preparaenem.com/fisica/massa-especifica-densidade.htm>

Esse corpo possui uma massa m e um volume V , que inclui a parte oca. Dessa forma, pode-se definir a densidade (d) como:

$$d = \frac{m}{V}$$

As unidades de densidade e massa específica são as mesmas.¹ Mas, enquanto a massa específica de uma substância é constante, a densidade varia com o corpo. Veja o exemplo. O corpo abaixo, de volume 500 cm^3 , sendo 400 cm^3 de substância e 100 cm^3 de parte oca, possui massa de 2.000 g .

Figura 2 - Exemplo densidade x massa específica



Fonte: Acervo da autora.

¹ Em muitos livros didáticos, massa específica é também chamada de densidade absoluta.

Sua densidade será:

$$d = \frac{m}{V_{\text{corpo}}} = \frac{2000}{500} = 4 \text{ g/cm}^3$$

Enquanto sua massa específica será:

$$\rho = \frac{m}{V_{\text{subst.}}} = \frac{2000}{400} = 5 \text{ g/cm}^3$$

Dessa forma, um sólido oco apresenta densidade menor que a massa específica do material que o constitui. Já se o corpo for maciço e homogêneo a sua densidade coincide com sua massa específica.

A massa específica é uma propriedade do material, já a densidade pode mudar. Considere um bloco de Ferro maciço e homogêneo cuja massa específica é $7,9 \text{ g/cm}^3$. Retirando o miolo desse bloco, parte da massa de Ferro está sendo substituída por ar. Dessa forma, a massa diminui e, conseqüentemente, a densidade do bloco, agora oco, também diminui. Ou seja, um navio vazio terá uma densidade, o mesmo navio cheio de milho terá outra e o mesmo navio cheio de minério de ferro terá outra, mas a massa específica do Ferro continua a mesma.

Observa-se também que a densidade dos materiais depende da temperatura. Salvo poucas exceções, o volume se dilata quando a temperatura aumenta:

$$\downarrow d = \frac{m}{V \uparrow}$$

Por isso, para a maioria dos corpos, quando a temperatura aumenta, a massa, que é constante, fica distribuída em um volume maior, de forma que a matéria se torna menos compactada, isto é, menos densa.

Assim sendo, a densidade dos sólidos e líquidos depende da temperatura, enquanto a dos gases, além da temperatura, depende também da pressão. Um aumento da pressão ocasiona uma redução no volume e, conseqüentemente um aumento na densidade:

$$\uparrow d = \frac{m}{V \downarrow}$$

Para melhor compreender-se a origem da hidrostática, falemos um pouco de história. A filosofia natural nasceu na Grécia, há cerca de 2500 anos atrás, como “física”, por meio dos

trabalhos de Thales de Mileto que especulou acerca da natureza das coisas e do que compõe o mundo natural (*φύσις*, ou *physis*, que é traduzido como “natureza”).

Já no período 287 – 212 a.C., Arquimedes de Siracusa formulou também o princípio da alavanca demonstrando matematicamente que um pequeno peso a certa distância de um fulcro equilibra um grande peso próximo do fulcro e que os pesos e as distâncias estavam em proporção inversa, além de estudar os princípios da Hidrostática (BRENNAN, 2008), muitos dos quais ainda são utilizados nos dias de hoje.

A natureza do empuxo foi descoberta por Arquimedes (287-212 a. C.), quando se propôs a resolver um problema levantado pelo rei Hierão II, de Siracusa, que se mostrava desconfiado de uma fraude na confecção de sua coroa (BRENNAN, 2008).

Hierão II teria mandado fazer uma coroa de ouro, mas desconfiou de que o Ourives não tinha usado apenas o ouro fornecido para fazer a coroa. Para resolver o problema teria consultado Arquimedes, para que esse o ajudasse a provar se ela era toda de ouro ou não (BRENNAN, 2008).

Enquanto pensava no problema, Arquimedes percebeu, quando tomava banho em sua banheira, que uma quantidade de água transbordava quando ele entrava na banheira. Ao perceber esse fato teve a ideia de que poderia medir o volume de água que transbordava de um recipiente completamente cheio de água, ao nele introduzir objetos. Ao fazer isso, ele observou que blocos de mesma massa faziam transbordar diferentes volumes de água dependendo do material de que eram compostos. Por sua diferença de densidades, os blocos não tinham o mesmo volume (BRENNAN, 2008).

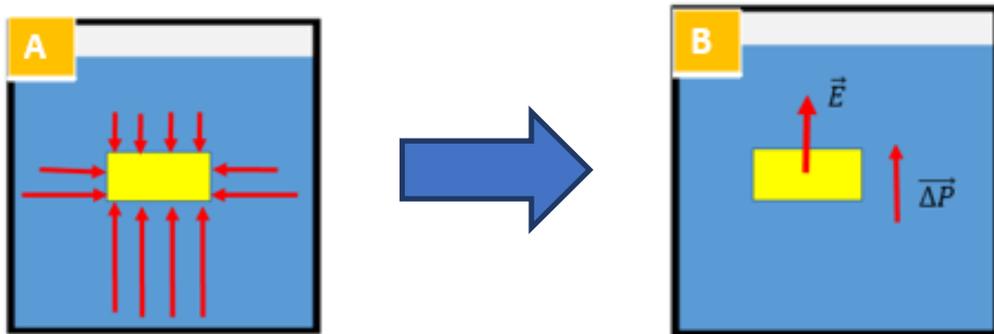
Desse modo, ao mergulhar numa bacia cheia de água um bloco de ouro de massa igual à da coroa, mediu o volume de água que transbordou fazendo o mesmo com um bloco de prata. Os volumes de água que transbordaram eram diferentes, sendo que o bloco de ouro era menor. Repetindo a experiência com a coroa, verificou que o volume de água transbordado era maior que o do bloco de ouro e menor do que o do bloco de prata, confirmando assim que a coroa não tinha sido feita totalmente de ouro, sendo composta de uma mistura de ouro e prata (BRENNAN, 2008).

O princípio de Arquimedes diz que: “Quando um corpo está completo ou parcialmente imerso em um fluido, ele sofrerá uma força de empuxo, a qual estará dirigida para cima e com

intensidade igual ao peso do volume do fluido que foi deslocado por este corpo” (BRENNAN, 2008).²

O Empuxo existe no interior de todos os fluidos, inclusive nos gases. Ele é resultante de uma diferença de pressões. Quando imergimos um corpo em um líquido, por exemplo, a parte de baixo do corpo fica submetido a uma pressão maior do que a parte de cima (figura 3 A). Essa diferença de pressão origina o Empuxo (figura 3B). Veja a figura 3:

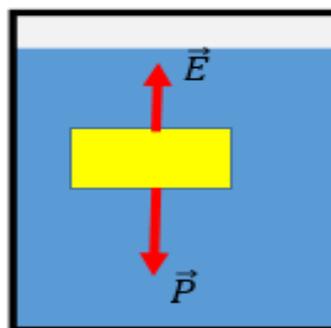
Figura 3 – Empuxo



Fonte: Acervo da autora.

Quando se mergulha um corpo em uma piscina, tem-se a nítida sensação de que esse objeto fica mais leve. Devido à presença do Empuxo, pode-se exercer uma força menor para erguer-se o objeto, o que explica essa sensação. Denomina-se a força que se exerce para carregar um objeto na água de Peso aparente (P_{ap}), conforme representado na figura 4:

Figura 4 – Peso aparente



$$P_{ap} = P - E$$

Fonte: Acervo da autora.

² Esse princípio só vale na presença de um campo gravitacional, pois é resultado do peso do líquido, que exerce pressões diferentes na parte de baixo e na parte de cima dos objetos imersos, resultando um empuxo líquido. Se o líquido não tiver peso, esse efeito não existe.

Onde E representa o Empuxo e P o peso do objeto. Devido ao Empuxo, há a sensação que nosso Peso diminui gradativamente quando caminhamos da parte rasa para a parte funda em uma piscina. Também temos essa sensação quando boiamos. O Empuxo também explica o porquê de um barco não afundar na água e o porquê o balão consegue flutuar no ar, entre outras aplicações.

O módulo do Empuxo pode ser obtido por meio do cálculo do peso do fluido deslocado. Quando se coloca um corpo na água, por exemplo, esse corpo ocupa um espaço que antes era ocupado pela água. O peso da água que foi retirada daquele espaço para a imersão do corpo, tem o módulo da força Empuxo que surge sobre o corpo.

Figura 5 – Empuxo é igual ao peso do líquido deslocado



Fonte: https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mech_archimedes&l=pt

Então, pode-se calcular o Empuxo a partir dessa definição. Veja:

$$E = P_{\text{líquido deslocado}}$$

$$E = m_{\text{líquido deslocado}} \cdot g$$

Trocando a massa do fluido deslocado pelo produto de sua densidade (ou massa específica)³ pelo seu volume, tem-se:

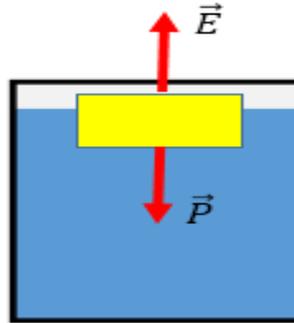
$$E = d_{\text{líquido}} \cdot V_{\text{desl.}} \cdot g$$

Lembrando que a densidade que aparece na equação é a densidade do fluido e não a densidade do corpo. O $V_{\text{desl.}}$ representa o volume de fluido deslocado, que é igual ao volume da parte submersa do corpo.

³ Para os fluidos (líquidos e gases), densidade e massa específica são sinônimos.

Quando um corpo flutua, o módulo da força de empuxo sobre o corpo é o mesmo da força gravitacional (peso, P), atuando, porém, em sentidos contrários (FIOLHAIS et al., 2012).

Figura 6 – Sempre que um corpo está flutuando livremente em um líquido, seu peso está sendo equilibrado pelo empuxo que ele recebe do líquido



Fonte: Acervo da autora.

Desse modo, conclui-se que para que um corpo flutue, é necessário que o módulo do peso do corpo seja igual ao módulo do peso do fluido que ele desloca. Quanto maior for a massa específica do fluido no qual o corpo se encontra mergulhado, menor será a parte do corpo que fica submersa (FIOLHAIS et.al, 2012).

$$E = d_{\text{líq.}} \cdot V_{\text{desl.}} \cdot g \rightarrow \frac{E}{\uparrow d_{\text{líq.}}} = \downarrow V_{\text{desl.}} \cdot g$$

Quando um objeto é abandonado dentro de um líquido e permanece no mesmo lugar, pode-se concluir que a resultante das forças sobre ele é nula. Por isso, a densidade do objeto e do líquido são iguais.

$$E = P$$

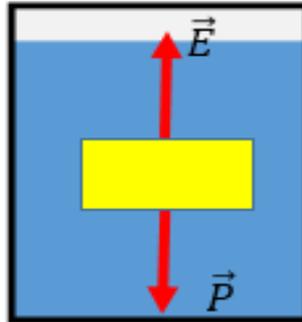
$$d_{\text{líq.}} \cdot V_{\text{desl.}} \cdot g = d_{\text{obj.}} \cdot V_{\text{obj.}} \cdot g$$

Mas: $V_{\text{desl.}} = V_{\text{obj.}}$

Dessa forma, o volume e a gravidade, de ambos os lados da equação, podem ser cancelados. Portanto:

Figura 7 – Se massa específica do corpo for igual do que a massa específica do fluido, a força resultante (F_R) será nula e o corpo ficará em repouso na posição colocada.

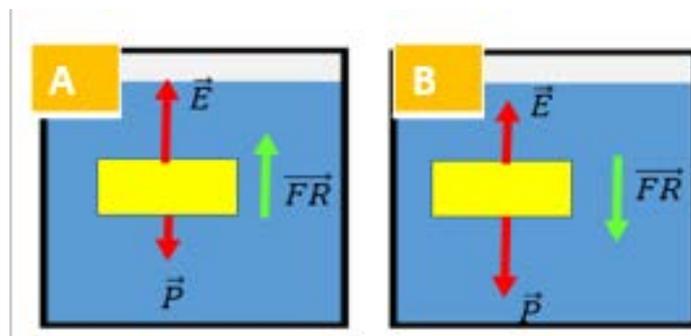
$$d_{liq.} = d_{obj.}$$



Fonte: Acervo da autora.

Se a massa específica do corpo for menor do que a massa específica do fluido, haverá uma força resultante (F_R) que aponta para cima (Figura 8A) e, portanto, o corpo subirá. Se a massa específica do corpo for maior do que a massa específica do fluido, haverá uma força resultante (F_R) que aponta para baixo (Figura 8B) e, portanto, o corpo afundará (FIOLHAIS et al., 2012).

Figura 8 – Se a massa específica do corpo for menor do que a massa específica do fluido, haverá uma força resultante (F_R) que aponta para cima (situação A). Se a massa específica do corpo for maior do que a do fluido, haverá uma força F_R que para baixo (situação B)



Fonte: Acervo da autora.

Portanto, quanto maior for o volume de líquido deslocado e quanto maior for a densidade desse líquido, maior será o valor do empuxo. E, quando o corpo estiver totalmente

mergulhado no líquido, ele estará deslocando um volume de líquido igual ao seu próprio volume.

Dessa forma, se conhecer a densidade do líquido e do corpo é possível prever se este afunda ou flutua ao ser colocado em um fluido:

- $d_{obj.} < d_{líq.}$ quando o corpo é totalmente mergulhado no fluido: $P_{ap} = P - E < 0$, então a força resultante terá o sentido para cima, levando o corpo a flutuar na superfície do líquido, atingindo uma posição de equilíbrio, parcialmente mergulhado, na qual o Empuxo é igual ao Peso.

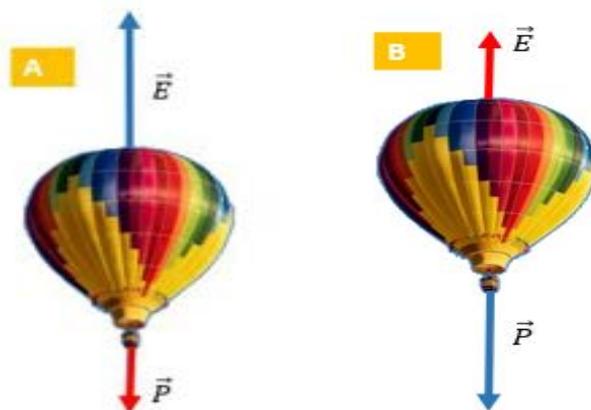
- $d_{obj.} = d_{líq.}$ quando o corpo estiver inteiramente dentro do fluido: $P_{ap} = P - E = 0$, então o corpo fica em equilíbrio, totalmente submerso no fluido.

- $d_{obj.} > d_{líq.}$ quando o corpo é totalmente mergulhado no fluido: $P_{ap} = P - E > 0$, então a força resultante terá o sentido para baixo, levando o corpo a afundar no fluido e outras forças poderão intervir, como a força de reação normal no fundo do recipiente.

Um exemplo prático dessa situação são os balões de ar quente, no qual se controla a temperatura do ar no balão, fazendo com que ele suba ou desça. O ar quente dentro de um balão é menos denso que o ar frio fora dele. Os balonistas controlam a temperatura do ar dentro do balão usando maçaricos e uma espécie de válvula que deixa o ar quente sair e o ar frio entrar.

Assim, quando querem ganhar altura, aquecem o ar dentro do balão fazendo que sua densidade diminua e, conseqüentemente, seu peso total também. Dessa forma, o empuxo se torna maior que o peso do balão e o mesmo sobe (Figura 9 A). Já, quando querem descer, ocorre o contrário: o ar quente sai e o frio entra, aumentando a densidade e o peso do balão. Dessa forma, o peso total é maior que o empuxo e o balão desce (Figura 9 B).

Figura 9 – Movimento do balão na atmosfera



Voltando um pouco para a história e dando um grande salto no tempo, já em 1653, Pascal contribuiria com estudos da pressão atmosférica ao enunciar que a pressão é diretamente proporcional à força e inversamente proporcional à área, sendo que estas se distribuem de maneira uniforme por todos os pontos do fluido (HALLIDAY; RESNICK, 2009).

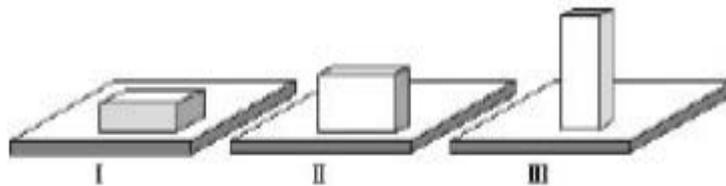
Quando um corpo exerce uma força sobre uma superfície, diz-se que ele está exercendo uma pressão sobre ela. São conceitos diferentes. A pressão depende do módulo da força F exercida e também da área da superfície de contato A entre o corpo e a superfície. Matematicamente, a pressão p é definida por:

$$p = \frac{F}{A}$$

De acordo com essa equação, a unidade de pressão, no SI, é N/m^2 , também denominada de Pascal (Pa), em homenagem ao francês Blaise Pascal, por suas contribuições em mecânica dos fluidos. Além do Pascal, utiliza-se Atmosfera (atm) e Milímetros de coluna de mercúrio (mmHg).

A figura a seguir ilustra um mesmo tijolo que foi posicionado de três maneiras diferentes sobre uma superfície:

Figura 10 – Pressão para diferentes posições do tijolo



Fonte: <https://fisicaevestibular.com.br/novo/mecanica/hidrostatica/densidade-e-pressao/exercicios-de-vestibulares-com-resolucoes-comentadas-sobre-densidade-e-pressao/>.

A força que ele exerce na superfície é a mesma em todas as situações, já que essa força tem o mesmo módulo do seu peso. No entanto, na figura I, a área da superfície de contato é a maior de todas. Como a pressão é inversamente proporcional à área de contato, esta é a posição em que ele exerce a menor pressão sobre a superfície. Enquanto que na posição III, a pressão é a maior entre as três posições mostradas, uma vez que a área de contato é menor.

Assim, utiliza-se o conceito de pressão com bastante frequência na vida prática. Quando se bate um prego na parede, volta-se a parte pontiaguda para a parede, pois essa possui menor

superfície de contato. Dessa maneira, exerce-se uma pressão significativamente grande mesmo com forças pequenas. Essa pressão elevada aumenta a possibilidade de o prego perfurar a parede.

Em outras situações, em que a pressão deve ser a menor possível, utiliza-se superfícies maiores. Um exemplo disso são os sapatos especiais para caminhar na neve. Como eles possuem grande área de contato, a pressão exercida na neve torna-se muito baixa, impedindo a pessoa afundar.

O ar que compõe a atmosfera é naturalmente atraído pela gravidade do planeta. Assim, ele exerce pressão sobre os corpos imersos na atmosfera. Essa é a chamada pressão atmosférica.

Figura 11 – Pressão atmosférica



Fonte: <https://slideplayer.com.br/slide/327831/>.

Essa camada de ar que envolve a Terra exerce uma pressão significativa sobre os corpos, já que possui dezenas de quilômetros de altura. No entanto, um corpo em altitudes maiores, sofre uma menor influência da pressão atmosférica, já que uma camada menor de ar está sobre o seu corpo.

Figura 12 - Pressão atmosférica x altitude



Fonte: <https://www.significados.com.br/pressao-atmosferica/>.

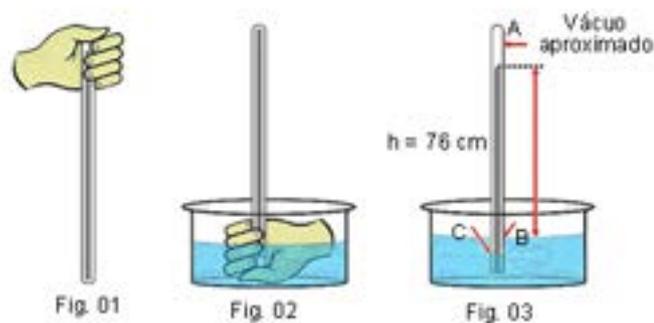
Dessa forma, a pressão atmosférica diminui com a altitude, chegando a zero quando o corpo se encontrar fora da atmosfera. Até a época de Galileu (século XVII), a existência da pressão atmosférica era desconhecida das pessoas e até contestada por estudiosos da Física. O

físico italiano Torricelli, contemporâneo de Galileu, realizou uma experiência que comprovou a existência da pressão atmosférica e determinou o seu valor.

Em seu experimento, Torricelli encheu completamente um tubo, de aproximadamente 1 m de comprimento, com mercúrio. Depois, tampando a extremidade livre e invertendo o tubo, mergulhou essa extremidade em um recipiente contendo também mercúrio. Ao destampar o tubo, ele observou que a coluna de mercúrio desceu um pouco e estabilizou-se em 76 cm.

Torricelli concluiu, então, que a pressão atmosférica, atuando na superfície do líquido, era capaz de suportar uma coluna de 76 cm de Hg. Aqui cabe salientar que há vácuo no tubo, acima do mercúrio. Caso houvesse um orifício nessa região, permitindo a entrada de ar, a coluna de mercúrio desceria e se nivelaria com o mercúrio do recipiente.

Figura 13 – Experiência de Torricelli



Fonte:

https://www.educabras.com/ensino_medio/materia/fisica/mecanica_cinematica/aulas/pressao_atmosferica.

A conclusão direta desse experimento é de que a pressão atmosférica é equivalente à pressão de uma coluna de mercúrio de 76 cm:

$$p_o = 76 \text{ cm Hg}$$

Por essa razão, a pressão de 76 cm Hg é denominada pressão atmosférica e definida como unidade de pressão.

O valor dessa pressão ficou conhecido como 1 atm e seu valor no SI, é

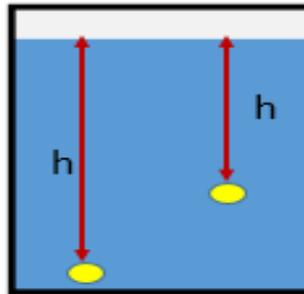
$$1 \text{ atm} = 1,01 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

Ou seja, a pressão atmosférica é equivalente a 101000 N de força aplicada em 1 m² de área. É o mesmo que colocar um corpo de pouco mais de 10 toneladas sobre 1 m².

A experiência de Torricelli foi realizada ao nível do mar. Em altitudes maiores, a coluna de mercúrio descia mais e ficaria estável em comprimentos menores do que 76 cm. No topo do Everest, por exemplo, a pressão atmosférica vale cerca de um terço da pressão atmosférica ao nível do mar.

Quando um corpo está imerso em um líquido, ele fica submetido à pressão que o líquido exerce sobre ele. Essa pressão fica maior na medida em que o corpo aumenta a sua profundidade, já que a coluna de líquido sobre o corpo fica cada vez maior.

Figura 14 – A pressão aumenta com a profundidade



Fonte: Acervo da autora.

A pressão dos líquidos é gerada devido ao peso da coluna de líquido acima do corpo. Dessa forma, pode-se calcular a pressão que os líquidos exercem sobre os corpos utilizando a equação:

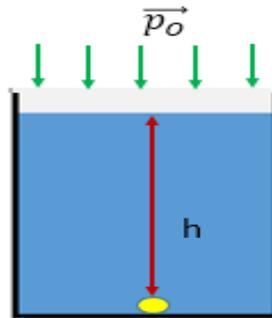
$$p = d \cdot g \cdot h$$

Em que d é a densidade do líquido (kg/m³), g é a aceleração da gravidade (m/s²) e h é a profundidade em que o corpo se encontra (m). Pela equação, nota-se que a pressão que os líquidos exercem é proporcional à densidade do líquido, já que as colunas dos líquidos mais densos pesam mais e, portanto, exercem maior pressão.

É preciso ressaltar que, a equação acima representa a pressão que um líquido exerce em um corpo. No entanto, são poucas as situações cotidianas em que um corpo imerso em um líquido fica submetido exclusivamente à pressão que o líquido exerce sobre ele. Isso porque os líquidos têm a capacidade de transmitir as pressões que são aplicadas em sua superfície. Dessa

forma, a pressão atmosférica será transmitida integralmente para todos os pontos no interior do líquido.

Figura 15 – Pressão hidrostática



Fonte: Acervo da autora.

Assim, um corpo submerso em um líquido ficará submetido não só à pressão do líquido, como também à pressão atmosférica p_o exercida na sua superfície:

$$p = p_o + d \cdot g \cdot h$$

A equação constata que todo aumento de pressão na superfície será transmitido para cada ponto do fluido. Blaise Pascal (1623-1662) colocou essa constatação, conhecida como Princípio de Pascal, neste enunciado: “Qualquer pressão aplicada num fluido incompressível no interior de um recipiente será transmitida integralmente para todos os pontos do fluido e também para as paredes do receptivo recipiente que o contém” (HALLIDAY et. al, 1987, p. 64).

O princípio de Pascal se aplica em situações cotidianas como apertar a extremidade de uma bisnaga e o conteúdo sair na outra extremidade. O princípio é a base para elevadores hidráulicos, prensas, macacos hidráulicos etc.

Os elevadores hidráulicos eram utilizados para erguer carros. Um elevador hidráulico é constituído de um grande tubo em forma de U, completamente preenchido com óleo. As duas extremidades do tubo são hermeticamente fechadas por êmbolos, que podem se mover para cima e para baixo.

Figura 16 – Princípio de Pascal



Fonte: <https://materialguilherme.webnode.com.br/news/scratch-principio-de-pascal/>.

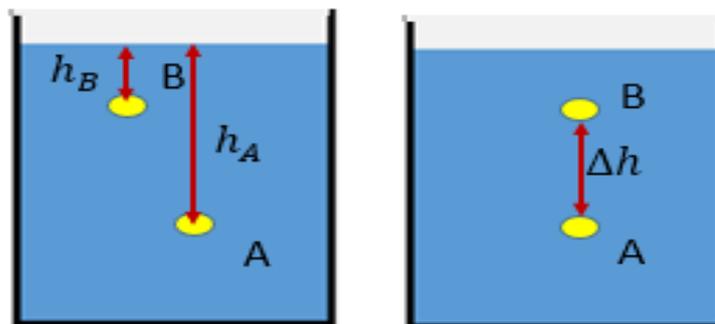
Quando a força F_1 é aplicada ao êmbolo da esquerda, uma pressão p_1 é exercida ao líquido. Dessa forma, o êmbolo à direita será submetido a um acréscimo de pressão de mesmo módulo de p_1 , já que um líquido transmite integralmente a pressão que recebe em uma superfície. Assim, a pressão p_2 que ergue o carro será igual a pressão criada pela força F_1 :

$$p_1 = p_2$$

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

De acordo com a lei de Stevin, a diferença de pressão entre dois pontos de uma coluna líquida é diretamente proporcional ao desnível, isto é, à altura entre esses pontos (Figura 17).

Figura 17 – A diferença de pressão é proporcional ao desnível



Fonte: Acervo da autora.

$$p_A = p_o + dgh_A \quad (1)$$

$$p_B = p_o + dgh_B \quad (2)$$

Fazendo (1) – (2), temos:

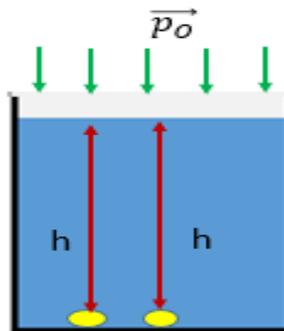
$$p_A - p_B = p_o + dgh_A - p_o - dgh_B$$

$$p_A - p_B = dg(h_A - h_B)$$

$$p_A - p_B = dg\Delta h$$

Mas, para diferentes pontos situados na mesma altura, isto é, na mesma superfície horizontal, o desnível será zero e a variação de pressão também é zero. Logo, pode-se concluir que para pontos situados a uma mesma altura, a pressão é igual.

Figura 18 – Pontos situados a uma mesma altura a pressão é igual



Fonte: Acervo da autora.

$$p_A = p_o + dgh \quad (1)$$

$$p_B = p_o + dgh \quad (2)$$

Fazendo (1) – (2), temos:

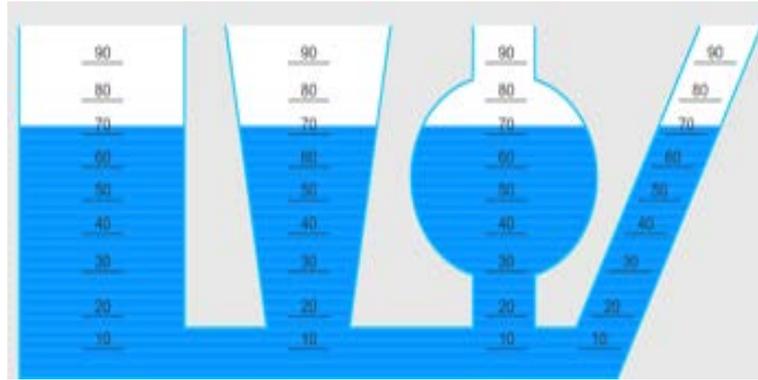
$$p_A - p_B = p_o + dgh - p_o - dgh$$

$$p_A - p_B = 0$$

$$p_A = p_B$$

Uma básica e imediata aplicação da conclusão definida por Stevin são os vasos comunicantes. A superfície livre de um líquido estático, isto é, em repouso, contido em recipientes que estabelecem uma comunicação entre si, mantém sempre a mesma altura, independentemente da forma ou do volume de líquido neles contido.

Figura 19 – Vasos Comunicantes



Fonte: https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mech_nadoby&l=pt.

3 SEQUÊNCIA DIDÁTICA E SUA APLICAÇÃO

O ensino da Hidrostática, para alunos do Ensino Médio deve salientar a importância deste tema, relacionando as leis que regem a hidrostática ao cotidiano, através de situações concretas que comprovam as teorias. Exemplos práticos, como a água que sai das torneiras em nossa residência, as hidrelétricas que geram a energia que utilizamos e a pressão que o ar exerce sobre quaisquer indivíduos demonstram que tais leis estão presentes em nossa rotina.

As atividades interativas têm a prerrogativa de contribuir para a aquisição de uma aprendizagem significativa dos conceitos científicos, uma vez que requerem e estimulam os conhecimentos prévios dos estudantes. Essas atividades são uma ferramenta inclusiva e participativa para o processo de ensino-aprendizagem, uma vez que seu objetivo é levar o aluno a deduzir, relacionar e interpretar o tema estudado, seja através de demonstração, verificação, investigação, ou até mesmo da dúvida, que leva ao questionamento de sua interpretação de mundo, abrindo a possibilidade de uma nova visão.

Dessa forma, as aulas têm de ser cuidadosamente planejadas e executadas, pois devem difundir, além do conteúdo, a cultura científica, o modo como ela é produzida, e, para tal, precisam propor um ambiente investigativo e atividades que levem à socialização e, conseqüentemente, à expansão do conhecimento adquirido.

Este trabalho expõe uma sequência didática que foi utilizada como uma aula regular, executada em uma turma do 1º ano do Ensino Médio de uma escola particular, no município de Itaúna – MG, no período regular das aulas que foram ministradas pelo professor nessa turma.

Os conteúdos que foram estudados são: densidade, empuxo, pressão, pressão atmosférica, pressão hidrostática, Princípio de Arquimedes, Teorema de Stevin e Princípio de Pascal.

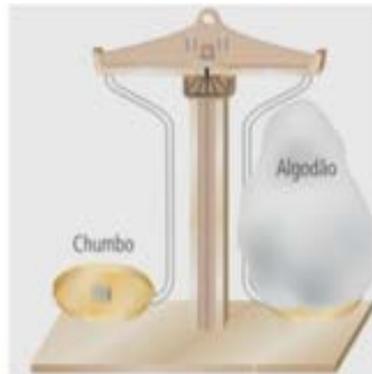
A avaliação, seguindo o cronograma regular da escola, era realizada ao final de cada parte e ao término da sequência didática, de forma contínua durante todo o processo, considerando os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais. Foi adotada uma sequência didática, a qual segue detalhada abaixo.

3.1 Etapa 1: Densidade

- ✓ Conceitos envolvidos: densidade e massa específica.
- ✓ Objetivos: entender o conceito de densidade, suas relações e aplicações.
- ✓ Materiais utilizados: experimento, simulação PHET, PowerPoint, quadro.

- ✓ Dinâmica: Iniciou-se a aula com uma questão: “Qual pesa mais: 1 kg de algodão ou 1 kg de chumbo?” A professora apresentou aos alunos a figura a seguir utilizando-se de slides e aguardou enquanto eles refletiram por alguns instantes.

Figura 20 – Balança com chumbo e algodão

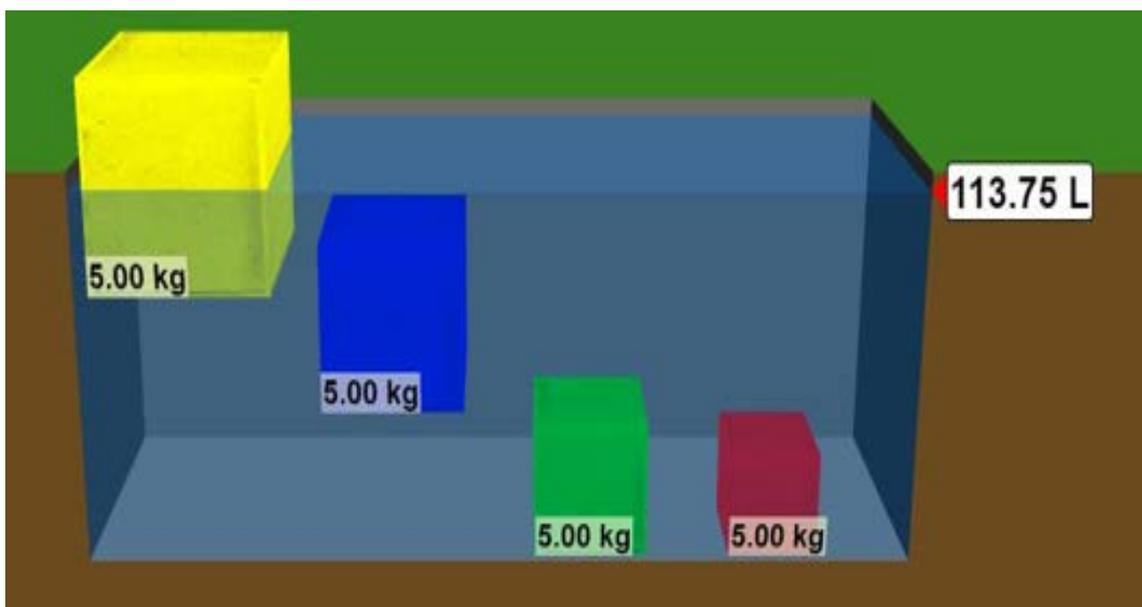


Fonte: <https://slideplayer.com.br/slide/1836966/4>.

A seguir, foi utilizado o Simulador Phet Densidade para demonstrar que o corpo mais denso afunda e o menos denso flutua. Com esta simulação também foi possível mostrar a relação densidade x massa e densidade x volume.

Para corpos de mesma massa, percebeu-se que a densidade e o volume são inversamente proporcionais, ou seja, o de maior volume possui menor densidade e por isso flutua, enquanto o de menor volume possui maior densidade e afunda.

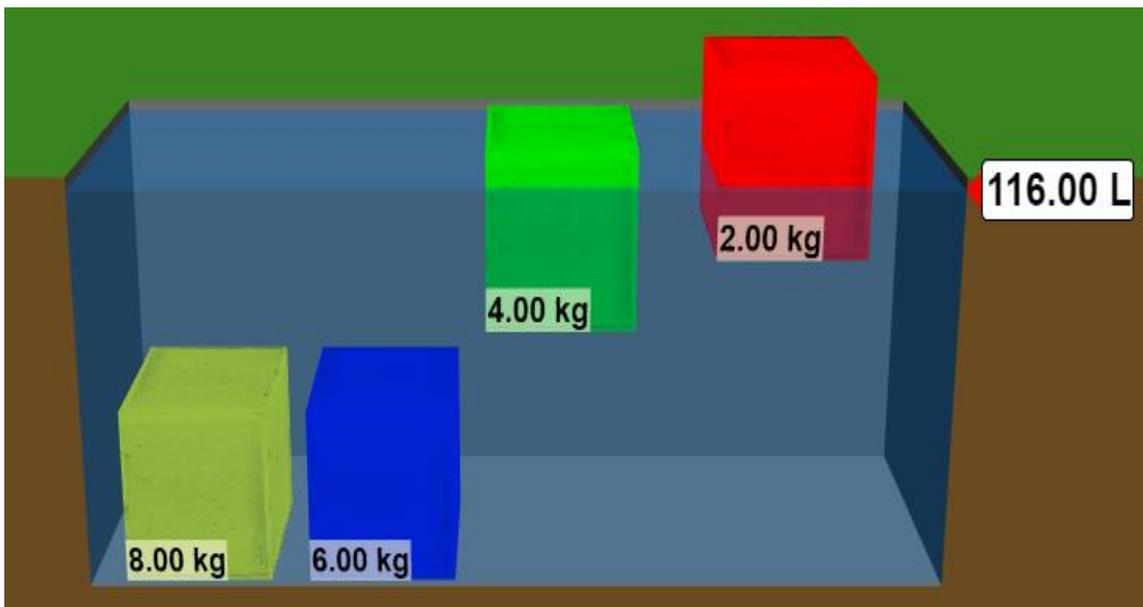
Figura 21 – Simulação PHET para corpos de massas iguais



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/density.

Para corpos de mesmo volume, percebeu-se que a densidade e a massa são diretamente proporcionais, ou seja, o de maior massa possui maior densidade e por isso afunda, enquanto o de menor massa possui menor densidade e flutua. E, comparando os corpos verde e vermelho, percebeu-se que o vermelho, por possuir uma massa menor, ficou com uma menor parte de seu volume submerso.

Figura 22 – Simulação PHET para corpos de volumes iguais



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/density.

Para corpos de mesma densidade, percebeu-se que todos os corpos ficaram com o mesmo volume emerso. Pôde-se notar que, mesmo a massa e o volume dos corpos sendo diferentes, a relação entre a massa e o volume é a mesma.

Figura 23 – Simulação PHET para corpos de densidades iguais



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/density.

Continuando a exposição, a professora apresentou a figura a seguir aos alunos por meio de slides, e colocou outra questão: “Por que uma bola de aço maciça não flutua na água, e os submarinos conseguem flutuar?”

Figura 24 – Imagem de um navio flutuando



Fonte: <http://wallpapersok.com/pt/pictures/142921>.

Em seguida, foram explicados os conceitos de densidade e massa específica, mostrando que a massa específica de uma substância é constante, enquanto a densidade varia conforme o corpo. Para corpos maciços e homogêneos, densidade e massa específica são iguais, enquanto que para corpos ocos, a densidade é menor que a massa específica que o constitui. Depois, foram levantados alguns questionamentos sobre o Mar Morto. A professora indagou:

- Por que na água do mar morto as pessoas não afundam?
- O que leva os objetos a flutuar nas águas do mar morto?

Figura 25 – Pessoa flutuando no Mar Morto



Fonte: https://mensageiros.wikia.org/pt-br/wiki/O_Mar_Morto.

Ao término dessas reflexões, veio a realização de um experimento.

3.1.1 Experimento 1.1: Fazendo um ovo cru flutuar

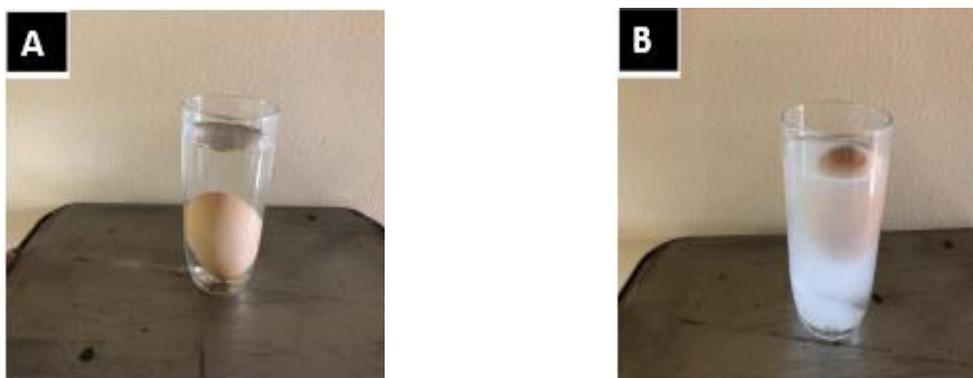
- ✓ Objetivo: Verificar o que acontece quando se insere um ovo dentro de um copo com água e dentro de um copo com água e sal.
- ✓ Materiais: ovo, água, copo grande, sal de cozinha
- ✓ Descrição da atividade: dentro de um copo transparente, colocou-se água da torneira acima da metade do copo, e dentro um ovo de galinha cru, observando que o ovo fica no fundo do copo. Nesse caso, a densidade do ovo é maior que 1g/cm^3 (densidade da água). A seguir, a professora perguntou “O que acontece com esse mesmo ovo se colocarmos uma quantidade de sal dentro da água?” Ao acrescentar um pouco de sal de cozinha (NaCl) na água, observou-se que o ovo subiu dentro do copo. A professora levantou outra pergunta: “Se aumentarmos a quantidade de sal. O que acontecerá?”.
- ✓ Análise e explicação: à medida que se adiciona maior quantidade de sal de cozinha (NaCl) na água, a densidade dessa solução torna-se maior que a densidade do ovo. Dessa forma, o ovo começa a flutuar.

Figura 26 – Fotos da realização do experimento 1.1



Fonte: Acervo da autora.

Figura 27 – Ovo na água pura (A) e ovo na água com sal (B)



Fonte: Acervo da autora.

Com este experimento os estudantes puderam perceber que a densidade da água com sal é maior que a densidade da água pura e que, quanto maior a densidade do líquido, menor o volume imerso do corpo.

3.2 Etapa 2: Pressão

- ✓ Conceitos envolvidos: pressão.
- ✓ Objetivos: entender o conceito de pressão, suas relações e aplicações.
- ✓ Material utilizado: experimento, PowerPoint, quadro.
- ✓ Dinâmica: A professora iniciou a aula com uma demonstração e o seguinte questionamento: “Se eu apertar uma caneta, onde a força é maior: na ponta ou na outra extremidade?”

Figura 28 – demonstração do conceito de pressão





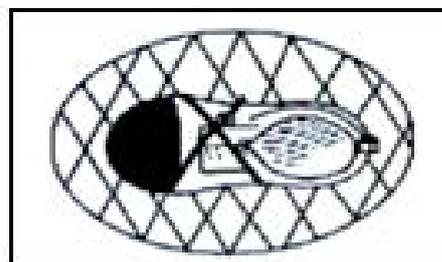
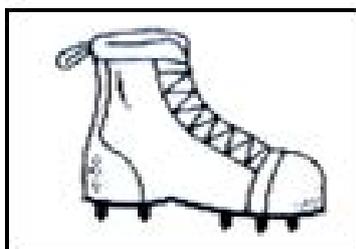
Fonte: Acervo da autora.

A professora explicou o princípio da ação e reação. Nesse momento, foram lembrados os conceitos de equilíbrio estático e dinâmico e foi apresentado o conceito de pressão, sua equação e unidades de medida.

Logo em seguida, foram feitas algumas perguntas para os alunos refletirem:

- Por que andar de salto fino arranha mais o chão?
- Por que devemos afiar a faca?
- Você deve esvaziar os pneus ou usar pneus mais largos em terrenos arenosos? Por quê?
- O que aconteceria se as patas dos elefantes não fossem largas?
- Nas figuras abaixo, temos um sapato para alpinismo e um sapato para andar sobre a neve. Explique o porquê da forma de cada um:

Figura 29 – Sapato para alpinismo e sapato para andar sobre a neve



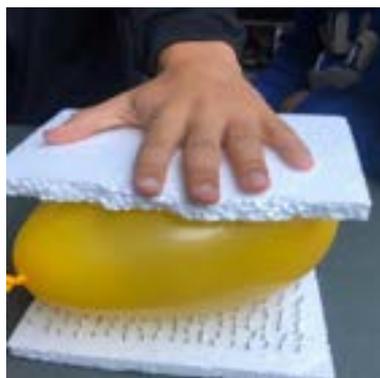
Fonte: acervo da autora.

Em seguida, foi realizado um experimento.

3.2.1 Experimento 2.1: Relação pressão x área

- ✓ Objetivo: Relacionar as grandezas pressão, força e área.
- ✓ Materiais: 2 balões, diversos pregos pequenos (ou alfinetes), 1 pedaço de isopor.
- ✓ Descrição da atividade: foram formados grupos de 3 a 4 alunos. Cada grupo recebeu pedaços de isopor, balões e alfinetes e montou o seu experimento testando com diversas quantidades de alfinetes, podendo, assim, comprovar a relação entre pressão e área.
- ✓ Análise e explicação: a força aplicada (F) pelo balão sobre o conjunto de pregos é igual nas duas situações (com poucos e com muitos alfinetes), mas a pressão (p) exercida pelos pregos sobre o balão é maior no quadrado com menor número de pregos, pois a área de contato (A) é menor. Quando atinge um limite de pressão o balão acaba estourando. A explicação para o fato de pessoas conseguirem deitar-se sobre camas de pregos (ou de facas) é a mesma. Para a pessoa sair ilesa é necessária uma grande quantidade de pregos fincados, o que aumenta a área de aplicação da força (força P) e leva à diminuição da pressão.

Figura 30 – Experimento 2.1



Fonte: Acervo da autora.

Em seguida, foi apresentado aos estudantes o famoso banco de pregos.

Figura 31 – Banco de pregos



Fonte: Acervo da autora.

3.3 Etapa 3: Pressão atmosférica

- ✓ Conceito envolvido: pressão atmosférica
- ✓ Objetivos: entender o conceito de pressão atmosférica e suas aplicações.
- ✓ Materiais utilizados: PowerPoint, quadro, experimentos e vídeos.
- ✓ Dinâmica: A professora definiu a pressão atmosférica e explicou a experiência de Torricelli. Em seguida, foram colocados alguns questionamentos para os estudantes: Por que ele usou Hg? Será que ele poderia usar outra substância, como a água, por exemplo?

Após um tempo, a professora explicou que na experiência de Torricelli poderia ter sido usado qualquer outro líquido. Entretanto, o Hg é utilizado devido sua alta densidade, o que acarreta uma coluna líquida de altura menor. (MÁXIMO; ALVARENGA, 2006). Se fosse utilizada a água, que possui densidade 13,6 vezes menor que o Hg, a altura da coluna de água deveria ser 13,6 vezes maior, o que é inviável.

$$13,6 \downarrow d = \frac{m}{V \uparrow 13,6} \rightarrow 13,6 \uparrow V = A \cdot h \uparrow 13,6$$

Em seguida foi apresentada a relação entre a pressão atmosférica e a altitude (a pressão atmosférica diminui com a altitude). Para exemplificar as aplicações da pressão atmosférica no cotidiano, foram realizados alguns experimentos.

3.3.1 Experimento 3.1: Canudinho de frescor

- ✓ Objetivo: relacionar pressão atmosférica e escoamento de um líquido.
- ✓ Materiais: 2 canudos, um copo com água.

- ✓ Descrição da atividade: Cada estudante recebeu dois canudos e um copo com água. O professor explicou como a pressão atmosférica atua na superfície do líquido fazendo-o subir. Em seguida, foi levantada uma questão aos estudantes: “Se você utilizar dois canudos, um dentro e um fora do copo, a água ainda irá subir?”

Nesse momento, os alunos realizaram o experimento com os dois canudos.

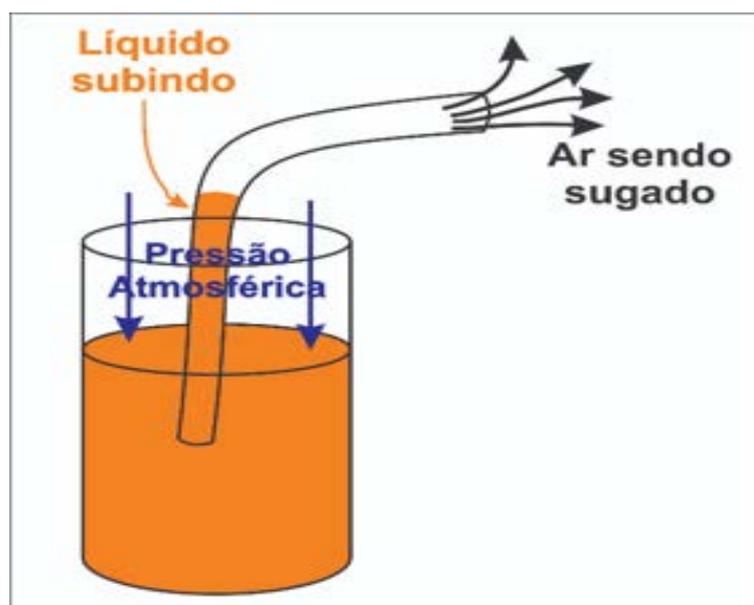
Figura 32 – Experimento dos canudos



Fonte: Acervo da autora.

- ✓ Análise e explicação: Inicialmente, ao usar um canudo, você suga apenas o ar. Quando o ar sai do canudo, a pressão interior diminui e permite que o líquido ocupe o seu lugar. O líquido entra no canudo somente com a presença da pressão atmosférica, ou seja, quando a pressão externa é maior que a pressão interna.

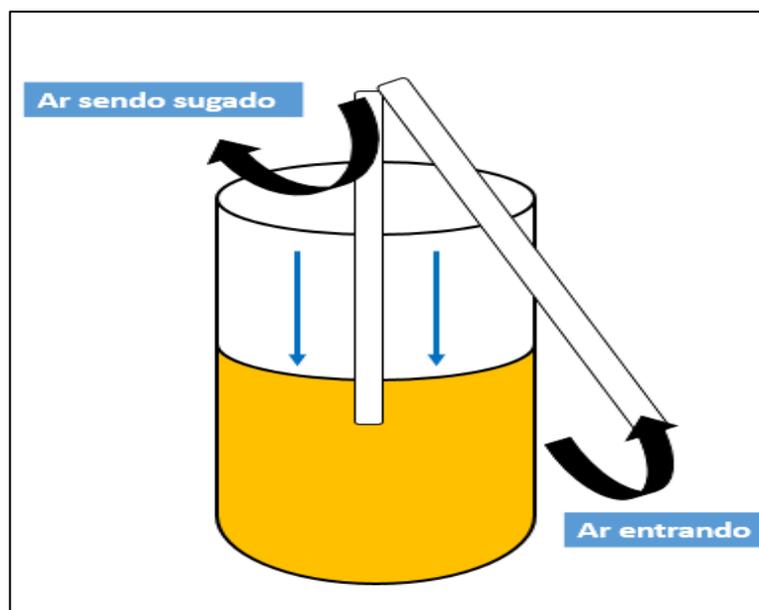
Figura 33 – Líquido subindo em um canudinho



Fonte: <http://portalcinciaviva.blogspot.com/2012/05/mais-exemplos-de-atuacao-da-pressao.html>.

Utilizando-se dois canudos, um imerso na água e outro fora do copo (Figura 34), a água não sobe. Com os dois canudos a pressão no interior da boca não é reduzida, uma vez que a tentativa de diminuir a pressão no interior do canudo imerso no líquido tem como único resultado fazer com que o ar entre pelo outro canudo, mantendo a pressão inalterada. Se não há diferença de pressão entre a parte externa do líquido e o interior da boca, então este não sobe.

Figura 34 – Pressão atmosférica e dois canudinhos



Fonte: Acervo da autora.

Com este experimento os alunos puderam perceber que um fluido se desloca sob diferença de pressão, ou seja, para a água subir pelo canudinho é necessária uma diferença de pressão de baixo para cima.

3.3.2 Experiência 3.2: A pressão atmosférica esmaga a caixinha

- ✓ Objetivo: verificar a presença da pressão atmosférica no cotidiano.
- ✓ Materiais: uma caixinha de suco com canudinho.
- ✓ Descrição da atividade: Cada estudante recebeu uma caixinha de suco. Tomaram o suco até a caixinha ser esmagada, comprovando, assim, o poder da pressão atmosférica.

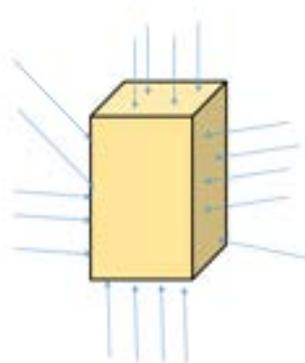
Figura 35 – Experimento “pressão atmosférica esmaga a caixinha”



Fonte: Acervo da autora.

- ✓ Análise e explicação: Ao usar um canudo, você retira o ar diminuindo a pressão interna, o que causa uma diferença de pressão fazendo o suco subir. Dessa forma, a pressão externa, que é a própria pressão atmosférica, se torna maior que a pressão interna e a pressão atmosférica “esmaga” a caixinha.

Figura 36 – A pressão atmosférica atua em todos os lados e em todas as direções

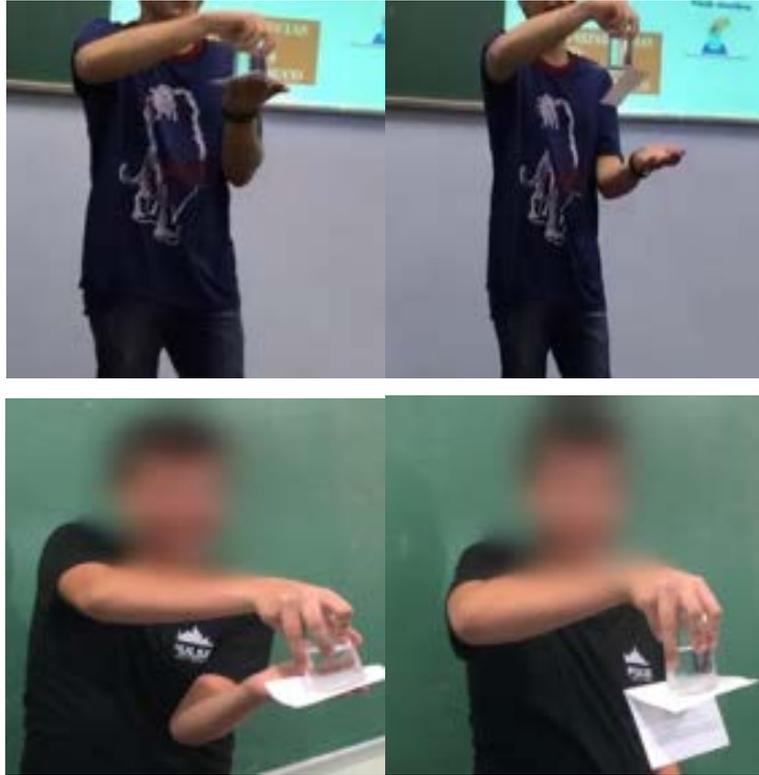


Fonte: Acervo da autora.

3.3.3 Experiência 3.3: A água que não cai

- ✓ Objetivo: verificar a presença da pressão atmosférica no cotidiano.
- ✓ Materiais: um copo com água, uma folha de papel.
- ✓ Descrição da atividade: A professora, antes de realizar o experimento, perguntou aos alunos se a água cairia ou não. Mesmo sabendo da existência e poder da pressão atmosférica, muitos alunos ficaram na dúvida. Ao realizar a experiência, a professora explicou que a pressão impediu a água de cair.

Figura 37 – Experimento da “água que não cai”

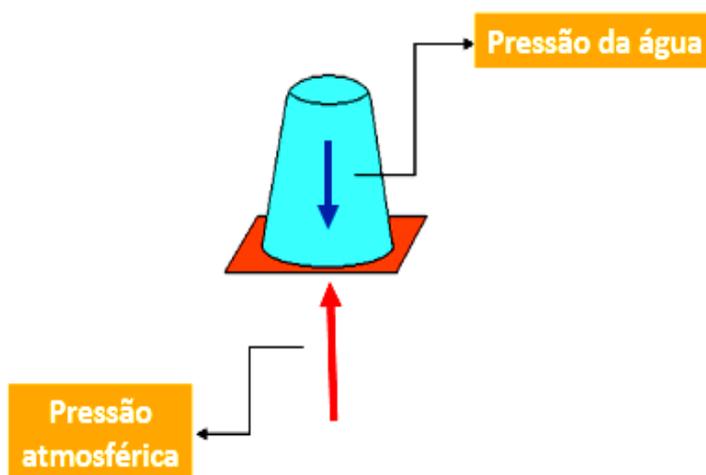


Fonte: Acervo da autora.

Depois de um certo tempo, o ar vai entrar pelas bordas do copo. Dessa forma, a pressão interna, que agora será a pressão da água somada com a pressão atmosférica, será maior que a pressão externa (apenas a pressão atmosférica) e, sendo assim, a água cai.

- ✓ Análise e explicação: A pressão sobre o papel na parte interna é a pressão da coluna de água dentro dele. A pressão que atua na parte externa do papel é a pressão atmosférica, maior que a pressão da água dentro do copo. Dessa forma, estabelece-se uma diferença de pressão que gera forças distribuídas sobre a área do papel e que atuam de fora para dentro do copo. Essas forças empurram o papel para dentro do copo e impedem a sua queda e a saída de água.

Figura 38 – Representação esquemática do experimento “água que não cai”



Fonte: Acervo da autora.

Após os experimentos, a professora colocou uma questão do Enem 2018 para os estudantes responderem:

Talvez você já tenha bebido suco usando dois canudinhos iguais. Entretanto, pode-se verificar que, se colocar um canudo imerso no suco e outro do lado de fora do líquido, fazendo a sucção simultaneamente em ambos, você terá dificuldade em bebê-lo. Essa dificuldade ocorre porque o(a):

- a) força necessária para a sucção do ar e do suco simultaneamente dobra de valor.
- b) densidade do ar é menor que a do suco, portanto, o volume de ar aspirado é muito maior que o volume de suco.
- c) velocidade com que o suco sobe deve ser constante nos dois canudos, o que é impossível com um dos canudos de fora.
- d) peso da coluna de suco é consideravelmente maior que o peso da coluna de ar, o que dificulta a sucção do líquido.
- e) pressão no interior da boca assume praticamente o mesmo valor daquela que atua sobre o suco.

Fonte: ENEM 2018.

Em outra aula, foram exibidos vídeos que tratam de experimentos que comprovam a pressão atmosférica. A finalidade dos vídeos foi servir como motivadores para os próprios alunos realizarem os experimentos.

Figura 39 – Vídeo 1: Como encher a bexiga na garrafa sem assoprar.



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=qipY5qVCtCA>.

Figura 40 – Vídeo 2: Implodindo uma latinha de alumínio



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=SvhcfeBpZmI>.

Figura 41 – Vídeo 3: Colocando um ovo dentro da garrafa



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=v0TCHKHcB8k>.

Figura 42 – Vídeo 4: Implodimos um tambor de aço



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=0SVFB9m7sTY>.

Figura 43 – Vídeo 5: A vela que levanta água



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=c9utVklBN9w>.

Ao término de cada vídeo, os alunos levantaram suas hipóteses e tiraram suas conclusões sobre o fenômeno observado. Em todos os experimentos os alunos perceberam a influência da pressão atmosférica e concluíram que a diferença de pressão foi a responsável pelos acontecimentos em todos os vídeos. A seguir, a sala foi dividida em grupos que realizariam alguns experimentos e apresentariam para a turma. Tais experimentos foram baseados nos vídeos assistidos e apresentados em uma outra aula, para que os alunos pudessem se reunir, reassistir os vídeos e se preparar para explicar os procedimentos que realizariam.

3.3.4 Experimento 3.4: A vela que levanta a água

- ✓ Objetivo: verificar a relação entre temperatura e pressão e comprovar que a diferença de pressão é o que faz o líquido subir.
- ✓ Materiais utilizados: copo de vidro transparente, um pires, vela, fósforo e água colorida com corante.

- ✓ Descrição da atividade: os alunos fixaram a vela no fundo do pires, depois acenderam a vela, encheram o pires com água colorida e tamparam a vela com o copo. À medida que foram realizando o experimento, foram explicando o que acontece respondendo às perguntas “O que acontece com a chama da vela? O que acontece com a água dentro do pires? O que acontece com o ar dentro do copo? Por que a água sobe?”.
- ✓ Análise e explicação: Quando se acende a vela, mas tampa-se a mesma com o copo, este se enche de ar quente e todo ar frio sai. Devido ao contato com a água do pires, ocorre uma diminuição do oxigênio e a chama da vela diminui. Com isso, a temperatura do ar dentro da garrafa também diminui, acarretando uma diminuição da pressão interna. Dessa forma, a pressão externa se torna maior que a pressão interna e a pressão atmosférica empurra o líquido para dentro do copo.

Figura 44 – Experimento “A vela que levanta a água”



Fonte: Acervo da autora.

3.3.5 Experimento 3.5: Implodindo uma latinha de alumínio.

- ✓ Objetivo: compreender e comprovar que a diferença de pressão provoca o esmagamento da lata.
- ✓ Materiais utilizados: lata de refrigerante, pegador de metal, um recipiente fundo e água gelada.
- ✓ Descrição da atividade: na cozinha da escola, sob a supervisão da professora, os alunos colocaram um pouquinho de água dentro da lata vazia de refrigerante e colocaram a lata em cima da chama do fogão acesa, deixando-a lá até a água ferver e evaporar dentro da lata. Em seguida, pegaram a lata com o pegador e viraram dentro do prato com água gelada, de maneira que a abertura ficou para baixo, de modo a tampar essa abertura, impossibilitando a entrada do ar.

- ✓ **Análise e explicação:** O ar de dentro da lata se expande e torna-se rarefeito devido ao aquecimento e vaporização da água na lata. Dessa forma, o vapor que se forma passa a ocupar o espaço que antes era do ar. Assim, com o aumento da temperatura, há uma maior agitação térmica das moléculas e a pressão dentro da lata aumenta. Quando se vira a lata com a abertura para baixo e a coloca dentro do prato com água gelada, a redução de temperatura causada pelo contato com a água gelada reduz a pressão interna. Dessa forma, a pressão externa, que é a própria pressão atmosférica, torna-se maior que a pressão interna e a lata é amassada. Assim, a diferença de pressão é o que faz a lata amassar.

Figura 45 – Experimento “Implodindo uma latinha de alumínio”



Fonte: Acervo da autora.

3.3.6 Experimento 3.6: Como encher a bexiga na garrafa sem assoprar

- ✓ **Objetivos:** verificar que a diferença de pressão faz com que a bexiga encha dentro da garrafa.
- ✓ **Materiais utilizados:** balão, garrafa de vidro, recipiente com água gelada.
- ✓ **Descrição da atividade:** Os estudantes encheram uma garrafa de vidro com água quente, esvaziaram e encaixaram a bexiga na boca da garrafa. Logo após, colocaram a garrafa dentro de um recipiente com água fria e, devido à diferença de pressão, o balão começou a encher para dentro, conforme a garrafa esfriava.
- ✓ **Análise e explicação:** Ao aquecer a garrafa vazia, a mesma fica cheia de vapor d'água provocando um aumento da pressão interna, a qual se iguala com a pressão externa. Ao colocar a garrafa na água fria, a temperatura diminui acarretando uma queda na pressão interna. Dessa forma, a pressão externa se torna maior que a pressão interna e essa diferença de pressão faz com que a bexiga entre na garrafa.

Figura 46 – Experimento “Como encher a bexiga na garrafa sem assoprar”



Fonte: Acervo da autora.

3.3.7 Experimento 3.7: Colocando um ovo dentro da garrafa

- ✓ **Objetivos:** verificar que a diferença de pressão faz com que o ovo entre na garrafa.
- ✓ **Materiais utilizados:** garrafa de vidro de boca larga, ovo cozido, algodão, fósforo, álcool.
- ✓ **Descrição da atividade:** os alunos queimaram o algodão utilizando álcool e fósforo e jogaram dentro da garrafa, aumentando a pressão interna devido ao aquecimento. Em seguida, colocaram o ovo cozido na boca da garrafa. À medida que a temperatura do ar dentro da garrafa diminuiu, a pressão interna também diminuiu, tornando-se menor que a pressão externa. Assim, a diferença de pressão fez com que o ovo entrasse na garrafa.
- ✓ **Análise e explicação:** Conforme o ar na garrafa fechada esfria, a pressão diminui e, dessa forma, gera um desequilíbrio em relação à pressão atmosférica, que fica maior. Para voltar ao equilíbrio é necessário que entre ar na garrafa, o que não é possível por causa do ovo que está vedando a passagem do ar. Mas, como o ovo é flexível, a pressão atmosférica o empurra para dentro da garrafa.

Figura 47 – Experimento “Colocando um ovo dentro da garrafa”



Fonte: Acervo da autora.

Após os experimentos, a professora fez algumas perguntas:

- Por que um desentupidor de pia fica "grudado" quando o empurramos contra uma parede de ladrilhos?
- Imagine-se tomando um suco com um canudinho. Você conseguiria tomar suco dessa forma na Lua?
- Vários fabricantes, para facilitar a retirada da tampa dos copos de requeijão e de outros produtos, introduziram um furo no seu centro, selado com plástico. Porque isso facilita a retirada da tampa?

Os estudantes tiveram um tempo para pensar e, então, foram discutidas as respostas.

Quanto a tomar suco com canudinho na Lua, não é possível, porque na Lua não há atmosfera. E a facilidade para retirar a tampa existe porque ao retirar o selo permite-se que o ar penetre no copo e a pressão atmosférica atue, também, de dentro para fora. Assim, iguala-se a pressão interna à externa e a tampa se abre facilmente, já que não é necessário fazer força para vencer a pressão externa.

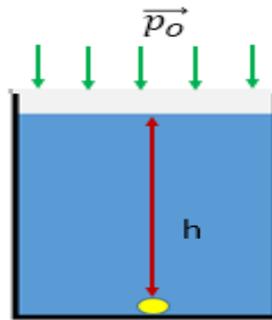
Posteriormente, foi aplicado o teste 1 para avaliar os conhecimentos adquiridos relacionados às atividades 1, 2 e 3. Esse teste será discutido em Resultados e Discussão.

3.4 Etapa 4: Pressão x altura e pressão x profundidade

- ✓ Conceitos envolvidos: pressão, profundidade e altura.
- ✓ Objetivos: entender as relações pressão x altura e pressão x profundidade, compreender a equação da pressão hidrostática e suas aplicações.
- ✓ Materiais utilizados: PowerPoint, quadro.

- ✓ Dinâmica: A professora iniciou, utilizando o quadro, com a definição de pressão hidrostática, deduzindo a equação geral da hidrostática e mostrando que a pressão não depende da área e sim da profundidade.

Figura 48 – Pressão fundamental da hidrostática



Fonte: Acervo da autora.

Sabemos que $p = \frac{F}{A}$ (I) em que F é a força exercida pela coluna do líquido, ou seja, $F = P = mg$ (II). Substituindo (II) em (I), temos:

$$p = \frac{mg}{A} \text{ (III)}$$

Sabemos também que $d = \frac{m}{V} \rightarrow m = dV$ (IV)

Substituindo (IV) em (III), temos:

$$p = \frac{dVg}{A} \text{ (V)}$$

Sabemos que $V = A \cdot h$ (VI)

Substituindo (VI) em (V), temos:

$$p = \frac{dAhg}{A}$$

Dessa última equação, pode-se simplificar a área (A), o que mostra que a pressão independe da área, ou seja, não depende do formato do recipiente. Com isso, tem-se a equação da pressão hidrostática (pressão exercida por um líquido):

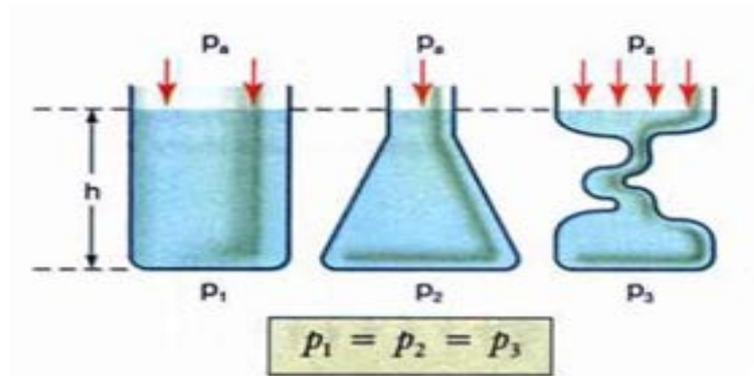
$$p = dgh$$

Mas, além da pressão do líquido, há a pressão atmosférica. Dessa forma, há a equação geral da hidrostática:

$$p = p_o + dgh$$

Logo em seguida, foi apresentado o Teorema de Stevin: a variação de pressão entre dois pontos de um líquido depende apenas da diferença de profundidade em que eles se encontram: pontos com profundidade igual sofrem pressão igual.

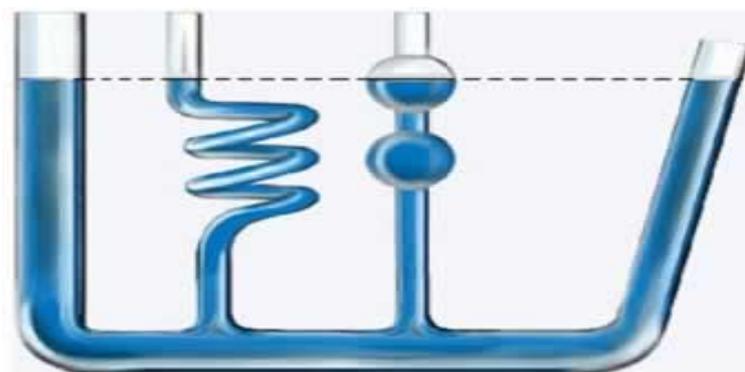
Figura 49 – A pressão independe do formato do recipiente



Fonte: Curso de Física volume 1, Antônio Máximo e Beatriz Alvarenga.

Em seguida, foi apresentado aos estudantes os vasos comunicantes através de uma aula expositiva utilizando PowerPoint.

Figura 50 – Vasos comunicantes



Fonte: <https://alunosonline.uol.com.br/fisica/vasos-comunicantes.html>.

Sendo o mesmo líquido, estando todas as bocas sujeitas à mesma pressão, o líquido atinge níveis iguais em todos os tubos. A seguir, foram realizados experimentos que seguem detalhados abaixo.

3.4.1 Experimento 4.1: Garrafa PET com dois furos

- ✓ Objetivos: verificar o aumento da pressão com o aumento da profundidade de um líquido.
- ✓ Materiais utilizados: garrafa PET, água, corante, alfinete e mesa.
- ✓ Descrição da atividade: os alunos cortaram a parte superior da garrafa com uma tesoura e, com o auxílio de um alfinete, fizeram dois furos numa linha vertical da garrafa, sob orientação do professor. Feito isso, a garrafa foi colocada na beirada da mesa e preenchida com água. Observando a formação de esguichos de água pelas figuras a seguir, nota-se que eles alcançam diferentes distâncias.

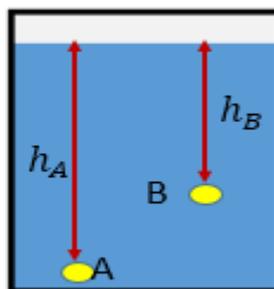
Figura 51 – Experimento “Garrafa PET com dois furos”



Fonte: Acervo da autora.

- ✓ Análise e explicação: De acordo com a Lei de Stevin, quanto maior a profundidade da água, maior a pressão na sua base inferior, uma vez que a pressão depende da profundidade pela relação $p = p_o + dgh$. Analisando a figura a seguir, como a profundidade de A é maior que a altura de B, a pressão de A será maior que a pressão de B.

Figura 52 – A pressão aumenta com a profundidade



Fonte: Acervo da autora.

Isso significa que quanto mais baixo o orifício, maior a velocidade com a qual a água é expelida, e maior pode ser o seu alcance.

Figura 53 – A velocidade e o alcance são maiores para pontos onde a pressão é maior

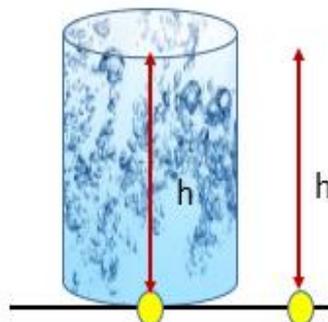


Fonte: Acervo da autora.

O alcance do esguicho depende, além da velocidade inicial com que sai do recipiente, da altura da queda. Para comparar a velocidade de saída desses jatos de água basta observar as curvaturas das parábolas por eles descritas. Quanto maior a velocidade mais aberta é a parábola.

No entanto, deve haver um desnível entre o recipiente com água e o local em que os jatos de água atingem a superfície. Se não houver esse desnível, não haverá diferença de pressão e a água não vai escoar. É importante que se saiba que só há escoamento quando há diferença de pressão. Na figura abaixo, como a altura é a mesma, a pressão também será a mesma e, dessa forma, não há diferença de pressão.

Figura 54 – pontos situados no mesmo nível não há diferença de pressão



Fonte: Acervo da autora.

3.4.2 Experimento 4.2: Pressão e escoamento

- ✓ Objetivo: Verificar a influência da pressão no escoamento de líquidos.
- ✓ Materiais utilizados: garrafa PET, água, corante, mesa e estilete.
- ✓ Descrição da atividade: A garrafa foi preenchida com água e tampada. Foi feito um furo na garrafa com o auxílio de um estilete e a mesma foi colocada sobre a mesa. Foi possível verificar que a água escoou um pouco e parou. Em seguida, destampou-se a garrafa e a água passou a escoar normalmente pelo orifício.

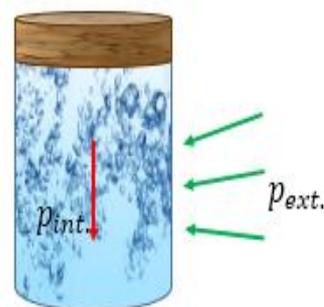
Figura 55 – Experimento “Pressão e escoamento”



Fonte: Acervo do autor.

- ✓ Análise e explicação: Com a garrafa tampada, a água escoou um pouco e para, porque a sua descida cria uma baixa pressão na parte superior da garrafa. A água para de escorrer quando a pressão do ar interno mais a pressão da coluna de água é igual à pressão atmosférica exercida na parte externa do orifício.

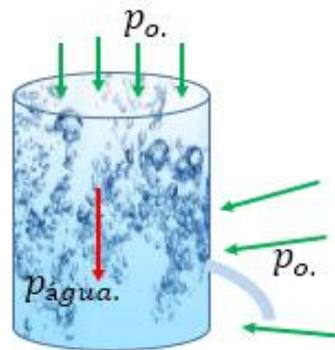
Figura 56 - $p_{ext.} = p_{int.} \leftrightarrow p_{\text{água}} = p_0$



Fonte: Acervo da autora.

Quando se abre a tampa, a pressão interna aumenta, tornando-se maior que a pressão atmosférica. Com isso, a pressão da coluna de água não é mais equilibrada e a água escoar pelo orifício.

Figura 57 – Escoamento do líquido



Fonte: Acervo da autora.

Na garrafa destampada observa-se a vazão contínua da água pelo furo, porque a pressão sobre a superfície do líquido é a pressão atmosférica. Nos pontos internos do líquido dentro da garrafa, a pressão será maior que a pressão atmosférica, pois se tem acréscimo da pressão gerada pelo peso da massa de água acima do ponto:

$$p_{int.} = p_o + p_{\text{água}} > p_{ext.} = p_o$$

Com esse experimento os alunos puderem verificar, mais uma vez, que para haver escoamento de um líquido é necessário ter uma diferença de pressão. A professora perguntou aos estudantes por que é necessário colocar a garrafa sobre a mesa.

Para demonstrar as aplicações dos vasos comunicantes, foi realizado um experimento simples.

3.4.3 Experimento 4.3: Vasos comunicantes

- ✓ Objetivo: Verificar experimentalmente uma aplicação do princípio de Stevin.
- ✓ Materiais utilizados: garrafas PET, água, corante e mangueira transparente.
- ✓ Descrição da atividade: Foram feitos dois furos em cada tampa da garrafa, um para entrada de ar e outro para passar a mangueira. Encheu-se uma das garrafas com água, enquanto a outra permaneceu vazia. As garrafas foram conectadas com a mangueira. Em seguida,

tampou-se o furo de entrada de ar da garrafa com água e a mesma foi apertada, causando uma diferença de pressão. Soltou-se a garrafa e o líquido passou a escoar da garrafa cheia (maior pressão) para a garrafa vazia (menor pressão) e, assim que as garrafas atingiram o mesmo nível, o líquido entrou em equilíbrio e cessou-se o fluxo de água.

Figura 58 – Experimento “vasos comunicantes” parte 1



Fonte: Acervo da autora.

Ao levantar a garrafa cheia provocamos uma diferença de pressão devido ao desnível entre as duas garrafas, e o líquido novamente passou a escoar, de cima para baixo, para a garrafa vazia, ou seja, da região de maior pressão para a região de menor pressão.

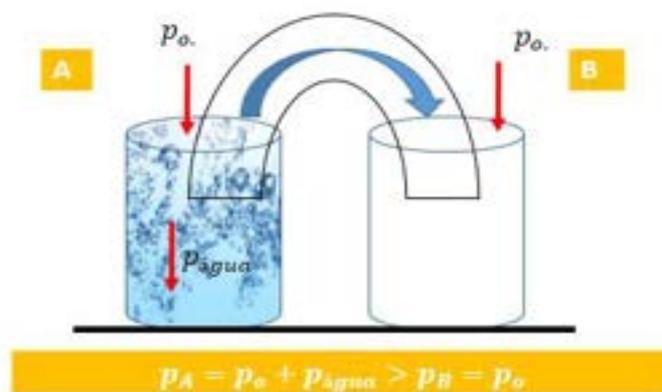
Figura 59 – Experimento “Vasos comunicantes” parte 2



Fonte: Acervo da autora.

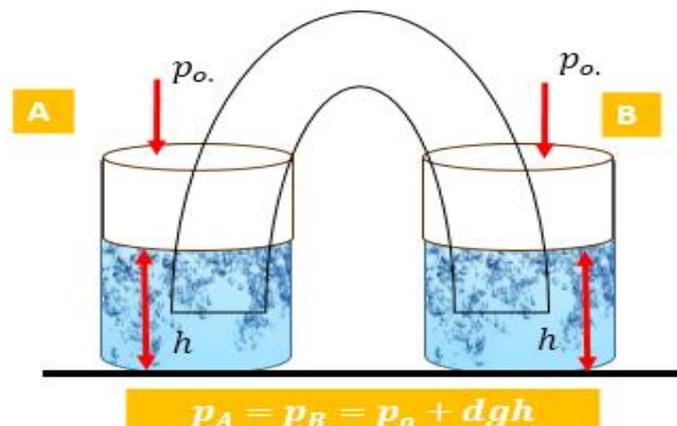
- ✓ Análise e explicação: Quando se cria uma diferença de pressão, o líquido se desloca da região de maior pressão para a região de menor pressão, até que ambos atinjam o mesmo nível (ou seja, mesma pressão) e entrem em equilíbrio, o que é mostrado nas figuras 60 e 61 a seguir.

Figura 60 – escoamento do líquido da região de maior pressão para região de menor pressão



Fonte: Acervo da autora.

Figura 61 – A pressão é igual quando os recipientes atingem o mesmo nível

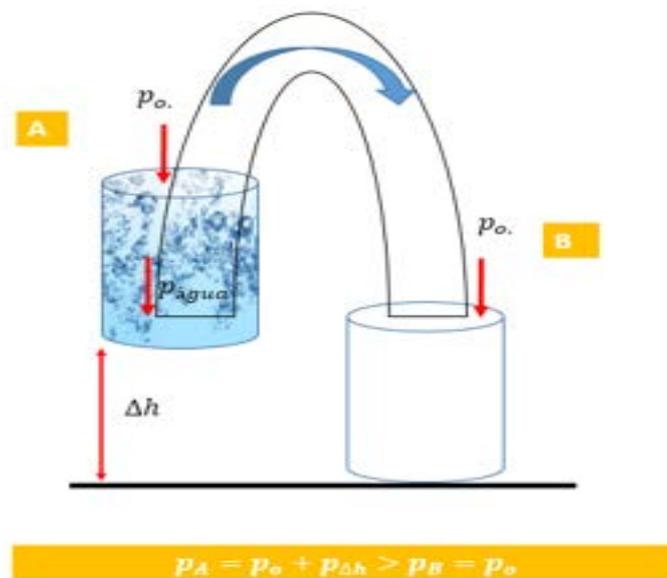


Fonte: Acervo da autora.

De acordo com o teorema de Stevin, todos os pontos da superfície de um líquido homogêneo, em repouso, se mantêm no mesmo plano horizontal porque estão submetidos à mesma pressão atmosférica, independentemente da forma como os recipientes se comunicam. A pressão exercida por um líquido sobre um corpo não depende das características do corpo, mas das características do líquido, da aceleração da gravidade local e da profundidade.

Quando as garrafas são colocadas em níveis diferentes, colocando a garrafa cheia num ponto mais alto, cria-se novamente uma diferença de pressão e o líquido escoar de cima para baixo até, novamente, atingirem o equilíbrio, como é mostrado na figura 62, a seguir.

Figura 62 – Diferença de pressão em garrafas em alturas diferentes



Fonte: Acervo da autora.

Em seguida a professora propôs uma situação problema: “Ao construir uma casa os pedreiros deixam todas as tomadas e todos os interruptores (botões que acendem e apagam as lâmpadas) na mesma altura. Como fazem para medir essa altura?”

Foram formados pequenos grupos para discutirem e levantarem suas hipóteses para a situação-problema. Em seguida, os grupos receberam uma mangueira e água com corante e socializaram suas respostas com mediação da professora. Os pedreiros, para nivelar dois pontos, em uma obra, costumam usar uma mangueira transparente cheia de água. Ajustando o nível da água em um dos ramos da mangueira a um ponto de uma parede, eles podem, com o outro ramo, determinar pontos, de outras paredes, que estarão nesse mesmo nível.

Figura 63 – Nivelção dos pedreiros



Fonte: Acervo da autora.

Na sequência, foi aplicado um segundo teste para avaliar os conhecimentos adquiridos da atividade 4. Este teste será discutido em Resultados e Discussão.

3.5. Etapa 5: Princípio de Arquimedes

- ✓ Conceitos envolvidos: Princípio de Arquimedes.
- ✓ Objetivos: entender o Princípio de Arquimedes e compreender como determinar o volume de um corpo.
- ✓ Materiais utilizados: Vídeo, PowerPoint.
- ✓ Dinâmica: A professora iniciou a aula com o vídeo “Sapo Brothers e o Princípio de Arquimedes”, representado a seguir pela figura 64.

Figura 64– Princípio de Arquimedes em desenho



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=wyGhTgZyTLI>.

Depois da exibição do vídeo sobre o Princípio de Arquimedes, a professora levantou o seguinte questionamento: “Como podemos medir o volume de um corpo?”.

Após a discussão, a professora apresentou um PowerPoint explicando os métodos para a determinação do volume de um corpo, que pode ser resumido na figura 65 a seguir:

Figura 65 – Determinação do volume de um corpo



Fonte: <https://slideplayer.com.br/slide/293841/>.

3.6 Etapa 6: Empuxo

- ✓ Conceitos envolvidos: empuxo, peso e densidade corpo/líquido.
- ✓ Objetivos: entender o conceito de empuxo, suas relações e aplicações.
- ✓ Materiais utilizados: experimento, simulação PHET, simulação Vascak, PowerPoint, quadro, vídeos.
- ✓ Dinâmica: A professora começou com a seguinte situação-problema: “Você já deve ter percebido que um corpo mergulhado num líquido se torna aparentemente mais leve. Se caminhamos em uma piscina, da parte rasa para a parte funda, temos a sensação de que nosso peso diminui gradativamente; também quando boiamos, nos sentimos mais leves. Por que isso ocorre?”

Figura 66 – Peso aparente

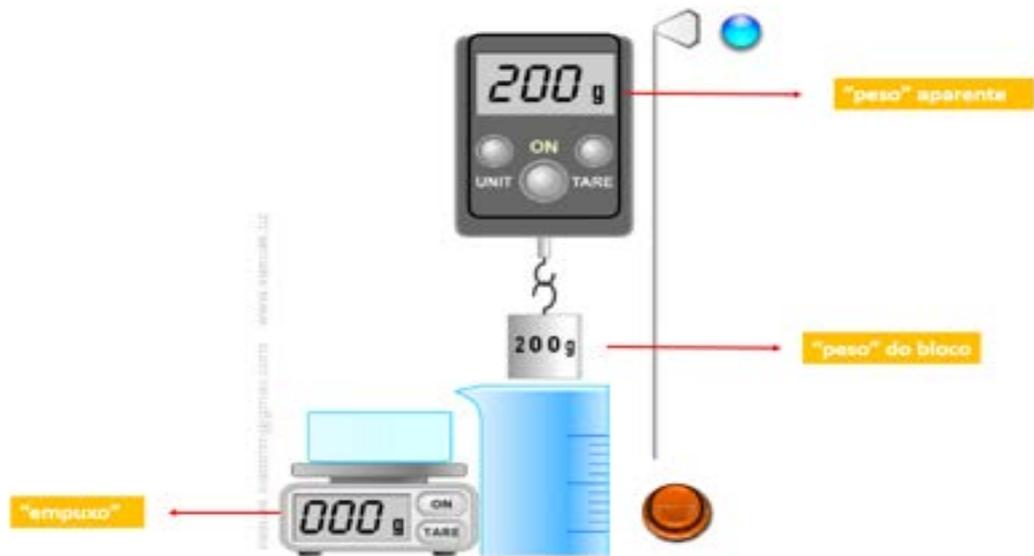


Fonte: <http://propriedadesaguinha.blogspot.com/2011/09/empuxo.html>.

Essas questões tiveram como objetivo verificar os conhecimentos prévios dos alunos. Após os questionamentos e discussões, o professor deu uma explicação sobre Empuxo, qual sua definição, onde aparece e sua aplicabilidade.

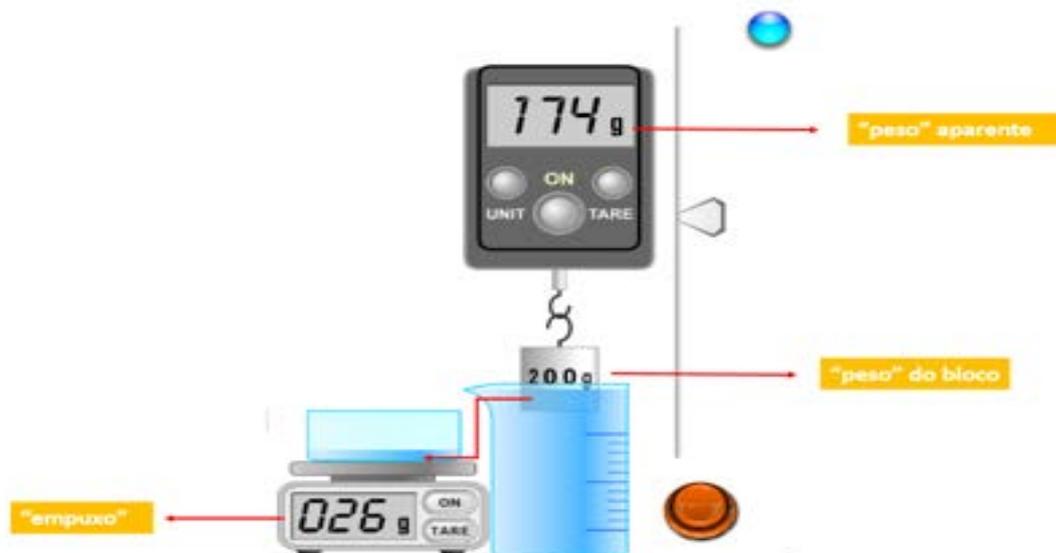
O professor retornou à situação-problema explicando que a força que, quando um objeto está mergulhado em um fluido, além da força Peso, puxando o objeto verticalmente para baixo, há também uma força denominada Empuxo, empurrando-o verticalmente para cima. Por isso, quando objetos estão dentro de um fluido, parecem ser mais leves que fora dele. Para exemplificar, foi utilizado o simulador Vascak “Lei de Arquimedes”:

Figura 67 – Simulação “Lei de Arquimedes” – bloco fora do líquido



Fonte: https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mech_archimedes&l=pt.

Figura 68 – Simulação “Lei de Arquimedes” – bloco parcialmente dentro do líquido



Fonte: https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mech_archimedes&l=pt.

Figura 69 – Simulação “Lei de Arquimedes” – bloco totalmente dentro do líquido

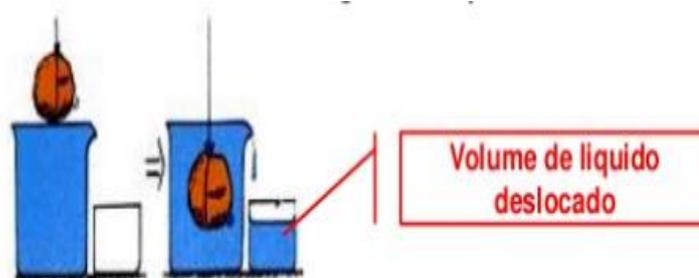


Fonte: https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mech_archimedes&l=pt.

Com essa simulação, os estudantes puderam perceber que quando o bloco não está imerso no líquido não há a força Empuxo e que a força necessária para se erguer o bloco é exatamente igual ao próprio peso do bloco. Ao inserir o corpo no líquido, surge a força Empuxo, e que a mesma possui o maior valor quando o corpo se encontra totalmente dentro do líquido.

Para reforçar o que foi visto com a simulação, a professora deu uma aula expositiva sobre o conceito de Empuxo e sua relação com o volume de fluido deslocado. A água coletada no recipiente menor (água deslocada pela pedra) possui um peso que é exatamente o módulo da força Empuxo.

Figura 70– Peso do líquido deslocado



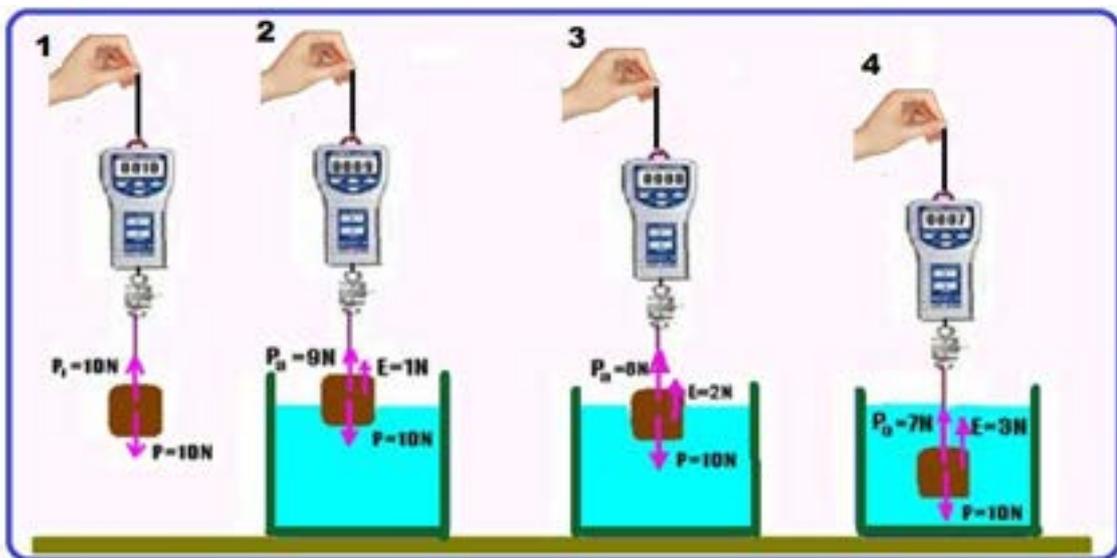
Fonte: <https://pt.slideshare.net/TaysBenicio/hidrostatica-26955796>.

A professora explicou, por meio de slides, uma experiência que comprova o Princípio de Arquimedes. Na primeira etapa da experiência, o peso do bloco é registrado por meio de um dinamômetro. O valor obtido foi $P = 10 \text{ N}$. Na sequência, o bloco é mergulhado em um

recipiente com um determinado líquido. Nessa situação, o dinamômetro registra um valor menor, $P = 9\text{ N}$, que é o peso aparente do bloco.

O peso do bloco continua sendo igual a 10 N , porém o líquido exerce sobre o bloco um empuxo de 1 N , de forma que a resultante das forças entre Peso e Empuxo, $R = P - E$, é equilibrada pela força que o dinamômetro exerce sobre o bloco. O mesmo acontecendo nas duas etapas seguintes. Na última etapa, obtém-se o maior valor do Empuxo, já que o bloco se encontra totalmente imerso.

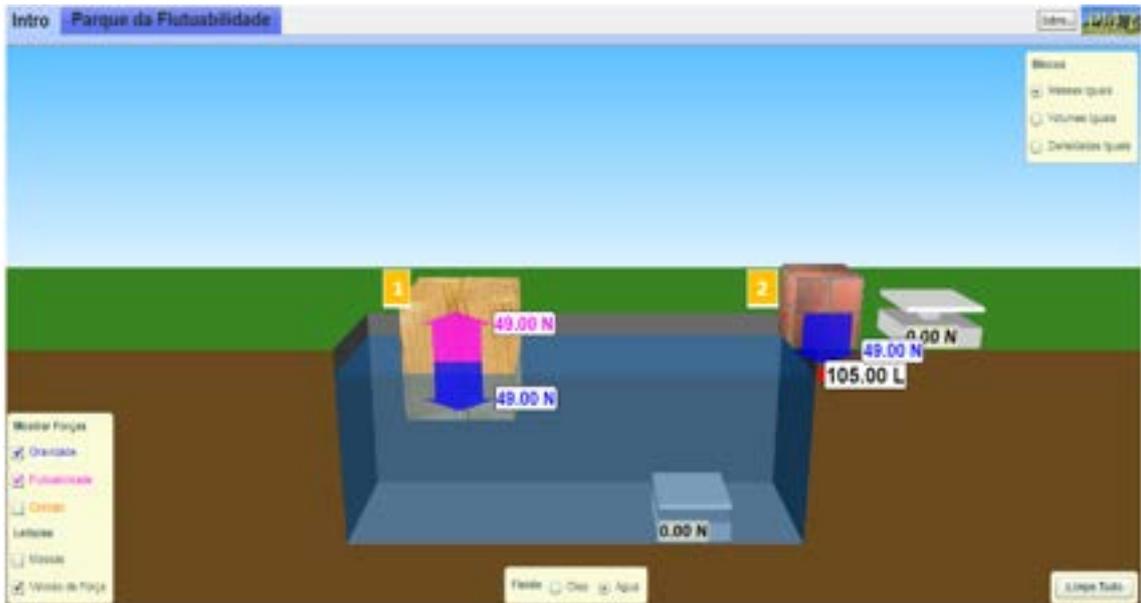
Figura 71 – Relação entre Peso, Empuxo e Peso aparente



Fonte: <https://fisicaevestibular.com.br/novo/mecanica/hidrostatica/teorema-de-arquimedes-empuxo/>.

Em seguida, foi utilizado o simulador Phet “Flutuabilidade”. Essa etapa tratou de consolidar, com mais clareza, a definição de Empuxo e ampliar suas relações. A primeira parte ilustra a relação entre Empuxo e Volume de líquido deslocado. Coloca-se o bloco 1 no recipiente com água. Nota-se que ele flutua e, neste caso, o Empuxo é igual ao Peso: $E = P = 49\text{ N}$.

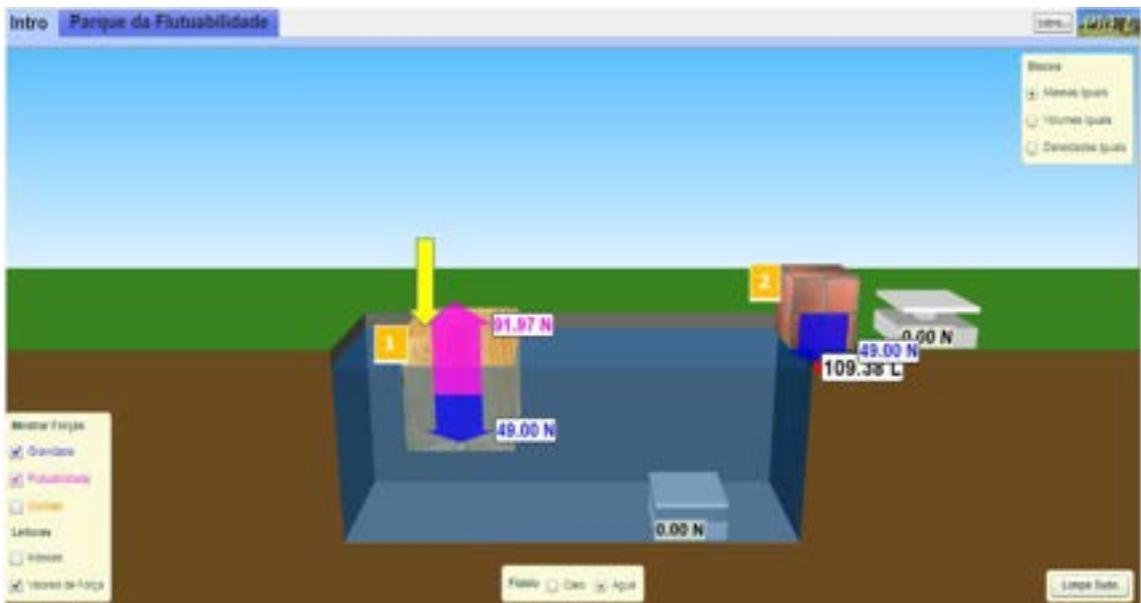
Figura 72 – Empuxo x Volume deslocado 1



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/buoyancy.

Ao empurrar o bloco 1 para baixo, o volume imerso aumenta e, conseqüentemente, o Empuxo também: $E = 91,97 \text{ N}$.

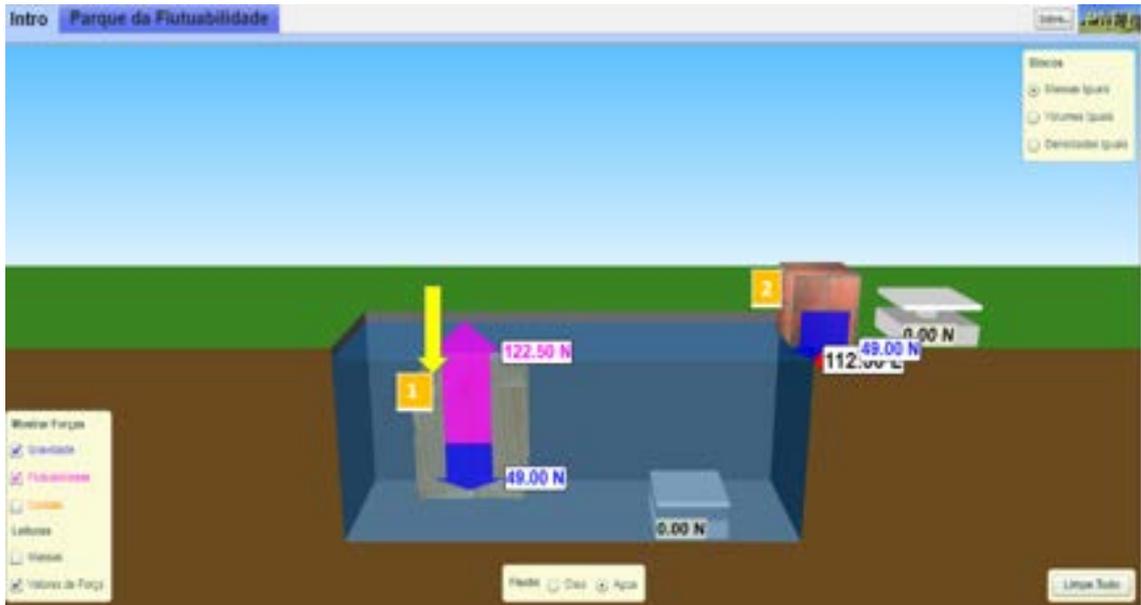
Figura 73 – Empuxo x Volume deslocado 2



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/buoyancy.

Empurrando o bloco 1 um pouco mais, de modo que o mesmo fique totalmente imerso, nota-se que o Empuxo é ainda maior: $E = 122,50 \text{ N}$.

Figura 74 – Empuxo x Volume deslocado 3

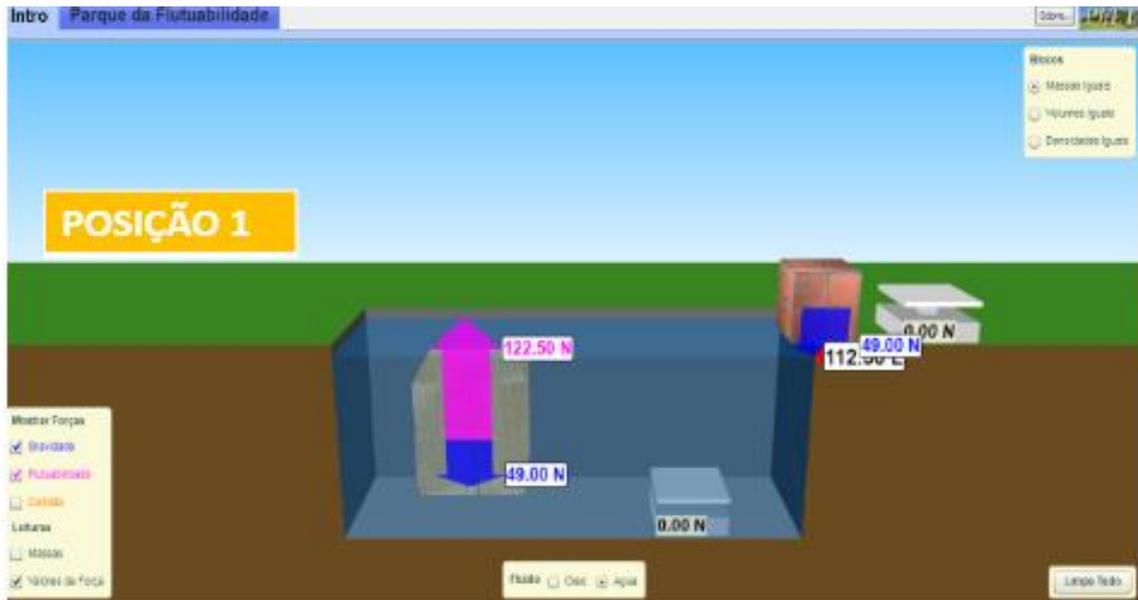


Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/buoyancy.

Dessa forma, percebe-se que, à medida que o corpo é mergulhado em água e seu volume imerso aumenta, o Empuxo também aumenta e tem seu valor máximo quando o corpo se encontra totalmente mergulhado.

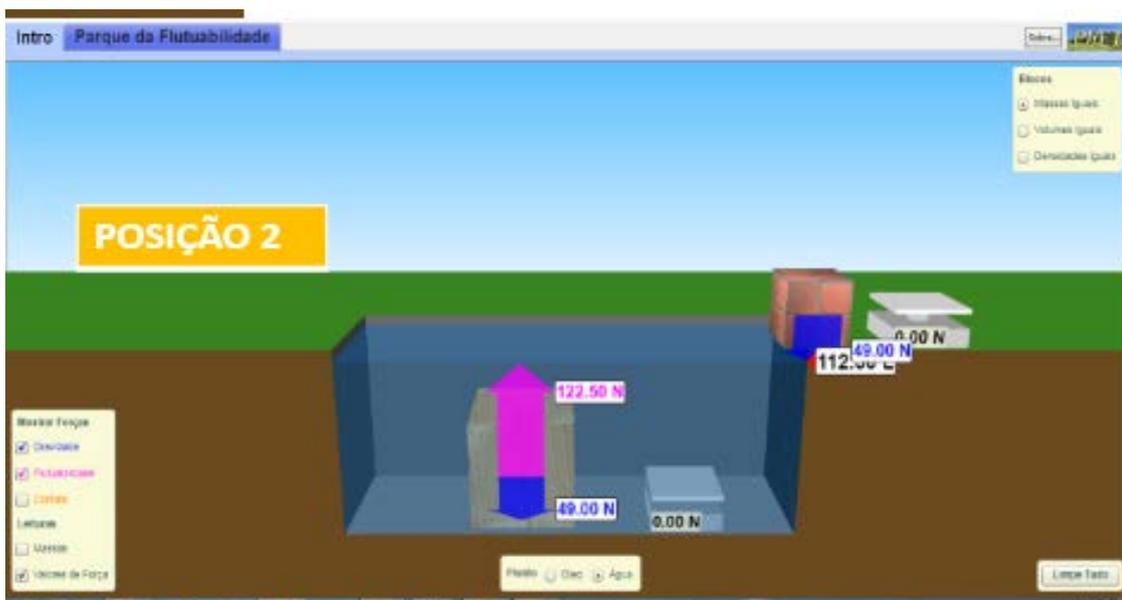
Colocando o mesmo bloco, totalmente imerso, em posições diferentes dentro do recipiente, encontra-se um Empuxo de 112,50 N. Isso significa que, independentemente da posição em que o corpo se encontra, uma vez que ele está totalmente mergulhado, ou seja, com o mesmo volume imerso, o valor do Empuxo é o mesmo.

Figura 75 – Empuxo x Volume deslocado 4



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/buoyancy.

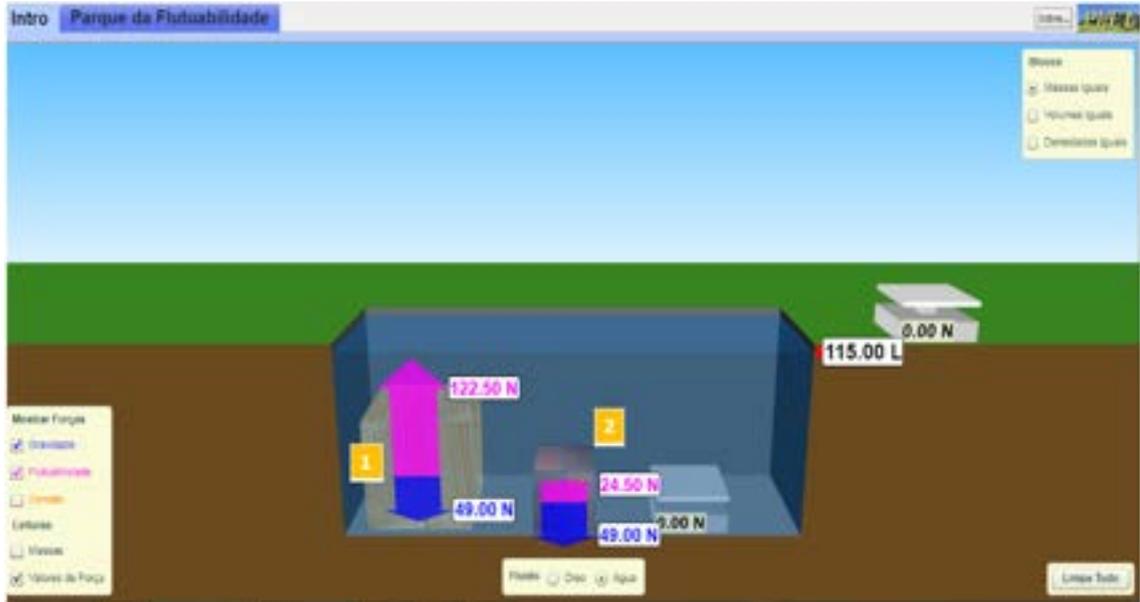
Figura 76 – Empuxo x Volume deslocado 5



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/buoyancy.

Comparando-se dois corpos de mesma massa, mas de volumes e densidades diferentes, percebe-se que o que possui maior volume imerso também possui maior Empuxo. Na simulação, o bloco 1, de maior volume imerso, apresentou um Empuxo de 112,50 N, enquanto o bloco 2, de menor volume imerso, apresentou um Empuxo de 24,50 N. Dessa forma, nota-se que o Empuxo está diretamente relacionado com o volume de líquido deslocado.

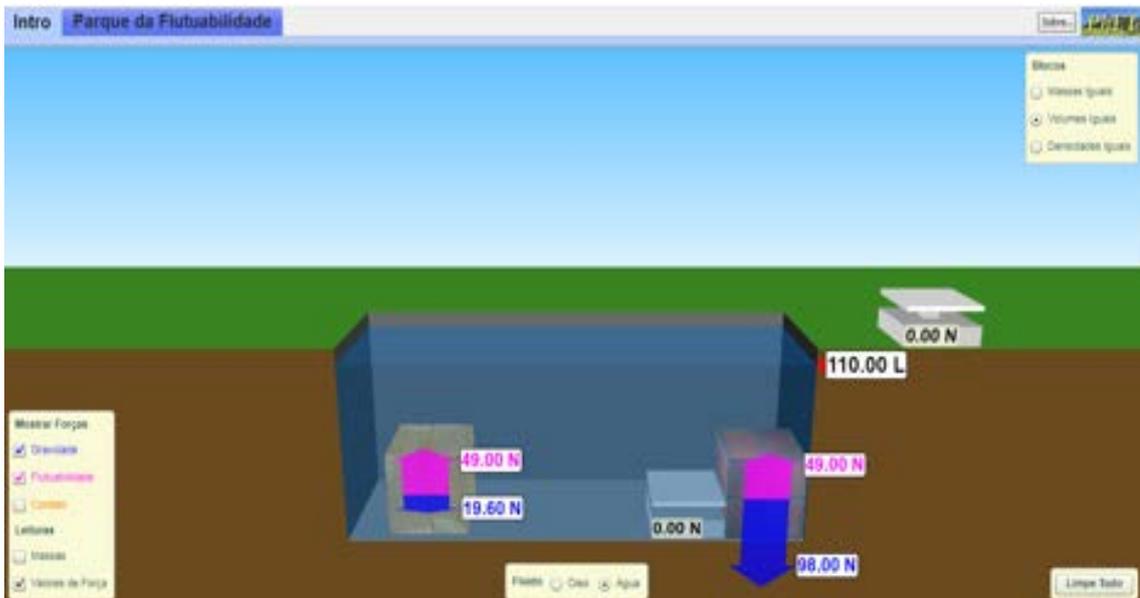
Figura 77 – Empuxo x Volume imerso - massas iguais



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/buoyancy.

Comparando-se dois corpos de mesmo volume, mas de massas e densidades diferentes, percebe-se que o Empuxo é o mesmo. Mais uma vez, nota-se a relação direta do Empuxo com o volume de líquido deslocado, independente do material do corpo.

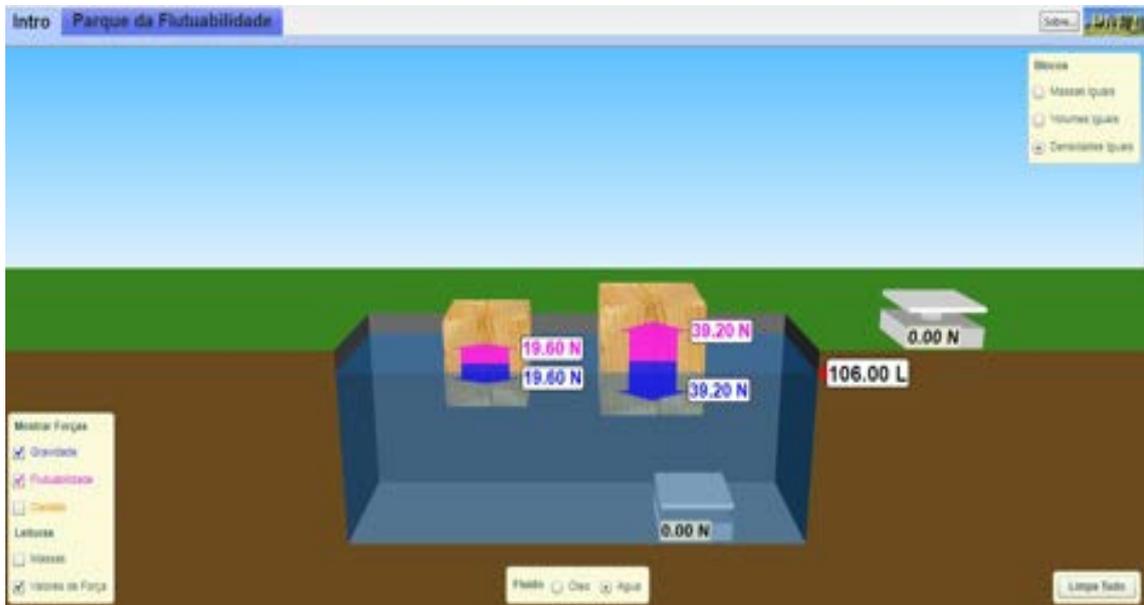
Figura 78 – Empuxo x Volume imerso – volumes iguais



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/buoyancy.

Comparando-se dois corpos de mesma densidade, mas de massa e volume diferentes, percebe-se, mais uma vez, que o de maior volume imerso, possui maior Empuxo. O Empuxo está relacionado com o líquido deslocado pelo corpo e não com a densidade do mesmo.

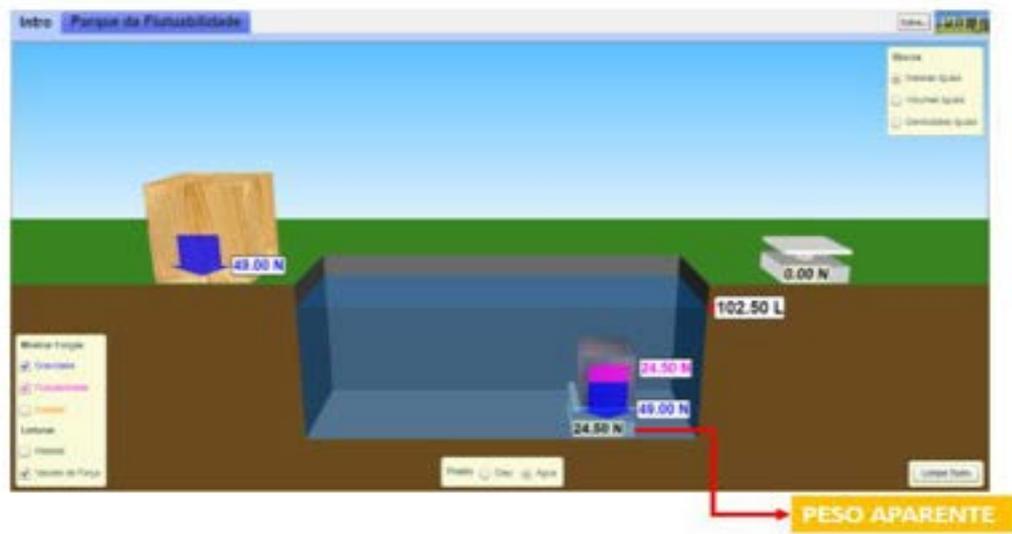
Figura 79 – Empuxo x Volume imerso – densidades iguais



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/buoyancy.

A segunda etapa consiste em entender a relação do peso aparente: $P_{ap} = P - E$. Coloca-se um corpo de Peso 49 N sobre uma balança no recipiente com água. Ao ser inserido na água, surgiu um Empuxo de 24,50 N. Nota-se que a leitura da balança (peso aparente) é exatamente a diferença entre o Peso e o Empuxo, $49,00 \text{ N} - 24,50 \text{ N} = 24,50 \text{ N}$.

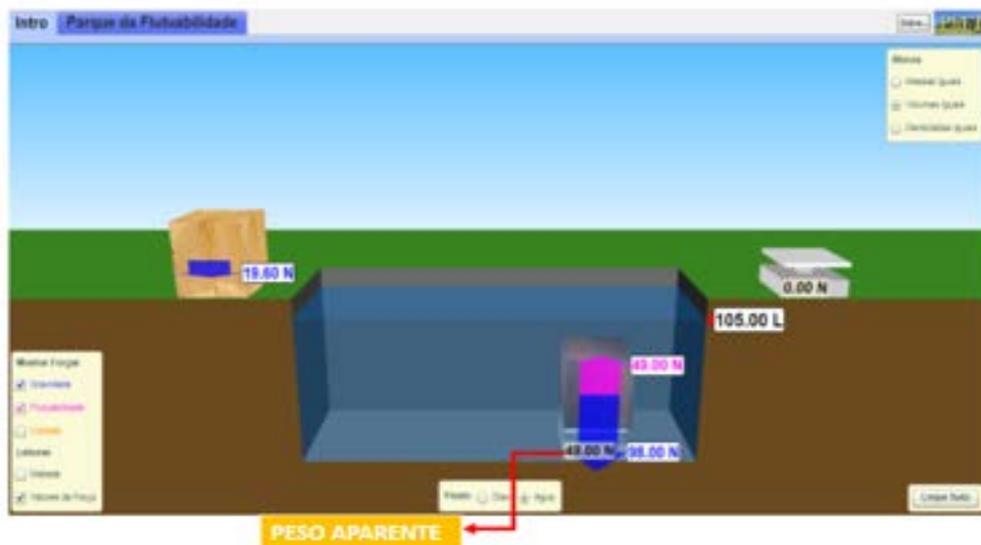
Figura 80 – Peso aparente 1



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/buoyancy.

Coloca-se um outro corpo de Peso 98 N sobre uma balança no recipiente com água. Ao ser inserido na água, surgiu um Empuxo de 49 N. Nota-se que a leitura da balança (peso aparente) é exatamente a diferença entre o Peso e o Empuxo, $98 \text{ N} - 49 \text{ N} = 49 \text{ N}$.

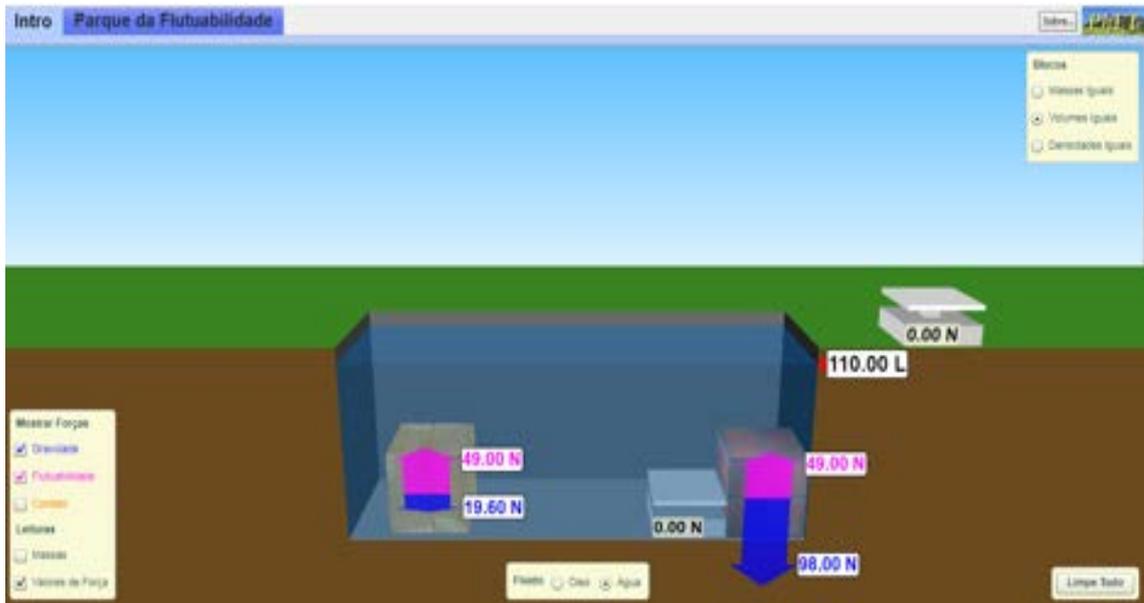
Figura 81 – Peso aparente 2



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/buoyancy.

A terceira etapa consiste na relação do Empuxo com o líquido. Primeiro, o bloco foi imerso em água, cuja densidade é 1000 kg/m^3 . Neste caso, encontra-se um Empuxo de $49,00 \text{ N}$.

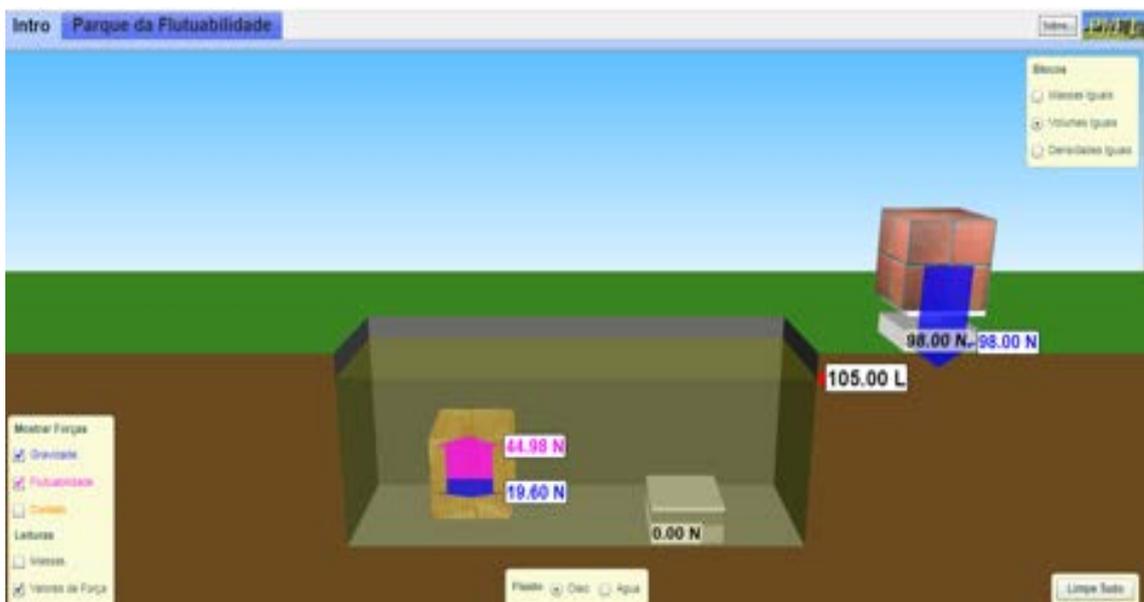
Figura 82 – Bloco imerso em água



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/buoyancy.

Em seguida, o mesmo bloco foi imerso em óleo, cuja densidade é 700 kg/m^3 . Nesse caso, encontra-se um Empuxo de $44,98 \text{ N}$.

Figura 83 – Bloco imerso em óleo



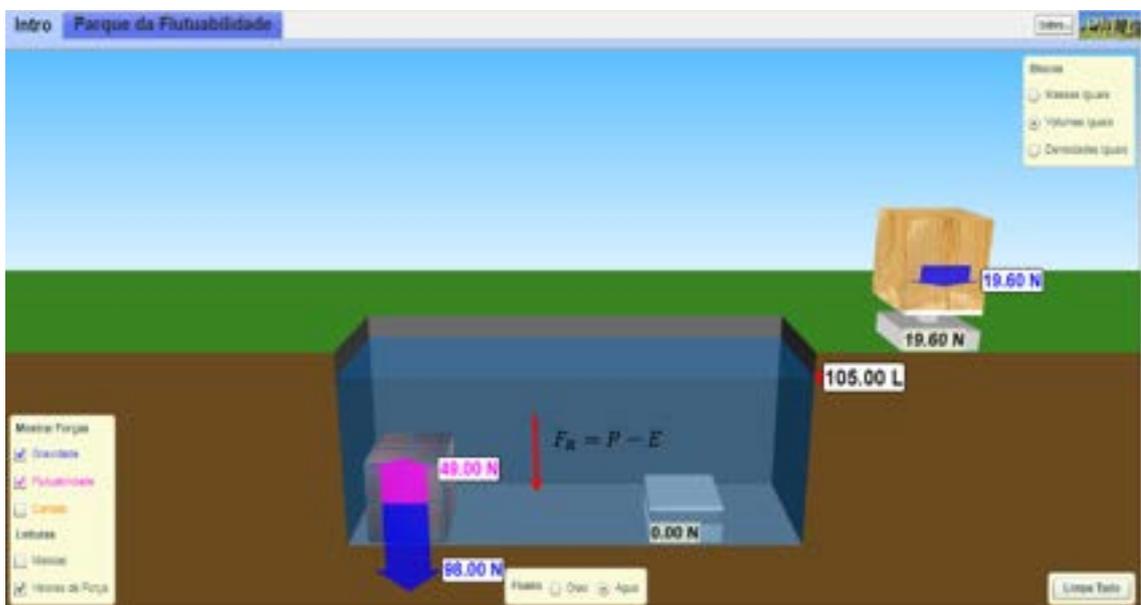
Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/buoyancy.

Os estudantes puderam perceber que líquidos diferentes promovem Empuxos diferentes no mesmo corpo e que, quanto maior a densidade do líquido, maior o Empuxo. Puderam perceber, também, que o Empuxo está relacionado com a densidade do líquido e não com a densidade do corpo.

A quarta etapa consiste em entender as relações entre Peso e Empuxo.

1° Caso: $P > E$: quando o Peso é maior que o Empuxo, há uma força resultante dirigida para baixo e o corpo afunda, ou seja, a densidade do corpo é maior que a densidade do líquido.

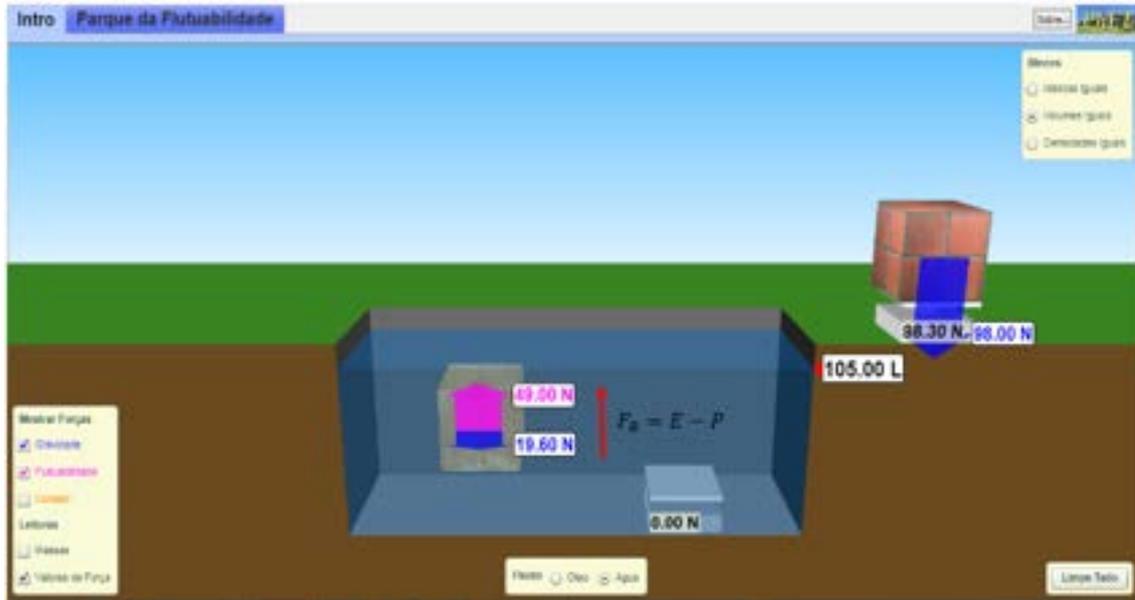
Figura 84 - $P > E$



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/buoyancy.

2° Caso: $E > P$: quando o Empuxo é maior que o Peso, há uma força resultante dirigida para cima e o corpo tende a subir, ou seja, a densidade do corpo é menor que a densidade do líquido.

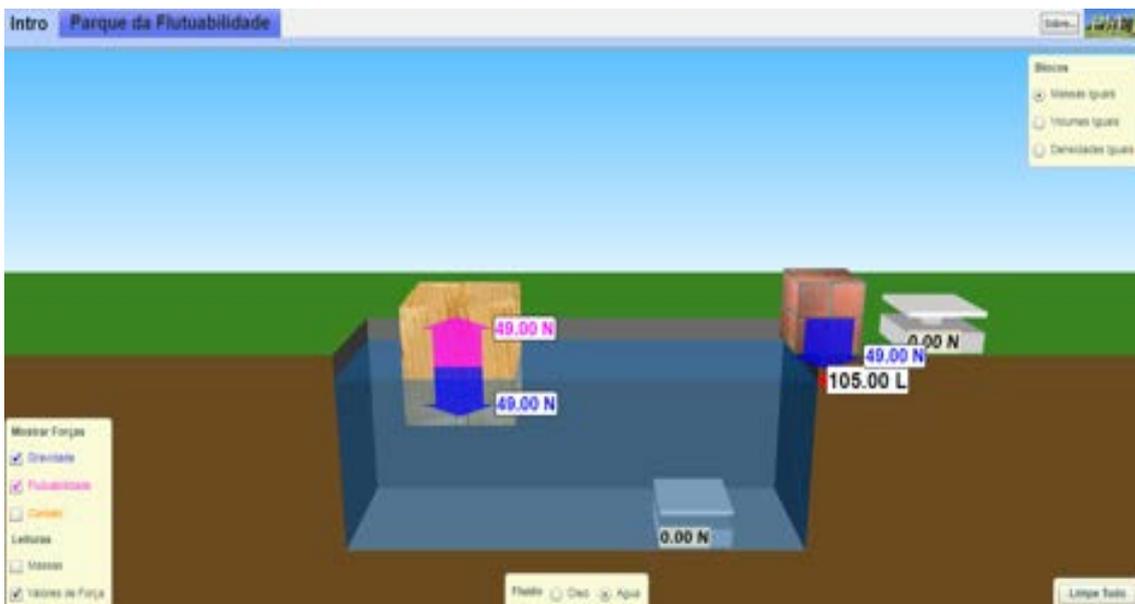
Figura 85 - $E > P$



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/buoyancy.

É importante ressaltar que a resultante das forças é dirigida para cima enquanto o objeto sobe. Chegando à superfície, o objeto passa a flutuar. Isso significa que o módulo do Empuxo diminui uma vez que o volume imerso diminui e, dessa forma, o Empuxo se iguala ao Peso, o que faz com a resultante das forças seja nula.

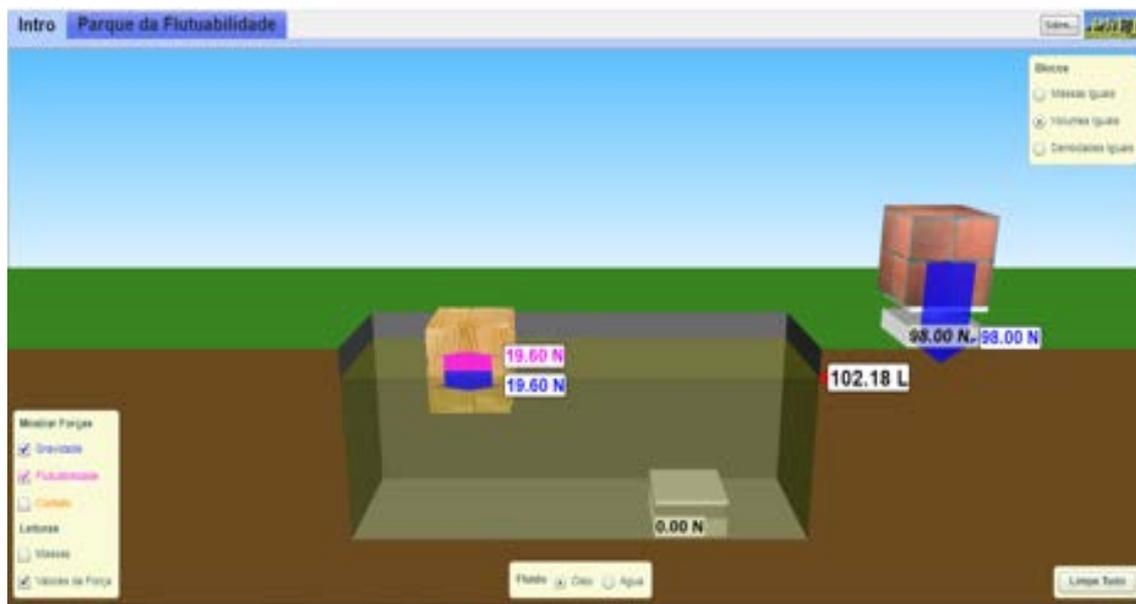
Figura 86 – Bloco flutuando em água



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/buoyancy.

E, independente do líquido, uma vez que o corpo está flutuando, o Empuxo sempre será igual ao Peso, ou seja, o corpo está em equilíbrio.

Figura 87 – Bloco flutuando em óleo



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/buoyancy.

3º Caso: $P = E$: quando o Empuxo é igual ao Peso, a força resultante é nula, ou seja, o corpo está em equilíbrio e a densidade do corpo é igual a densidade do líquido.

Importante ressaltar que o corpo fica parado na posição em que foi colocado. Como o Phet não possui ferramentas para esse 3º caso, a professora realizou uma aula expositiva para o mesmo.

O principal objetivo dessa etapa é permitir ao aluno compreender a relação do empuxo com a densidade, peso real, peso aparente e volume deslocado. Vale ressaltar que essa etapa é fundamental para a compreensão dos conceitos estudados e constitui-se como etapa prévia para o seguimento das atividades propostas, pois as atividades seguintes dependem dos conceitos estudados até agora.

Após as simulações, a professora fez uma aula expositiva de modo a reforçar todos os conceitos vistos até agora. Lançou, também, outras situações-problemas:

Situação-problema 1: Por que os icebergs e os navios conseguem flutuar?

Numericamente, a intensidade do empuxo é igual ao peso do volume do fluido deslocado. Isso permite compreender porque os “icebergs” e os navios flutuam como um pedaço de isopor ou uma rolha de cortiça, enquanto objetos como moedas, pregos, afundam na água; um objeto afunda em um líquido quando a intensidade do empuxo que ele recebe é menor

que a de seu peso e um objeto flutua quando a intensidade do empuxo que ele recebe é igual a de seu peso.

Isso esclarece também o fato de um navio flutuar, carregado ou sem carga; as marcas da água no seu casco indicam que quanto maior a carga que leva, maior o volume que fica imerso, ou seja, quanto maior a carga, maior será o volume de fluido deslocado e, portanto, maior o empuxo sobre o navio.

Situação-problema 2: Por que um cubo de gelo flutua quando é mergulhado na água, mas afunda se substituirmos a água por álcool? Por que um pedaço de ferro afunda na água e flutua no mercúrio?

Tais situações ocorrem porque líquidos diferentes produzem empuxos diferentes em um mesmo objeto, o que é coerente, pois numericamente o empuxo é igual ao peso do volume do fluido deslocado e o mesmo volume de diferentes substâncias tem massas distintas.

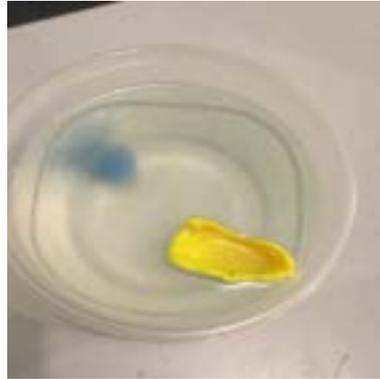
Os estudantes conseguiram responder essas questões com facilidade, uma vez que os alunos já haviam notado essas situações na simulação, reforçando a importância de se utilizar recursos tecnológicos no processo de ensino-aprendizagem. Em seguida, foram realizados dois experimentos.

3.6.1 Experimento 6.1: Por que o barco não afunda?

- ✓ Objetivo: Verificar por que um barco não afunda.
- ✓ Materiais: 1 recipiente com água, massa de modelar.
- ✓ Dinâmica: A professora moldou duas massas iguais, uma em forma esférica e outra na forma de um barquinho, e as colocou dentro de um recipiente com água. Notou-se que a esfera afundou e o barquinho flutuou.
- ✓ Análise e explicação: Quando é uma porção maciça de massa de modelar, ela afunda, ou seja, o Peso é maior que o Empuxo. Quando modelado na forma de barco, ela passa a conter uma parte interna oca, com densidade menor que o líquido. Ao ser colocado na água o barco vai afundar um pouco, deslocando uma certa quantidade de água, tal que o empuxo exercido por ela se iguale à força peso. Dessa forma, apesar do peso ser igual para as duas porções de massa de modelar, o Empuxo exercido pelo barco é maior do que o Empuxo exercido pela massa esférica. Embora a massa específica do aço, ou o material que constitui um barco real, bem como a massa de modelar do experimento, seja maior que a massa específica da água, a densidade de um navio, assumindo uma estrutura fechada, é menor que a da água. Por isso ele não afunda. O princípio de flutuação é o mesmo para todos os barcos, desde

uma simples canoa até os porta-aviões nucleares, com massas maiores que 100.000 toneladas.

Figura 88 – Experimento “Por que o barco não afunda?”



Fonte: Acervo da autora.

3.6.2 Experimento 6.2: Construindo um ludião

- ✓ Objetivo: Construir e verificar o funcionamento de um ludião/submarino.
- ✓ Materiais: garrafa PET, água, massa de modelar, tampa de caneta.
- ✓ Dinâmica: a professora colocou água na garrafa PET, enchendo-a completamente. Colocou uma porção de massa de modelar na parte inferior da tampa de caneta e a colocou dentro da garrafa, tampando-a. Neste momento, a tampinha flutuou dentro da água, ou seja, o Empuxo é igual ao Peso. Em seguida, a professora apertou a garrafa, aumentando a pressão da água, fazendo o ludião descer. Depois desapertou a garrafa, diminuindo a pressão da água, fazendo o ludião subir. Após a demonstração da professora, vários alunos repetiram a experiência.
- ✓ Análise e explicação: Quando se aperta a garrafa ocorre um aumento da pressão no líquido fazendo com que entre um pouco mais de água no ludião. Isso faz com que o peso do ludião se torne maior que o empuxo que água exerce sobre ele e o mesmo acaba afundando. Desapertando a garrafa, a pressão da água diminui e o ar contido no ludião se expande, o que faz com que o Empuxo se torne maior que o peso e o ludião subam.

Figura 89 – Experimento “Construindo um ludião”

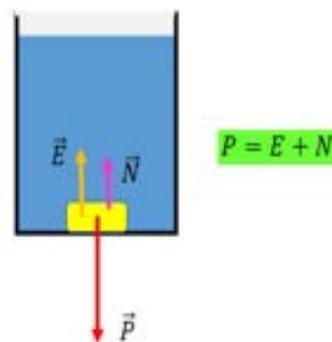


Fonte: Acervo da autora.

A seguir, a professora trabalhou outras situações envolvendo Empuxo e diagrama de forças utilizando aula expositiva.

- Objeto apoiado no fundo de recipiente: Nesta situação o corpo está em repouso, ou seja, está em equilíbrio estático e, portanto, a resultante das forças é igual a zero.

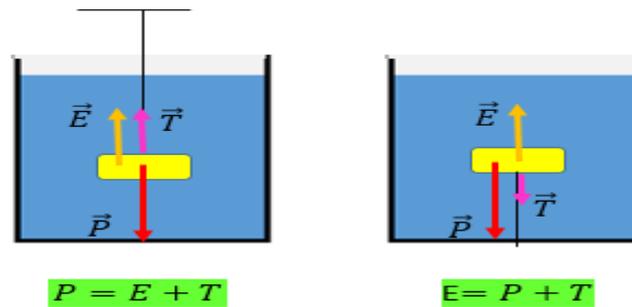
Figura 90 – Objeto apoiado no fundo do recipiente



Fonte: Acervo da autora.

- Objeto ligado por um fio: Em ambas as situações abaixo o corpo está em equilíbrio, ou seja, força resultante nula.

Figura 91 – Objeto ligado por um fio



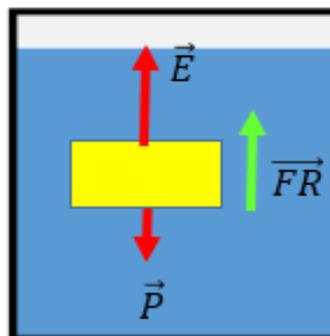
Fonte: Acervo da autora.

- Objeto subindo acelerado: Neste caso o corpo não se encontra em equilíbrio. Dessa forma, pode-se aplicar a 2ª lei de Newton:

$$F_R = m \cdot a$$

$$E - P = m \cdot a$$

Figura 92 – Objeto subindo acelerado



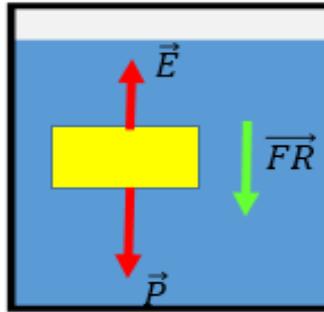
Fonte: Acervo da autora.

- Objeto descendo acelerado: Neste caso o corpo não se encontra em equilíbrio. Dessa forma, pode-se aplicar a 2ª lei de Newton:

$$F_R = m \cdot a$$

$$P - E = m \cdot a$$

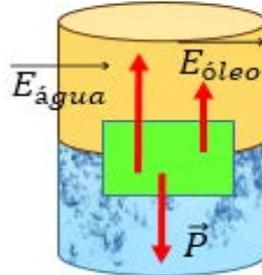
Figura 93 – Objeto descendo acelerado



Fonte: Acervo da autora.

- Objeto entre dois líquidos com densidades diferentes: O corpo encontra-se em repouso dentro de dois líquidos imiscíveis entre si (óleo e água). Para que a força resultante seja nula: $E_{\text{água}} + E_{\text{óleo}} = P$.

Figura 94 - Objeto entre dois líquidos com densidades diferentes



Fonte: Acervo da autora.

Em seguida, foram trabalhadas algumas questões conceituais sobre Empuxo, que serão discutidas no capítulo seguinte.

Após trabalhar tais questões, a professora definiu a equação do Empuxo:

$$E = \text{PESO DO LÍQUIDO DESLOCADO}$$

$$E = m_{\text{dest}} \cdot g \quad (\text{I})$$

$$\text{Sabemos que } d = \frac{m}{V} \rightarrow m = dV \quad (\text{II})$$

Substituindo (II) em (I), temos:

$$E = d_{\text{liq}} \cdot V_{\text{dest}} \cdot g$$

Esta atividade foi avaliada através do teste 3, que será discutido no próximo capítulo.

3.7 Etapa 7: Princípio de Pascal

- ✓ Conceitos envolvidos: pressão, força e área.
- ✓ Objetivos: entender o Princípio de Pascal e o funcionamento de um elevador hidráulico.
- ✓ Materiais utilizados: quadro, PowerPoint, vídeos, simulação.
- ✓ Dinâmica: A professora explicou o Princípio de Pascal e suas aplicações em uma aula expositiva e utilizando o simulador Vascak “Elevador hidráulico”:

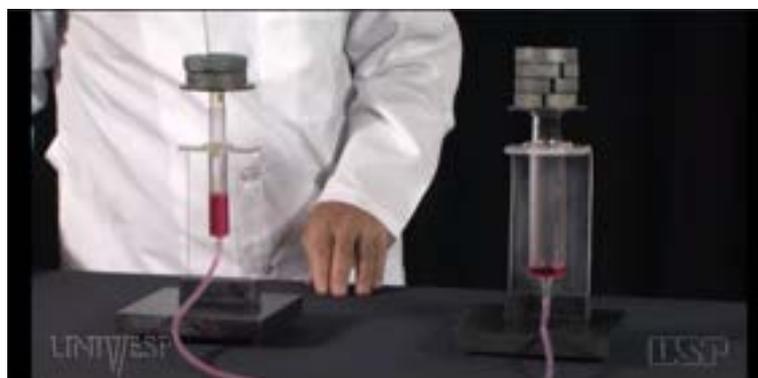
Figura 95 – simulação “Elevador hidráulico”



Fonte: https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mech_lis&l=pt.

Em seguida, utilizou os seguintes vídeos para exemplificar o funcionamento de um elevador hidráulico:

Figura 96 – Vídeo “Princípio de Pascal



Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=vZLUzu6_xmc.

Figura 97 – Vídeo “Elevador hidráulico”



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=dSJ6ltiZeuU>.

Em função do tempo e, no ano seguinte, devido à pandemia, não houve prazo para aplicar esse item. Após a aplicação da sequência, a aprendizagem foi avaliada por meio da prova bimestral conforme determinado pela escola. Os resultados, bem como análise deles e de outras situações-problemas apresentadas aos alunos, serão analisados a seguir em “Resultados e Discussão”.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo foi feita uma análise sobre a aplicação de cada atividade da sequência didática planejada e os resultados encontrados durante sua aplicação são apresentados. Esta análise está dividida por etapas, nas quais se demonstrou o modo de execução de cada experimento.

Na aplicação da etapa 1, durante a aula expositiva do conceito de densidade, suas relações e aplicações, quando questionados sobre o que pesaria mais, se 1 kg de algodão ou 1 kg de chumbo, os alunos emitiram algumas respostas:

R1: *“O chumbo, porque ele afunda!”*

R2: *“Uai, mas é a mesma massa... então o peso deve ser igual também.”*

R3: *“Peso é o produto da massa pela gravidade, sendo a massa igual e ambos na Terra, com certeza é o mesmo peso”.*

R4: *“O peso é o mesmo, o que muda é a densidade”.*

Após demonstrações no Simulador Phet Densidade e a exibição da imagem de um navio flutuando, foram novamente questionados: “Por que uma bola de aço maciça não flutua na água, e os submarinos conseguem flutuar?” Para tal questionamento, algumas das respostas foram interessantes:

R1: *“Porque o navio é grande”.*

R2: *“Porque apesar dele ser pesado, a sua massa é distribuída num volume muito grande, e isso faz com que sua densidade diminua”.*

R3: *“Porque ele é oco, e objetos ocos possuem densidade menor”.*

R4: *“Porque tem ar dentro dele”.*

Após a explicação dos conceitos de densidade e massa específica, os estudantes puderam concluir que, como o navio é oco a massa de aço foi substituída por ar, tornando-se menos denso e capaz de flutuar.

Quanto às questões sobre o Mar Morto, todos os alunos responderam que é devido à grande concentração de sal.

Durante a realização do experimento fazendo um ovo cru flutuar, a professora perguntou “O que acontece com esse mesmo ovo se colocarmos uma quantidade de sal dentro da água?” e “Se aumentarmos a quantidade de sal. O que acontecerá?”. Todos os alunos responderam corretamente a essas perguntas. Algumas respostas:

R1: *“Esse experimento demonstra o mar morto.”*

R2: *“Quanto mais sal, maior vai ficar a densidade da água e o ovo vai flutuar”.*

R3: *“Ao colocar sal na água, a densidade da água aumenta e o ovo fica menos denso que a água”.*

R4: *“A alta concentração de sal, aumenta a densidade da água”.*

Com este experimento os estudantes puderam perceber que a densidade da água com sal é maior que a densidade da água pura e que, quanto maior a densidade do líquido, menor o volume imerso do corpo.

Na etapa 2, a professora iniciou a aula com uma demonstração e o seguinte questionamento: “Se eu apertar uma caneta, onde a força é maior: na ponta ou na outra extremidade?” A maioria respondeu que era na ponta. Então a professora explicou que, na verdade, a força é a mesma, pelo princípio da ação e reação, e que a força resultante sobre a caneta é nula, uma vez que a caneta se encontra em repouso, ou seja, em equilíbrio estático. O que muda é a pressão, que é inversamente proporcional à área. Neste momento, foram lembrados os conceitos de equilíbrio estático e dinâmico e foi apresentado o conceito de pressão, sua equação e unidades de medida. Foram feitas algumas perguntas para os alunos refletirem: “Por que andar de salto fino arranha mais o chão?”; “Por que devemos afiar a faca?”; “Você deve esvaziar os pneus ou usar pneus mais largos em terrenos arenosos? Por quê?”; “O que aconteceria se as patas dos elefantes não fossem largas?”. Essas perguntas foram respondidas corretamente e com muita tranquilidade, o que mostrou que os alunos compreenderam o conceito de pressão.

Na execução do experimento “relação pressão x área”, os alunos participaram e observaram com grande atenção. Quando a professora apresentou a eles o banco de pregos, os alunos se divertiram sentando-se no banco de pregos.

Na etapa 3, a professora definiu a pressão atmosférica e explicou a experiência de Torricelli. Em seguida, perguntou para os estudantes: Por que ele usou Hg? Será que ele poderia usar outra substância, como a água, por exemplo? Os alunos apresentaram dificuldades para responder a essas perguntas. Apenas alguns responderam que foi devido à alta densidade do mercúrio.

O resultado do experimento “canudinho de frescos” foi que poucos alunos conseguiram fazer o líquido subir, mesmo com certa dificuldade. Contudo, a professora não tem como ter certeza se isso pode ter ocorrido porque apertaram um dos canudos ou porque tamparam o canudo de fora com a língua, ou se realmente conseguiram o feito. Algumas das respostas dos alunos sobre este experimento foram:

R1: *“Ahhhh... fala sério, o líquido não sobe mesmo não!”*

R2: *“Ficou bem mais difícil, mas dá para subir um pouquinho...”*

R3: *“Nossa, que legal! A água não sobe!”*

Vários estudantes realizaram o experimento “a água que não cai”. Um estudante levantou o seguinte questionamento: “Se a pressão atmosférica impede a água de cair, por que, após um tempo, a água cai?”. A professora aproveitou esse momento para ouvir as respostas dos outros colegas. Algumas respostas foram:

R1: *“Porque entra ar?”*

R2: *“Porque o papel vai ficar molhado e vai desgrudar do copo?”*

R3: *“Porque o papel vai ficar molhado dando oportunidade para o ar entrar”.*

Após os experimentos, a professora colocou uma questão do Enem 2018 para os estudantes responderem:

Talvez você já tenha bebido suco usando dois canudinhos iguais. Entretanto, pode-se verificar que, se colocar um canudo imerso no suco e outro do lado de fora do líquido, fazendo a sucção simultaneamente em ambos, você terá dificuldade em bebê-lo. Essa dificuldade ocorre porque o(a):

- a) força necessária para a sucção do ar e do suco simultaneamente dobra de valor.
- b) densidade do ar é menor que a do suco, portanto, o volume de ar aspirado é muito maior que o volume de suco.
- c) velocidade com que o suco sobe deve ser constante nos dois canudos, o que é impossível com um dos canudos de fora.
- d) peso da coluna de suco é consideravelmente maior que o peso da coluna de ar, o que dificulta a sucção do líquido.
- e) pressão no interior da boca assume praticamente o mesmo valor daquela que atua sobre o suco.

Fonte: ENEM 2018.

Todos os alunos responderam certo, apontando a alternativa E como a correta.

Em outra aula, foram exibidos vídeos como motivadores para os próprios alunos realizarem os experimentos. Ao término de cada vídeo, os alunos levantaram suas hipóteses e tiraram suas conclusões sobre o fenômeno observado.

No experimento “colocando um ovo dentro da garrafa”, os alunos queimaram o algodão utilizando álcool e fósforo e jogaram dentro da garrafa, aumentando a pressão interna devido ao aquecimento. Em seguida, colocaram o ovo cozido na boca da garrafa. À medida que a temperatura do ar dentro da garrafa diminuiu, a pressão interna também diminuiu, tornando-se menor que a pressão externa. Assim, a diferença de pressão fez com que o ovo entrasse na

garrafa. Após, a professora fez algumas perguntas: “Por que um desentupidor de pia fica "grudado" quando o empurramos contra uma parede de ladrilhos?”; “Imagine-se tomando um suco com um canudinho. Você conseguiria tomar suco dessa forma na Lua?”; “Vários fabricantes, para facilitar a retirada da tampa dos copos de requeijão e de outros produtos, introduziram um furo no seu centro, selado com plástico. Porque isso facilita a retirada da tampa?”. Todos chegaram às seguintes respostas: ao colocar o desentupidor em uma parede, o ar do lado de dentro fica comprimido e, desse modo, a pressão interna se torna menor do que a pressão externa (pressão atmosférica), e a borracha fica comprimida contra a parede. Aos poucos, no entanto, o ar irá penetrar novamente no desentupidor, fazendo com que a pressão interna se iguale à pressão externa e, dessa forma, o desentupidor irá desprender-se da parede.

No experimento “garrafa pet com dois furos” da etapa 4, os alunos puderam perceber, na prática, que quanto maior a profundidade (altura em relação à superfície) maior a pressão exercida sobre o corpo. Nesse caso, o furo da garrafa que estiver mais profundo em relação à superfície do líquido receberá maior pressão, esguichando, assim, a água a uma maior distância horizontal.

No experimento “pressão e escoamento”, foi possível notar que houve entendimento do conteúdo, mediante as respostas apresentadas quando a professora perguntou aos estudantes por que é necessário colocar a garrafa sobre a mesa. Algumas das respostas seguem abaixo:

R1: *“Para ter a diferença de pressão”.*

R2: *“Porque se o nível for o mesmo, não terá diferença de pressão”.*

R3: *“Para ter uma diferença de altura e as pressões serem diferentes”.*

Quanto aos vasos comunicantes, durante a discussão da situação-problema proposta pela professora acerca da nivelção dos pontos de uma obra pelos pedreiros, foram formados pequenos grupos para socializarem suas respostas com mediação da professora, até que apenas uma resposta saísse da discussão. Foi esta: os pedreiros, para nivelar dois pontos em uma obra, costumam usar uma mangueira transparente cheia de água. Ajustando o nível da água em um dos ramos da mangueira a um ponto de uma parede, eles podem, com o outro ramo, determinar pontos, de outras paredes, que estarão nesse mesmo nível.

Na etapa 5, que trabalhou o Princípio de Arquimedes, a professora perguntou, após a exibição do vídeo, “Como podemos medir o volume de um corpo?”. Algumas respostas foram:

R1: *“Usando a fórmula”.*

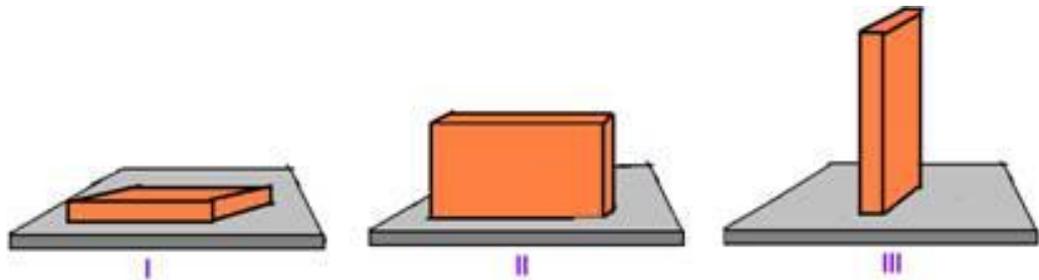
R2: *“Depende do formato. Ai escolhemos qual fórmula usar”.*

R3: *“Se for regular, usamos fórmula da matemática. Se não for, colocamos na água e vemos o quanto subiu ou derramou”.*

Os testes e a avaliação discutidos nesta sessão foram testes regulares da escola, aos quais o aluno seria submetido com ou sem o uso da sequência didática.

As etapas 1, 2 e 3 foram avaliadas pelo teste 1 que contém 3 questões, e foi resolvido por 24 alunos. Verificando a aprendizagem por meio da análise do teste 1, detalhado a seguir, foi possível perceber especificamente a dificuldade de entendimento de cada conteúdo explicado, o que permite trabalhar novamente com outras estratégias focadas onde se faz necessário.

Questão 1: (UFMG) As figuras mostram um mesmo tijolo, de dimensões 5cm x 10cm x 20cm, apoiado sobre uma mesa de três maneiras diferentes. Em cada situação, a face do tijolo que está em contato com a mesa é diferente. JUSTIFIQUE.



As pressões exercidas pelo tijolo sobre a mesa nas situações I, II e III são, respectivamente, p_1 , p_2 e p_3 . Com base nessas informações, é **CORRETO** afirmar que:

- A) $p_1 = p_2 = p_3$
- B) $p_1 < p_2 < p_3$
- C) $p_1 < p_2 > p_3$
- D) $p_1 > p_2 > p_3$

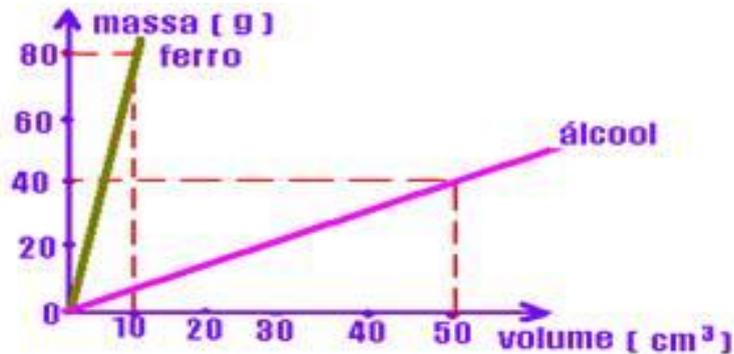
Fonte: <https://fisicaevestibular.com.br/novo/mecanica/hidrostatica/densidade-e-pessao/exercicios-de-vestibulares-com-resolucoes-comentadas-sobre-densidade-e-pessao/>.

Resolução: Letra B.

$$\downarrow p = \frac{F}{A \uparrow}$$

Pressão e área são inversamente proporcionais. Nesta questão, 23 alunos responderam corretamente e apenas 1 aluno errou a resposta. O estudante que errou a questão disse que confundiu os sinais de $<$ e $>$; o mesmo justificou corretamente, mas marcou a alternativa errada. Isso é algo “comum”, pois alguns alunos apresentam dificuldades em trabalhar com questões que envolvem os sinais de desigualdade.

Questão 2: (UERJ – modificada) A razão entre a massa e o volume de uma substância, ou seja, a sua densidade, depende da temperatura. A seguir, são apresentadas as curvas aproximadas da massa em função do volume para o álcool e para o ferro, ambos à temperatura de 0°C.



Considere d_f a densidade do ferro e d_a a densidade do álcool. De acordo com o gráfico, **CALCULE** a razão d_f/d_a . **RESPONDA:** Colocando o ferro no álcool, ele afunda ou flutua. **JUSTIFIQUE.**

Fonte: <https://fisicaevestibular.com.br/novo/mecanica/hidrostatica/densidade-e-pressao/exercicios-de-vestibulares-com-resolucoes-comentadas-sobre-densidade-e-pressao/>.

Resolução: Densidade do Ferro:

$$d = \frac{m}{V} = \frac{80}{10} = 8g/cm^3$$

Densidade do Álcool:

$$d = \frac{m}{V} = \frac{40}{50} = 0,8g/cm^3$$

Razão d_f/d_a :

$$\frac{d_f}{d_a} = \frac{8}{0,8} = 10$$

O ferro afunda porque é mais denso que o álcool. Nesta questão, primeiramente foi observado o cálculo da d_f e d_a . Dos 24 alunos, 19 alunos acertaram e 5 alunos erraram. De um modo geral, os alunos apresentaram dificuldades em questões de gráficos, e mesmo assim, o resultado foi considerado satisfatório.

Dentre os 19 que acertaram a questão, 6 esqueceram da unidade de medida, fato que é muito comum e corriqueiro durante as aulas, e que requer que o professor os alerte constantemente.

No segundo momento, foi observado a razão $\frac{dF}{dA}$. Dos 19 alunos que acertaram a primeira parte da questão, 8 erraram o cálculo da razão. Quando se trata de divisão com número decimal, muitos estudantes ainda apresentam dificuldades. Nota-se aqui, que dificuldades com a matemática básica ainda estão muito presentes.

E todos os alunos acertaram dizendo que o pedaço de ferro afunda. Mesmo errando os cálculos, infere-se que os estudantes possuem uma noção de densidade e sobre qual objeto afunda.

Questão 3: I) (PUC-MG) Quando tomamos refrigerante, utilizando canudinho, o refrigerante chega até nós, porque o ato de puxarmos o ar pela boca:

- A) reduz a aceleração da gravidade no interior do tubo.
- B) aumenta a pressão no interior do tubo.
- C) aumenta a pressão fora do canudinho.
- D) reduz a pressão no interior do canudinho.

JUSTIFIQUE.

Fonte: <https://fisicaevestibular.com.br/novo/mecanica/hidrostatica/densidade-e-pressao/exercicios-de-vestibulares-com-resolucoes-comentadas-sobre-densidade-e-pressao/>.

Resolução: Letra D. Ao se utilizar o canudinho, retira-se o ar de seu interior o que faz com a pressão interna diminua. Como a pressão externa fica maior que a pressão interna, o refrigerante sobe pelo canudinho.

II) Analise a figura a seguir:



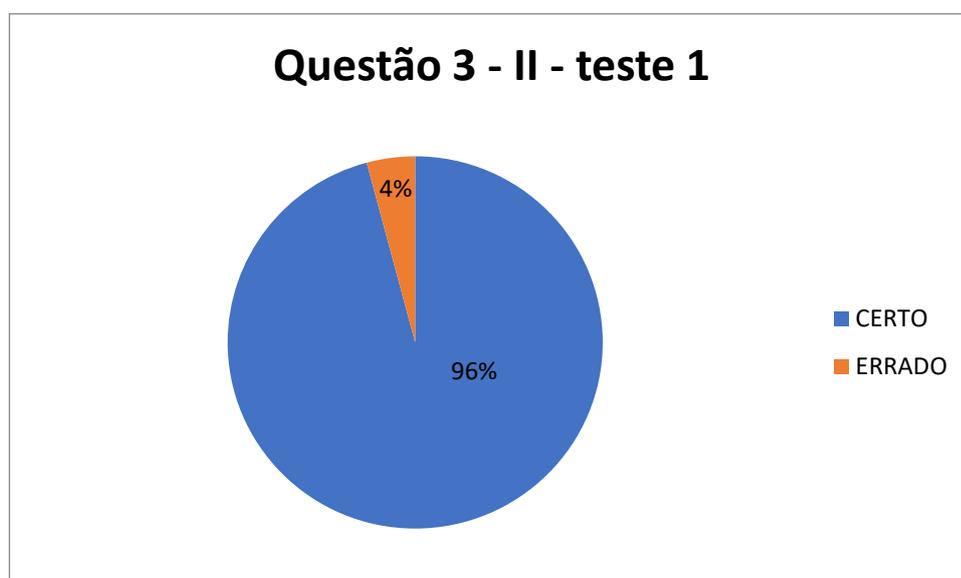
POR QUE, ao colocar sal na água, o ovo passa a flutuar? **COMPARE** as densidades da água pura e da água salgada.

Resolução: Ao colocar sal na água, a densidade da água aumenta. Dessa forma, a densidade da água fica maior que a densidade do ovo e esse flutua. A densidade da água com sal é maior que a densidade da água pura.

Na questão 3, item I, 22 alunos marcaram a alternativa certa e 2 alunos marcaram a alternativa errada. Dentre os que acertaram, apenas um aluno justificou errado a sua escolha: “a gente suga a pressão dentro do canudinho”.

Por sua vez, no item II desta mesma questão, 23 alunos acertaram e somente 1 aluno errou a resposta. Isso comprova que a parte experimental no ensino-aprendizagem de Física é de suma importância.

Gráfico 1 – Item II da questão 3 do teste 1

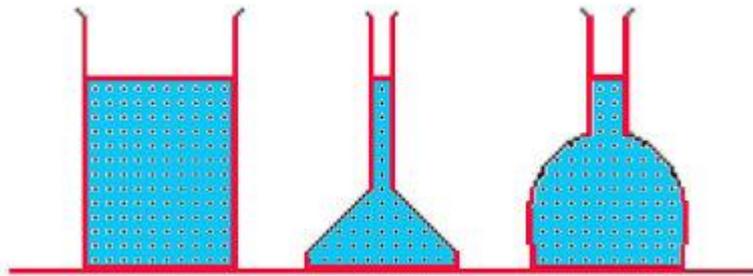


Fonte: Própria autora, 2020.

Diante de todas as argumentações e discussões ocorridas em sala de aula, os alunos conseguiram compreender os conceitos de densidade, pressão e pressão atmosférica. Para esta etapa, é importante ressaltar a importância da discussão sobre as vivências dos alunos. Os estudantes trazem muitas informações anteriores sobre pressão e seus efeitos no cotidiano e isso, juntamente com a utilização dos recursos de atividades concretas, foi fundamental no processo de ensino-aprendizagem.

Considerando os resultados acima e associando às atividades desenvolvidas durante a Sequência Didática, as atividades propostas mostraram que a maior parte dos alunos conseguiu compreender o conteúdo trabalhado. A etapa 4 foi avaliada pelo teste 2, detalhado a seguir, que contém 4 questões, e foi resolvido por 24 alunos.

Questão 1: A imagem a seguir mostra três recipientes com volumes diferentes contendo líquidos diferentes, ao mesmo nível. JUSTIFIQUE.



Conhecendo a lei de Stevin e sabendo que a $d_1 > d_2 > d_3$, marque a alternativa correta:

- A) A pressão exercida pelo líquido no fundo dos três recipientes depende do volume de cada um.
- B) O recipiente que possuir maior volume terá maior pressão hidrostática em qualquer ponto do líquido.
- C) A pressão exercida pelo líquido no fundo dos três recipientes é a mesma.
- D) O formato do recipiente influencia diretamente na pressão hidrostática.
- E) A pressão é diretamente proporcional a densidade.

Fonte: <https://exercicios.mundoeducacao.uol.com.br/exercicios-fisica/exercicios-sobre-lei-stevin.htm>.

Resolução: Letra E. Pela equação

$$\uparrow p = \uparrow dgh$$

A pressão é diretamente proporcional à densidade. Quanto maior a densidade, maior a pressão.

Dos 24 alunos, 19 deles acertaram e 5 erraram a resposta. O resultado é considerado satisfatório, visto que a maioria acertou a questão. Os alunos que erraram escolheram a alternativa C, justificando que como o nível é o mesmo, a pressão também é a mesma. Não levaram em consideração o fato de os líquidos serem diferentes. Isso mostra que muitos alunos não leem a questão com a devida atenção, não se atendo aos detalhes e, ao perceberem que já fizeram questão parecida em sala, mesmo não sendo a mesma questão, marcaram, novamente, a alternativa que tinham escolhido para a questão feita em sala.

Questão 2: A) Desprezando a pressão atmosférica, se você nada duas vezes mais fundo na água, quanta pressão adicional será exercida sobre seus ouvidos? JUSTIFIQUE.

Resolução: Pela equação $\uparrow p = dh \uparrow g$, a profundidade e a pressão são diretamente proporcionais. Dessa forma, se a profundidade aumenta duas vezes, a pressão também aumenta duas vezes.

B) Se você nada dentro de água salgada, a pressão será maior do que em água fresca? JUSTIFIQUE.

Resolução: Como a densidade da água salgada é maior do que da água fresca e sendo a densidade diretamente proporcional à pressão, pode-se concluir que a pressão será maior.

Na letra A, todos os alunos responderam que a pressão iria aumentar. Algumas das justificativas foram:

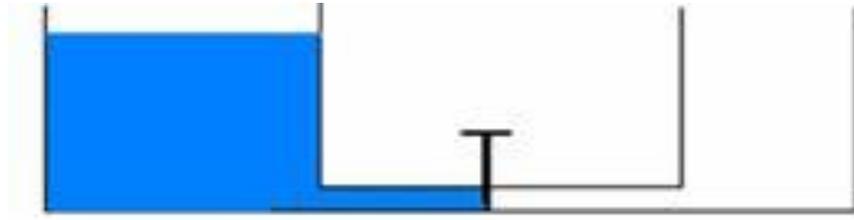
“Quanto mais fundo, maior a pressão”;

“A pressão aumenta com a profundidade”;

“A pressão aumenta porque a coluna d’água sobre a pessoa aumenta”.

Porém, apenas 13 alunos responderam que teriam como pressão adicional $p=2dgh$. Na letra B, todos os alunos acertaram a resposta. Isso mostra que os mesmos compreenderam bem a relação da pressão com a densidade. E muitos estudantes associaram a questão com a experiência do ovo na água com sal, como exemplificado na resposta de um dos estudantes: *“De acordo com o experimento feito em sala, vimos que ao colocar sal na água sua densidade aumenta, o que acarreta um aumento na pressão”.*

Questão 3: (PUC-MG) A figura representa duas caixas d'água, abertas para o ar, interligadas por um cano com uma válvula de passagem. A caixa da esquerda está cheia. Quando a válvula é aberta, a caixa da direita começa a encher até que o nível da água nas duas caixas seja o mesmo.



É **CORRETO** afirmar:

- A) Ao final do processo, a pressão no fundo da caixa à esquerda será menor que no início.
- B) Durante o processo, a velocidade de escoamento da água é constante.
- C) Ao final do processo, a pressão no fundo da caixa à direita será maior que a pressão no fundo da caixa à esquerda.
- D) Durante o processo, a velocidade de escoamento da água aumenta.

JUSTIFIQUE.

Fonte: <https://fisicaevestibular.com.br/novo/mecanica/hidrostatica/teorema-de-stevin-pressao-hidrostatica-vasos-comunicantes/exercicios-de-vestibulares-sobre-teorema-de-stevin/>.

Resolução: Letra A. Quando você abre a válvula, a água flui da caixa da esquerda para a da direita até que elas tenham a mesma altura — a altura da caixa da esquerda diminui e, conseqüentemente, a pressão na base da mesma também diminui — R- A.

Nesta questão, 18 alunos responderam acertadamente, enquanto os outros 6 erraram a resposta, quando 4 deles optaram pela alternativa C e 2 pela alternativa D.

Os alunos que marcaram alternativa A justificaram que como a altura da coluna d'água do lado esquerdo vai diminuir, a pressão também vai, até que ambos os lados cheguem no mesmo nível e as pressões se igualem.

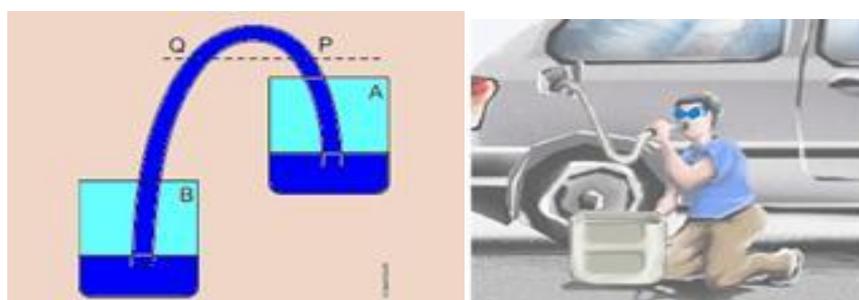
Os alunos que marcaram a alternativa C disseram que como a coluna d'água vai aumentar do lado direito, a pressão desse lado também aumentará – o que está correto, mas na alternativa fala “ao final do processo” e, nesse caso, as pressões são iguais.

Por fim, os alunos que marcaram a alternativa D alegaram que “a pressão empurra a água, aumentando sua velocidade” ou que “a pressão transfere velocidade para a água”.

Mediante as respostas para a questão 3, as observações e testes realizados, pôde-se concluir que questões de hidrostática que envolvem velocidade de escoamento geram muitas dúvidas para os alunos e são de difícil compreensão. Mesmo assim, as atividades ministradas

mostram que ajudaram, de forma significativa, muitos alunos a compreenderem os conceitos envolvidos.

Questão 4: O sifão é um instrumento usado para a retirada de água de lugares de difícil acesso. Como mostra a figura a seguir, seu funcionamento se baseia no fato de que, quando o tubo que liga os recipientes A e B está cheio, há uma diferença de pressão hidrostática entre os pontos P e Q, o que provoca um fluxo de água de A para B. Essa diferença de pressão depende da seguinte característica do nosso planeta:



- A) pressão atmosférica.
- B) aceleração da gravidade local.
- C) temperatura da superfície.
- D) densidade da atmosfera.
- E) velocidade de rotação do planeta.

JUSTIFIQUE.

Resolução: Letra B. A diferença de pressão hidrostática (ΔP) entre dois pontos de desnível h , para um líquido de densidade d_{liq} , é dada pelo teorema de Stevin — $\Delta P = d_{liq} \cdot g \cdot h$ — assim, essa diferença só depende da densidade do líquido, do desnível e da gravidade local.

Nesta questão, 20 alunos escolheram a alternativa B e acertaram; os outros 4 alunos erraram, sendo que 3 optaram pela alternativa A e 1 selecionou a alternativa D.

Todos os alunos, tanto os que acertaram quanto os que erraram, associaram a questão com a equação $p = dgh$. O estudante que marcou a alternativa D não fez a análise de que a densidade em questão é a densidade do líquido. Já os estudantes que marcaram a alternativa A não se atentaram a uma parte do texto “...da seguinte característica do nosso planeta” e, como ficaram na dúvida do que marcar, consideraram que a pressão atmosférica é “mais importante”,

pois é a matéria estudada no momento. Mais uma vez, pode-se notar a falta de atenção dos alunos, que leem muito rápido e não prestam atenção nos detalhes.

Considerando os resultados acima e associando às atividades desenvolvidas durante as atividades, julga-se que esta metodologia mostrou que os estudantes, em grande maioria, conseguiram compreender o conteúdo trabalhado. Ressalta-se que durante esta etapa os alunos encontraram um pouco mais de dificuldade, uma vez que foi requerida a associação de equações com os fenômenos envolvidos. Isso é algo que pode ser mudado no futuro com novas aplicações das atividades, chamando atenção para esses aspectos. As questões apresentadas a seguir, de 1 a 7, foram usadas para problematizar as discussões:

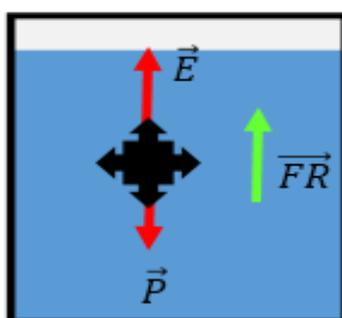
Questão 1: (UFMG) Puxar uma âncora de navio é relativamente fácil enquanto ela está dentro da água, mas isso se torna mais difícil quando ela sai da água. Em relação a esse fato, afirmativa correta é:

- a) a força necessária para içar a âncora dentro da água é igual a diferença entre seu peso e o empuxo que atua sobre ela.
 b) o empuxo da água sobre a âncora anula seu peso.
 c) o empuxo da água sobre a âncora maior do que seu peso.
 d) o material da âncora torna-se menos denso ao ser colocado dentro da água.
 e) o peso da âncora é menor quando ela se encontra dentro da água.

Fonte: <http://professor.bio.br/fisica/comentarios.asp?q=2137&t=Mecanica>.

Resolução: Quando a âncora está dentro da água, há duas forças atuando: Peso e Empuxo.

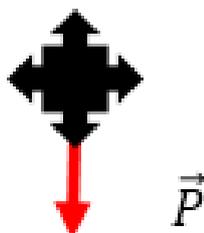
Figura 98 – Âncora dentro d'água



Fonte: Acervo da autora.

Dessa forma, a força que se deve fazer é a diferença entre o Peso e o Empuxo ($F = P - E$). Quando a âncora está fora d'água, apenas uma força está atuando: o Peso.

Figura 99 – Âncora fora d'água



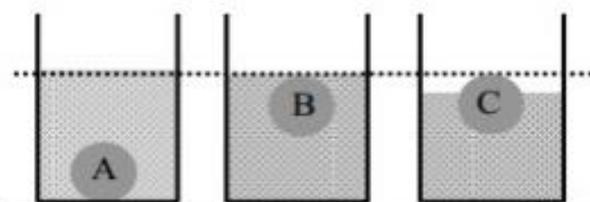
Fonte: Acervo da autora.

Dessa forma, a força que se deve fazer necessita ser igual ou maior que o Peso. A resposta correta é a alternativa A. Foi uma situação tranquila para os alunos, visto que todos acertaram.

Mas, vale uma observação sobre essa questão: A força deveria ser pouco maior, senão não haverá força resultante e o sistema fica parado (ou movendo com velocidade constante). E ainda há a tensão na corrente presa à âncora, que também vai saindo da água.

Questão 2: (UFV) Três vasilhames idênticos contêm um mesmo volume de água. Dentro de cada um há um corpo em equilíbrio hidrostático, conforme mostra a figura a seguir. Com relação aos módulos dos empuxos E_A , E_B e E_C que a água exerce nos corpos A, B e C, respectivamente, é CORRETO afirmar que:

- a) $E_A > E_B > E_C$.
- b) $E_A < E_B = E_C$.
- c) $E_A = E_B > E_C$.
- d) $E_A = E_B = E_C$



Fonte: <https://exerciciosweb.com.br/fisica/simulado-sobre-os-principios-de-arquimedes-e-pascal/amp/>.

Resolução: O empuxo depende do volume imerso. Nos vasilhames A e B o nível da água é igual, mostrando que os corpos A e B têm o mesmo volume imerso e esse volume é maior que o volume imerso de C. Logo, $E_A = E_B > E_C$. A resposta correta é a alternativa C.

Cerca da metade dos alunos marcou a alternativa (A) relacionando o Empuxo com a densidade do objeto e não com o volume do objeto que está imerso. Mesmo tendo visto o conceito de Empuxo, muitos alunos ainda erram essa questão porque associam o Empuxo com a posição em que o objeto se encontra. Abaixo temos argumentos de alguns alunos:

“Mas o Empuxo é maior que o Peso em B”

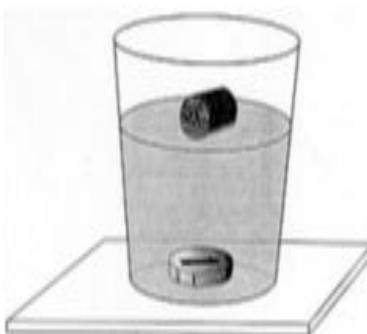
“O peso é maior que o Empuxo em A”

“O Empuxo é maior que o Peso em B e C e em C deslocou menos água”

Percebe-se, pelos argumentos, que os estudantes relacionaram o Empuxo com o Peso em cada situação, em vez de relacionar os Empuxos entre si.

Para esclarecer essa situação, a professora utilizou novamente o simulador Phet “Flutuabilidade”, mostrando as diversas situações: objetos com mesma massa, objetos com mesma densidade, objetos com mesmo volume e objetos em posições diferentes dentro de um mesmo líquido.

Questão 3: (UFMG) A figura mostra um copo com água no qual foram colocadas uma rolha de cortiça e uma moeda.



Sejam P_R e P_M os módulos dos pesos e E_R e E_M os módulos dos empuxos que atuam na rolha e na moeda, respectivamente.

Nessas condições, pode-se afirmar que

- a) $E_R = P_M$ e $E_R = P_M$
- b) $E_R = P_M$ e $E_R < P_M$

c) $ER > PM$ e $ER = PM$

d) $ER > PM$ e $ER < PM$

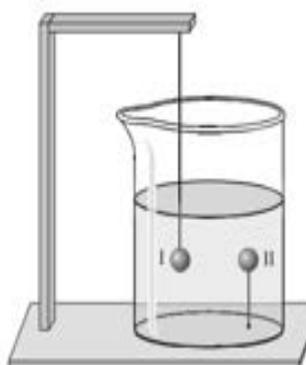
Fonte: <http://professor.bio.br/fisica/comentarios.asp?q=7037&t=Mecanica>.

Resolução: A rolha flutua, logo, o Empuxo se iguala ao Peso: $E = P$. A moeda afunda, logo, seu Peso é maior que o Empuxo: $P > E$.

A resposta correta é a alternativa B.

Esta questão não ofereceu dificuldades para os estudantes. Todos acertaram.

Questão 4: (UFMG) Na figura, estão representadas duas esferas, I e II, de mesmo raio, feitas de materiais diferentes e imersas em um recipiente contendo água. As esferas são mantidas nas posições indicadas por meio de fios que estão tensionados.



Com base nessas informações, é CORRETO afirmar que o empuxo

a) é igual à tensão no fio para as duas esferas.

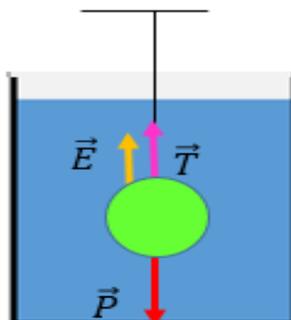
b) é maior na esfera de maior massa.

c) é maior que o peso na esfera I.

d) é maior que o peso na esfera II.

Fonte: http://professor.bio.br/fisica/provas_questoes.asp?section=mecanica&curpage=119.

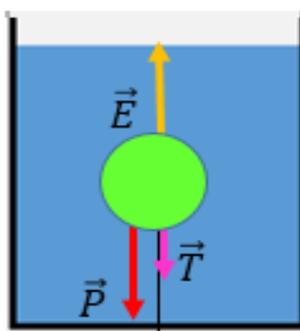
Resolução: Na esfera I, atuam as seguintes forças:

Figura 100 – Diagrama de forças da esfera I

Fonte: Acervo da autora.

Onde, $P = E + T_I \rightarrow E = P - T_I \rightarrow E < P \rightarrow$ A esfera tende a afundar.

Na esfera II, atuam as seguintes forças:

Figura 101 – Diagrama de forças da esfera II

Fonte: Acervo da autora.

Onde $E = P + T_{II} \rightarrow E > P \rightarrow$ A esfera tende a flutuar.

Como o empuxo das duas é igual, uma vez que o volume imerso é o mesmo: $E_I = E_{II}$. A resposta correta é a alternativa D.

A maioria dos alunos acertou a questão porque pensou no que aconteceria se o fio se rompesse ou fosse cortado. Alguns estudantes marcaram a alternativa A, afirmando que como as esferas estão paradas elas estão em equilíbrio e, para isso, a força resultante deve ser nula. Nota-se, aqui, que eles não pensaram no diagrama de forças completo e/ou não leram a questão com atenção, pensando apenas que “se está em equilíbrio, então é igual”.

Essa questão trouxe discussões produtivas entre os estudantes e, ao final, todos os alunos concordaram que a resposta é realmente a alternativa D.

“Se eu cortar o fio, a esfera I vai descer e a II vai subir”.

“Uai, mas as esferas não estão em equilíbrio?”

“Sim, mas têm três forças atuando: peso, empuxo e a tensão na corda”.

“Você pode pensar que a esfera I é de ferro enquanto a II é de isopor”.

“Se a esfera I fosse menos densa, como o isopor, ela não ficaria dentro da água”.

De acordo com as argumentações dos estudantes, pôde-se perceber que os mesmos compreenderam o conceito de densidade, bem como as relações entre as densidades do objeto e do líquido, e a relação entre as densidades dos objetos.

Quando alguns alunos falaram que a esfera I poderia ser de ferro e a II de isopor, a turma toda conseguiu imaginar a situação. Isso fez com que todos previssem o que aconteceria com as esferas quando o fio fosse cortado.

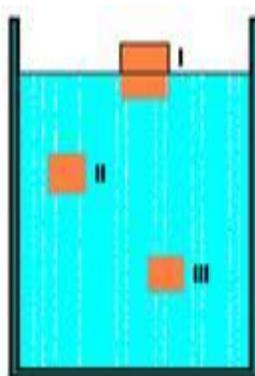
E sobre a situação de equilíbrio, os alunos conseguiram perceber que enquanto a tensão na corda I é para cima, a tensão na corda II é para baixo. Perceberam, também, que para se falar de equilíbrio deve-se pensar no diagrama de forças completo. Isso é relatado em alguns argumentos:

“Verdade... ainda tem a força Peso né?!”

“A tensão tem sentido diferente nas duas cordas”

“O equilíbrio eu tenho que pensar em todas forças que estão atuando”

Questão 5: (UFMG) Ana lança três caixas – I, II e III -, de mesma massa, dentro de um poço com água. Elas ficam em equilíbrio nas posições indicadas nesta figura:



Sejam $E(I)$, $E(II)$ e $E(III)$ os módulos dos empuxos sobre, respectivamente, as caixas I, II e III.

Com base nessas informações, é CORRETO afirmar que

- a) $E(I) > E(II) > E(III)$.
- b) $E(I) < E(II) = E(III)$.

c) $E(I) = E(II) = E(III)$.

d) $E(I) > E(II) = E(III)$.

Fonte: <https://fisicaevestibular.com.br/novo/mecanica/hidrostatica/teorema-de-arquimedes-empuxo/exercicios-de-vestibulares-com-resolucao-comentada-sobre-teorema-de-arquimedes-empuxo/>.

Resolução: Todas as caixas têm a mesma massa e todas estão em equilíbrio. Logo, o empuxo se iguala ao peso das três. Pesos iguais devem ser igualados por empuxos iguais. A resposta correta é a alternativa C.

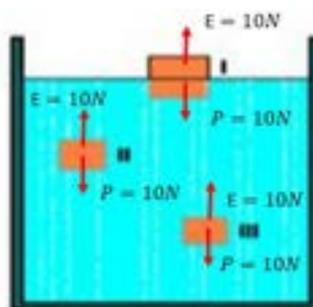
Essa foi outra questão que causou muita confusão. Novamente, os alunos associaram erroneamente o Empuxo com a posição em que o objeto se encontra. Outro erro comum nessa questão (e em outras de Física e de Matemática) é definir o volume pela figura da questão. Nada foi dito acerca do volume, portanto, nada se pode afirmar sobre o volume das caixas.

Alguns alunos marcaram a alternativa D afirmando que o Empuxo do corpo I é maior porque o corpo subiu e chegou a flutuar. Já os Empuxos dos corpos II e III são os mesmos porque ambos estão totalmente dentro da água e possuem o mesmo volume. Outros estudantes marcaram a alternativa A, afirmando que, como os corpos possuem densidades diferentes, ($d_1 < d_2 < d_3$) também terão empuxos diferentes.

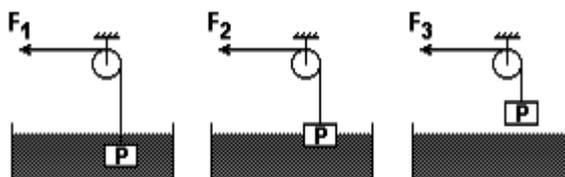
Essa questão trouxe discussões bem acaloradas e a professora precisou explicar com dados numéricos para melhor compreensão e aceitação dos alunos.

O exercício informou que os corpos possuem a mesma massa. Supõe-se que cada bloco possua 1 kg. Então o peso de cada bloco será $P = m \cdot g = 1 \cdot 10 = 10N$. Outra informação que o exercício forneceu é que os três blocos estão em equilíbrio, ou seja, a força resultante deve ser zero. A única força que atua em cada bloco, além da força Peso, é o Empuxo. Dessa maneira, $E = P = 10N$.

Figura 102 – Diagrama de forças do exemplo 5



Questão 6: (UERJ) As figuras a seguir mostram três etapas da retirada de um bloco de granito P do fundo de uma piscina



Considerando que F_1 , F_2 e F_3 são os valores das forças que mantêm o bloco em equilíbrio, a relação entre elas é expressa por:

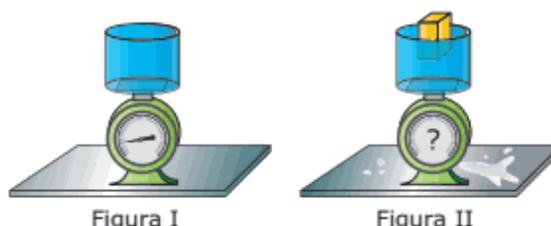
- a) $F_1 = F_2 < F_3$
- b) $F_1 < F_2 < F_3$
- c) $F_1 > F_2 = F_3$
- d) $F_1 > F_2 > F_3$

Fonte: http://professor.bio.br/fisica/provas_vestibular.asp?origem=Uerj&curpage=7.

Resolução: A força que a pessoa faz é calculada através da diferença entre Peso e Empuxo: $F = P - E$. Dessa forma, quanto maior o empuxo (maior volume imerso), menor a força que a pessoa exerce. Logo, $E_1 > E_2 > E_3 \rightarrow F_1 < F_2 < F_3$. A resposta correta é a alternativa B.

Foi uma questão bem tranquila para os alunos. Alguns erraram por falta de atenção, pois pensaram no valor do Empuxo em cada situação ($E_1 > E_2 > E_3$) e marcaram a alternativa D.

Questão 7: (UFMG) A figura I mostra uma vasilha, cheia de água até a borda, sobre uma balança. Nessa situação, a balança registra um peso P_1 . Um objeto de peso P_2 é colocado nessa vasilha e flutua, ficando parcialmente submerso, como mostra a figura II. Um volume de água igual ao volume da parte submersa do objeto cai para fora da vasilha.



Com base nessas informações, é CORRETO afirmar que, na figura II, a leitura da balança é:

- a) igual a P_1 .

- b) igual a $P_1 + P_2$.
- c) maior que P_1 e menor que $P_1 + P_2$.
- d) menor que P_1 .

Fonte: <https://exerciciosweb.com.br/fisica/exercicios-sobre-teoremas-de-pascal-e-arquimedes/>.

Resolução: Quando um corpo flutua em repouso em um líquido, o módulo do Empuxo exercido pela água sobre o corpo é igual ao módulo do Peso:

$$E = P_I \text{ (I)}$$

Por outro lado, o Empuxo tem o mesmo módulo do peso do líquido deslocado:

$$E = P_{II} \text{ (II)}$$

De (I) e (II), temos:

$$P_I = P_{II}$$

Portanto: $m_1 \cdot g = m_2 \cdot g$

$$m_1 = m_2$$

Dessa forma, a leitura da balança não se altera. A resposta correta é a alternativa A. Questão bastante polêmica. A grande maioria dos alunos errou a questão e, mesmo depois da explicação, alguns alunos continuaram não concordando. A professora, além da explicação acima, utilizou novamente o simulador Vascak “Lei de Arquimedes”.

E, mesmo assim, houve alunos que continuaram não concordando. *“Eu entendi os cálculos e entendi a simulação. Mesmo assim não concordo que vai ser a mesma coisa. Se eu tirei água e coloquei outro corpo no lugar, tinha que medir outro valor”*.

Para melhor explicação e entendimento, a professora passou um vídeo que ilustra a situação abordada no exercício.

Figura 103 – Vídeo: “Mec: O princípio de Arquimedes”



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=99uQFnZMXCE>.

Os exemplos 2, 5 e 7 foram os que suscitaram muitas dúvidas e geraram acaloradas discussões, sendo que ao final delas praticamente todos os alunos concordaram com a resposta correta. Vários alunos ainda apresentavam muitas dificuldades de relacionar empuxos entre si, e confundiam o empuxo com a posição em que o objeto se encontra. Essa é uma dificuldade recorrente. Inclusive, a professora repetiu essas questões para os mesmos alunos em tempos diferentes e muitos erraram a questão novamente.

Após as explicações, foi aplicado o teste 3, detalhado a seguir, que contém 4 questões e foi resolvido por 24 alunos.

Questão 1: (UNICAMP) É verão! É época ideal para um banho de mar. Numa tarde ensolarada, um casalzinho romântico brinca na areia da praia. Ele tem 1,80 m de altura e massa de 80 kg. Ela, 1,60 m de altura e 45 kg de massa. Nesse dia, duas cenas distintas acontecem.

Cena 1: Mileib diz: “Quando nos casarmos eu vou mandar em casa, pois sou mais forte que você”, e a pega nos braços sustentando-a.



Cena 2: Aninha contesta: “Eu também posso mandar em casa, pois também consigo segurá-lo no colo”. Ela leva o namorado para dentro da água (a uma profundidade equivalente à altura do seu peito) e surpreendentemente pega-o no colo.



Em relação a estas cenas, podemos afirmar:

I. Na cena 1 Mileib deve exercer uma força de módulo equivalente ao módulo do peso da moça para mantê-la em equilíbrio.

II. Na cena 2 Aninha recebe a “ajuda” do empuxo para sustentar o rapaz.

III. A cena 2 é impossível pois na água os corpos ficam mais pesados.

São verdadeiras as afirmações:

- A) somente I;
- B) somente a II;
- C) somente a III;
- D) somente I e II;
- E) somente I e III.

JUSTIFIQUE.

Fonte: <https://www.passeidireto.com/arquivo/74526930/lista-hidrostatica-teorema-de-arquimedes>.

Resolução: Letra D.

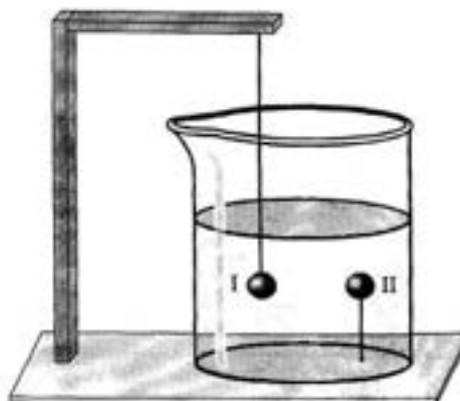
- I) V. Fora da água a única força que atua em Aninha é o seu peso. E para mantê-la em equilíbrio, a força resultante deve ser nula. Dessa forma, a força que Mileib faz é igual ao peso de Aninha.
- II) V. Na água há duas forças atuando: Peso e Empuxo. A força que Aninha deve fazer é igual a diferença entre o Peso de Mileib e o Empuxo, o que chamamos de peso aparente.
- II) F. Devido ao empuxo os corpos “parecem” mais leves, uma vez que o peso aparente é menor que o próprio peso.

A questão 1 teve 19 acertos e 5 erros.

Todos os estudantes que erraram a questão responderam que Mileib deve exercer uma força maior que o peso de Aninha para conseguir carregá-la.

Percebe-se que questões de equilíbrio ainda causam dúvidas para alguns alunos. E um erro extremamente comum (não só nesta parte de Hidrostática) é os alunos acharem que pelo fato de o movimento ser vertical para cima, a força para cima deve ser maior que a força para baixo. Os alunos associam o sentido do movimento com o sentido da força.

Questão 2: (UFMG) Na figura, estão representadas duas esferas, I e II, de mesmo raio, feitas de materiais diferentes e imersas em um recipiente contendo água. As esferas são mantidas nas posições indicadas por meio de fios que estão tensionados.



De acordo com a figura, responda:

- A) O que podemos afirmar sobre as **DENSIDADES** das esferas I e II, quando comparadas com a da água? **JUSTIFIQUE.**
- B) O valor do **EMPUXO** que atua sobre a esfera I é maior, igual ou menor que o que atua na esfera II? **JUSTIFIQUE.**

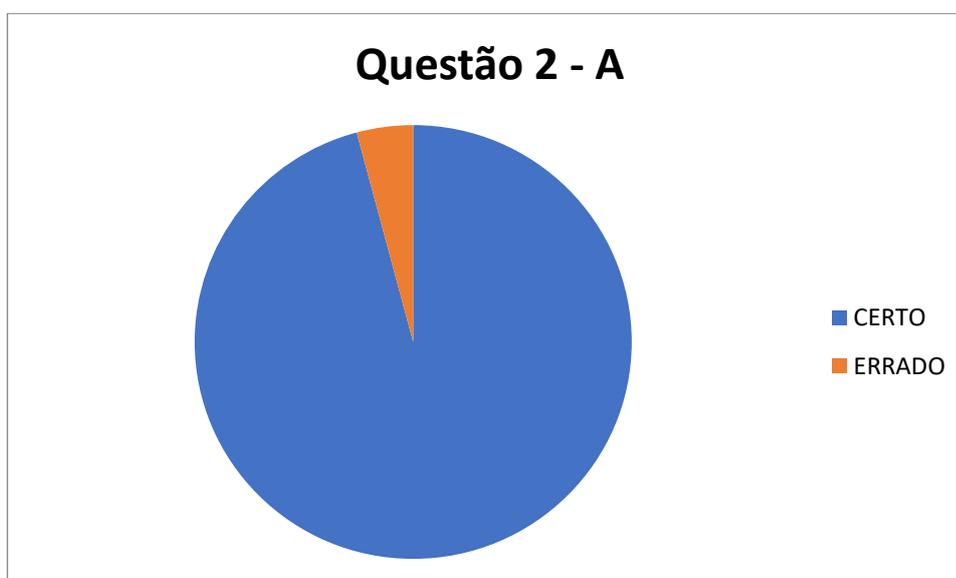
Fonte: https://pt.slideshare.net/capitao_rodrigo/corg-1anohidrostatica.

Resolução: A) Como a esfera I quer afundar, ela é mais densa que a água e como a II quer flutuar, ela é menos densa que a água.

B) Já que os raios das esferas são iguais, seus volumes também são e a quantidade de líquido deslocado por elas, cujo peso dá o empuxo, é igual.

Na letra A, 23 alunos responderam acertadamente e 1 aluno errou a resposta.

Gráfico 2 - Item A, questão 2 do teste 3



Fonte: Própria autora, 2020.

O aluno que errou afirmou que as densidades eram iguais, uma vez que as esferas se encontravam na mesma posição. Na letra B, 19 alunos acertaram e 5 alunos erraram. Dos 5 alunos que erraram, 4 responderam que o empuxo II é maior que o empuxo I porque a esfera I quer descer e a esfera II quer subir. Pôde-se perceber a dificuldade que os estudantes encontraram em entender realmente o conceito de empuxo. Eles não conseguiram deixar de relacionar o Empuxo com a densidade do objeto.

Gráfico 3 - Item B, questão 2 do teste 3



Fonte: Própria autora, 2020.

Questão 3: (UFPEL) Um submarino consegue submergir enchendo de água tanques especialmente destinados a esse fim. Os mesmos compartimentos são esvaziados, através de bombas muito potentes, quando o submarino deve voltar à superfície.



Considerando constante a densidade da água do mar, responda às seguintes perguntas e justifique suas respostas.

- A) Pode o submarino flutuar sendo constituído de material mais denso que a água?
 B) O empuxo exercido sobre o submarino quando totalmente mergulhado depende da profundidade em que se encontra?
 C) Estando o submarino totalmente mergulhado, em qual dos pontos – A, B ou C – a pressão exercida pela água é maior?

Fonte: <https://fisicaevestibular.com.br/novo/mecanica/hidrostatica/teorema-de-arquimedes-empuxo/exercicios-de-vestibulares-com-resolucao-comentada-sobre-teorema-de-arquimedes-empuxo/>.

Resolução:A) Sim, ele flutua quando nas câmaras a água é expulsa e substituída por ar, tornando o peso do submarino menor que o empuxo.

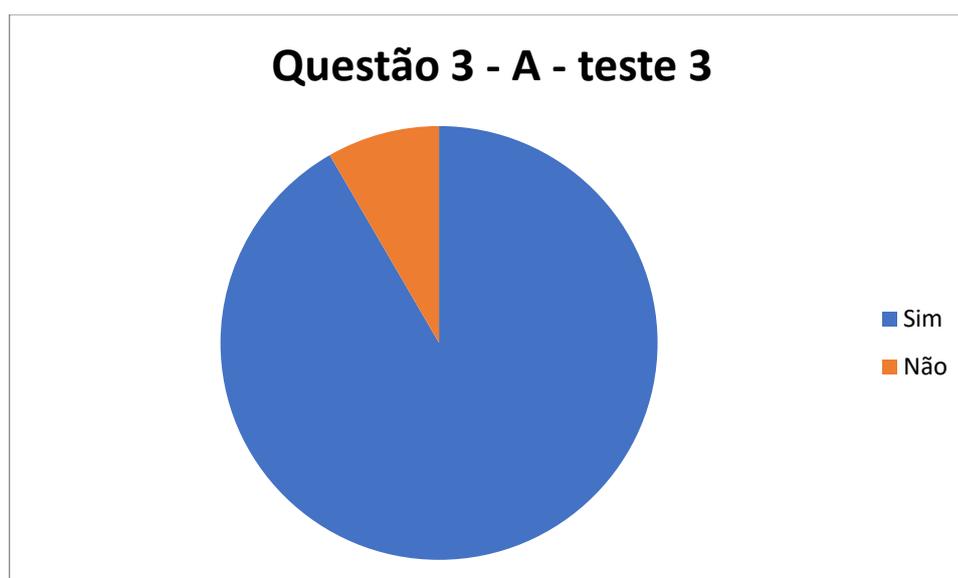
B) Não depende, pois o volume de líquido deslocado (empuxo) é o mesmo em qualquer profundidade.

C) Ponto C, devido ao teorema de Stevin — $P=d.g.h$ — d e g são os mesmos — maior h , maior pressão.

Nesta questão, obteve-se:

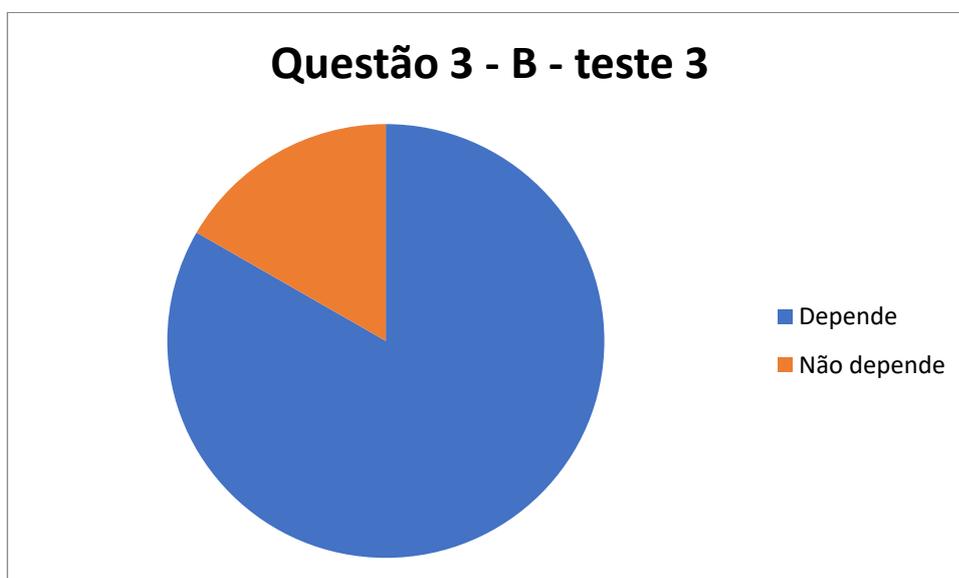
Letra A: 22 alunos responderam que sim e 2 alunos responderam que não.

Gráfico 4 – Item A, questão 3 do teste 3



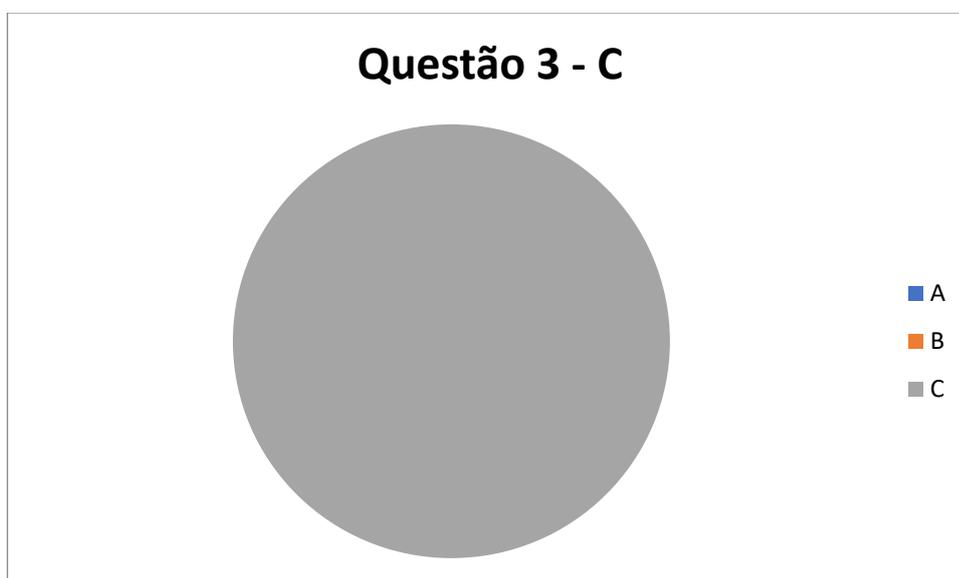
Fonte: Própria autora, 2020.

Letra B: 20 alunos responderam que depende e 4 alunos responderam que não depende.

Gráfico 5 - Item B, questão 3 do teste 3

Fonte: Própria autora, 2020.

Letra C: os 24 alunos acertaram escolhendo a alternativa C.

Gráfico 6 – Item C, questão 3 do teste 3

Fonte: Própria autora, 2020.

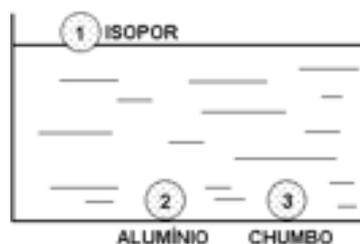
Notou-se com a letra B que, mais uma vez, os alunos analisaram de forma errada o valor do empuxo. Para muitos, pelo fato de o objeto estar em profundidades diferentes, o Empuxo

será diferente. Muitos estudantes fazem a seguinte associação: quanto mais fundo, maior densidade do objeto e, dessa forma, maior o Empuxo.

Questão 4: (UNESP) Três esferas maciças e de mesmo tamanho, de isopor (1), alumínio (2) e chumbo (3), são depositadas num recipiente com água. A esfera 1 flutua, porque a massa específica do isopor é menor que a da água, mas as outras duas vão ao fundo (veja figura a seguir) porque, embora a massa específica do alumínio seja menor que a do chumbo, ambas são maiores que a massa específica da água.

Se as intensidades dos empuxos exercidos pela água nas esferas forem, respectivamente, E_1 , E_2 , e E_3 , tem-se:

- A) $E_1 = E_2 = E_3$.
- B) $E_1 < E_2 < E_3$.
- C) $E_1 > E_2 > E_3$.
- D) $E_1 < E_2 = E_3$.
- E) $E_1 = E_2 < E_3$.



JUSTIFIQUE.

Fonte: <http://professor.bio.br/fisica/comentarios.asp?q=226&t=>.

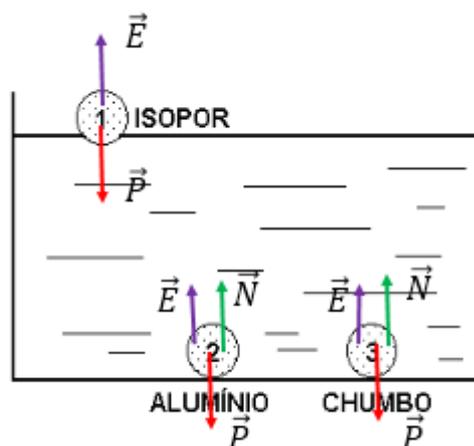
Resolução: Letra D. As esferas 2 e 3 possuem o mesmo volume e estão totalmente imersas na água. Dessa forma, deslocam o mesmo volume de água. Como o volume de água deslocado é o mesmo, o empuxo também será.

Já a esfera 1, mesmo tendo o mesmo volume, possui um menor volume imerso. Dessa forma seu empuxo é menor.

Nesta questão, 4 alunos optaram pela alternativa A e erraram; 2 alunos optaram pela alternativa C e também erraram; 18 alunos optaram pela alternativa D e acertaram; e as alternativas B e E não foram escolhidas.

Os alunos que marcaram a alternativa A afirmaram o seguinte: como as 3 esferas estão em repouso, elas estão em equilíbrio, logo $E_1 = E_2 = E_3$. O erro, aqui, é que eles consideraram apenas duas forças: P e E; mas nas esferas 2 e 3 têm também a força normal.

Figura 108 – Diagrama de forças da questão 4 – teste 3



Fonte: Acervo da autora.

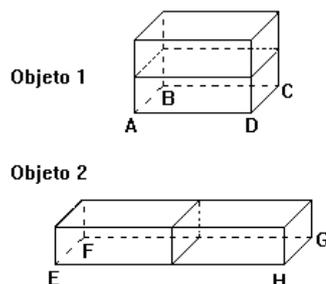
Os alunos que marcaram a alternativa C afirmaram que o empuxo 1 é maior porque a bolinha de isopor está flutuando, ou seja, foi necessário que ela subisse até a superfície e, para isso, o empuxo deve ser maior que o peso.

Notou-se, mais uma vez, a desatenção ao ler a questão e a dificuldade de interpretação. Na questão diz “... são depositadas”, ou seja, são colocadas na água. Assim sendo, a esfera de isopor não vai afundar para depois subir, pois ela já vai ficar flutuando.

Essa etapa compreendeu a revisão de todos os temas anteriores e um de seus objetivos principais foi o de que os alunos criassem questões e buscassem explorar mais profundamente os conceitos vistos anteriormente e, principalmente, o conceito de Empuxo. Considerando os resultados acima e associando às atividades desenvolvidas durante a Sequência Didática, acredita-se que esta metodologia mostrou que os estudantes, em grande maioria, conseguiram compreender o conteúdo trabalhado. Ressalta-se que durante essa etapa houveram dificuldades enfrentadas pelos alunos na resolução de questões envolvendo o conceito de Empuxo.

As questões apresentadas a seguir fizeram parte da avaliação bimestral proposta pela escola e aplicada ao final do bimestre. Nela, exploraram-se os conteúdos estudados no bimestre, tendo como objetivo a verificação (ou não) da aprendizagem, sendo os créditos atribuídos a tal atividade previamente distribuídos pela escola. Algumas questões foram usadas também para avaliar toda a sequência didática usada nesta dissertação. Abaixo, seguem as interpretações do aproveitamento da aprendizagem conforme resultado da avaliação supracitada, realizada pelos 24 alunos da turma.

Questão 1: (UNESP) Quatro blocos idênticos, de madeira, são colados dois a dois, formando os objetos mostrados na figura a seguir. Quando o objeto 1 é posto a flutuar na água, sua face inferior ABCD fica na horizontal. A pressão que o líquido exerce nessa face é p_1 e o volume da parte desse objeto que fica abaixo do nível do líquido é V_1 . Quando o objeto 2 é posto a flutuar, também na água, sua face inferior EFGH fica na horizontal. A pressão nessa face é p_2 e o volume da parte desse objeto que fica abaixo do nível do líquido é V_2 . Pode-se dizer que:



- A) $V_1=V_2$ e $p_1=p_2$
- B) $V_1=V_2$ e $p_1>p_2$
- C) $V_1=V_2$ e $p_1<p_2$
- D) $V_1>V_2$ e $p_1>p_2$
- E) $V_1<V_2$ e $p_1<p_2$

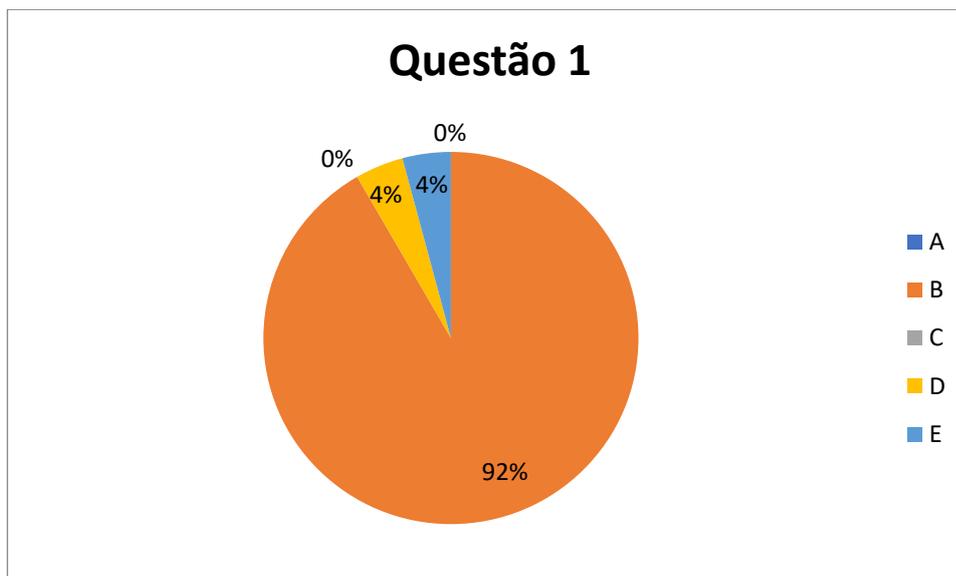
Fonte: <http://professor.bio.br/fisica/comentarios.asp?q=1143&t=>.

Resposta: Letra B $V_1 = V_2$, uma vez que é o mesmo objeto, ou seja, mesma massa e densidade. Já $p_1 > p_2$, uma vez que pressão e área são inversamente proporcionais.

$$\uparrow p = \frac{F}{A \downarrow}$$

Esta questão apresentou um resultado satisfatório, uma vez que o índice de acerto foi alto. Isso nos mostrou que a maioria dos estudantes compreendeu bem a relação entre pressão e área.

Gráfico 7 – Questão 1, avaliação



Fonte: Própria autora, 2020.

Questão 2: (CPS-SP) Quando você está na lanchonete tomando um refrigerante num copo com canudo, o líquido sobe em direção à sua boca, em virtude de

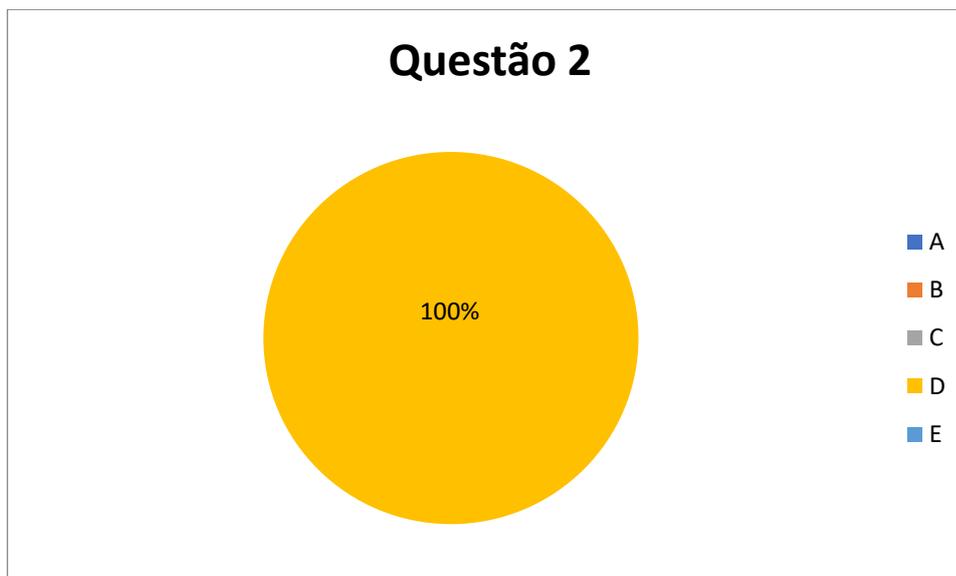


- A) a pressão no interior da sua boca ser maior do que a pressão atmosférica.
- B) a pressão atmosférica e da sua boca serem iguais.
- C) a pressão atmosférica ser variável em função do volume do refrigerante.
- D) a pressão atmosférica ser maior que a pressão na boca e “empurrar” o líquido no canudo.
- E) a pressão atmosférica da sua boca não interferir ao tomar o refrigerante.

Fonte: <https://fisicaevestibular.com.br/novo/mecanica/hidrostatica/teorema-de-stevin-pressao-hidrostatica-vasos-comunicantes/exercicios-de-vestibulares-sobre-teorema-de-stevin/>.

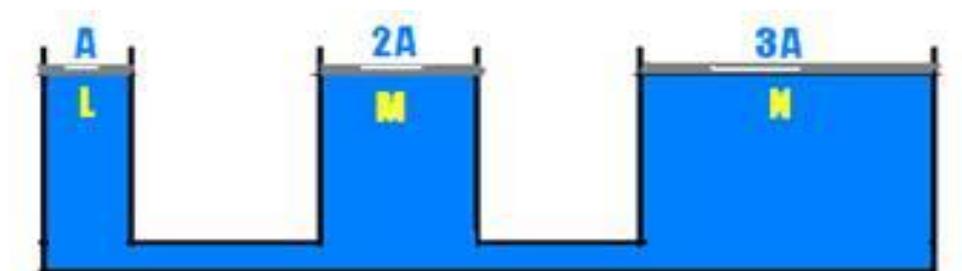
Resposta: Letra D. Ao reduzir a pressão na boca, a pressão atmosférica empurra o líquido para cima. Todos os estudantes acertaram esta questão, o que evidenciou que o conceito de pressão atmosférica, bem como suas aplicações, foi bem compreendido.

Gráfico 8 – Questão 2, avaliação



Fonte: Própria autora, 2020.

Questão 3: (UFMG) Um sistema hidráulico tem três êmbolos móveis L, M e N com área A, 2A e 3A, como mostra a figura.



Quantidades diferentes de blocos são colocadas sobre cada êmbolo. Todos os blocos têm o mesmo peso. Para que, em equilíbrio, os êmbolos continuem na mesma altura, o número de blocos colocados sobre os êmbolos L, M e N podem ser, respectivamente:

- A) 1, 2 e 3
- B) 1,4 e 9
- C) 3,2 e 1
- D) 9,4 e 1
- E) 8,2 e 1

Fonte: <https://fisicaevestibular.com.br/novo/mecanica/hidrostatica/principio-de-pascal/exercicios-de-vestibulares-com-resolucao-comentada-sobre-principio-de-pascal-prensa-hidraulica/>.

Resposta: Letra A. Para que fiquem em equilíbrio, $p_L = p_M = p_N$, logo:

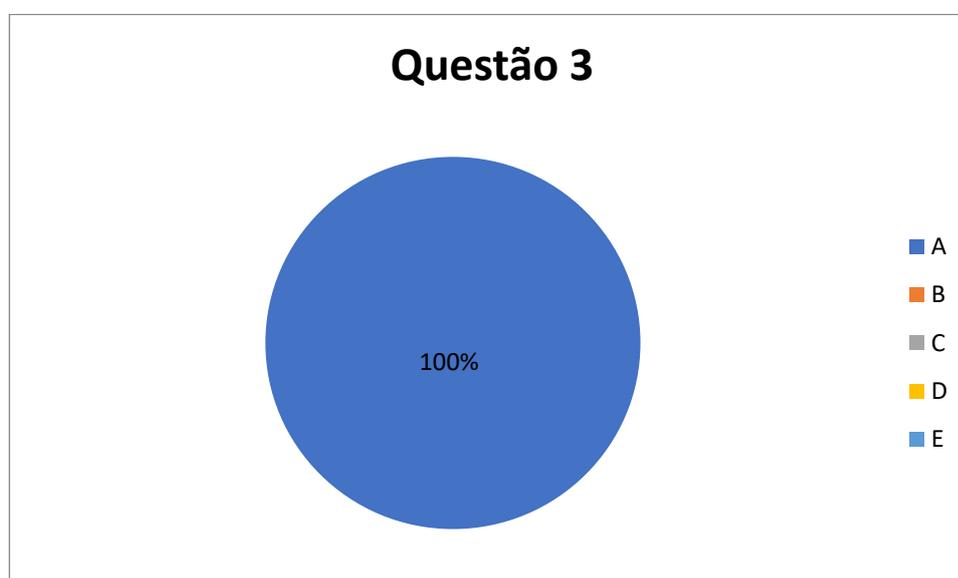
$$\frac{F_L}{A} = \frac{F_M}{2A} = \frac{F_N}{3A}$$

E como a força é proporcional à área:

$$F_M = 2F_L, F_N = 3F_L$$

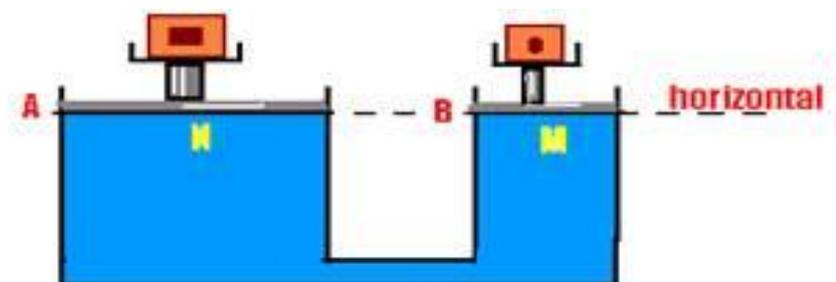
Todos os alunos acertaram esta questão. Isso mostrou que eles aprenderam a relacionar a área com a força aplicada, ou seja, para se obter a mesma pressão, a força deve ser proporcional a área.

Gráfico 9 – Questão 3, avaliação



Fonte: Própria autora, 2020.

Questão 4: (FUVEST) Considere o arranjo da figura, onde um líquido está confinado na região delimitada pelos êmbolos A e B, de áreas $a = 80\text{cm}^2$ e $b = 20\text{cm}^2$, respectivamente.



O sistema está em equilíbrio. Despreze os pesos dos êmbolos e os atritos. Se $m_A = 4,0$ kg, qual o valor de m_B ?

- A) 4 kg
- B) 16 kg
- C) 1 kg
- D) 8 kg
- E) 0,5 kg

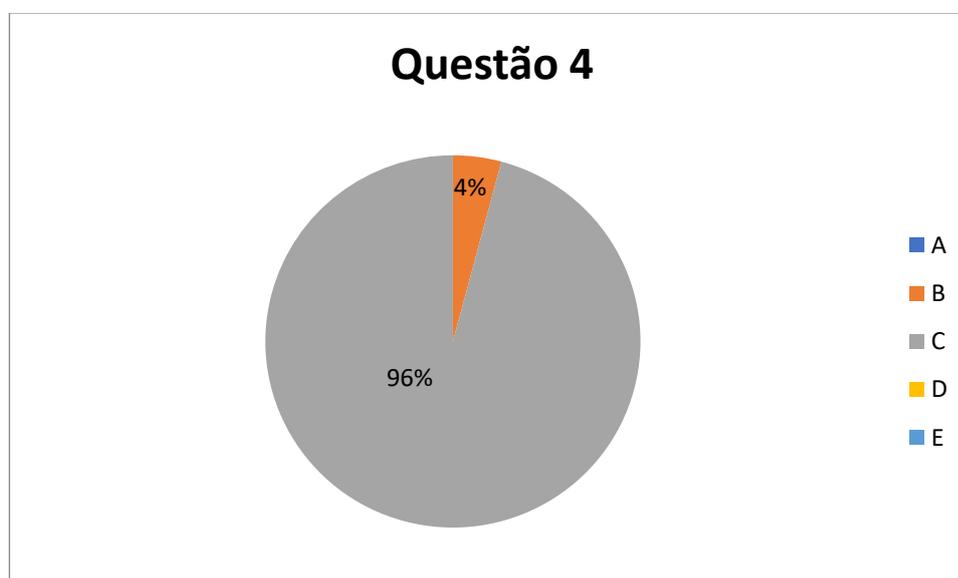
Fonte: <https://fisicaevestibular.com.br/novo/mecanica/hidrostatica/principio-de-pascal/exercicios-de-vestibulares-com-resolucao-comentada-sobre-principio-de-pascal-prensa-hidraulica/>.

Resposta: Letra C. Pelo Princípio de Pascal:

$$\frac{F_A}{A_A} = \frac{F_B}{A_B} \rightarrow \frac{4}{80} = \frac{m_B}{20} \rightarrow m_B = 1 \text{ kg}$$

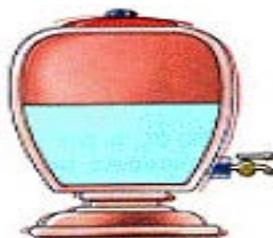
Esta questão apresentou um bom resultado, uma vez que apenas 1 estudante errou a questão. Mesmo o Princípio de Pascal tendo sido visto rapidamente, os alunos compreenderam bem a relação entre força e área.

Gráfico 10 – Questão 4, avaliação



Fonte: Própria autora, 2020.

Questão 5: (FGV) A figura a seguir representa uma talha contendo água.



A pressão da água exercida sobre a torneira, fechada, depende:

- A) do volume de água contido no recipiente.
- B) da massa de água contida no recipiente.
- C) do diâmetro do orifício em que está ligada a torneira.
- D) da altura da superfície da água em relação ao fundo do recipiente.
- E) da altura da superfície da água em relação à torneira.

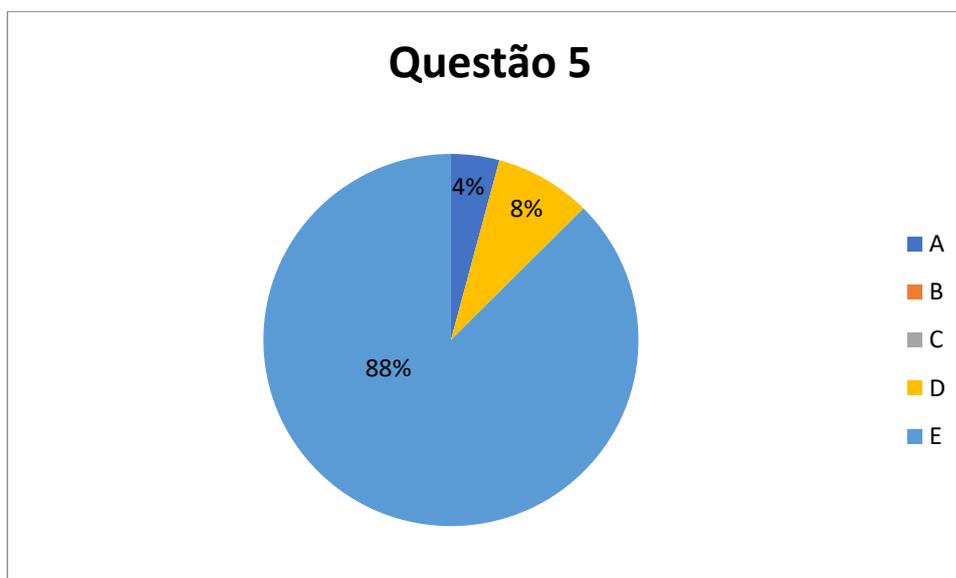
Fonte: <https://fisicaevestibular.com.br/novo/mecanica/hidrostatica/teorema-de-stevin-pressao-hidrostatica-vasos-comunicantes/exercicios-de-vestibulares-sobre-teorema-de-stevin/>.

Resposta: Letra E.

$$p = dgh$$

Dos 24 alunos, muitos deles marcaram acertadamente a alternativa E, mostrando compreensão da relação entre a pressão exercida por uma coluna d'água e de sua altura até o local de saída da mesma, no caso, a torneira. Dentre os que erraram, 2 marcaram a alternativa D, ou seja, relacionaram com a altura, mas não a altura referente ao local de saída da água.

Gráfico 11 – Questão 5, avaliação



Fonte: Própria autora, 2020.

Questão 6: (UDESC) A pressão atmosférica é 76 cmHg em um local onde há uma piscina cheia de água, que tem uma profundidade de 5,0 m.



Fonte: [https://fisicaevestibular.com.br/novo/mecanica/hidrostatica/teorema-de-stevin-pressao-hidrostatica-vasos-comunicantes/exercicios-de-vestibulares-sobre-teorema-de-stevin/#:~:text=29%2D\(UDESC%2DSC\)%20A,de%20lugares%20de%20dif%C3%ADcil%20.](https://fisicaevestibular.com.br/novo/mecanica/hidrostatica/teorema-de-stevin-pressao-hidrostatica-vasos-comunicantes/exercicios-de-vestibulares-sobre-teorema-de-stevin/#:~:text=29%2D(UDESC%2DSC)%20A,de%20lugares%20de%20dif%C3%ADcil%20.)

Assinale a alternativa correta quanto à pressão total no fundo da piscina.

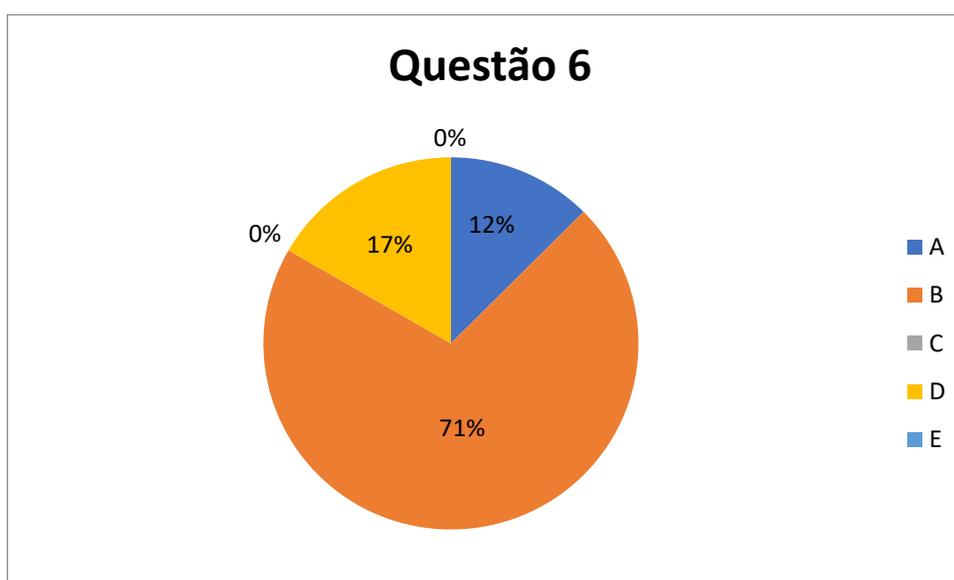
- A) 81 cmHG
- B) $1,5 \times 10^5 \text{ N/m}^2$
- C) $0,5 \times 10^5 \text{ N/m}^2$
- D) $1,5 \times 10^5 \text{ cmHg}$
- E) 576 cmHg

Resposta: Letra B. $76 \text{ cmHg} = 1 \text{ atm}$

A cada 10 m de água, temos 1 atm. Logo, em 5 m, teremos 0,5 atm. Dessa forma, a pressão total será de 1,5 atm. Transformando para N/m^2 : $1,5 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$.

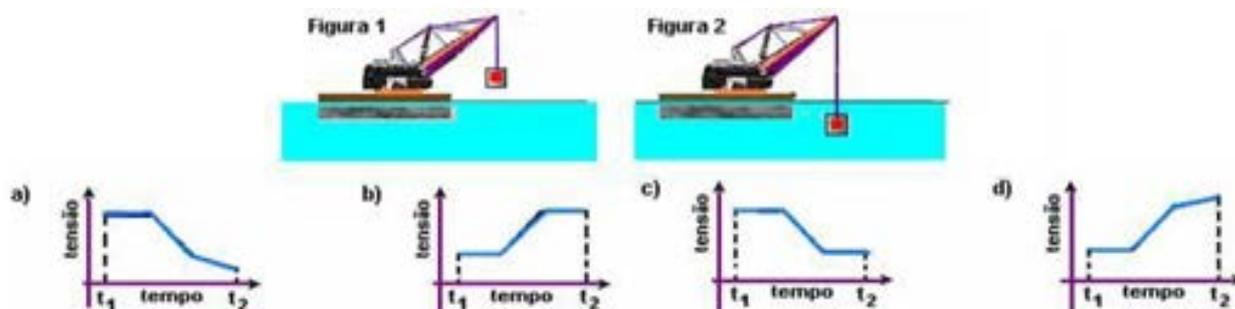
Muitos estudantes consideram questões como essa, que envolvem cálculo e transformação de unidades de medida, mais difíceis. Diante disso, o desempenho foi bom, uma vez que a maior parte dos alunos acertou. Aqueles que erraram, marcaram a alternativa D, ou seja, fizeram o cálculo de maneira correta, mas não se “atentaram” para a unidade de medida.

Gráfico 12 – Questão 6, avaliação



Fonte: Própria autora, 2020.

Questão 7: (UFMG) De uma plataforma com um guindaste, faz-se descer, lentamente e com velocidade constante, um bloco cilíndrico de concreto para dentro da água. Na Figura I, está representado o bloco, ainda fora da água, em um instante t_1 e, na Figura II, o mesmo bloco, em um instante t_2 posterior, quando já está dentro da água. Assinale a alternativa cujo gráfico melhor representa a tensão no cabo do guindaste em função do tempo.

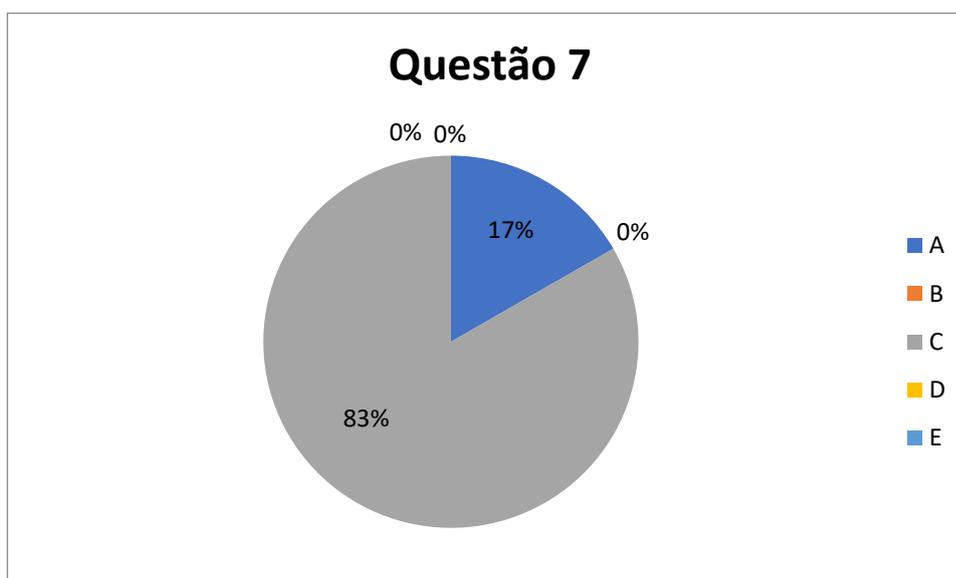


Fonte: <https://fisicaevestibular.com.br/novo/mecanica/hidrostatica/teorema-de-arquimedes-empuxo/exercicios-de-vestibulares-com-resolucao-comentada-sobre-teorema-de-arquimedes-empuxo/>.

Resposta: Letra C. Enquanto ele está no ar, a tensão no cabo é constante e tem valor máximo — à medida que o bloco vai penetrando na água, ele vai deslocando mais líquido, o empuxo vai aumentando e a tensão no cabo diminuindo — quando ele está totalmente imerso e descendo, o empuxo é máximo (independente da profundidade) e a tensão é constante e mínima.

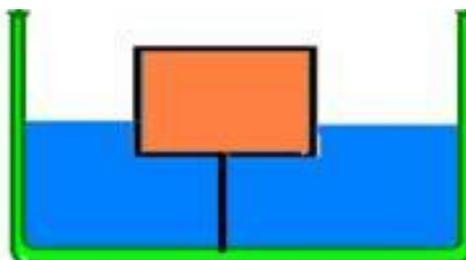
Dos 24 alunos, 20 acertaram a questão, marcando a alternativa C, e apenas 4 erraram, marcando a alternativa A. Percebeu-se que os estudantes compreenderam que suspender um objeto dentro d'água é mais fácil do que fora d'água, devido à presença da força Empuxo. Mas, alguns alunos ainda associaram o Empuxo com a posição em que se encontra o objeto, considerando que o Empuxo vai se tornando cada vez maior à medida que o objeto afunda, mesmo que o objeto já esteja totalmente dentro d'água.

Gráfico 13 – Questão 7, avaliação



Fonte: Própria autora, 2020.

Questão 8: (UNIFESP) A figura representa um cilindro flutuando na superfície da água, preso ao fundo do recipiente por um fio tenso e inextensível.



Acrescenta-se aos poucos mais água ao recipiente, de forma que o seu nível suba gradativamente. Sendo E o empuxo exercido pela água sobre o cilindro, T a tração exercida pelo fio sobre o cilindro, P o peso do cilindro e admitindo-se que o fio não se rompe, pode-se afirmar que, até que o cilindro fique completamente imerso,

- A) o módulo de todas as forças que atuam sobre ele aumenta.
- B) só o módulo do empuxo aumenta, o módulo das demais forças permanece constante.
- C) os módulos do empuxo e da tração aumentam, mas a diferença entre eles permanece constante.
- D) os módulos do empuxo e da tração aumentam, mas a soma deles permanece constante.
- E) só o módulo do peso permanece constante; os módulos do empuxo e da tração diminuem.

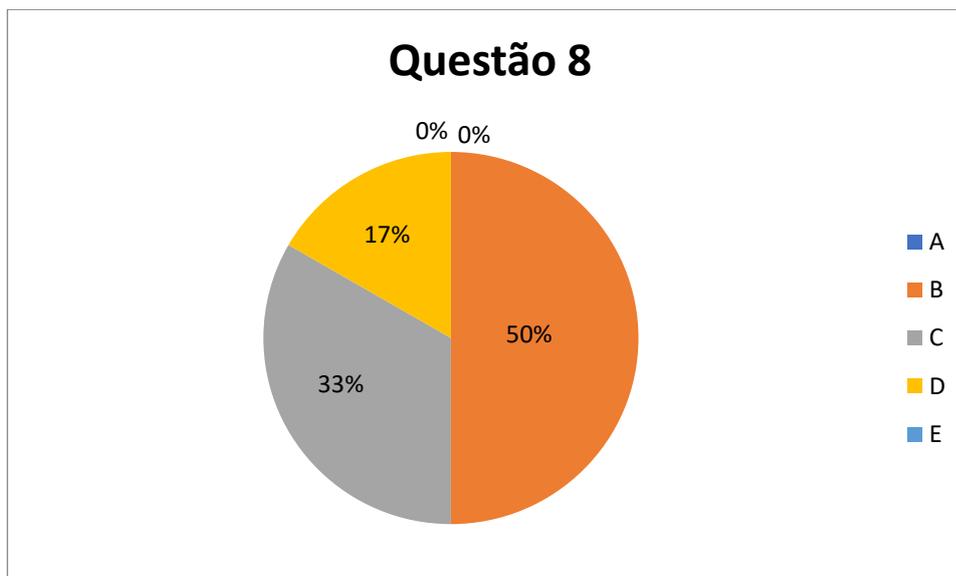
Fonte: <https://fisicaevestibular.com.br/novo/mecanica/hidrostatica/teorema-de-arquimedes-empuxo/exercicios-de-vestibulares-com-resolucao-comentada-sobre-teorema-de-arquimedes-empuxo/>.

Resposta: Letra C. O peso do bloco é constante — à medida que o cilindro vai imergindo na água, o empuxo vai aumentando e, conseqüentemente, a tração no fio também vai aumentando, mas a diferença entre eles, que é o peso, permanece constante: $T + P = E \rightarrow T - E = P$ (constante).

Esta questão não apresentou um resultado satisfatório, visto que apenas alguns alunos acertaram. Metade deles marcou a alternativa B, ou seja, na presença de um líquido, apenas o Empuxo sofrerá alteração, já que o mesmo é definido como o peso do líquido deslocado. Eles consideraram que as demais forças não possuem relação alguma com o líquido.

Notou-se também a grande dificuldade que os alunos apresentaram em representar os vetores em um diagrama de forças e em analisar a relação entre as mesmas.

Gráfico 14 – Questão 8, avaliação



Fonte: Própria autora, 2020.

Questão 9: (PUC-SP) Ao chocar-se com uma pedra, uma grande quantidade de água entrou no barco pelo buraco feito no casco, tornando o seu peso muito grande.



A partir do descrito, podemos afirmar que:

- A) a densidade média do barco diminuiu, tornando inevitável seu naufrágio.
- B) a força de empuxo sobre o barco não variou com a entrada de água.
- C) o navio afundaria em qualquer situação de navegação, visto ser feito de ferro que é mais denso do que a água.
- D) antes da entrada de água pelo casco, o barco flutuava porque seu peso era menor do que a força de empuxo exercido sobre ele pela água do rio.
- E) o navio, antes do naufrágio, tinha sua densidade média menor do que a da água do rio.

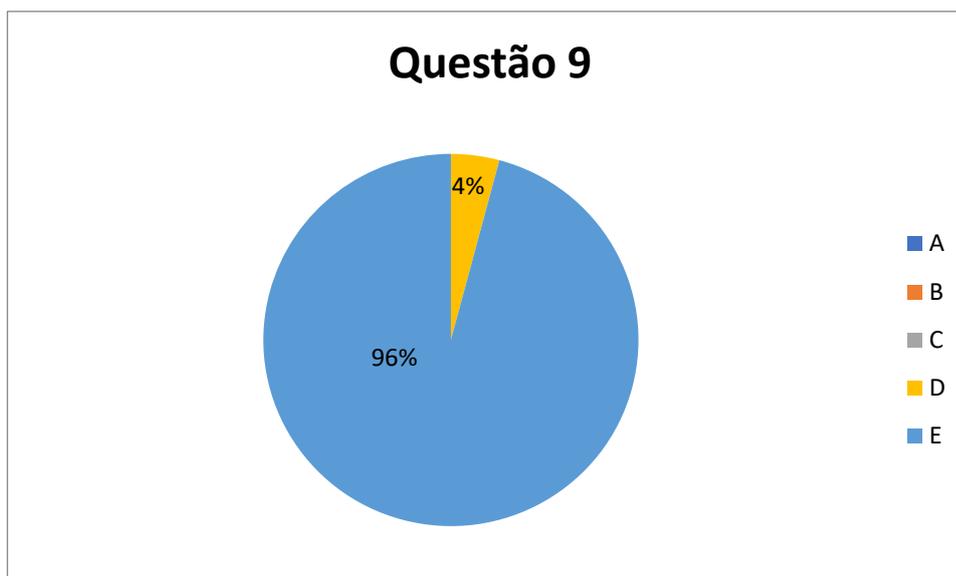
Fonte: <https://fisicaevestibular.com.br/novo/mecanica/hidrostatica/teorema-de-arquimedes-empuxo/exercicios-de-vestibulares-com-resolucao-comentada-sobre-teorema-de-arquimedes-empuxo/>.

Resposta: Letra E. Ao entrar água no navio, sua massa aumenta e, conseqüentemente, sua densidade também.

$$\uparrow d = \frac{m \uparrow}{V}$$

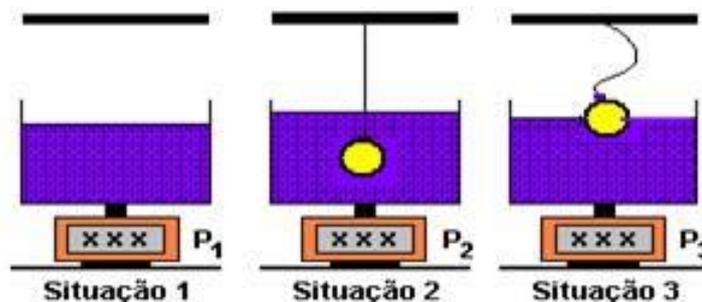
Essa questão apresentou um ótimo resultado, uma vez que apenas 1 aluno errou. Notou-se que os estudantes compreenderam que a densidade de um corpo maciço é diferente de um corpo oco, e que ao entrar água no navio a massa do mesmo é alterada, mudando, assim, sua densidade. Muitos estudantes relataram que associaram a questão ao experimento do barco de massa de modelar.

Gráfico 15 – Questão 9, avaliação



Fonte: Própria autora, 2020.

Questão 10: (FUVEST) Um recipiente, contendo determinado volume de um líquido, é pesado em uma balança (situação 1). Para testes de qualidade, duas esferas de mesmo diâmetro e densidades diferentes, sustentadas por fios, são sucessivamente colocadas no líquido da situação 1.



Uma delas é mais densa que o líquido (situação 2) e a outra menos densa que o líquido (situação 3). Os valores indicados pela balança, nessas três pesagens, são tais que

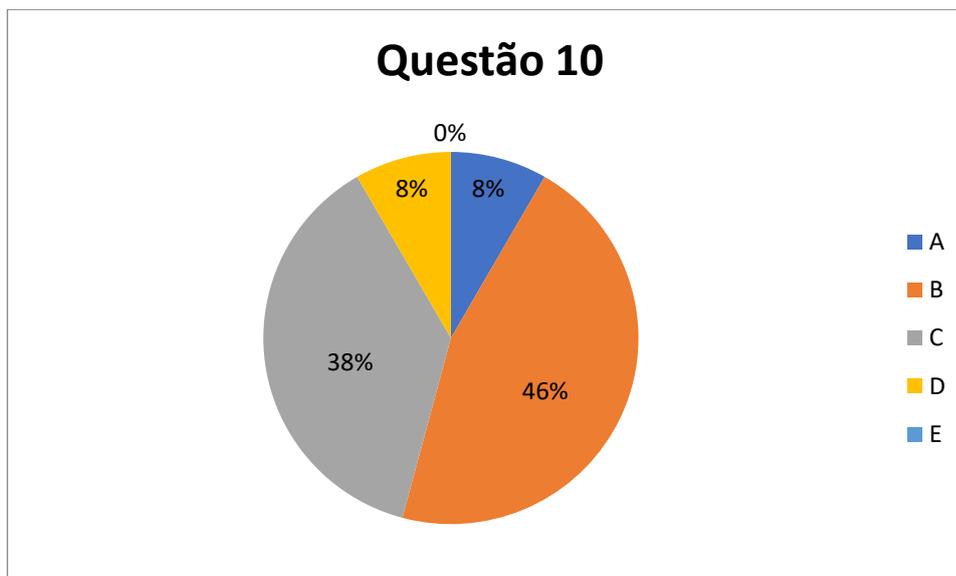
- A) $P_1 = P_2 = P_3$
- B) $P_2 > P_3 > P_1$
- C) $P_2 = P_3 > P_1$
- D) $P_3 > P_2 > P_1$
- E) $P_3 > P_2 = P_1$

Fonte: <https://fisicaevestibular.com.br/novo/mecanica/hidrostatica/teorema-de-arquimedes-empuxo/exercicios-de-vestibulares-com-resolucao-comentada-sobre-teorema-de-arquimedes-empuxo/>.

Resposta: Letra B. Na situação 1, a balança indica o peso total do recipiente com o líquido. Nas situações 2 e 3, a balança indica o peso total do recipiente com o líquido mais a intensidade do empuxo que o líquido exerce na esfera. O acréscimo de peso na balança corresponde ao empuxo, que é igual ao peso do volume de líquido deslocado e na situação 2, o empuxo é maior que na situação 3, porque o volume imerso é maior.

Essa é uma questão polêmica e difícil. Poucos estudantes acertaram a questão, fazendo a associação correta do Empuxo como volume imerso. Alguns alunos marcaram a alternativa A, associando erroneamente a questão com a questão 7, feita em sala. Mas, naquela situação-problema, parte da água é derramada, enquanto que nesta questão, não. Outra parte considerável dos alunos marcou a alternativa C, afirmando que em 2 e 3 o Empuxo é o mesmo, já que as esferas são do mesmo tamanho; ou seja, não analisaram o volume imerso. E o restante deles, poucos, marcaram a alternativa D, afirmando que para a esfera 3 subir seu Empuxo deve ser maior, e que para a esfera 2 descer, seu Empuxo deve ser menor.

Gráfico 16 – Questão 10, avaliação



Fonte: Própria autora, 2020.

Analisando os resultados dos testes e da avaliação bimestral, notou-se que o resultado foi muito bom e, comparado com os anos anteriores, nos quais não houve uso das ferramentas metodológicas da Sequência Didática, ocorreu uma melhora significativa na compreensão dos conceitos abordados no estudo da hidrostática.

Pudemos perceber que, além de compreender os conceitos de densidade, pressão e pressão atmosférica, os alunos conseguiram relacionar as grandezas entre si: pressão e área são inversamente proporcionais, pressão x força e força x área são diretamente proporcionais, densidade x massa e massa x volume são diretamente proporcionais, densidade x volume são inversamente proporcionais e, pressão x profundidade são diretamente proporcionais.

Notou-se ainda dificuldade, por parte de alguns alunos, em questões que envolvem cálculos matemáticos. E os maiores obstáculos encontram-se na matemática básica: conversão de unidades, operações com notação científica e trabalhar com os sinais de desigualdade. Além disso, há uma grande dificuldade em trabalhar com vetores, principalmente para representar as forças em um Diagrama de forças. Para trabalhos futuros, pode-se pensar em uma Sequência Didática para trabalhar esse conteúdo.

E, de todo o conteúdo visto em Hidrostática, as questões que envolvem Empuxo são ainda as mais difíceis para os alunos. Percebeu-se a dificuldade que muitos têm em associar o Empuxo com o volume imerso do objeto, uma vez que eles vinculam o Empuxo à densidade e à posição em que o objeto se encontra dentro do líquido.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho desenvolveu-se e aplicou-se uma sequência didática sobre Hidrostática aos alunos do primeiro ano do Ensino Médio visando o aprendizado da cultura científica e dos conceitos de Física.

A investigação apresentada se deu através da análise e participação dos estudantes durante a realização dos experimentos e simulações, análise dos testes realizados e da avaliação final.

Durante a aplicação da Sequência Didática, notou-se que os alunos reagiram positivamente à metodologia utilizada e a preferiram em relação à metodologia tradicional usada nos outros conteúdos. Os alunos relataram que a interação em sala foi agradável, divertida e satisfatória.

Os resultados alcançados mostram que os alunos interagiram construtivamente entre si e com o professor, conseguiram construir conceitos científicos e teorias utilizando de seus conhecimentos prévios através das interações na sala.

Em relação aos anos anteriores, o desempenho dos alunos foi positivo. Hidrostática é o último assunto abordado no 1º ano e, por isso, muitos alunos deixam o conteúdo “de lado”. Mas, com a inserção de experimentos e recursos tecnológicos, houve uma maior interação dos estudantes. Pôde-se perceber que a inserção de tais ferramentas aguça a curiosidade dos alunos.

Percebeu-se, também, analisando os testes e a avaliação, que para os bons alunos, essa prática colaborou um pouco, mas, para aqueles que apresentam uma maior dificuldade em Física, tal metodologia propiciou uma melhora no desempenho bastante significativa.

Ressalta-se que a realização de atividades investigativas não necessita de laboratórios equipados ou materiais de alto custo. Esta sequência pode ser reproduzida utilizando apenas materiais de baixo custo e produzidos pelo próprio professor, ou pelo professor com auxílio dos alunos, ou apenas pelos próprios alunos. Muitas vezes apenas uma discussão efetiva de questões conceituais, como foi feita, é uma atividade importante e muito fácil de ser realizada, com efeitos significativos.

Por fim, a experiência ao conduzir este trabalho mostrou que o engajamento dos estudantes nas investigações cria um olhar diferenciado sobre os conteúdos a serem estudados e fazem com que eles se apropriem e compartilhem dos significados dos conceitos científicos.

Acredita-se que o Ensino de Física por Investigação no Ensino Médio é uma metodologia de ensino que instiga, estimula, incentiva e permite melhorar a qualidade do ensino

do nosso país, e que, quando o professor realiza essa metodologia adaptada à sua realidade, ocorre uma aproximação na relação professor-aluno que promoverá o que esperamos da nossa educação: a construção do conhecimento científico.

6 REFERÊNCIAS

AZEVEDO, M. C. P. S. de. Ensino por Investigação: Problematizando as atividades em sala de aula. In: AZEVEDO, M. C. P. S. de. **Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais**. Brasília: MEC/SEF, 1998.

BRENNAN, 2008

BOFF, Cleber A.; BARROS, Gílian C. Importância da História no Ensino da Hidrostática. **Revista Intersaberes**. v.09, n.17, p.189-198, jan./jun.2014.

CAMPOS, M. C. C.; NIGRO, R. G. **Teoria e Prática em Ciências na Escola: o ensino-aprendizagem como investigação**. São Paulo: FTD, 2009.

CARVALHO, Anna M. P. de. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. v.18(3), p.765-794, dez.2018.

CARVALHO, Anna M. P.; SASSERON, L. H. Ensino de Física por Investigação: Referencial Teórico e as Pesquisas Sobre as Sequências de Ensino Investigativas. **Ensino em Re-Vista**. v.22, n.2, p. 249-266, jul./dez. 2015.

CARVALHO, R. B. de. **O Espaço Formativo na Escola: um estudo com professoras do 4º e 5º ano do ensino fundamental**. 2008. 95f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2008.

FIOLHAIS et al., 2012

GASPAR, Alberto; MONTEIRO, Isabel C. de C. Atividades Experimentais de Demonstração em Sala de Aula: Uma Análise Segundo o Referencial da Teoria de Vygotsky. **Investigações em Ensino de Ciências**. v.10(2), p.227-254, 2005.

GUEDES, Vanderson N. M. **Montagem de um Refrigerador Didático Para Abordagem de Termodinâmica no Ensino Médio Noturno Diferenciado**. 2015. 83f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, out. 2015.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física**. 8. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2009. vol 2.

HALLIDAY, David e RESNICK, Robert. **Fundamentos de Física**. Vol. 2. Rio de Janeiro. Editora LTC S/A, 4ª Edição, Rio de Janeiro, 1987.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. Porto Alegre: Artmed, 2008.

LEITE, C. A. R.; LEITE, E. C. R.; PRANDI, L. R. **A aprendizagem na concepção histórico cultural**. Akropolis. Umarama, n. 04, p. 203-210, out/dez. de 2009.

MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. **Física: volume único**. São Paulo: Scipione, 1997.

MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. **Física ensino médio: volume 1**. São Paulo: Scipione, 2006.

MOREIRA, Marco A. **A Teoria da Aprendizagem Significativa**. Porto Alegre: 2016. Instituto de Física, UFRGS, Brasil.

MOREIRA, Marco A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: E.P.U., 2015.

MOREIRA, M. A. & Masini, E. F. S., **Aprendizagem Significativa – a teoria de David Ausubel**. São Paulo, Moraes, 1982.

MOURA, Fábio A. de. **Ensino de Física por Investigação: Uma Proposta Para o Ensino de Empuxo Para Alunos do Ensino Médio**. 2018. 98f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física). Universidade Federal do Pará, set.2018.

PERUZZO, Jucimar. **Experimentos de Física Básica: Mecânica**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2012. 1ª ed.

RODRIGUES, Orlando P. da F.; OLIVEIRA, Naiara de S. C. **Sequência Didática Como Instrumento Para a Aprendizagem: Uma Proposta Baseada em Aprendizagem por Investigação, Situações Cotidianas e Aprendizagem Significativa Para o Ensino de Trabalho, Energia e Potência**.

ROSSINI, Rodrigo T. **Problemas no Processo de Ensino e Aprendizagem em Alguns Tópicos de Hidrostática**. Disponível em: <http://www.if.ufrj.br/~pef/...Rodrigo-Rossini>. Acesso em: 14 abr. 2019.

SANTOS, J. P. S. Ensino de Ciências por Investigação: Um Estudo de Caso em Aulas de Química no Projeto de Correção de Fluxo Travessia Médio em Pernambuco. In: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira. (Org.) **Reflexões em Ensino de Ciências**. v.4, p.137-149, 1ª ed. Ponta Grossa – PR: Atena Editora, 2018.

SASSERON, L. H. **O Ensino por Investigação: pressupostos e práticas**. Licenciatura em Ciências. USP/Univesp. Módulo 7. p.116-124. 2014. Disponível em: http://midia.atp.usp.br/plc/plc0704/impressos/plc0704_12.pdf. Acesso em: 18 abr. 2019.

SOUZA, P.V.T. de. et al. Densidade: Uma Proposta de Aula Investigativa. **Química Nova na Escola**, v.37, n.2, p.120-124, 2015.

VYGOTSKY, L. S. **A Formação Social da Mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. 4ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991. 90p.

VYGOTSKY, L. S. **A Construção do Pensamento e da Linguagem**. 1ª ed. Trad. Paulo Bezerra. São Paulo: Martins Fontes, 2001. 496p.

VYGOTSKY, L. S. **A Formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1984.

A sequência didática apresentada neste trabalho tem como foco o estudo e a análise da Hidrostática a partir da compreensão dos conceitos de densidade e pressão. A sequência, dividida em 07 (sete) etapas, que devem ser trabalhadas em 15 (quinze) aulas. Para compreender a lógica planejada para esta Sequência Didática, apresentamos a seguir um planejamento geral e outro para cada atividade da Sequência Didática.

Objetivo: Ajudar alunos na compreensão dos conceitos de hidrostática de modo que, ao final, compreendam as relações entre empuxo, densidade e peso.

Público-alvo: 1º e/ou 2º ano do Ensino Médio.

Número de aulas: 7 etapas divididas em 15 aulas.

Conteúdo abordado: densidade, empuxo, pressão, pressão atmosférica, pressão hidrostática, Princípio de Arquimedes, Teorema de Stevin e Princípio de Pascal.

Tabela 2 – Quadro resumo da Sequência Didática

Etapas propostas	Momentos	Duração
<i>Etapa 1</i> Densidade	<ul style="list-style-type: none"> • Situação-problema: algodão x chumbo; • Simulador phet densidade; • Situação-problema: navio; • Situação-problema: Mar Morto; • Experimento 1: fazendo um ovo cru flutuar. 	1 aula
<i>Etapa 2</i> Pressão	<ul style="list-style-type: none"> • Situação-problema: relação força x pressão na caneta; • Perguntas para reflexão; • Experimento 2: relação pressão x área; • Banco de pregos. 	1 aula
<i>Etapa 3</i> Pressão atmosférica	<ul style="list-style-type: none"> • Aula expositiva: pressão atmosférica e experiência de Torricelli; • Experimento 3.1: canudinho de frescos; • Experimento 3.2: pressão atmosférica esmaga a caixinha; • Experimento 3.3: a água que não cai; • Questão Enem; 	3 aulas

	<ul style="list-style-type: none"> • Vídeos de experiências sobre pressão atmosférica; • Apresentação de experimentos feitos pelos alunos. 	
<p><i>Etapa 4</i> Pressão x altura e pressão x profundidade</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aula expositiva: pressão hidrostática, Teorema de Stevin e Vasos comunicantes; • Experimento 4.1: garrafa PET com dois furos; • Experimento 4.2: pressão e escoamento; • Experimento 4.3: Vasoscomunicantes; • Situação-problema: nivelção do pedreiro. 	3 aulas
<p><i>Etapa 5</i> Princípio de Arquimedes</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Vídeo: O Princípio de Arquimedes em desenho; • Situação-problema: Como Podemos medir o volume de um corpo? 	1 aula
<p><i>Etapa 6</i> Empuxo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Situação-problema: pedra dentro e fora d'água; • Aulas expositivas: Empuxo; • Simulador Vascak “Lei de Arquimedes”; • SimuladorPhetFlutuabilidade; • Experimento 6.1: Por que o barco não afunda? • Experimento 6.2: Construindo um ludião; • Questões de vestibulares. 	5 aulas
<p><i>Etapa 7</i> Princípio de Pascal</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aula expositiva; • Simulador Vascak “Elevador hidráulico”; • Vídeos de experiências. 	1 aula

Etapa 1: Densidade

- ✓ Conceitos envolvidos: densidade e massa específica.
- ✓ Objetivos: entender o conceito de densidade, suas relações e aplicações.
- ✓ Materiais e recursos utilizados: copo, água, sal, simulação PHET, PowerPoint, projetor multimídia, quadro e giz.
- ✓ Procedimento metodológico:
 1. O professor deverá iniciar a aula com a situação-problema “algodão x chumbo”.

2. Após explicações dos alunos, o professor deverá projetar a simulação PHET Densidade no quadro com o auxílio do projetor multimídia. O intuito será mostrar as relações entre densidade, massa e volume.
 3. Em seguida, o professor levantará um questionamento com a situação-problema do navio, para, logo após, mostrar os conceitos e diferenças entre densidade e massa específica.
 4. Continuando a exposição, deverá ser colocada outra situação-problema: Mar Morto.
 5. Para finalizar, o professor deverá realizar o Experimento 1: fazendo um ovo cru flutuar: para este experimento, colocar-se-á um ovo de galinha cru dentro de um copo de vidro transparente com água e, observar o que acontece. Em seguida, deverá dissolver um pouco de sal de cozinha na água e analisar o que ocorre com o ovo.
- ✓ Imagens dos materiais e recursos utilizados:
- Imagens retiradas da internet para compor a aula expositiva e situações-problema:

Figura 104 – Situações-problema



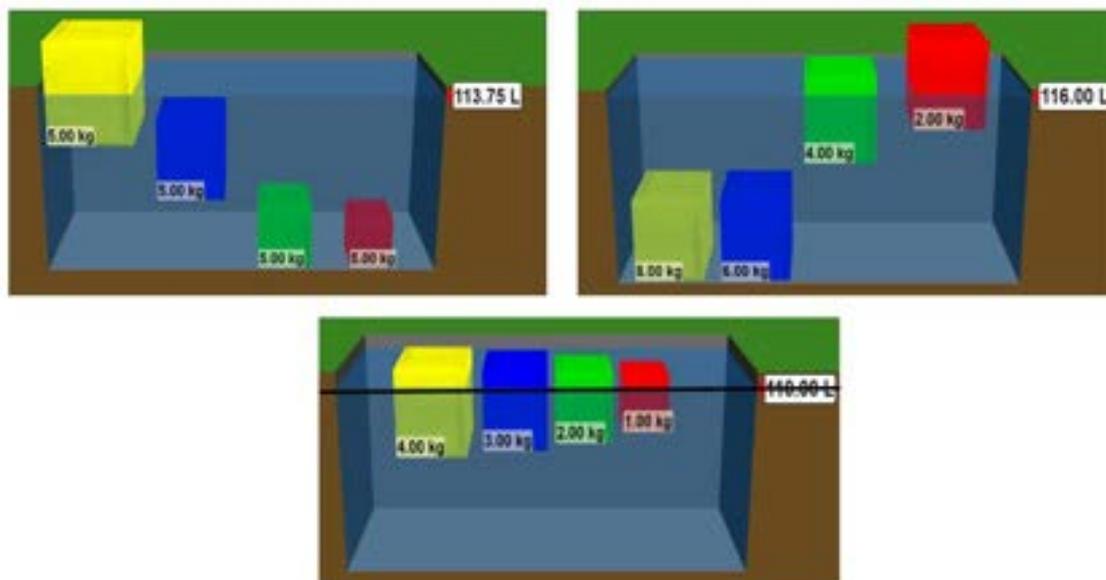
Fonte: <https://slideplayer.com.br/slide/1836966/4>.

Fonte: <http://wallpapersok.com/pt/pictures/142921>.

Fonte: https://messageiros.wikia.org/pt-br/wiki/O_Mar_Morto.

- Imagens do simulador Phet Densidade:

Figura 105 – Simulação PHET Densidade



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/density.

- Imagens da experiência “Fazendo um ovo cru flutuar”: Materiais fornecidos pela professora.

Figura 106 – Experimento “Fazendo um ovo cru flutuar”



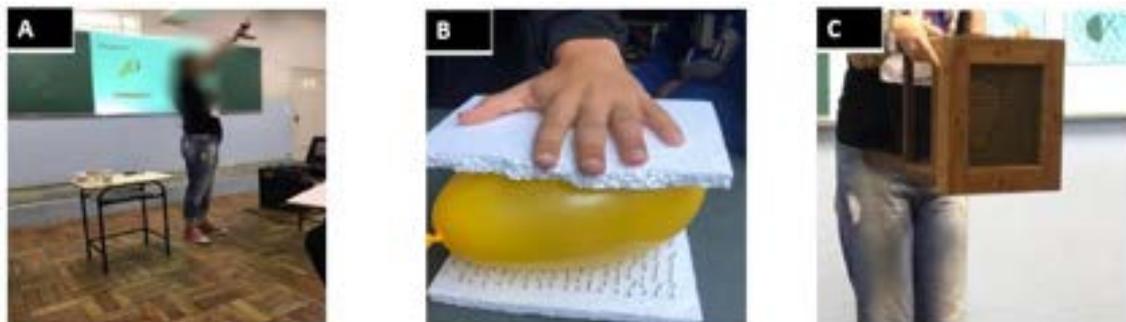
Fonte: Acervo da autora.

Etapa 2: Pressão

- ✓ Conceitos envolvidos: pressão.
- ✓ Objetivos: entender o conceito de pressão, suas relações e aplicações.
- ✓ Materiais e recursos utilizados: caneta, isopor, balão, alfinetes, banco de pregos, PowerPoint, quadro e giz.
- ✓ Procedimento metodológico:

1. O professor deverá iniciar a aula com a situação-problema “pressão x força”, utilizando uma caneta, sem tampa. O professor levantará o seguinte questionamento: “Quando eu aperto minha caneta, qual parte eu sinto mais dor: na ponta ou na cabeça da caneta? Por quê? Em qual dos lados, a força é maior?”.
 2. Após as explicações feitas pelos alunos, o professor deverá conduzir a aula apresentando os conceitos físicos e a definição matemática de pressão nos sólidos. Essa situação será importante para que os alunos percebam a diferença entre força e pressão e a relevância da área de contato quando uma força é aplicada em corpos extensos.
 3. Para complementar, o professor deverá apresentar algumas perguntas para reflexão no quadro utilizando o projetor multimídia.
 4. Em seguida, o professor deverá realizar o Experimento 2: relação pressão x área. Para esse experimento deverão ser formados grupos de 3 a 4 alunos. Cada grupo deverá receber pedaços de isopor, balões e alfinetes. Os alunos deverão ser instruídos a atravessarem o isopor com diversas quantidades de alfinetes, encherem os balões e pressionarem os mesmos contra o conjunto de alfinetes. Dessa forma, poderão comprovar a relação entre pressão e área.
 5. Para finalizar esta etapa, o professor deverá apresentar o banco de pregos para promover uma atividade que, além de divertida, fortalecerá a relação entre pressão e a área.
- ✓ Imagens dos materiais e recursos utilizados:
- Materiais fornecidos e construídos pela professora.

Figura 107 – (A) relação pressão x força utilizando uma caneta. (B) experimento pressão x área. (C) banco de pregos



Fonte: Acervo da autora.

Etapa 3: Pressão atmosférica

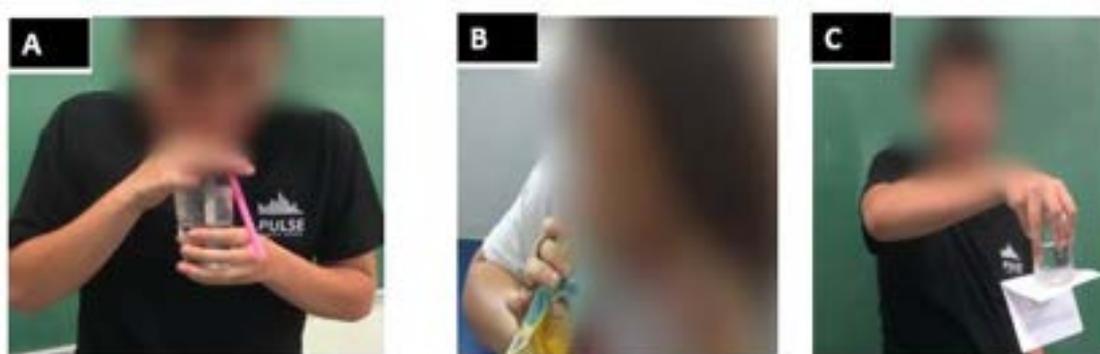
- ✓ Conceito envolvido: pressão atmosférica
- ✓ Objetivos: entender o conceito de pressão atmosférica e suas aplicações.
- ✓ Materiais e recursos utilizados: canudos, copo com água, folha de papel, caixa de suco, ovo, vela, fósforo, balão, lata de refrigerante, recipientes de vidro, vídeos do Youtube, PowerPoint, quadro e giz, experimentos e vídeos.
- ✓ Procedimento metodológico:
 1. O professor deverá iniciar com uma aula expositiva, apresentando o conceito de pressão atmosférica, a experiência de Torricelli e relação da pressão com a altitude. Para exemplificar as aplicações da pressão atmosférica no cotidiano, deverão ser realizados alguns experimentos.
 2. Antes de realizar o experimento 3.1, o professor deverá explicar, utilizando um canudo, como a pressão atmosférica atua na superfície do líquido fazendo-o subir. Em seguida, deverá fornecer para os alunos um copo com água e dois canudos. Cada aluno deverá segurar os canudos e colocá-los de forma que a extremidade de um fique fora da água e a extremidade do outro fique dentro da água. Em seguida, cada aluno deverá colocar as duas outras extremidades em sua boca e tentar beber água. A importância desta experiência é mostrar que para um fluido se deslocar é necessário haver uma diferença de pressão.
 3. Para comprovar a existência e a influência da pressão atmosférica, deverão ser realizados os experimentos 3.2 (pressão atmosférica esmaga a caixinha) e 3.3 (a água que não cai):
 - Para a experiência 3.2, o professor deverá fornecer, para cada aluno, uma caixinha de suco com canudinho. Cada um deles deverá tomar o suco até a caixinha ser esmagada.

- Já para a experiência 3.3, o professor deverá utilizar um copo com água e um pedaço de papel. Em seguida, deverá pressionar o papel na boca do copo e, pressionando também o copo, deverá virar o copo de cabeça para baixo e perguntar aos alunos se a água irá cair ou não. Após, deverá tirar a mão e mostrar que a água não cai. Em seguida, os estudantes deverão realizar o experimento.
 - 4. O professor deverá terminar a aula com uma questão do Enem.
 - 5. Posteriormente, o professor poderá exibir vídeos que tratam de experimentos que comprovam a pressão atmosférica. A finalidade dos vídeos é servir como motivadores para os próprios alunos realizarem os experimentos.
 - 6. Para finalizar, deverá acontecer, em aula programada, a apresentação de experimentos a serem feitos pelos alunos:
 - Experimento 3.4 - A vela que levanta a água: Os alunos deverão fixar a vela no fundo do pires, acender a vela, encher o pires com água colorida e tampar a vela com o copo. À medida que forem realizando o experimento, deverão explicar o que acontece e o por quê.
 - Experimento 3.5 - Implodindo uma latinha de alumínio: Os alunos deverão colocar um pouquinho de água dentro da lata vazia de refrigerante (vazia) e posicionar a lata em cima da chama do fogão acesa, deixando-a lá até a água ferver e evaporar dentro da lata. Em seguida, deverão pegar a lata com o pegador e virá-la dentro do prato com água gelada, de maneira que a abertura fique para baixo e seja tampada, impossibilitando a entrada do ar.
 - Experimento 3.6 - Como encher a bexiga na garrafa sem assoprar: Os estudantes deverão encher uma garrafa de vidro com água quente, e então esvaziar e encaixar a bexiga na boca da garrafa. Logo após, deverão colocar a garrafa dentro de um recipiente com água fria. Devido à diferença de pressão, o balão começará a encher para dentro conforme a garrafa esfria.
 - Experimento 3.7 - Colocando um ovo dentro da garrafa: Os alunos deverão queimar o algodão utilizando álcool e fósforo e jogar dentro da garrafa para aumentar a pressão interna devido ao aquecimento. Em seguida, deverão colocar o ovo cozido na boca da garrafa. À medida que a temperatura do ar dentro da garrafa diminuir, a pressão interna também diminuirá, tornando-se menor que a pressão externa. Assim, a diferença de pressão fará com que o ovo entre na garrafa.
- ✓ Imagens dos materiais e recursos utilizados:

- Imagens de experimentos 3.1, 3.2 e 3.3:

Materiais fornecidos pela própria professora. O professor deverá realizar os experimentos A e C e, em seguida, deverá pedir para que os alunos também os façam. Para o experimento B, o professor deverá fornecer uma caixinha de suco para cada estudante para que eles possam verificar o poder da pressão atmosférica.

Figura 108 – (A) Experimento dos canudos. (B) Experimento “pressão atmosférica esmaga a caixinha”. (C) Experimento da “água que não cai”



Fonte: Acervo da autora.

- Links de vídeos: Estes vídeos deverão/poderão ser utilizados como aparato para os estudantes construírem seus próprios experimentos.

Vídeo 1: <https://www.youtube.com/watch?v=qipY5qVCtCA>

Vídeo 2: <https://www.youtube.com/watch?v=SvhcfeBpZmI>

Vídeo 3: <https://www.youtube.com/watch?v=v0TCHKHcB8k>

Vídeo 4: <https://www.youtube.com/watch?v=0SVFB9m7sTY>

Vídeo 5: <https://www.youtube.com/watch?v=c9utVkJBN9w>

- Imagens de experimentos feitos pelos alunos: Com base nos vídeos, os alunos deverão se reunir em grupos para realizarem os experimentos. Importante salientar que os mesmos deverão construir os experimentos em casa e, depois, apresentá-los para a turma.

Figura 109 – (A) Experimento “A vela que levanta a água”. (B) Experimento “Implodindo uma latinha de alumínio”. (C) Experimento “Como encher a bexiga na garrafa sem assoprar”. (D) Experimento “Colocando um ovo dentro da garrafa”



Fonte: Acervo da autora.

Etapa 4: Pressão x altura e pressão x profundidade

- ✓ Conceitos envolvidos: pressão, profundidade e altura.
- ✓ Objetivos: entender as relações pressão x altura e pressão x profundidade, compreender a equação da pressão hidrostática e suas aplicações.
- ✓ Materiais e recursos utilizados: água, corante, garrafas Pets, mangueiras transparentes, PowerPoint, quadro e giz.
- ✓ Procedimento metodológico:
 1. O professor deverá iniciar com uma aula expositiva, apresentando o conceito e a equação da pressão hidrostática, sua relação com a profundidade, o teorema de Stevin e os vasos comunicantes.
 2. Em seguida, para reforçar todos os conceitos estudados e estimular o aluno a vivenciar a experimentação como atividade de ensino, deverão ser realizados alguns experimentos.
 - Experimento 4.1 – garrafa PET com dois furos: Para este experimento, a parte superior da garrafa deverá ser cortada com uma tesoura e, com o auxílio de um alfinete, deverão ser abertos dois furos numa linha vertical da garrafa. Feito isso, a

garrafa deverá ser colocada na beirada da mesa e preenchida com água e corante. Esta experiência terá como objetivo mostrar a relação da pressão com a profundidade, através da formação dos esguichos de água alcançarem diferentes distâncias.

- Experimento 4.2 – pressão e escoamento: Para este experimento, o professor deverá colocar água com corante na garrafa e tampá-la. Em seguida, deverá fazer um furo na garrafa e depositá-la sobre uma mesa. Depois, a garrafa deverá ser destampada. O objetivo dessa experiência será verificar a influência da pressão no escoamento de líquidos.
- Experimento 4.3 – Vasos comunicantes: Para este experimento serão utilizadas duas garrafas PET, água com corante e mangueira de plástico transparente. Deverão ser feitos dois furos em cada tampa da garrafa, um para entrada de ar e outro para passagem da mangueira. Uma das garrafas deverá ser preenchida com água, enquanto a outra permanecerá vazia. As garrafas deverão ser conectadas com a mangueira. Em seguida, deverá tampar-se o furo de entrada de ar da garrafa com água e a mesma deverá ser apertada, causando uma diferença de pressão. Soltar-se-á a garrafa e o líquido passará a escoar da garrafa cheia para a garrafa vazia. Em seguida, a garrafa cheia deverá ser levantada, provocando um desnível e fazendo com que o líquido novamente escoe da garrafa cheia para a garrafa vazia. O objetivo aqui será mostrar que uma diferença de pressão provoca um escoamento do líquido.

3. Para finalizar essa etapa, deverá ser proposta uma questão: nivelção do pedreiro. Deverão ser formados pequenos grupos para discutirem e levantarem suas hipóteses para a situação-problema. Em seguida, os grupos receberão uma mangueira e água com corante, farão suas medições e verificarão, na prática, como funciona uma nivelção.

✓ **Imagens dos materiais e recursos utilizados:**

Material fornecido e criado pela própria professora. Os experimentos A e B deverão ser realizados pelo professor e o experimento C deverá ser realizado pelo professor com auxílio de um aluno. Importante salientar que outros alunos deverão realizar esses experimentos após a apresentação do professor. Já para o experimento D, a sala deverá ser dividida em grupos e cada grupo deverá receber uma mangueira.

Figura 110 – (A) Experimento “Garrafa PET com dois furos”



Fonte: Acervo da autora.

Figura 111 – (B) Experimento “Pressão e escoamento”



Fonte: Acervo da autora.

Figura 112 – (C) experimento “vasos comunicantes”



Fonte: Acervo da autora.

Figura 113 - (D) Nivelção dos pedreiros



Fonte: Acervo da autora.

Etapa 5: Princípio de Arquimedes

- ✓ Conceitos envolvidos: Princípio de Arquimedes.
- ✓ Objetivos: entender o Princípio de Arquimedes e compreender como determinar o volume de um corpo.
- ✓ Materiais e recursos utilizados: Vídeo, PowerPoint, projetor de slides, quadro e giz.
- ✓ Procedimentos metodológicos:
 1. O professor deverá projetar o vídeo no quadro utilizando o projetor multimídia. Este poderá ser um vídeo motivador para apresentar o conceito de Empuxo.
 2. Em seguida, ainda com o projetor, deverá ser proposta a seguinte situação-problema: “Como Podemos medir o volume de um corpo?”.
- ✓ Imagens e links dos materiais e recursos utilizados:
 - Link do vídeo “Princípio de Arquimedes em desenho”: <https://www.youtube.com/watch?v=wyGhTgZyTLI>.
 - Imagem da situação-problema:

Figura 114 – Determinação do volume de um corpo



Fonte: <https://slideplayer.com.br/slide/293841/>.

Etapa 6: Empuxo

- ✓ Conceitos envolvidos: empuxo, peso e densidade corpo/líquido.
- ✓ Objetivos: entender o conceito de empuxo, suas relações e aplicações.
- ✓ Materiais e recursos utilizados: recipiente com água, massa de modelar, garrafa Pet, tampa de caneta, vídeos do youtube, simulação PHET, simulação Vascak, PowerPoint, projetor de slides, quadro e giz.
- ✓ Procedimento metodológico:
 1. O professor deverá iniciar com a situação-problema “pedra dentro e fora d’água”, com o objetivo de verificar os conhecimentos prévios dos alunos.
 2. Após os questionamentos e discussões, o professor deverá dar uma aula expositiva sobre Empuxo, qual sua definição, onde aparece e sua aplicabilidade.
 3. Em seguida, com o auxílio de um projetor multimídia, deverá utilizar o simulador Vascak “Lei de Arquimedes”, para que os alunos possam ver e compreender a relação do Empuxo com o peso do líquido deslocado.
 4. Para reforçar o que será visto com a simulação, o professor deverá dar outra aula expositiva para reforçar o conceito de Empuxo e sua relação com o volume de fluido deslocado.
 5. O professor deverá, então, projetar, utilizando um projetor multimídia, a simulação “Flutuabilidade” do Phet. Esta será uma atividade investigativa e será dividida em etapas, de modo que os próprios estudantes possam construir os conceitos e relações com o Empuxo.
 - A primeira etapa consistirá em analisar a relação do Empuxo com o volume de líquido deslocado.
 - A segunda etapa deverá servir para mostrar a relação do Empuxo com o volume imerso.
 - A terceira etapa deverá mostrar a dependência do Empuxo com o líquido no qual o objeto está imerso e, também, calcular o peso aparente.
 - E a quarta e última etapa deverá mostrar a relação entre Peso e Empuxo, e o que faz um objeto afundar ou flutuar.
 6. Em seguida, deverão ser realizados os experimentos 6.1 (Por que o barco não afunda) e 6.2 (construindo um ludião)
 - Experimento 6.1: o professor deverá moldar uma certa quantidade de massa de modelar em forma esférica e outra porção de massa na forma de um barquinho. As duas massas deverão ser colocadas no recipiente com água para verificar qual delas

afunda e qual delas flutua. O objetivo é explicar o por quê dessa diferença, através da diferença entre densidade e massa específica e, também, da relação entre peso e empuxo.

- Experimento 6.2: o professor deverá colocar água na garrafa PET, enchendo-a completamente. Deverá colocar, também, uma porção de massa de modelar na parte inferior da tampa de caneta e colocá-la dentro da garrafa, tampando-a. Em seguida, o professor deverá apertar e desapertar a garrafa, alterando a pressão, fazendo o ludião subir e descer. O objetivo é entender melhor as relações entre Peso e Empuxo.
 - 7. Para finalizar esta etapa, o professor deverá trabalhar algumas questões de vestibulares sobre Empuxo.
- ✓ Imagens e links dos materiais e recursos utilizados:
- Imagem da situação-problema:

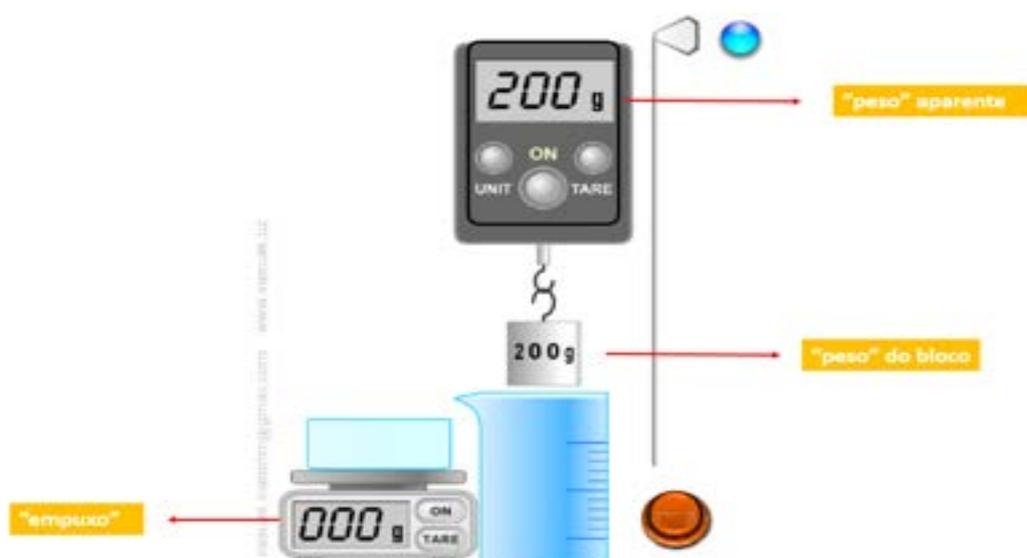
Figura 115 – Peso aparente



Fonte: <http://propriedadesaguinha.blogspot.com/2011/09/empuxo.html>.

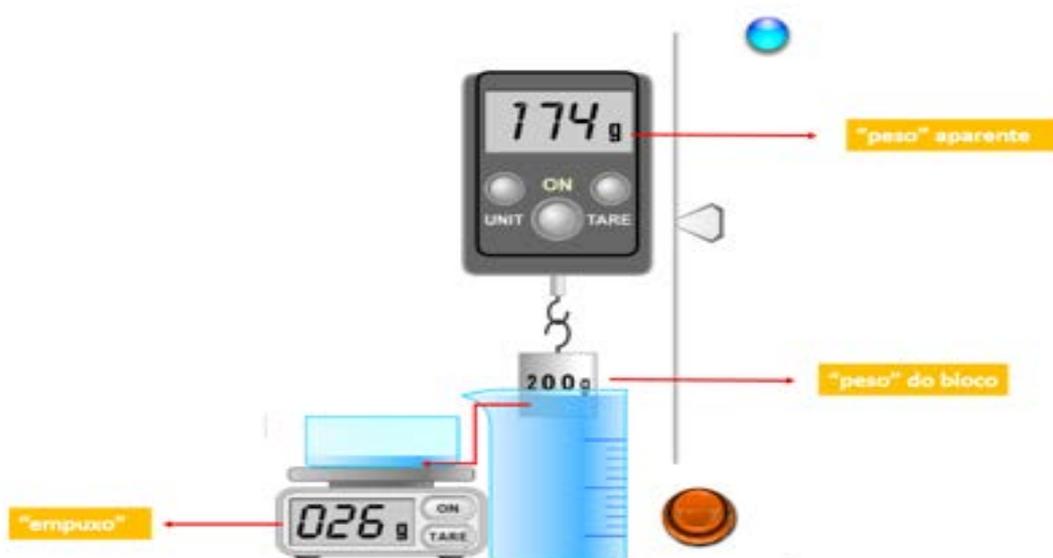
- Imagem do simulador Vascak “Lei de Arquimedes”:

Figura 116 – Simulação “Lei de Arquimedes” – bloco fora do líquido



Fonte: https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mech_archimedes&l=pt.

Figura 117 – Simulação “Lei de Arquimedes” – bloco parcialmente dentro do líquido



Fonte: https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mech_archimedes&l=pt.

Figura 118 – Simulação “Lei de Arquimedes” – bloco totalmente dentro do líquido

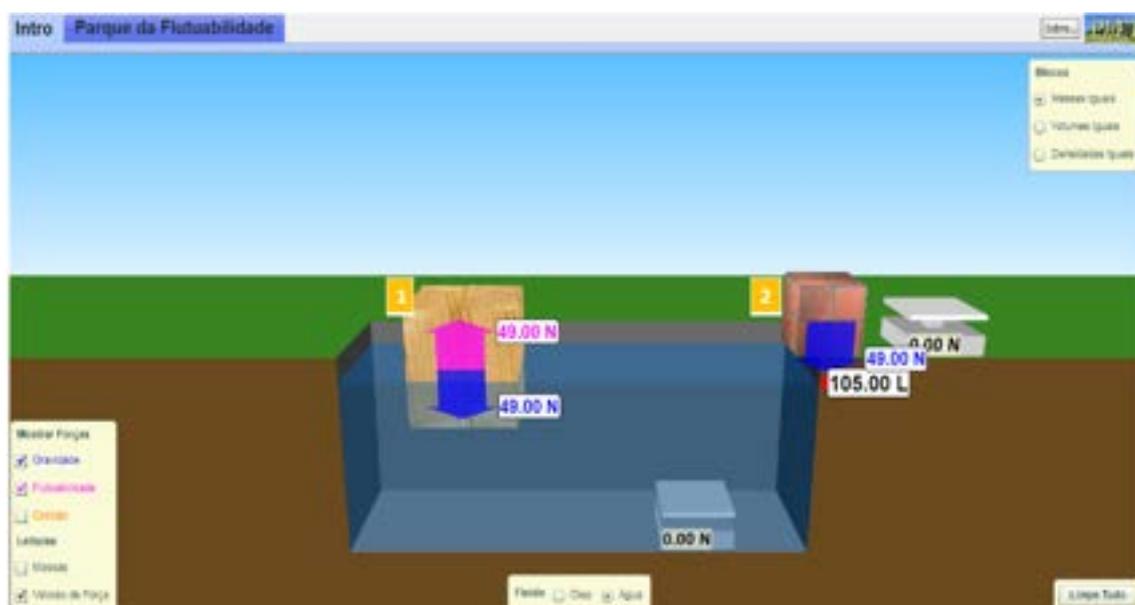


Fonte: https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mech_archimedes&l=pt.

- Imagens do simulador Phet “Flutuabilidade”:

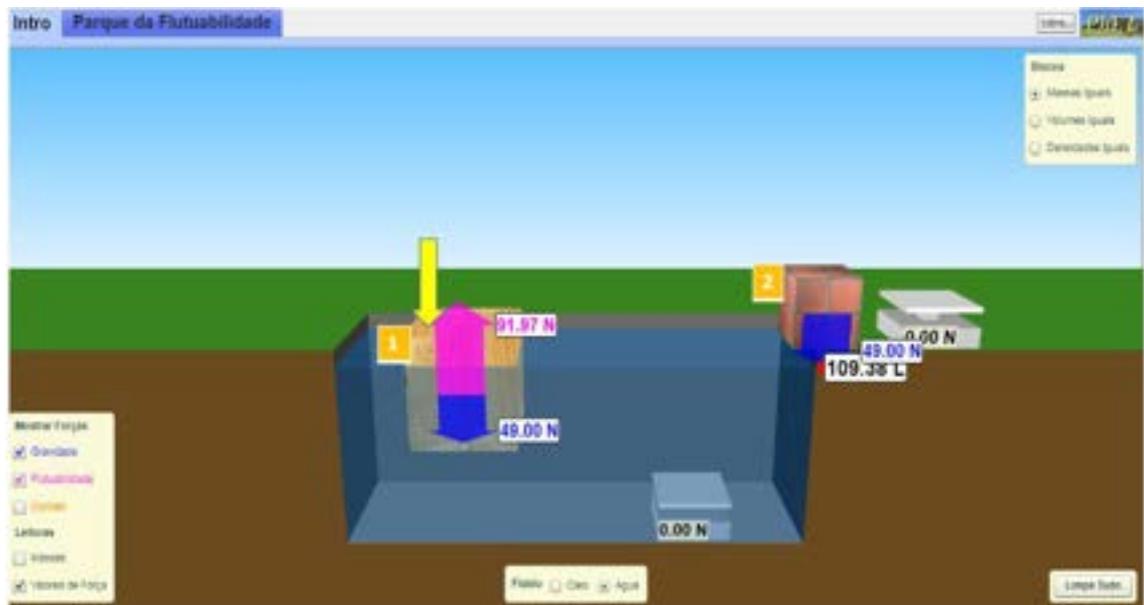
1ª Etapa:

Figura 119 – Empuxo x Volume deslocado 1



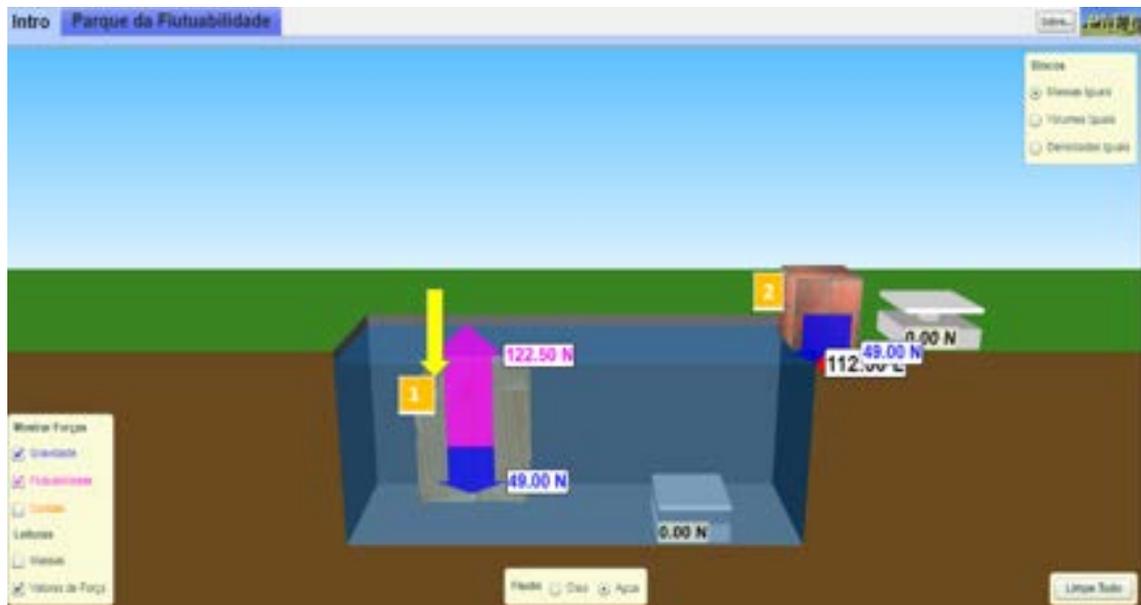
Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/buoyancy.

Figura 120 – Empuxo x Volume deslocado 2



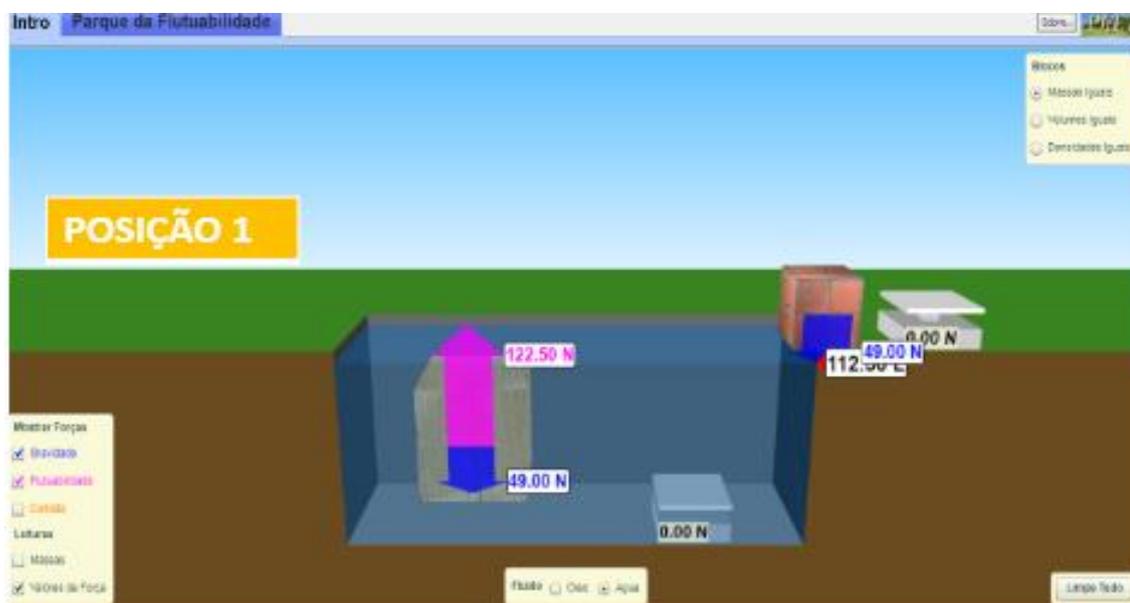
Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/buoyancy.

Figura 121 – Empuxo x Volume deslocado 3



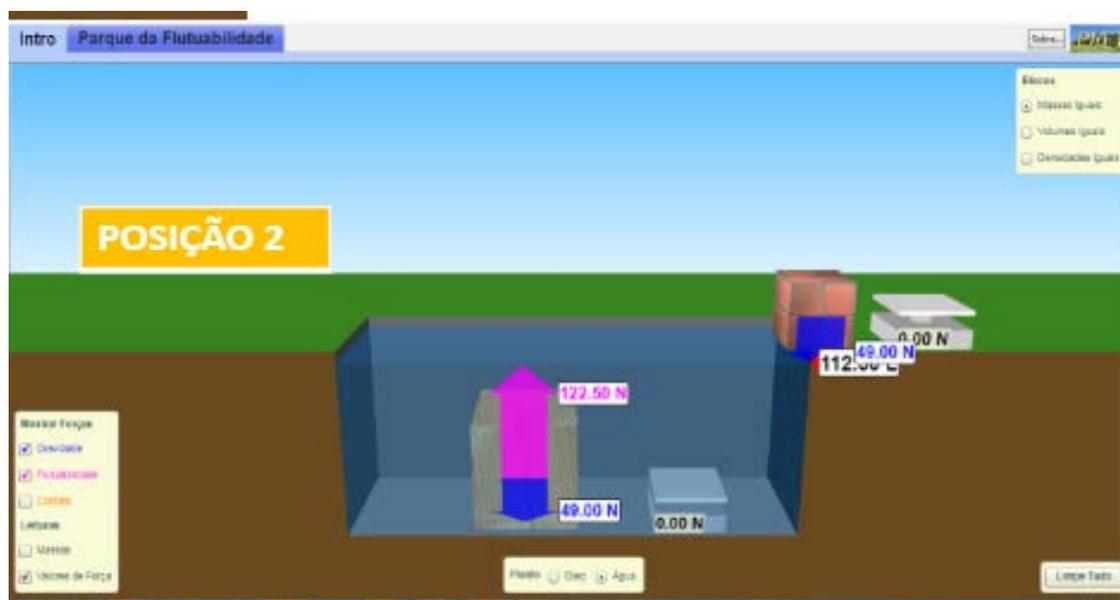
Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/buoyancy.

Figura 122 – Empuxo x Volume deslocado 4



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/buoyancy.

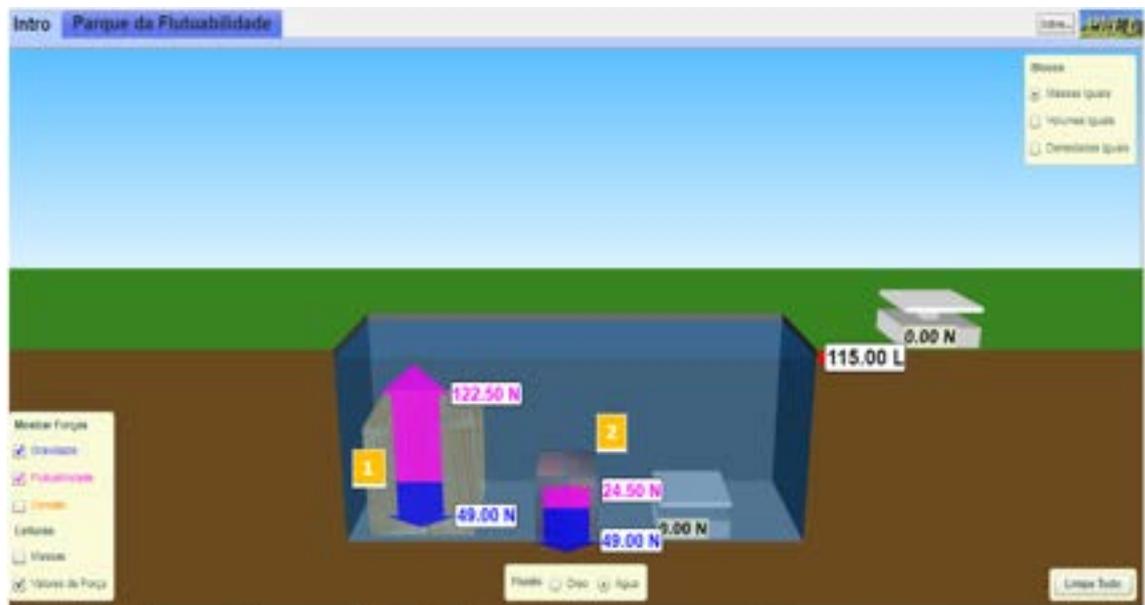
Figura 123 – Empuxo x Volume deslocado 5



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/buoyancy.

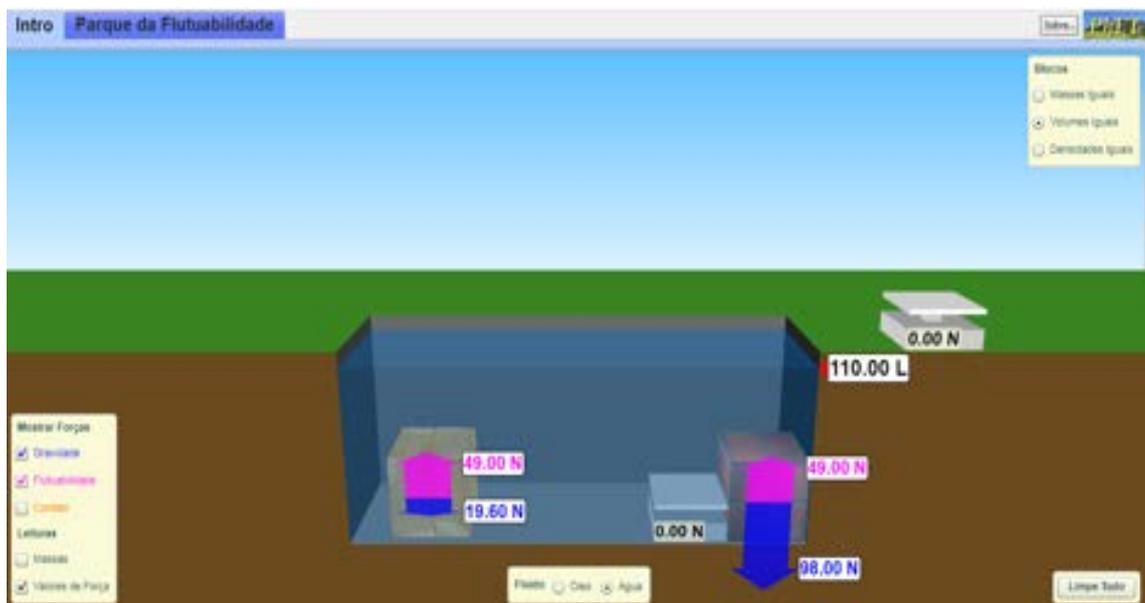
2ª Etapa:

Figura 124 – Empuxo x Volume imerso - massas iguais



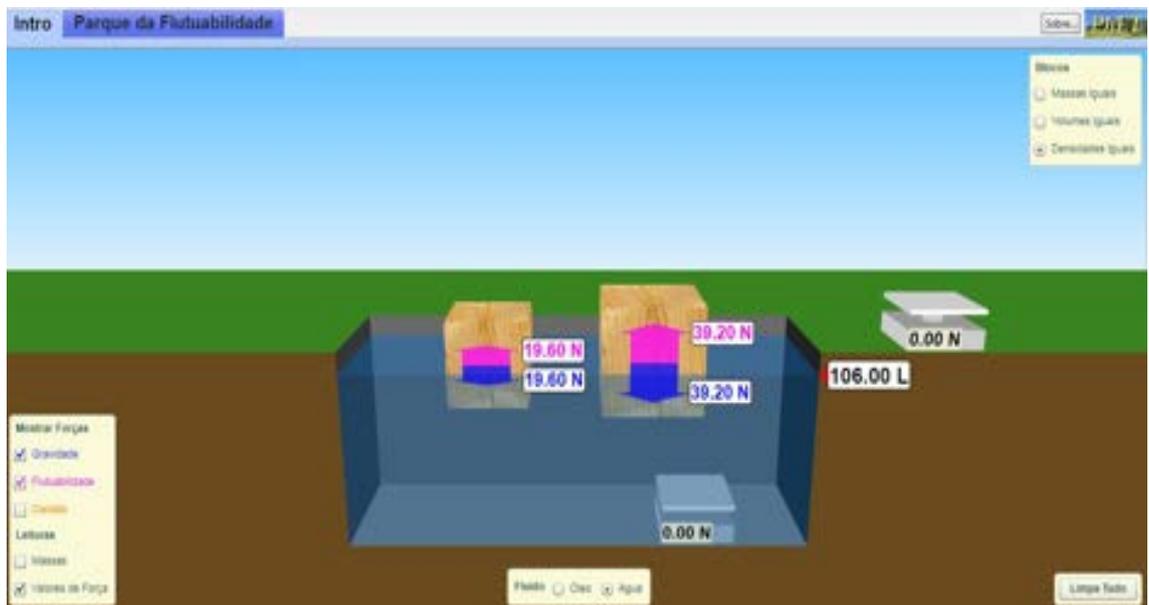
Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/buoyancy.

Figura 125 – Empuxo x Volume imerso – volumes iguais



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/buoyancy.

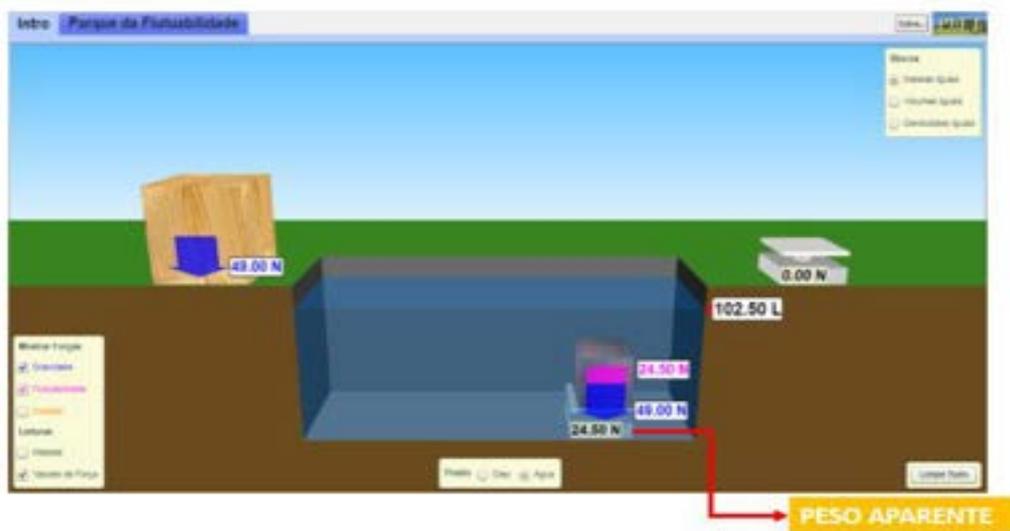
Figura 126 – Empuxo x Volume imerso – densidades iguais



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/buoyancy.

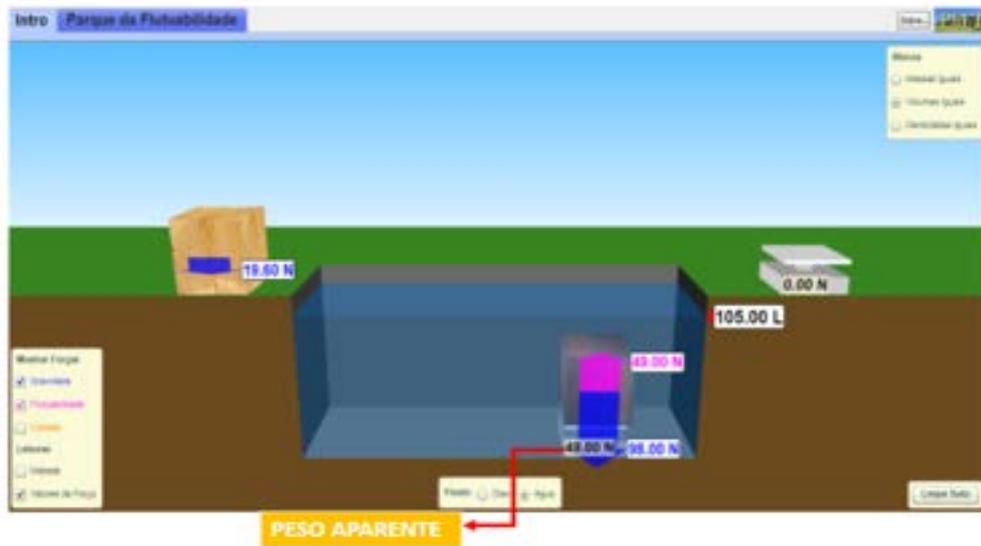
3ª Etapa:

Figura 127 – Peso aparente 1



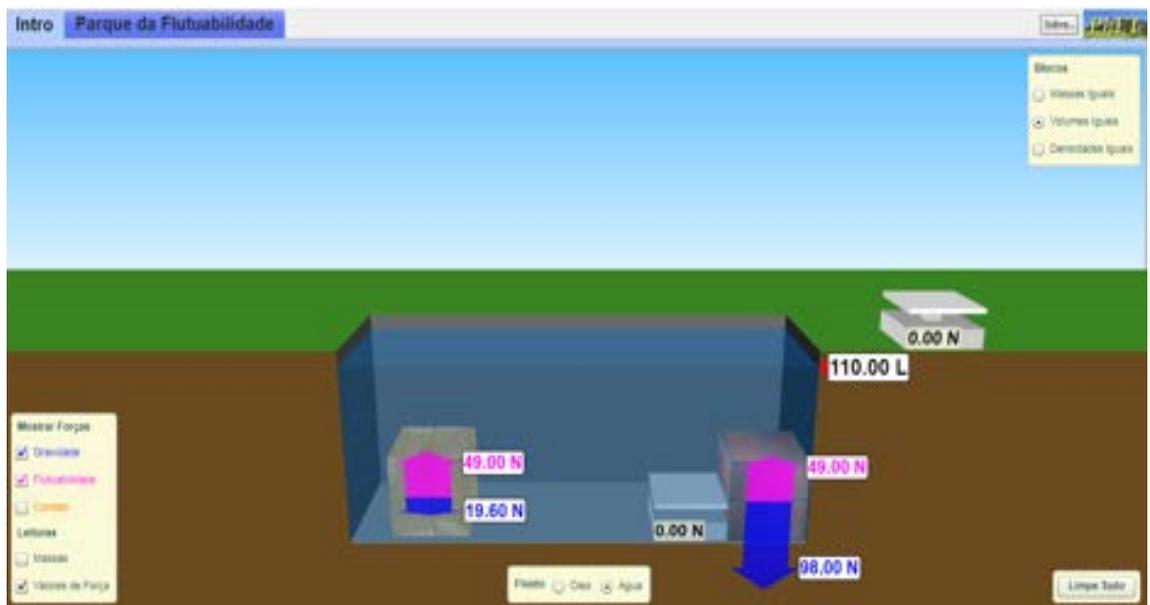
Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/buoyancy.

Figura 128 – Peso aparente 2



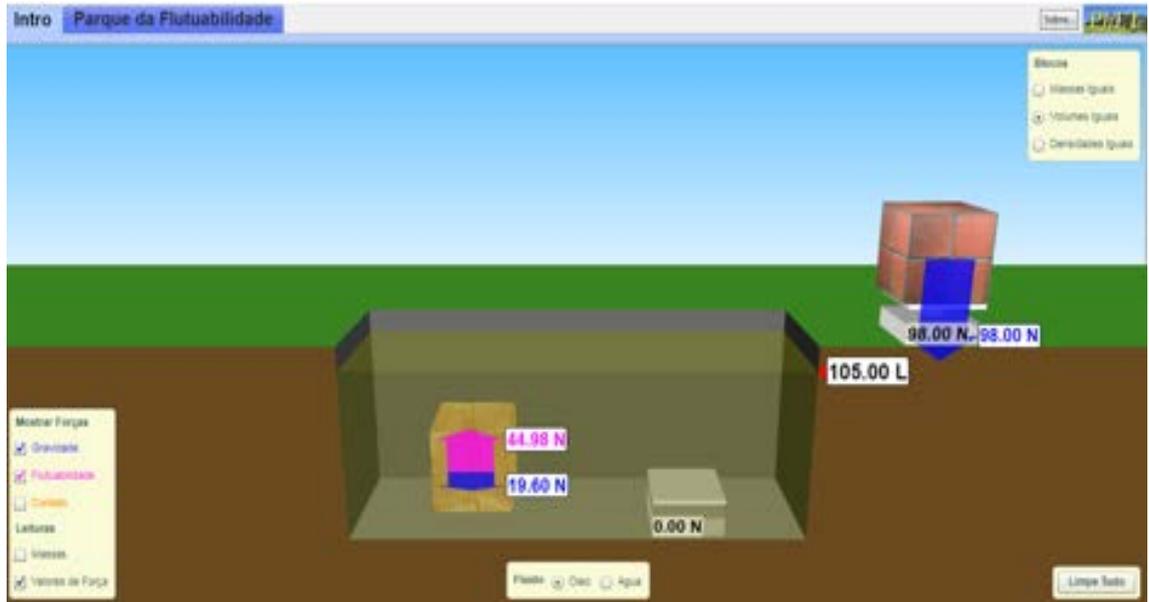
Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/buoyancy.

Figura 129 – Bloco imerso em água



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/buoyancy.

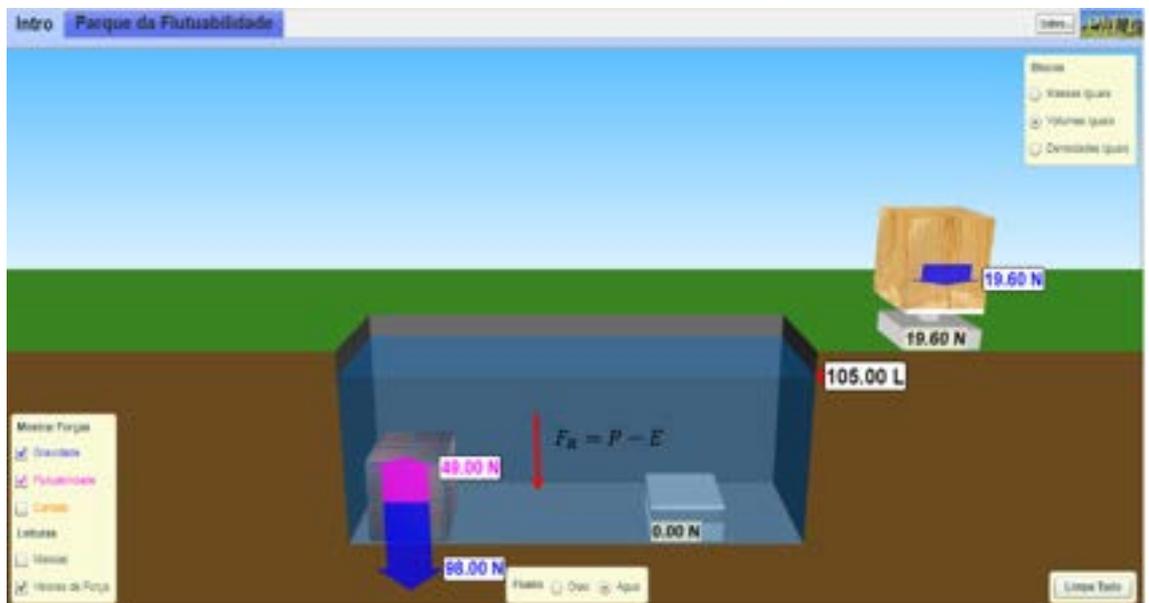
Figura 130 – Bloco imerso em óleo



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/buoyancy.

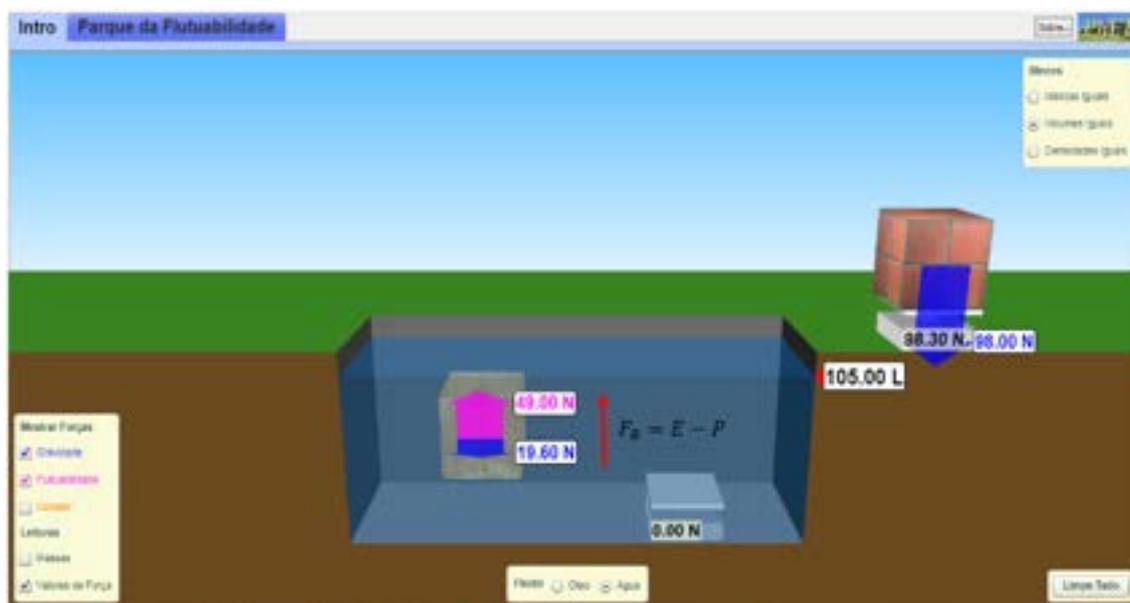
4ª Etapa:

Figura 131- $P > E$



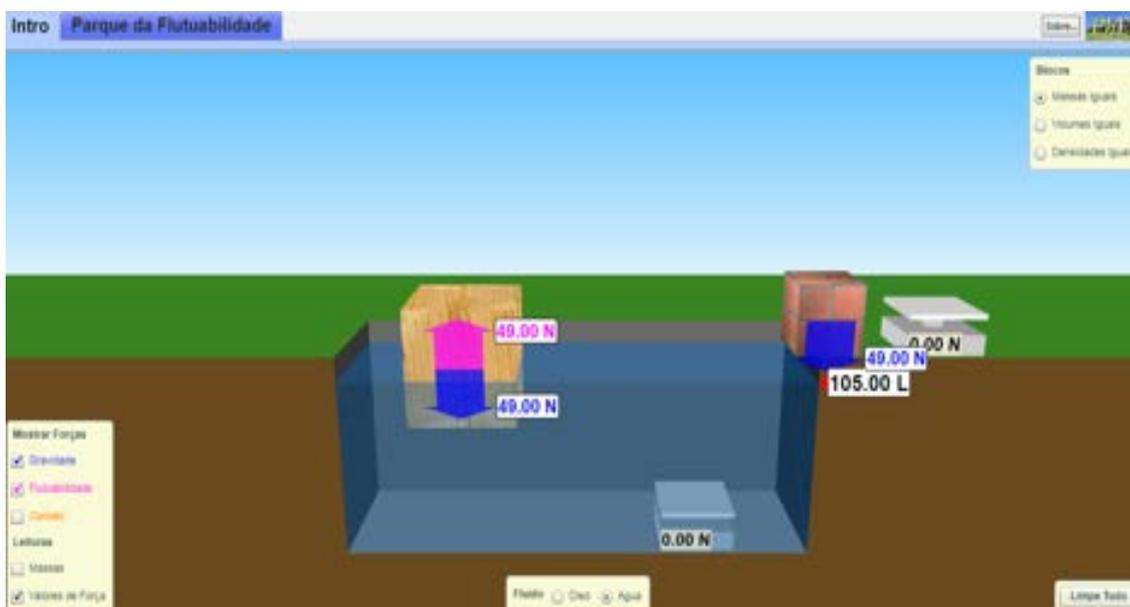
Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/buoyancy.

Figura 132 - $E > P$



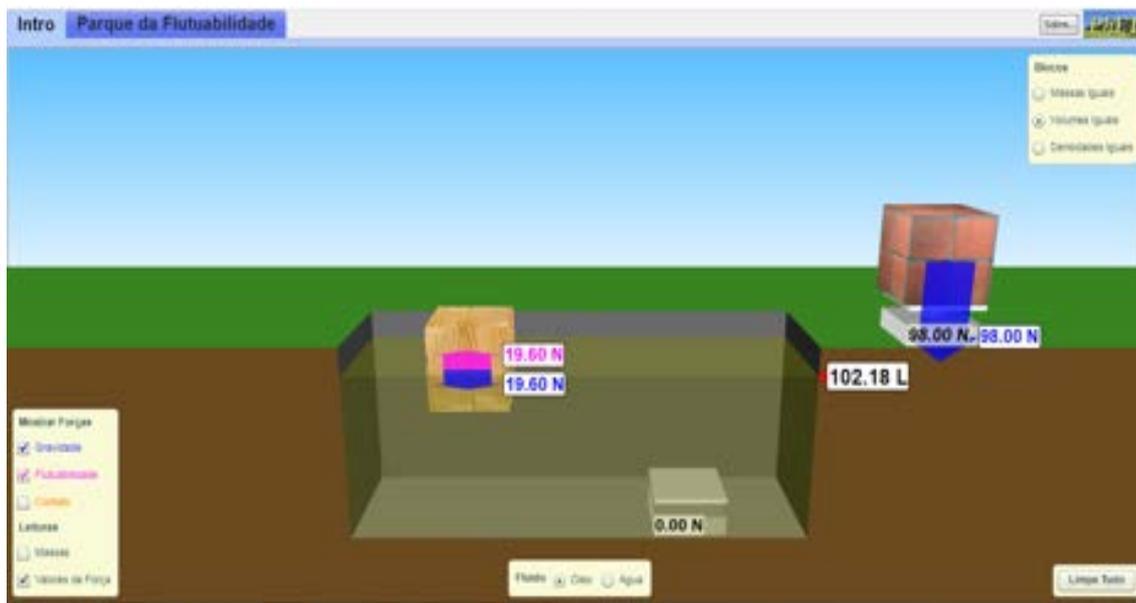
Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/buoyancy.

Figura 133 – Bloco flutuando em água



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/buoyancy.

Figura 134 – Bloco flutuando em óleo

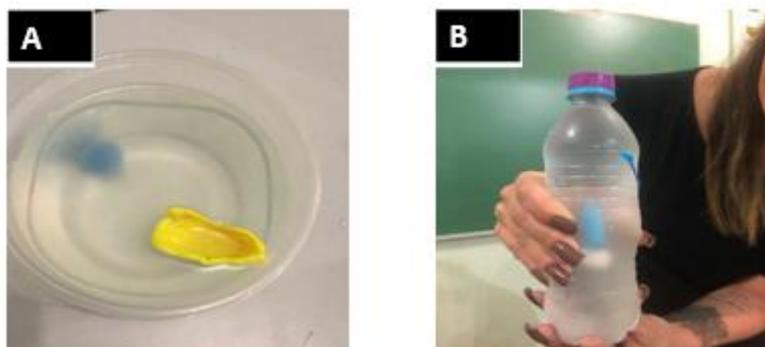


Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/buoyancy.

- Imagens dos experimentos:

Material fornecido e experimento criado pela própria professora. Importante salientar que o professor deverá mostrar o experimento para a turma e, em seguida, vários alunos deverão realizar o experimento.

Figura 135 – (A) Experimento “Por que o barco não afunda?”. (B) Experimento “Construindo um ludião”



Fonte: Acervo da autora.

Etapa 7: Princípio de Pascal

- ✓ Conceitos envolvidos: pressão, força e área.

