



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

MAURÍCIO FERLA DA SILVA

**UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DA CONSERVAÇÃO DA
ENERGIA ATRAVÉS DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM
APLICAÇÃO NA BOMBA CARNEIRO HIDRÁULICO**

Londrina
2017

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



MAURÍCIO FERLA DA SILVA

**UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DA CONSERVAÇÃO DA
ENERGIA ATRAVÉS DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM
APLICAÇÃO NA BOMBA CARNEIRO HIDRÁULICO**

LONDRINA

2017

MAURÍCIO FERLA DA SILVA

**UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DA CONSERVAÇÃO DA
ENERGIA ATRAVÉS DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM
APLICAÇÃO NA BOMBA CARNEIRO HIDRÁULICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Estadual de Londrina, como requisito para obtenção do Título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Américo Tsuneo Fujii

Londrina
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Silva, Mauricio Ferla da.

Uma proposta para o ensino da conservação da energia através de uma sequência didática com aplicação na bomba carneiro hidráulico / Mauricio Ferla da Silva. - Londrina, 2017.
54 f. : il.

Orientador: Américo Tsuneo Américo Tsuneo Fujii.

Coorientador: Fujii .

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2017.

Inclui bibliografia.

1. Energia - Conservação - Tese. 2. Bombas hidráulicas - Tese. 3. Física - Tese. 4. Bomba carneiro - Tese. I. Américo Tsuneo Fujii, Américo Tsuneo. II. , Fujii. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. IV. Título.

MAURÍCIO FERLA DA SILVA

**UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DA CONSERVAÇÃO DA
ENERGIA COM O USO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA E
APLICAÇÃO NA BOMBA CARNEIRO HIDRÁULICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Estadual de Londrina, como requisito para obtenção do Título de Mestre.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Dr. Américo Tsuneo Fujii
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Manoel Simões
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Osmar Henrique
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Londrina, 27 de outubro de 2017.

Dedico este trabalho a minha família, meus pais (in memoriam), e amigos que me apoiaram ao longo dessa trajetória, sem os quais não conseguiria realizá-lo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, Ele que me forneceu a força e o equilíbrio necessário para vencer esta etapa.

Ao Prof. Américo Tsuneo Fujii pela orientação, motivação, inspiração e por caminhar ao meu lado durante os períodos mais difíceis desta jornada.

A todos os pesquisadores e professores do Mestrado Profissional em Ensino de Física, que contribuíram de maneira direta ou indireta neste trabalho.

Aos meus colegas de turma que proporcionaram momentos únicos, os quais contribuíram para fortalecerem meus conhecimentos.

Aos meus pais Expedito e Amélia (in memoriam), que sempre me apoiaram.

A meus filhos Leonardo, Letícia, Eduardo, Ricardo e Sophia que sempre estiveram ao meu lado me apoiando, não deixando esquecer-se do quanto importante era esse compromisso.

À minha esposa que me presenteou com filhos abençoados e sempre me deu força e motivação em momentos difíceis.

À professora Wânia Laura de Souza Baum e Édina Andreoli por contribuir com este trabalho.

“Ele não sabia que era impossível
Foi lá e fez”.

Jean Cocteau

SILVA, Maurício Ferla. **Uma proposta para o ensino da conservação da energia com o uso de uma sequência didática e aplicação na bomba carneiro hidráulico**. 2017. 54 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.

RESUMO

Este trabalho trata de uma abordagem alternativa para o ensino da conservação da energia mecânica nas séries iniciais do Ensino Médio e Formação Docente, trazendo uma linguagem mais próxima do aluno, abordando o tema através de sequência didática e montagem experimental de uma bomba carneiro, que aparentemente não faz uso de energia para funcionar. Foi usado como elemento motivador um problema enfrentado na engenharia para o bombeio de água, o golpe de aríete. A explicação para o funcionamento da máquina foi desenvolvida ao longo da aplicação da sequência didática. E, por fim, após as aulas teóricas, foram construídas e colocadas para funcionar duas bombas carneiro, após a observação de seu funcionamento, procedeu-se a explicação teórica de um modelo aproximado do real. A sequência utilizada se mostrou muito eficaz, principalmente para alunos de Formação Docente, que têm contato com a disciplina a partir do terceiro ano. Para alunos do primeiro ano do Ensino Médio verificou-se que, com duas aulas por semana e o atual sistema de avaliação, é necessário um número maior de aulas que o previsto na sequência.

Palavras-chaves: Ensino de Física. Sequência didática. Conservação da energia.

SILVA, Maurício Ferla. **A proposal for the teaching of energy conservation with the use of a didactic sequence and application in the hydraulic ram pump.** 2017. 54 p. Dissertation (Master's Degree in Physics Teaching) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.

ABSTRACT

This work deals with an alternative approach to the teaching of mechanical energy conservation in the initial grades of high school and teacher training, bringing a language closer to the student, approaching the subject through a didactic sequence and an experimental assembly of a ram pump, which apparently does not make use of energy to function. It was used as motivating element a problem faced in the engineering for the water pumping, the water hammer. The explanation for the operation of the machine was developed along the application of the didactic sequence. And finally after the theoretical lectures were constructed and placed to work two ram pumps, where after the observation of its operation in practice proceeded the theoretical explanation of an approximate model of the real. The sequence used was very effective mainly for students of teacher training, who have contact with the discipline from the third year. For students in the first year of high school it was found that with two classes per week and the current evaluation system, a greater number of classes than the one predicted in the sequence is necessary.

Keywords: Physics Teaching. Didactic sequence. Energy conservation.

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|------------|---|----|
| Figura 1. | Cena de um jardineiro usando um Shaduf | 13 |
| Figura 2. | Parafuso de Arquimedes artesanal | 14 |
| Figura 3. | Parafuso de Arquimedes moderno | 14 |
| Figura 4. | Antigo moinho de vento..... | 15 |
| Figura 5. | Moderno gerador eólico. | 15 |
| Figura 6. | Bomba construída por Otto Von Guericke | 16 |
| Figura 7. | Ilustração da formação do fenômeno golpe de aríete | 17 |
| Figura 8. | Colapso de adutoras causado pelo golpe de aríete em tubulações..... | 18 |
| Figura 9. | Esquema do primeiro carneiro hidráulico idealizado em 1772 | 19 |
| Figura 10. | Modelo original do carneiro hidráulico..... | 20 |
| Figura 11. | À esquerda, modelo montado pelo autor, ao centro versão moderna da bomba carneiro Marumby, à direita, Green&Carter | 21 |
| Figura 12. | Selo de eficiência energética | 43 |
| Figura 13. | Tela apresentada pelo simulador energia na pista de Skate..... | 45 |
| Figura 14. | Carneiro hidráulico com válvulas metálicas | 50 |
| Figura 15. | Carneiro hidráulico com válvulas em PVC | 52 |
| Figura 16. | Figura esquemática para a montagem e funcionamento do carneiro | 53 |

SUMARIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 10 |
| 2 | BREVE HISTÓRICO DO DESENVOLVIMENTO DAS MÁQUINAS PARA ELEVAÇÃO DE ÁGUA. | 13 |
| 3 | GOLPE DE ARÍETE | 17 |
| 3.1 | CARNEIRO HIDRÁULICO | 19 |
| 4 | CONCEITO DE ENERGIA PARA ALGUNS NÍVEIS DE ENSINO E IDADES | 22 |
| 5 | OS DESAFIOS NO ENSINO DE FÍSICA | 24 |
| 5.1 | A SALA DE AULA COMO AMBIENTE FORMAL DE APRENDIZAGEM E ENCONTRO DE CULTURAS PARA ALFABETIZAÇÃO CIENTIFICA | 26 |
| 6 | O USO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA E DO CARNEIRO HIDRÁULICO COMO UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DO PRINCÍPIO DA CONSERVAÇÃO DA ENERGIA | 27 |
| 7 | MÉTODO DA PESQUISA: RESULTADOS E DISCUSSÕES | 28 |
| 7.1 | RESULTADOS..... | 32 |
| 8 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 34 |
| | REFERÊNCIAS | 36 |
| | APÊNDICE | 38 |
| | APÊNDICE A - SEQUÊNCIA DIDÁTICA | 39 |
| | MATERIAIS E EQUIPAMENTOS | 48 |
| | PROCEDIMENTO DE MONTAGEM | 48 |
| | CARNEIRO COM VÁLVULAS DE METAL | 48 |
| | CARNEIRO COM VALVULAS EM PVC | 50 |
| | INSTALAÇÃO DAS BOMBAS CARNEIRO HIDRÁULICAS | 51 |

1 INTRODUÇÃO

Através deste trabalho pretende-se apresentar uma alternativa para a abordagem e compreensão do conceito de energia e sua conservação em sistemas mecânicos para alunos do primeiro ano do Ensino Médio e terceiro ano Formação Docente, fazendo uso de uma sequência didática e uma montagem experimental, numa tentativa de tornar o tema mais prático e próximo do cotidiano do aluno, tornando a aprendizagem mais significativa e uma alternativa auxiliar às aulas teóricas abstratas acerca do assunto, que ainda fazem parte da metodologia no Ensino Médio, numa primeira abordagem do tema ENERGIA.

Segundo (Moreira, 1999) “a aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se, de maneira substantiva (não literal) e não arbitrária, a um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo”. De acordo com (Ausubel, 1968) “a aprendizagem significativa ocorre quando os novos conhecimentos que se adquire relacionam-se com o conhecimento prévio que o aluno possui”.

Para sucesso do trabalho iremos lançar mão de um problema enfrentado na engenharia: o golpe de aríete, dando-lhe uma roupagem mais didática e menos complexa que o problema real. Nesta abordagem será considerado que não há perdas de energia no sistema e que a água flui sem resistência pelos canos. Como prática será tomado como exemplo a aplicação em bombeamento de água através de uma bomba aríete¹ que “aparentemente não faz uso de energia”.

Para (Pérez, 1999): “As atividades experimentais ainda são apontadas como uma forma de contribuir para uma melhor aprendizagem no ensino de Ciências”. Essa problematização será usada como estratégia pedagógica motivadora para os alunos acerca do estudo do conceito de energia e sua conservação. Contudo, (Bachelard, 1999) adverte “que nos ensinamentos mais elementares as experiências muito marcantes, cheias de imagens, são falsos centros de interesse; é indispensável que o professor passe continuamente da mesa de experiências para a lousa, a fim de extrair o mais depressa possível o abstrato do concreto”.

¹ Conhecida popularmente como bomba carneiro, burrinho, etc.

Foram construídas duas bombas aríete usando materiais alternativos de baixo custo, as quais se diferenciam em tamanho e composição dos materiais usados em sua confecção. As máquinas foram montadas e colocadas de fato para bombear água. Para o funcionamento das bombas aríete fizemos uso de uma caixa d' água e um desnível do prédio escolar.

Ao final das aulas expositivas sobre o princípio da conservação da energia, para que se possa estabelecer a discussão do conceito da conservação de energia em um sistema idealizado próximo do real, levando a teoria das aulas à prática. Foi feita a montagem experimental na qual os alunos tiveram participação em todas as etapas do processo, desde a confecção dos artefatos, a descrição teórica de seu funcionamento, inclusive explorando de modo qualitativo as divergências entre as previsões teóricas e as medidas reais de vazão e altura de bombeio. Dando-nos a oportunidade de discutirmos o modelo teórico e as limitações em aplicações práticas.

O golpe de aríete é um dos problemas enfrentados nas instalações hidráulicas quando válvulas são fechadas ou abertas de forma rápida. O fenômeno se manifesta podendo ser observado através de uma movimentação dos tubos seguido de som característico.

O funcionamento da bomba é interessante do ponto de vista do ensino da Ciência, pois é uma aplicação prática do aproveitamento de um fenômeno que pode causar o colapso de estruturas. Entretanto, quando entendidos os processos envolvidos, pode ser utilizado na solução de problemas reais diários: como o bombeio de água em locais onde a topografia é favorável, contribuindo desta forma como alternativa barata e eficaz na solução de problemas relacionado ao bombeamento de água em comunidades carentes que não são abastecidas com água e energia elétrica pelo poder público. Com uso de energia alternativa e limpa, pois seu funcionamento se baseia apenas na **energia potencial** gravitacional.

Com as mudanças na elaboração das questões de vestibular que vêm sendo observadas, cada vez mais se valorizam aplicações conceituais em que o aluno deve demonstrar conhecimento de fenômenos relacionados à prática, e não somente ter habilidades em cálculos teóricos idealizados com aplicações desconectadas da realidade em exercícios formatados, motivando, portanto, o aluno a encarar a alfabetização científica como necessária e de modo mais prazeroso.

Pretende-se explorar a explicação para o fenômeno de forma qualitativa dentro da mecânica usando os conceitos de conservação de momento linear e do princípio da conservação da energia, com ênfase no segundo conceito. De modo geral, observa-se que o aluno tem dificuldades de relacionar o conceito de energia e sua conservação com aplicações reais. Desta maneira, pretende-se criar uma associação das aulas teóricas abstratas com problemas reais que carecem de soluções. A montagem prática em particular trará ao aluno a oportunidade de conhecer peças e artefatos que estão presentes no seu dia-a-dia e que podem ser reutilizadas em outras aplicações. Assim, podemos auxiliar os estudantes a alcançarem um nível de compreensão mais adequado acerca da energia, sua conservação e a importância do desenvolvimento científico tecnológico de uma sociedade.

2 BREVE HISTÓRICO DO DESENVOLVIMENTO DAS MÁQUINAS PARA ELEVAÇÃO DE ÁGUA.

Desde a Antiguidade o homem busca soluções para suas demandas diárias. Um dos primeiros desafios para a humanidade, depois que o homem deixou de ser nômade, caçador e coletor de alimentos, foi a agricultura e a produção de alimentos. Para isso, além da fertilidade do solo, era necessário água, que nem sempre estava acessível de maneira simples. As inovações tecnológicas no bombeio de água estão diretamente relacionadas com a capacidade de produção de alimentos e à capacidade do aproveitamento dos solos, principalmente em regiões onde as chuvas não são regulares e a água é de difícil acesso. Os primeiros registros de uso de sistemas mecânicos na irrigação datam de 2000 A.C . (Ferreira, 2010)

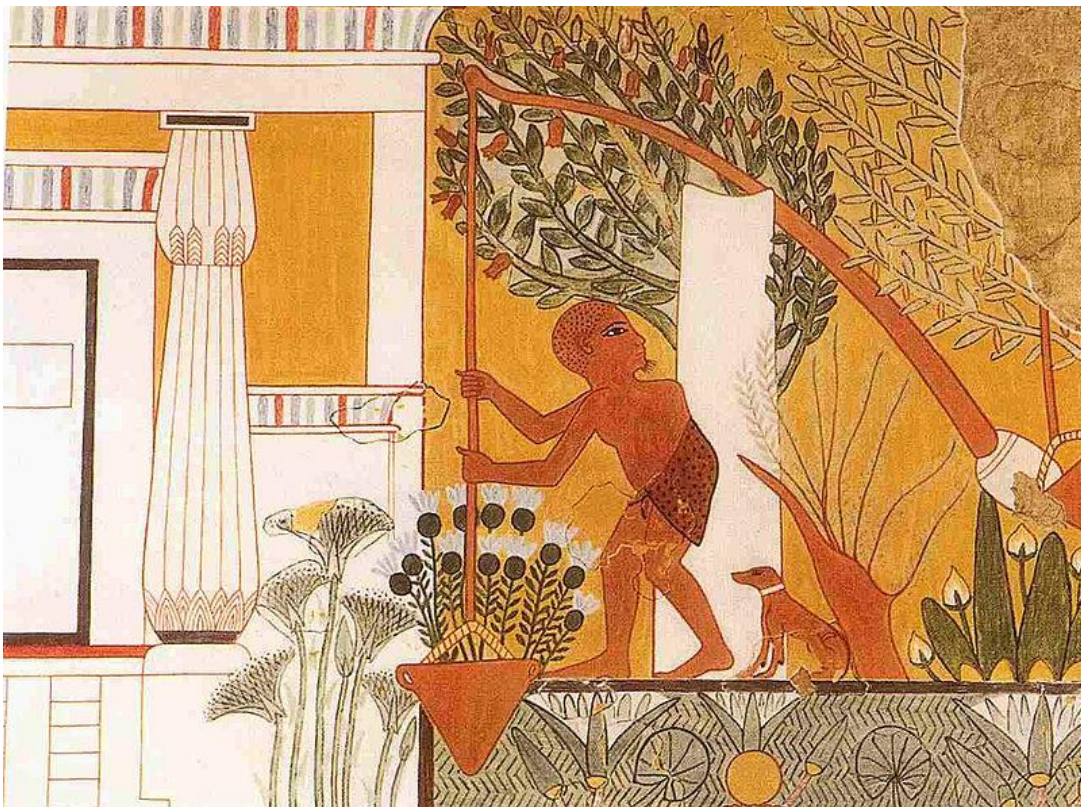


Figura 1. Cena de um jardineiro usando um Shaduf – Tumba de Ipyu em Deir-el-Medina, margem ocidental de Tebas. (Ferreira, 2010)

Os egípcios, fazendo uso de uma tecnologia simples, ganharam vantagem na produção agrícola, pois conseguiram elevar a água a áreas que naturalmente não eram atendidas pelo rio Nilo durante suas cheias. Através desta tecnologia, passaram a produzir o ano todo, utilizando sistemas de canais, e assim controlaram o fluxo das águas, inclusive quando o rio estava baixo. Antes, o crescimento das lavouras era restrito ao período de inverno, quando havia água suficiente no rio Nilo.

Essa vantagem tecnológica elevou sobremaneira a capacidade daquele povo na exploração dos solos e a produção de alimentos. Os equipamentos para bombeio de água contaram com as descobertas de novas alternativas e tecnologias diferentes, ligadas a outros povos. Algumas dessas antigas invenções, como o parafuso de Arquimedes (figura 2 e 3) e a nória chinesa, são utilizadas até os nossos dias, praticamente da mesma forma com que foram criadas, apenas produzidas com a utilização de novos materiais.



Figura 2. Egito, parafuso de Arquimedes, construído artesanalmente para atender aos agricultores das margens dos rios e canais . (foto: M.A. Wijngaarden / Wikimedia Commons / CC BY-SA 2.5)



Figura 3. Parafuso de Arquimedes moderno usado para drenar áreas de plantio alagadas nos Países Baixos. (foto: M.A. Wijngaarden / Wikimedia Commons / CC BY-SA 2.5)

As primeiras referências conhecidas a “moinhos de vento”, figura 4, datam do século V. Os aparelhos movidos a vento eram utilizados pelos persas para fazer farinha. Embora seja incerto quem inventou especificamente estas máquinas, os primeiros moinhos de vento que se sabe foram usados pelos persas e pelos chineses por volta do século XII. Essas estruturas adaptadas foram usadas para prover movimento a engenho de moagem de grãos e no bombeio de água. O italiano Agostino Ramelli (1531-1600) faz o primeiro projeto completo do artefato na obra "Livro de Diversas e Artificiosas Máquinas", popularizando sua construção. Ainda hoje essas máquinas são utilizadas com vários melhoramentos. Na Holanda ainda há dessas máquinas em operação, elas são utilizadas para drenar as terras baixas devolvendo as águas aos rios, além dos diques, tornando o solo cultivável. Vemos na figura 5 sua versão moderna.



Figura 4. Antigo moinho de vento (<https://fotosemochila.wordpress.com/>)



Figura 5. Moderno gerador eólico. (<http://www.correiasindustriais.com.br/uploads/noticias/img/utilizando-as-correias-gates-em-geradores-eolicos.jpg>)

Utilizando uma nova proposta, Otto Von Guericke, defensor da ideia de que o vácuo existia, contrariando o argumento mais aceito na época que era ainda devido

a Aristóteles, segundo o qual a natureza teria "horror ao vácuo", preenchendo imediatamente, qualquer espaço que fosse deixado sem matéria. Em 1650, Guericke constrói sua bomba de pistão, através da qual se podia retirar o ar de dentro de recipientes e assim produzir vácuo.



Figura 6. Bomba construída por Otto Von Guericke (pp. geocities , 2017)

Em 1671, Samuel Morland retirou-se da vida pública para dedicar-se a estudos matemáticos e ao design de máquinas, em particular no campo da hidrostática. Em 1674, patenteou uma bomba a pistão de alta potência com a qual, um ano depois, elevou águas do Tâmesa a uma altura de mais de 18 metros. (adaptado de (museugalileo, 2017)). O padre brasileiro Bartholomeu Lourenço de Gusmão (1685-1724), mais conhecido por ter seu nome associado unicamente à invenção do balão de ar quente (aeróstato), também deu sua contribuição à hidráulica. Suas ideias foram expostas na obra impressa em 1710, que se intitula *Vários modos de esgotar sem gente as naus que fazem água* (Taunay, 1934).

Nessa obra apresenta métodos de esgotamento de porões de navio.

3 GOLPE DE ARIETE

Um dos problemas enfrentados na engenharia é o “golpe de aríete”, que se constitui numa variação brusca de pressão no interior de dutos quando o fluxo é interrompido repentinamente. O fenômeno do golpe de aríete é de natureza complexa, mas a determinação de suas causas é importante para a aplicação de medidas preventivas em situação em que possa provocar danos aos dutos. Tem esta denominação por apresentar um som característico ao aríete, antiga arma de guerra que se constituía de um objeto muito pesado utilizado para golpear portas, paredes ou muralhas, produzindo sua queda.

A figura 7 ilustra o interior de uma tubulação durante a formação do fenômeno.



Figura 7. Ilustração da formação do fenômeno golpe de aríete
(<https://pt.linkedin.com/pulse/voc%C3%AA-sabe-o-que-%C3%A9-golpe-de-ariete-e-consequ%C3%AAscias-por-instruflow>)

Situação 1 - O líquido se encontra em repouso.

Situação 2 - O líquido possui velocidade máxima.

Situação 3 – O líquido tem seu movimento interrompido.

Se uma tubulação é fechada de modo muito rápido por uma válvula, o movimento da coluna de líquido antes da válvula de bloqueio é subitamente interrompido. A inércia produz um “choque” de pressão que pode atingir valores muito maiores que a pressão de trabalho do duto. Como líquidos são praticamente incompressíveis, esse “choque” se propaga em todas as direções. Imediatamente depois da válvula de bloqueio, o fluxo não cessa instantaneamente e forma-se um vácuo. O líquido, em consequência, retorna (efeito rebote) contra a válvula de bloqueio e forma uma onda de choque. Essa onda viaja de um lado a outro do duto e vai gradualmente perdendo sua intensidade. Além de causar a movimentação dos dutos (momentum) pode causar danos graves a sua estrutura (absorção da energia). As fotos na figura 8 ilustram o golpe de aríete², e os danos produzidos em dutos.



Figura 8. Colapso de adutoras causado pelo golpe de aríete em tubulações.(<https://br.pinterest.com/t4clube/>)

2 Atualmente classificado como transiente hidráulico

3.1 CARNEIRO HIDRÁULICO

O carneiro hidráulico é um artifício para bombear água propelida somente pela **energia potencial** de alimentação. Sua construção é simples, tem somente duas partes móveis; é barato e livre de poluição (Young, 1995).

Esse equipamento chama atenção pela sua simplicidade de funcionamento, mas também apuro tecnológico. Em 1772 John Whitehurst foi quem idealizou o projeto, criar um dispositivo capaz de bombear água a um nível mais alto, mas seu dispositivo necessitava de um operador para manobrar uma torneira, gerando o movimento da água no interior das tubulações. Com isso, se produzia de modo controlado o golpe de aríete, conforme ilustra a figura 9

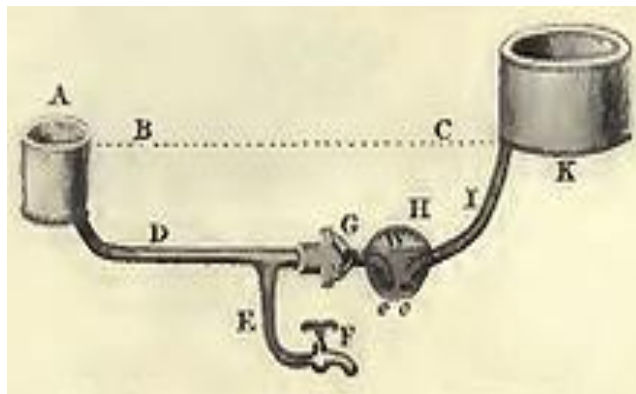


Figura 9. Esquema do primeiro carneiro hidráulico idealizado em 1772.

(https://de.wikipedia.org/wiki/Pulsation_Engine)

O primeiro carneiro hidráulico que operava de modo automático, segundo (Denículi, 1992), foi inventado pelos irmãos Montgolfier em 1796, sendo uma máquina simples e de grande utilidade, quando se deseja elevar pequenas vazões, essa máquina tem seu funcionamento baseado no golpe de aríete, que neste dispositivo ocorre de modo controlado e repetitivo através de válvulas que se abrem e fecham automaticamente usando as pressões produzidas pela coluna de líquido.

No desenho original dos irmãos Montgolfier (Figura 10), apresentado por (Rojas, 2002), o fluxo de água faz rolar a bola de ferro ao longo da tubulação e sobe a curva até bloquear a saída da água, ocasionando um incremento da pressão da água detrás da bola, a qual empurra a água através da válvula de um só sentido

(retenção vertical). Logo, a pressão baixa e a bola de ferro volta atrás, para o ponto de início do ciclo.

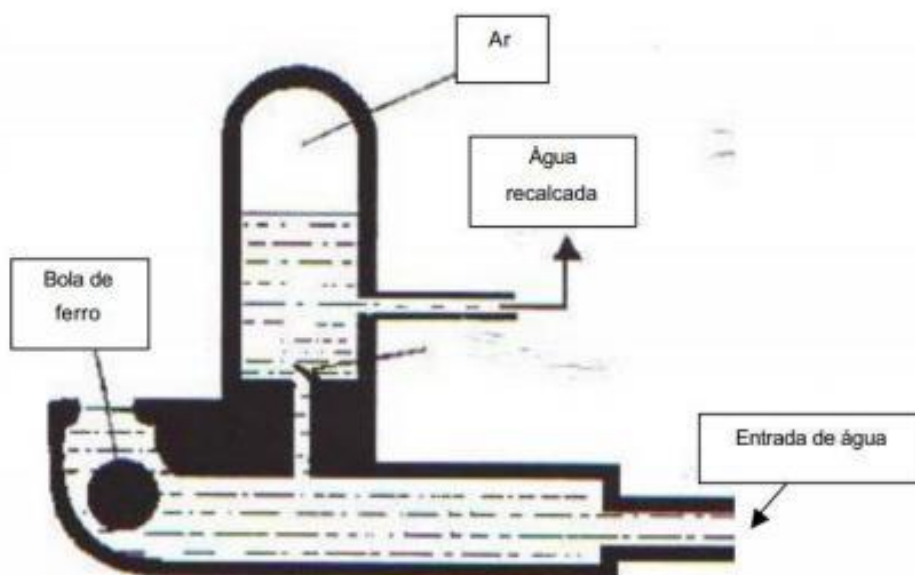


Figura 10: Modelo original do carneiro hidráulico proposto pelos irmãos Montgolfier

(Zárates Rojas, 2002)

Apesar de proposto em 1772, este equipamento é ainda nos dias de hoje utilizado para bombeio de pequenas vazões. Considerando sua simplicidade de funcionamento, poderia-se dizer patenteado nos nossos dias. Teria sido John Whitehurst quem idealizou o projeto de criar um equipamento que permitisse erguer água com grande pressão e sem o dispêndio de qualquer energia que não a da própria água, aproveitando um princípio físico que tem por base o chamado “golpe de aríete”, que resulta da súbita variação de pressão numa tubulação.

Ao projeto inicial, que teve um sucesso muito relativo, veio do Francês John Whitehurst e, posteriormente, a empresa britânica que adquiriu a patente original, Green & Carter introduziu melhoramentos à bomba de água que se chama “Carneiro hidráulico” e que se mantém, ainda hoje, praticamente sem alteração ou relevante inovação. Trata-se de um equipamento de aparente simplicidade, podendo até, alguns pequenos modelos para usos domésticos, serem feitos em casa, conforme

ilustrado a esquerda da figura 11. Podem ser utilizados em córregos ou nascentes onde haja quedas de água, podendo com isso prestar grandes serviços para o bombeamento de água às populações e à agricultura familiar.

De acordo com (Kitani & Wilhardson,1984) apud (Rojas ,2002),em um sitio de 24,3ha com pastagem e usando um sistema de irrigação por aspersão sobre rodas com deslocamento lateral, foram suficientes quatro carneiros hidráulicos para o fornecimento de água. Os mesmos foram instalados em paralelo obtendo-se a pressão e o volume necessários para o sistema de irrigação.



Figura 11. A esquerda, modelo montado pelo autor, ao centro versão moderna da bomba carneiro Marumby, à direita, Green&Carter. **(marumby, 2017) (green&carter, 2017)**

4 CONCEITO DE ENERGIA PARA ALGUNS NÍVEIS DE ENSINO E IDADES

Conforme aponta Teixeira e Assis (2003) Através da tabela 1 as concepções de Energia do senso Comum.

Tabela 1- Concepções de energia do senso comum Autor Nível ou idade características do conceito de energia.

| Autor | Nível ou idade | Características do conceito de energia |
|----------------|----------------|--|
| HIGA (1988) | Médio | <p>Energia Como Propriedade da Matéria:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Permite a materialização da Ação; - ENERGIA E a CAPACIDADE de Produzir Trabalho através da força. <p>Energia:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sinônimo de Força; - Sinônimo de potencia; - Sinônimo de Trabalho; - Ligada Ao Movimento; <p>Calor:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sinônimo de AQUECIMENTO e Quente; - Associação entre calor e Energia; - Calor sinônimo de temperatura; - Responsável Pela Realização de Trabalho, Gerando Movimento. <p>Transformação de Energia:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Energia Cinética, Energia mecânica, Energia - Elétrica, Realiza Trabalho de Alguma forma; - Energia Elétrica e Energia térmica. |
| SALOMÃO (1985) | 14 anos | <p>Energia:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Como fonte de força ou de Poder; - Ligada à Atividade Humana (antropocentrismo). <p>Conservação da Energia:</p> <ul style="list-style-type: none"> - NÃO apresentam esta noção, pois "a Energia pode surgir de repente de algo que NÃO tinha Energia." |

Fonte: Teixeira e Assis, 2003, p. 43.

Vemos através do levantamento acima que o conceito de energia é bastante difuso e em alguns casos está muito distante do que se espera, como exemplo podemos citar: “Permite a materialização da Ação”?!, “Sinônimo de Força”. No caso de jovens na faixa etária dos quatorze anos não apresentam a noção da conservação da energia. Neste sentido faz-se necessário uma abordagem mais “concreta” do tema utilizando-se de demonstrações e montagens que possam auxiliar o seu entendimento, por se tratar de um conceito abstrato e complexo, tratado desde as séries iniciais da educação básica esperava-se nesta etapa alguma compreensão acerca do tema.

5 OS DESAFIOS NO ENSINO DE FÍSICA

O ensino de modo geral não é tarefa fácil, pois depende de vários fatores para que este ocorra, e, na falta dele, o processo fica prejudicado. Se contarmos com o aluno disposto e motivado a aprender e o professor também motivado a ensinar, ainda haverá problemas de outras naturezas, como fatores psicológicos, métodos, preparo do professor, ambientes favoráveis à aprendizagem, etc. Por outro lado, temos os desafios de “o quê” e “para quê” ensinar em tempos de expansão e amplo desenvolvimento de tecnologias de fácil acesso, através da internet, às informações. Conforme consenso entre professores, uma resposta rápida é ensinar conceitos e ideias, mas será o suficiente?

Segundo Sasseron (2015), o ensino de Ciências “implica dar atenção a seus produtos e a seus processos. Implica oportunizar o contato com um corpo de conhecimentos que integra uma maneira de construir entendimento sobre o mundo, os fenômenos naturais e os impactos destes em nossas vidas. Implica, portanto, não apenas reconhecer os termos e os conceitos canônicos das ciências de modo a poder aplicá-los em situações atuais, pois o componente da obsolescência integra a própria ciência e o modo como dela e de seus conhecimentos nos apropriamos”.

Outros autores apontam a complexidade e os desafios no Ensino de Ciências. Sanches e Neves (2011, p.114) apud Wilson (2014) destacam que a estrutura atual do ensino, representada pelos currículos, escolas de formação e livros didáticos, não permitem aos alunos conhecer novas e velhas tecnologias, uma vez que, descontextualizam descobertas e construções científicas, tornando-se limitada a um processo de repetição e treinamento, com pouca informação.

O ensino de ciências praticado no Brasil, na grande maioria das escolas de nível médio e fundamental e, em grande extensão, também nas universidades, tem se mostrado pouco eficaz. Com isso, percebe-se que pode estar contribuindo para o estudante se afastar da disciplina de Física, por considerá-la desinteressante e difícil de ser entendida, o que é diretamente relacionado com a maneira de ensinar (Valadares & Moreira, 1998).

Na atualidade, o ensino de Física nas escolas não se aproxima do desejado, nem na maneira de ensinar nem tão pouco nos conteúdos. A forma de ensinar estabelece um conhecimento absoluto e eterno, não enfatiza a relação dos fatos e a

correlação entre eles. O conteúdo é inadequado, porque se gasta muito tempo com assuntos de pouco interesse, não incentivando a capacidade criativa e o espírito crítico (NASCIMENTO, 2010, p.5).

Como salienta Graneto, “Nossos jovens estão numa situação que só nos permite apresentar explicações científicas que sejam óbvias, pelo menos a maioria deles!”(Graneto,2017)UNIESP-TV.

(https://www.youtube.com/watch?v=_qg7ip4aRwE) acesso em 7 de março 2017.

Em razão desses fatores e de uma vasta concorrência tecnológica, vem se tornando cada vez mais difícil para o professor ministrar suas aulas, visto que as ferramentas muitas vezes não os atraem.

Diante dessas reflexões, observa-se a necessidade de demonstrar aos alunos que a Física está presente em sua vida (Wilson,2014). Esses fatores colocam ao professor vários desafios, o qual devera fazer uso de todas as ferramentas pedagógicas necessárias para o aprofundamento do conhecimento, buscando a melhoria da compreensão acerca de temas relacionados à Ciência e a seus conceitos, o que exige níveis de compreensão e linguagens específicas, contribuindo, desta maneira, com a alfabetização científica do indivíduo.

Para o ensino de Física em particular, além dos fatores apresentados, se enfrenta uma dificuldade característica: a falta de profissionais com conhecimento específico. Segundo Censo Escolar de 2015, a maior lacuna de profissionais está em Física. Do total de 27.886 professores que lecionam Física, 19.161 não tem licenciatura na disciplina, o que equivale a 68,7% do total. Este fator torna a tarefa do ensino desta ciência ainda mais complexa.

Essa realidade nos impõe desafios para serem superados tanto com relação à formação de professores, como métodos mais adequados de ensino que permitam que se faça o resgate do interesse dos alunos pela disciplina. Neste sentido, o uso de montagens e experimentos pode auxiliar para uma apresentação mais amigável e atraente à aprendizagem de conteúdos que aparentemente não têm muita relação com o seu cotidiano. E o ideal é que esta intervenção se dê nas séries iniciais do Ensino Fundamental, haja visto que a Física como ciências que estuda a natureza

deveria ser “naturalmente”³ de seus interesses, devendo ser apresentada através de conteúdos que não podem estar desconectados da realidade .

5.1 A SALA DE AULA COMO AMBIENTE FORMAL DE APRENDIZAGEM E ENCONTRO DE CULTURAS PARA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA

A sala de aula é tradicionalmente relacionada ao ensino. É nela que a relação entre professor e aluno ocorre. Considerando que materiais contribuem para a concretização de atividades e para a mediação intencionada na discussão sobre conhecimentos, a organização do espaço escolar exerce influência nas relações estabelecidas, ancorando comportamentos e auxiliando no desenvolvimento de práticas (VINÃO FRAGO; ESCOLANO, 1998) apud Sasseron (2015). No entanto, é sabido que o ensino/aprendizagem não se restringem apenas ao espaço formal, mas podem ocorrer em outros ambientes vivenciados pelo aprendiz. Dessa maneira, é importante que o professor dialogue com outros espaços que propiciem a aquisição de conhecimentos e relacione seu conteúdo específico com outras áreas de conhecimento, permitindo ao aluno que estabeleça as pontes entre o conhecimento, sociedade e outros ramos da Ciência, cada uma com sua relevância e importância no desenvolvimento tecnológico e científico.

No mesmo sentido, é possível dizer que o laboratório de informática, a biblioteca ou o pátio são igualmente espaços que podem ser aproveitados para a concretização de práticas relacionadas a temas das ciências da natureza. O que torna esses espaços adequados ou apropriados está mais vinculado aos objetivos do ensino do que exatamente à sua constituição como espaço físico Sasseron(2015). Cabe a cada professor, de acordo com as especificidades de cada conteúdo, aproveitar as oportunidades que o espaço físico lhe oferece.

Na montagem proposta será usado o desnível do prédio para que a bomba possa funcionar. Neste caso o que é um aspecto negativo para a inclusão de alunos com necessidades especiais, pode ser usado de modo criativo pelo professor.

³ Deve se levar em consideração neste contexto que o aluno possa ter outras afinidades.

6 O USO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA E DO CARNEIRO HIDRÁULICO COMO UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DO PRINCÍPIO DA CONSERVAÇÃO DA ENERGIA

Busca-se com esta proposta uma ferramenta auxiliar na compreensão e aplicação prática do conteúdo. Com a construção dos carneiros hidráulicos poderá se exemplificar de modo prático a conversão da energia potencial gravitacional nas várias etapas do processo em outras formas de energia, onde, em cada etapa, temos uma forma de manifestação da energia (potencial/cinética/potencial), podendo cada uma destas, serem exploradas pelo professor no momento adequado da exposição do conteúdo.

A ciência, portanto, que pode ser conceituada como conjunto de conhecimentos sistematizados, produzidos socialmente ao longo da história, na busca da compreensão e transformação da natureza e da sociedade, se expressa na forma de conceitos representativos das relações de forças determinadas e apreendidas da realidade. (DCN, 2013, p. 162)

Com o uso da montagem e o entendimento de seu funcionamento, podemos colocar em prática o que está contemplado nesta diretriz curricular, auxiliando estes jovens na aquisição de uma linguagem científica mais apurada e de soluções para seus desafios diários, tendo em vista que parte deles são oriundos da zona rural e enfrentam o problema de bombeamento de água diariamente para suas demandas produtivas.

[..] O conhecimento de uma seção da realidade concreta ou a realidade concreta tematizada constitui os campos da ciência, que são as disciplinas científicas. Conhecimentos assim produzidos e legitimados socialmente ao longo da história são resultados de um processo empreendido pela humanidade na busca da compreensão e transformação dos fenômenos naturais e sociais. Nesse sentido, a ciência conforma conceitos e métodos cuja objetividade permite a transmissão para diferentes gerações, ao mesmo tempo em que podem ser questionados e superados historicamente, no movimento permanente de construção de novos conhecimentos. (DCN, 2013, p. 162)

Desta forma, o ensino formal tematizado com a vivência do aluno, cumpre seu papel social, na busca da transposição do conhecimento acadêmico, em muitas situações sem significado, em uma ferramenta de transformação social aplicável as suas realidades.

7 MÉTODO DA PESQUISA: RESULTADOS E DISCUSSÕES

O estudo teve início com uma análise da literatura e o entendimento sobre a necessidade de inserir na disciplina de Física, os conteúdos de Física Clássica com uma abordagem de problemas reais que podem ser aproveitados em outras aplicações, como o golpe de aríete, também motivado pela observação diária dos alunos que demonstram uma crescente falta de interesse pelas áreas de ciências exatas e da natureza. Essa análise resultou em um incentivo para pesquisar novas estratégias que possam promover a motivação para a aprendizagem desses conteúdos. A proposta escolhida foi da sequência didática, aliada com a montagem experimental de duas bombas carneiros hidráulica. Foi aplicada junto aos alunos do terceiro ano da Formação Docente e primeiros anos do Ensino Médio.

As circunstâncias em que o princípio da conservação da energia aparece em nosso cotidiano nem sempre é de fácil reconhecimento, nessa proposta os alunos foram instigados a pesquisarem como um problema para um determinado corpo de conhecimento, no caso a engenharia, pode ser uma solução numa outra área, no caso a construção de uma bomba para elevação de água. Desta forma os alunos passam a perceber que o conhecimento científico é uma construção humana e que uma geração contribui com a outra aperfeiçoando os modelos tornando os cada vez mais confiáveis e precisos, desmistificando o mito que o conhecimento só pode ser produzido por cientistas que são pessoas “especiais”.

Foram utilizados dois métodos. O Dedutivo e o Estudo de Caso.

O Método Dedutivo para Gil (2017) é:

[...] de acordo com acepção clássica, é o método que parte do geral e, a seguir, desce ao particular. Parte de princípios reconhecidos como verdadeiros e indiscutíveis e possibilita chegar a conclusões de maneira puramente forma, isto é, em virtude unicamente de sua lógica. É o método proposto pelos racionalistas (Descartes, Spinoza, Leibniz), segundo os quais só a razão é capaz de levarão conhecimento verdadeiro, que decorre de princípios *a priori* evidentes e irrecusáveis (GIL, 2017, p.27).

E também o Estudo de Caso, que para o mesmo autor caracteriza-se:

O estudo de caso é caracterizado pelo estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetos, de maneira a permitir o seu conhecimento amplo e detalhado, tarefa praticamente impossível mediante aos outros tipos de delineamentos considerados [...]. O estudo de caso vem sendo utilizado com frequência cada vez maior pelos pesquisadores sociais, visto servir a pesquisas com diferentes propósitos tais como: explorar situações da vida real cujos limites não estão claramente definidos; descrever a situação do contexto em que está sendo feita determinada investigação; e explicar as variáveis causais de determinado fenômeno em situações muito complexas que não possibilitam a utilização de levantamentos e experimentos (GIL, 2017, p.27).

A implementação da sequência didática foi desenvolvida em cinco turmas, sendo quatro do primeiro ano, e uma do terceiro ano de Formação Docente, em duas escolas diferentes. Uma turma do primeiro ano, e uma de formação docente de manhã, e outra de primeiro ano noturno no Colégio Leonardo Francisco Nogueira localizado no município de Pinhalão. E duas turmas de primeiro ano, uma de manhã e outra a noite no Colégio Júlia Wanderley localizada em Jaboti.

As duas escolas contam com prédios localizados em uma área privilegiada das cidades, em um amplo espaço, com condições adequadas para cada nível de ensino, distribuídos nos turnos de manhã e noite. Possui infraestrutura adequada, que permite ao professor planejar aulas diversificadas, dispondo de recursos como Data show, lousa digital, TVs em sala para que os professores utilizem durante as aulas, laboratório de ciências e laboratório de informática. Contam também com todas as salas de aulas monitoradas por câmeras.

Os alunos são parte oriundos da cidade e parte da zona rural que contam com transporte escolar gratuito. A base econômica dos municípios é o agronegócio, predominantemente a cultura do café, morango, leite e a criação de gado de corte.

A maioria dos concluintes do Ensino Médio e Formação Docente prestam vestibulares e ENEM, a maioria que permanece na cidade, buscam emprego no mercado de trabalho local e há os que cursam faculdade em Ibaiti, Jacarezinho ou grandes centros como Londrina e Curitiba. As turmas de primeiro ano, da manhã, do Ensino Médio nas quais foi desenvolvido este projeto eram compostas por estudantes com idade entre 15 e 16 anos, os alunos de Formação Docente entre 16 e 17 anos, já nos primeiros anos da noite as idades são variadas, desde 16 anos até alunos com 37 anos ou mais.

Esta proposta contou, ao todo com 10 aulas de cinquenta minutos, mais a montagem das bombas, que ocorreu em duas aulas fora da sala, totalizando

aproximadamente 6 semanas. A carga horária atual de Física nesses colégios é de duas aulas semanais de cinquenta minutos para o Ensino Médio e três aulas semanais de 50 min para a Formação Docente. A implantação da proposta ocorreu entre os meses de agosto e setembro de 2017, como já estava previsto no plano de ação docente deste professor.

Apresenta-se na tabela 2 como foram organizadas e distribuídas as aulas para o primeiro ano do Ensino Médio e terceiro ano Formação Docente.

Tabela 2-organização dos conteúdos e objetivos com a aplicação da sequência didática.

| Aula | | Atividade | Objetivos |
|-----------|---------|---|---|
| 1ª semana | 1ª aula | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Situação inicial* Aula de apresentação do tema, com aplicação de um questionário para levantamento diagnóstico, leitura de texto e discussão. | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Definido o assunto a ser abordado, informações iniciais e indicação da bibliografia que darão ao aluno base para o conteúdo a ser desenvolvido. ▶ Promover uma situação que leve o aluno a mostrar seus conhecimentos prévios relevantes para dar continuidade a aprendizagem. |
| | 2ª aula | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Discussão acerca de fatos relacionada ao seu cotidiano referente ao uso de bombas. ▶ Situação Problema*: “é possível bombear água sem o uso de energia?” ▶ Apresentação do vídeo | |
| 2ª semana | 3ª aula | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Apresentação do conceito e definição de trabalho. ▶ Resolução de exercícios propostos. | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Perceber que o conceito físico difere do uso cotidiano do termo. ▶ Reconhecer situações onde há trabalho realizado. ▶ O aluno perceber que a força pode ser produzida por campos, e não necessita necessariamente haver contato entre os corpos. Princípio da ação a distância. |
| | 4ª aula | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Demonstração no quadro de que a força peso realiza trabalho. ▶ Resolução de problemas do livro didático. | |
| 3ª semana | 5ª aula | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Conceito de potência mecânica ▶ Resolução de problemas do livro didático | <ul style="list-style-type: none"> ▶ O aluno perceber que potência esta relacionada a “rapidez” com que a energia é transferida. ▶ Reconhecer as diferentes adaptações de máquinas de mesma potência. |

| | | | |
|-----------|---------------------|---|---|
| | 6ª aula | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Rendimento mecânico ▶ Resolução de problemas do livro didático | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Perceber que potencia e rendimento são conceitos diferentes. ▶ Ser capaz de interpretar as etiquetas indicativas encontradas em produtos vendidos no comércio. |
| 4ª semana | 7ª aula | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Definição de energia cinética e potencial. ▶ Resolução de problemas do livro didático. | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Mostrar ao aluno que o trabalho realizado sobre uma partícula pode alterar seu o estado de movimento. ▶ E também esta energia pode estar relacionada à posição que a partícula possui. |
| | 8ª aula | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Resolução de problemas do livro didático. ▶ Apresentação do simulador: energia na pista de skate. | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Aperfeiçoar o entendimento do aluno em reconhecer as manifestações da energia na forma e cinética. |
| 5ª semana | 9ª aula | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Apresentação do princípio da conservação da energia mecânica $E_m = E_c + E_p = \text{constante}$ ▶ Aplicação particular: desnível mínimo para um looping | <ul style="list-style-type: none"> ▶ O aluno perceber que existem princípios fundamentais que regem o movimento dos corpos. E que se conservam ao longo do movimento. |
| | 10ª aula | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Resolução de problemas que aparecem no ENEM e vestibulares sobre a conservação da energia. | <ul style="list-style-type: none"> ▶ O aluno se familiarizar com situações em que o princípio da conservação da energia aparece nos diversos tipos de avaliação. |
| 6ª semana | 11ª aula e 12ª aula | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Montagem e funcionamento das bombas no pátio da escola | <ul style="list-style-type: none"> ▶ os alunos perceberem na prática a aplicação do princípio da conservação da energia |

Fonte. Elaborada pelo autor.

Como se deu a implementação da sequência didática esta descrito no apêndice A.

7.1 RESULTADOS

A sequência didática proposta teve o objetivo de introduzir o princípio da conservação da energia utilizando uma maneira mais prática e menos teórica, não abrindo mão da linguagem matemática, procurando fazer uso de diversos recursos didáticos que se encontram ao alcance do professor tais como: vídeo, textos, simulações em computador e montagem de baixo custo que pode ser produzida a partir de materiais reaproveitados. Procurou-se abordar um problema de relevância para a vivência dos alunos.

A aplicação deste projeto mostrou-se viável para desenvolver estes conteúdos com uma abrangência maior do que as utilizadas nos livros didáticos nas turmas de primeiro ano Ensino Médio e Formação Docente diurno, foi possível efetivamente a aplicação da sequência, os alunos tiveram uma avaliação muito positiva, o que ficou evidenciado no aproveitamento durante as avaliações conforme o relatório de notas bimestral. Como observado muitos não conheciam a máquina proposta na montagem e nem mesmo imaginavam ser possível construir uma bomba que pudesse funcionar de modo autônomo.

Após a aplicação da sequência, a maioria dos alunos já conseguiu relacionar no dia-a-dia vários aspectos dos conteúdos estudados como:

- potência e adaptações de máquinas.
- Rendimento e a finalidade das etiquetas que indicam a eficiência energética nos aparelhos .
- Faziam conjecturas sobre a viabilidade de produtos vendidos na internet sobre economia de combustível, levantavam suspeitas sobre produtos que podiam ferir o **princípio da conservação da energia**.

A interação durante a montagem das bombas carneiro mostrou-se muito proveitosa, desenvolvendo o trabalho de grupo e a colaboração entre os envolvidos, principalmente no reconhecimento das peças que compunham os artefatos, já que

não faziam parte do cotidiano de muitos deles o reconhecimento não era imediato necessitando de auxílio no grupo.

Quanto ao desenvolvimento cognitivo, no decorrer das aulas foi possível perceber que os novos conhecimentos adquiridos favoreceram a interação entre os conhecimentos pré-existentes e a assuntos relacionados a outras disciplinas, como exemplo a entalpia, energia de combustão e energia de ligação química. Também foi possível perceber uma melhora na linguagem quando se expressavam a respeito do tema energia, pois já faziam uso de termos como: energia de posição, energia de movimento, etc.

Com relação às turmas de primeiro ano do ensino noturno nos dois estabelecimentos não foi possível a aplicação da sequência didática, pois os alunos não apresentaram:

- Conhecimentos prévios mínimos exigidos para o tratamento matemático do assunto, sendo capazes apenas de resolverem exercícios conforme modelo resolvido pelo professor, trocando apenas os valores numéricos. Corroborando a afirmação de Graneto,2017 e as conclusões da equipe pedagógica.
- Excessivo número de faltas às aulas, impedindo o acompanhamento e a sequência do conteúdo.
- Evasão chegando a 70% em um dos estabelecimentos de ensino.
- Processo de reclassificação para o segundo e terceiro ano do Ensino Médio para alunos em distorção idade/série no final do primeiro bimestre.

Nas palavras da equipe pedagógica temos uma síntese do insucesso da sequência no ensino noturno “no período noturno é permitido que os alunos assistam às aulas mesmo que não cheguem no horário, mas estes acabam não vindo ao colégio vencidos pelo cansaço. Mesmo os que vêm, o cansaço é enorme e o rendimento escolar acaba sendo prejudicado”.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou verificar a possibilidade da aplicação de uma sequência didática em duas escolas públicas localizadas em Jaboti e Pinhalão no interior do Paraná, o trabalho foi desenvolvido ao longo do terceiro bimestre do ano letivo de 2017 com alunos do primeiro ano do Ensino Médio (diurno e noturno) e do terceiro ano Formação Docente (diurno).

A sequência buscou abordar um tema relacionado à mecânica clássica que é a conservação da energia mecânica, fazendo uso de métodos e materiais variados que estão ao alcance dos professores que atuam na educação básica da rede pública, buscando relacionar o conceito a um problema que surge no bombeamento de fluidos quando válvulas são abertas ou fechadas, o golpe de aríete. As tratativas foram no sentido de demonstrar que o que é um problema numa área pode ser transformado numa solução em outros contextos, que, para este caso, foi a construção da bomba carneiro.

Buscou-se fundamentar a implementação nas teorias da Aprendizagem Significativa e as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas defendidas por (Moreira, 1999), que se mostraram bastante apropriadas para o desenvolvimento do tema. Através do planejamento das situações enfrentadas em sala de aula foi possível dar sentido aos conceitos a serem trabalhados, os alunos puderam dar significado de forma prática, conseguindo relacionar o assunto de sala com suas vivências diárias.

De modo geral não nos preocupamos em nossos planejamentos com as situações-problemas, desconsiderando de certa forma a estrutura cognitiva do aluno na elaboração das aulas, muitas vezes tornando-as desconectadas do mundo real do aluno, o que, numa primeira abordagem, não é aconselhável. No caso desta sequência a situação proposta levou os alunos à reflexão, os mesmos se sentiram desafiados a responderem a situação-problema: é possível criar ou destruir energia? Uma máquina pode operar sem fazer uso de energia? A integração do conteúdo a ser aprendido passou a ter um significado mais prático, conduzindo a necessidade de apropriação do conhecimento formal oferecido, pois de outro modo não poderiam responder ao desafio.

O uso de simulação e montagem de baixo custo mostrou ser um ótimo recurso didático, pois alunos com dificuldade na matemática puderam compreender

o funcionamento dos artefatos a partir da descrição prática e manipulando o simulador. Neste caso a simulação pode ser feita fazendo uso dos celulares dos alunos, dando uma finalidade pedagógica ao aparelho, que hoje, na maioria dos casos, constitui num problema.

A Física passou a ser vista de forma mais positiva e com menos rejeição, o que pode abrir caminho para uma melhor aprendizagem dentro desta ciência. O método pode tornar conceitos abstratos, como Energia e Conservação da Energia, mais acessíveis.

Como o trabalho foi desenvolvido em duas escolas publicas do interior, muitas vezes esta é a única oportunidade de terem contato com temas relacionados à ciência, já que muitos partem para outras áreas ou até mesmo abandonam os estudos. Terem domínio sobre os conceitos de energia e sua conservação pode evitar que caiam em golpes promovidos pela internet, como exemplo podemos citar dispositivos instalados em veículos que prometem economia absurda.

A intenção dessa proposta de ensino é que sirva de inspiração para outros planejamentos didáticos com o mesmo tema ou outros, uma vez que foi mostrado que é possível aplicá-la em uma escola pública dentro das aulas regulares com relativo sucesso, mostrando-se pouco eficaz no ensino noturno, mas por outros motivos, conforme apontado pela equipe pedagógica.

REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, D. P. (1968). **Educational Psychology: a cognitiv View**. Nova York: Holt Rinehart and Winston.
- BACHELARD, G. (1999). **A formação do espírito científico**. Rio de Janeiro, RJ: Contraponto.
- BORGES NETO, Manuel Rangel, BORGES, Grace Anne Pontes e BORGES, Everton Pontes. **Software para dimensionamento de carneiro hidráulico**. ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 5. 2004, Campinas. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022004000200053&lng=en&nrm=abn>. Acesso em: 02 out. 2018
- DENÍCULI, W. (1992). **Hidráulica. Instalações de recalque**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa: Departamento de Engenharia Agrícola, V.2 115p.
- ÉDERSON Graneto UNIESP-TV. (https://www.youtube.com/watch?v=_qg7ip4aRwE) acesso em 7 de março 2017.
- FERREIRA, L. (2010). **Antigo egito**. Visitado em 15 maio 2015: <http://antigoegito.org/agricultura-egipcia/>
- GREEN & CARTER. (2017). Visitado em 17 de junho 2017, **de green and carter**: <http://www.greenandcarter.com>
- LESSA, T. (2010). **Repensando o ensino de Física no ensino médio**. Fortaleza.
- MARUMBY. (2017). Visitado em 20 de junho de 2017, <http://www.bombasmarumby.com.br/p/bombas.html>
- Moreira, M. A. (1999). **Aprendizagem significativa**. Brasília: Editora Universidade de Brasília.
- MUSEU GALILEO. (2017). Visitado em 10 junho 2017, <http://catalogue.museogalileo.it/biography/SamuelMorland.html> acesso 10/jun/2017
- PÉREZ, D. G. (1999). Tiene sentido seguir distinguindo apredizaje de conceptos,resolución de problemas de lápiz e papel y realización de prácticas de laboratorio? **Ensenanza de las ciencias**, V.17, n.2, 311-320.
- ROJAS, R. N. (2002 . Tese (doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz",). **Modelagem,otimização,construção e avaliação de um protótipo de carneiro hidráulico**. São Paulo: Universida de São Paulo.
- SASSERON, L. H. (2015). **Revista ensaio**; Belo Horizonte;novembro , v.17, n.especial, p. 49-67.
- TAUNAY, A. D. (1934). **Obras diversas de Bartholomeu Lourenço de Gusmão** . São Paulo: Editora Companhia Melhoramentos de S. Paulo.

TESSNER, H. **Uma Síntese histórica da evolução do consumo de energia pelo homem.**

VALADARES, E. C., & Moreira, A. M. (1998). Ensinando Física moderna para o segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. **Caderno catarinense de ensino de física**, V.15, n.2, p. 121-135.

XAVIER, C. F. (1933). **O voador - Bartolomeu Lourenço De Gusmão, sua vida e sua obra.** Rio de Janeiro: Imprensa naval.

YOUNG, B. W. (1995). **Design of the hydraulic ram pump systems.** Proc. Instn Mech Engrs. V. 209, p. 313-322.

APÊNDICE

APÊNDICE A

A.1 A Sequência didática

A.1.1 Conteúdos da Sequência Didática

- a) Conceito de energia.
- b) Conceito e definição física de trabalho de uma força.
- c) Conceito e definição física de energia cinética.
- d) Conceito e definição física de energia potencial.
- e) Princípio da conservação da energia.
- f) Exercícios de Enem e vestibulares

A.1.2 Objetivos da sequência didática

- a) Apropriar-se dos conceitos de trabalho, energia cinética, energia potencial e por fim, do princípio da conservação da energia como entidades físicas necessárias para descrição dos fenômenos mecânicos;
- b) Descrever de forma adequada o trabalho e energia, assim como suas formas de representação matemática, (não será enfatizado o tratamento vetorial);
- c) Identificar e explicar o funcionamento da bomba carneiro assim como fazer uso do princípio da conservação da energia em situações práticas do dia-a-dia;
- d) Aplicar os conceitos de trabalho e energia para resolver problemas matemáticos relacionados ao tema;
- e) Identificar as aplicações tecnológicas em que a conservação da energia desempenha papel fundamental.

A.1.3 Atividades iniciais (aulas 1 e 2)

Inicialmente, com o objetivo de identificar os conhecimentos prévios, os alunos responderam um questionário contendo questões sobre o uso da energia e mecanismos que bombeiam água sem o uso de eletricidade. Após o término do questionário, foi colocada a situação-problema. **É possível elevar água a um nível mais elevado sem o uso de eletricidade?** Esse problema irá nortear a apresentação dos conceitos de trabalho, energia e suas aplicações. Como os alunos fazem uso do livro didático, foi feita a leitura do texto Trabalho e Potência; o Sol – Nossa grande “fornalha” pg. 180 e 181. Física, volume 1: mecânica: ensino médio / Ricardo Helou Doca, Gualter José Biscoula, Newton Vilas Boas. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2016. Após a leitura, foi feita uma reflexão sobre os termos trabalho, transferência de energia, força e deslocamento nos contextos em que aparecem e em outros contextos da sociedade, na tentativa de que os alunos percebam que o trabalho sobre o aspecto físico difere do significado usual.

Para o encerramento da segunda aula foi apresentado um trecho de 10 min. do vídeo: POWER - O PODER POR TRÁS DA ENERGIA. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=M3Eo0PiqgHY> (acesso 15 maio de 2017).

A.1.4 Apresentação do conceito e da definição de trabalho (aula 3)

Nesta etapa, tendo em mãos as principais concepções apresentadas pelos alunos no Questionário¹, foram apresentadas situações que relacionaram os conhecimentos prévios com os tópicos objetos da Sequência Didática.

Foi definido trabalho sob o aspecto físico e matemático, dando ênfase nas unidades de medidas, resolvendo problemas conceituais e mostrando situações em que há trabalho realizado (a força produz deslocamento) e situações em que não há trabalho realizado (a força não produz deslocamento). Foram resolvidos os problemas propostos no livro didático, esclarecendo as dúvidas dos alunos.

A.1.5 Trabalho da força peso (aula 4)

Foi mostrado que a força peso realiza trabalho quando da queda dos objetos e que essa energia se traduz no aumento da velocidade. Essa ideia será utilizada à

frente quando for definida energia de movimento ou energia cinética. No segundo momento da aula foi feita a demonstração matemática da equação que se traduz em $\tau = m \cdot g \cdot h$, partindo da definição matemática de trabalho $\tau = F \cdot d$, que no momento oportuno será identificada como energia potencial gravitacional.

Como aplicação, foram resolvidos alguns problemas do livro didático mencionado em ordem crescente de dificuldade.

A.1.6 Potência mecânica (aula 5)

Foi apresentado o conceito de **potência mecânica** como a “rapidez” com que um trabalho é realizado. Para tanto, usou-se dois exemplos em que a “tarefa” realizada foi a mesma executada por dois indivíduos.

Primeiro exemplo :

Levantar a uma altura de 1m um bloco de 10 kg. Indivíduo A realiza a tarefa em **1s**, e indivíduo B realiza em **2s**.

Segundo exemplo:

Empurrar um bloco por uma distância de 5m . Indivíduo A realiza a tarefa em 4s e indivíduo B realiza a mesma tarefa em 10s .

Neste momento apresentei o conceito de potência mecânica como sendo a “rapidez” com que a tarefa é realizada :

$$\text{potência mecânica} = \text{“Tarefa realizada”} / \text{“tempo gasto”}$$

Posteriormente usando a definição matemática de trabalho, foi feita a representação matemática da definição que se traduz em:

$$Pot = \tau / \Delta t$$

Simbolicamente temos : \longrightarrow

$$\left\{ \begin{array}{l} Pot = \text{potencia mecânica} \\ \tau = \text{trabalho realizado} \\ \Delta t = \text{tempo decorrido} \end{array} \right.$$

Foi apresentada sua unidade de medida no Sistema Internacional de Unidades, como sendo o Joule/segundo, que por definição chamamos Watt e simbolicamente representado como:

$$\frac{[Joule]}{[Segundo]} = [Watt] \longrightarrow \frac{[1J]}{[1s]} = [1W]$$

Neste momento, demonstrou-se que a velocidade (“rapidez com que a tarefa é executada”) está implícita na equação. Reescrevendo a definição de outra forma temos:

$$Pot = \frac{F \times d}{\Delta t} \text{ mas } , \frac{d}{\Delta t} = \text{velocidade média, que neste contexto é constante}$$

Onde se pode demonstrar que:

$$\boxed{Pot = F \times V}$$

Pode-se neste contexto explorar as máquinas com mesma potência e adaptações diferentes: máquinas para desenvolver **Força** (tratores) e máquinas para desenvolver **Velocidade** (carros).

A.1.7 Rendimento (aula 6)

A noção de rendimento está presente nas diversas atividades humanas, sobretudo nas áreas técnicas. Por exemplo, fala-se:

- ▶ Que o rendimento do carro não está bom.
- ▶ Nos esportes, costuma-se mencionar que o atleta não está rendendo como de costume.
- ▶ O funcionário não está rendendo como o esperado, etc.

Entretanto, neste contexto será introduzido o conceito de rendimento, baseando-se na energia aproveitada (energia útil (E_u)) e na energia total fornecida a um sistema (E_t). A apresentação do conceito foi feito sob o esquema de funcionamento de uma máquina, em que esquematicamente podemos também apresentar a relação matemática, o qual será útil no futuro em aplicações nas máquinas térmicas, dentro do estudo da termodinâmica. Foi enfatizado também como aplicação prática quotidiana o selo de eficiência energética presente em diversos aparelhos, como mostra a figura 12,

A definição foi apresentada a partir de um esquema feito no quadro negro de giz representando uma máquina recebendo energia, realizando trabalho e parte da energia não sendo usado no processo.

$$\eta = \frac{E_u}{E_t}$$

→

$E_u = \text{energia útil}$

$E_t = \text{energia total}$

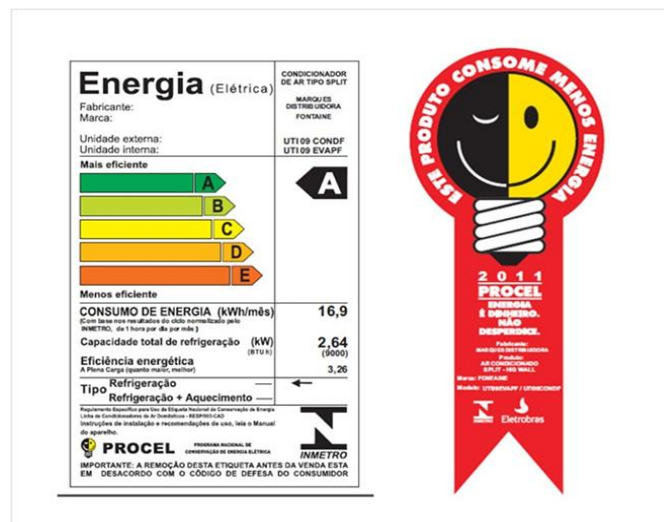


Figura12. Selo de eficiência energética

A.1.8 Energia cinética e potencial (aula 7)

Partindo da ilustração feita no quadro. Foi demonstrado para o caso particular em que a força é constante e tem a direção do movimento num plano horizontal, tomando o móvel no repouso que: O trabalho realizado produz uma alteração na velocidade que pode ser expressa por:

$$\boxed{E_c = m \frac{v^2}{2}} \longrightarrow \left(\begin{array}{l} E_c = \text{energia cinética} \\ m = \text{massa do móvel} \\ v = \text{velocidade do móvel} \end{array} \right.$$

Para a energia potencial, foi lembrado aos alunos sobre o trabalho da força peso dando-lhe uma nova interpretação, em que o trabalho motor realizado no levantamento de um bloco de massa m sem variação da energia cinética é dado por :

$$\boxed{\tau = F \cdot d} \longrightarrow \boxed{\tau = m \cdot g \cdot h}$$

Nesta aula também foi tratada da energia potencial elástica, fazendo-se a aproximação em um sistema idealizado com força constante, lembrando-se da lei de Hooke aplicada a uma mola ideal, demonstrando que:

$$\boxed{\tau = F \cdot d} \longrightarrow \boxed{\tau = K \frac{\Delta x^2}{2}}$$

A.1.9 Resolução de problemas energia cinética e potencial (aula 8)

Foi resolvido os problemas propostos no livro didático adotado Física, volume 1 : mecânica:ensino médio / Ricardo Helou Doca, Gualter José Biscoula, Newton Vilas Boas. 3. ed. São Paulo: Saraiva,2016. Contido nas páginas 208 e 209.

Nesta aula foi apresentado o simulador: energia na pista de skate encontrado em [https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park-basics_pt_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skateparkbasics/latest/energy-skate-park-basics_pt_BR.html), os alunos puderam manipular, a partir de seus aparelhos celulares, e perceber algumas propriedades, como o movimento com atrito e sem atrito, a transformação da energia mecânica em térmica. A figura 13 mostra a tela como apresentada pelo simulador.

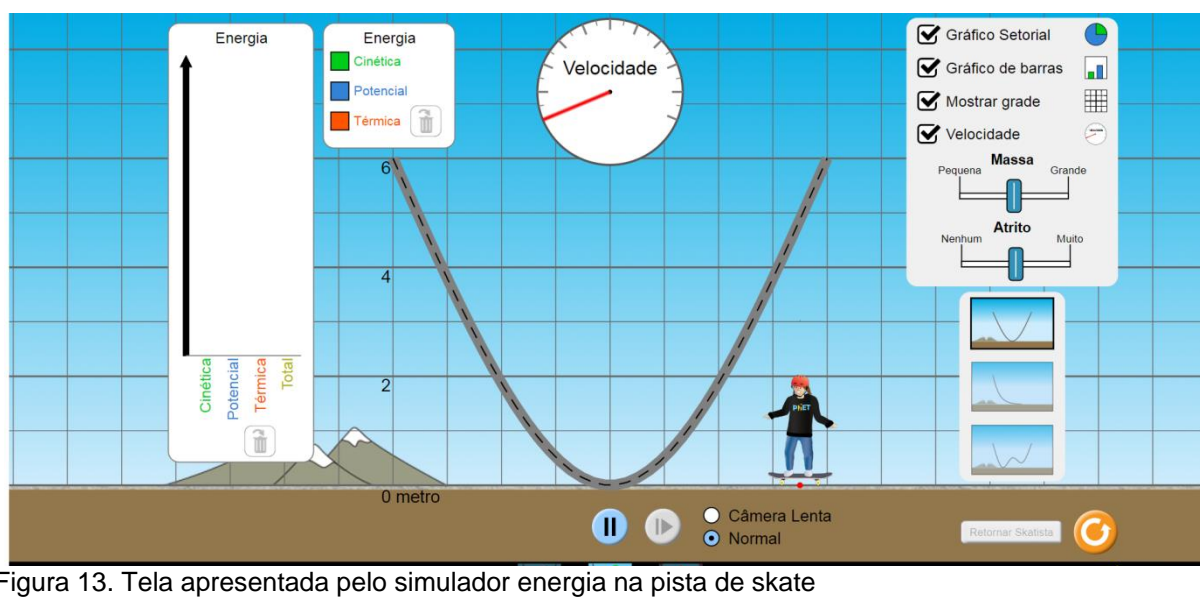


Figura 13. Tela apresentada pelo simulador energia na pista de skate

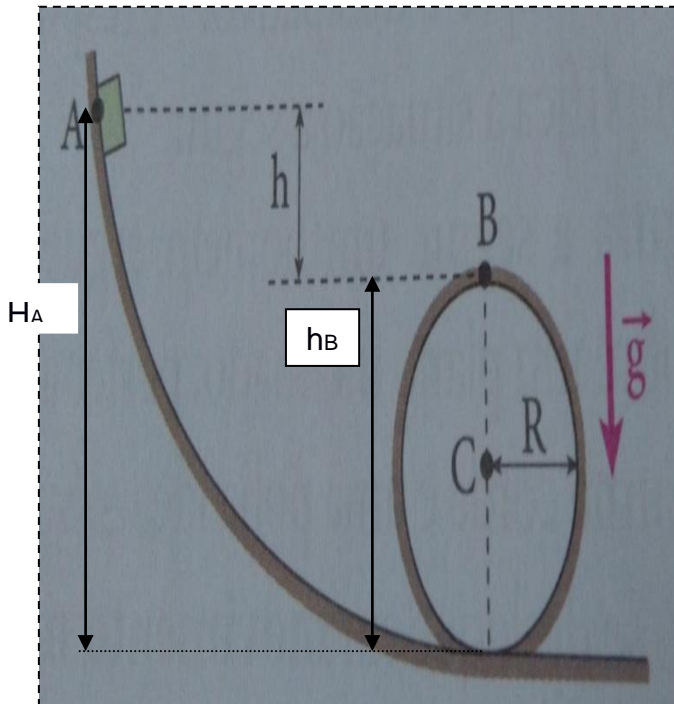
Construindo desta maneira a ideia da conservação da energia, em particular da transformação da energia potencial em energia cinética.

A.1.10 Princípio da conservação da energia mecânica (aulas 9 e 10)

Estas aulas foram utilizadas para a apresentação do princípio da conservação da energia mecânica e a resolução de uma coletânea de problemas que aparecem em vestibulares e ENEM, também foi feita a descrição teórica do funcionamento do carneiro hidráulico como sendo um sistema conservativo idealizado. Fazendo uso da figura 10.

O princípio da conservação da energia foi apresentado como sendo uma **constante** em sistemas conservativos. Ou seja, qualquer aumento da energia cinética observado decorre da diminuição da energia potencial, seja ela elástica ou gravitacional. Como aplicação particular foi demonstrado no quadro negro qual

deveria ser o desnível mínimo (h) para que uma esfera que rola sem atrito possa efetuar um looping sem perder o contato com a superfície. Seguindo um caminho alternativo ao dado no livro didático.



Para o **ponto B** temos **equilíbrio de forças** :

Peso = resultante força centrípeta

$$(I) \quad m \cdot g = m \cdot v^2 / R \quad \text{portanto} \quad v = \sqrt{g \cdot R}$$

Conservação da energia

$$(II) \quad m \cdot g \cdot H_A = m \cdot g \cdot h_B + m \cdot v^2 / 2 \quad \text{temos,}$$

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot (H_A - h_B)} ;$$

fazendo (I) = (II) demonstra-se que

$$\sqrt{2 \cdot g \cdot (H_A - h_B)} = \sqrt{g \cdot R} \longrightarrow$$

$$R = 2 \cdot (H_A - h_B)$$

Observando que para que o loop ocorra a restrição esta no desnível (h) e não depende da aceleração gravitacional, $h = H_A - h_B$:

Se $h \geq R/2$ ocorre o looping, mas se $h < R/2$ não acontece, e o objeto cai sob ação do peso.

A.1.11 Princípio da conservação da energia mecânica (aulas 11 e 12)

Montagem e funcionamento das bombas no pátio da escola com a explicação e apresentação na prática do princípio da conservação da energia aplicado a uma bomba carneiro **idealizada**.

Utilizando a figura 16: fonte de alimentação localizada a altura (h) temos energia potencial gravitacional (E_p) a qual durante o escoamento pelo cano de adução (a), conforme diminui a altura, a energia potencial será convertida em energia cinética, quando a válvula (e) se fecha, o fluido (ar + água) aprisionado na campânula (c) é pressurizado fazendo com que a energia se apresente na forma potencial elástica, conforme a pressão da campânula (c) se equilibra com a

atmosférica a água é forçada para a tubulação de recalque (r) convertendo-se em energia cinética e potencial, acumulando-se no reservatório que se encontra a altura (H), mais elevado que a fonte de alimentação.

Tratando o sistema como ideal temos a sequência de transformação de Energia Mecânica: Energia potencial (fonte de alimentação) → Energia cinética + potencial (adutora (a)) → Energia potencial elástica (campânula) → Energia cinética + Energia potencial (tubo de recalque (r)) → Energia potencial (reservatório).

A.2 ESCOLHA DOS MATERIAIS E MONTAGEM DOS CARNEIROS HIDRÁULICOS.

Para confecção dos carneiros hidráulicos optou-se por materiais de baixo custo e que pudessem ser facilmente encontrados no comércio local quando necessário, priorizando a abordagem didática em detrimento de sua funcionalidade, de modo que o custo não se tornasse um impedimento para a montagem. A escolha da montagem foi determinada em virtude de que parte dos alunos são oriundos da zona rural e em suas atividades fazem uso da irrigação como recurso produtivo, mas demonstraram desconhecimento completo desse tipo de máquina no uso de bombeio de água. Esta montagem em particular se baseou numa apresentação feita no programa Globo Rural que é bastante popular encontrada em <https://www.youtube.com/watch?v=aZAUNeNuV9w>. Acesso 15 de setembro 2016, e em um folheto da EPAGRI (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina) encontrado em <https://docslide.com.br/download/link/epagri-folder-carneiro-hidraulico>. Acesso 15 setembro de 2016.

Optou-se por montar dois equipamentos sendo um totalmente em PVC e o outro contendo as válvulas de trabalho em material metálico, a fim de análise comparativa de seu funcionamento.

MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

1. MATERIAIS:

Para montagem do primeiro carneiro hidráulico (figura 14) com válvulas de trabalho metálicas.

- 1 - 2 Te de 25 mm ($\frac{3}{4}$ pol.) rosca interna
 - 2 - 3 Niple 25 mm ($\frac{3}{4}$ pol.)
 - 3 - 1 Válvula de retenção vertical (metal) $\frac{3}{4}$ pol.
 - 4 - 1 Válvula de sucção (metal) de $\frac{3}{4}$ pol.
 - 5 - 1 Bucha redução de $\frac{3}{4}$ pol. para $\frac{1}{2}$ pol.
 - 6 - 1 Adaptador para mangueira de $\frac{1}{2}$ pol.
 - 7 - 1 Parafuso 1/4 de 10 cm (rosca até o final)
 - 8 - 3 porcas (chave 10)
 - 9 - 1 arruela
 - 11 - 1m de cano de PVC 25 mm ($\frac{3}{4}$ pol.)
 - 12 - 1 Registro de gaveta 25 mm($\frac{3}{4}$ pol.)
 - 13 - 1 Cap 25 mm ($\frac{3}{4}$ pol.)
 - 14 - 3 Adaptador cola/rosca curto 25 mm ($\frac{3}{4}$ pol.)
 - 15 - Mola: diversas fontes para obtenção (cabo de guarda-chuva, tesoura de poda, válvula hidra, etc.)
 - 16 – Adaptador de ($\frac{3}{4}$ pol.) para (1 pol.)
- Serviço de torno (válvula de sucção), 20 cm de Lixa 180,1 Fita veda rosca, 1 Cola PVC

2. EQUIPAMENTOS

Serra de cortar cano, Chave 10, Chave grifo

PROCEDIMENTO DE MONTAGEM

CARNEIRO HIDRÁULICO COM VÁLVULAS METÁLICAS

Passo 1

Embora não haja uma sequência preferencial para a montagem depois de se praticar, iniciar a montagem pela conexão em Te (1) facilita na fixação das demais

peças porque se percebe que esta é central na construção do carneiro. A figura 14 mostra o objeto montado.

Passo 2

Conectar os nípeis (peça 2) ao Te ,o primeiro a frente e o segundo a saída lateral. Na parte de trás do Te conecta-se o adaptador curto ou luva cola/rosca.

Passo 3

Conecta-se a válvula de retenção vertical (peça 3) observando que a seta indicativa fique voltada para cima.

Passo 4

Conecta-se o niple (peça 2) a extremidade da válvula de retenção vertical.

Passo 5

Conecta-se o Te (peça 1) ao niple com a saída lateral voltada para o lado.

Passo 6

A saída vertical do Te (passo 5) conectar o adaptador curto ou luva cola/rosca (peça 14), a saída lateral conecta-se a bucha redução de $\frac{3}{4}$ pol. para $\frac{1}{2}$ pol. (peça 5) , a esta se conecta o adaptador para mangueira de $\frac{1}{2}$ pol. (peça 6).

Passo 7

Ao adaptador curto (passo 6) cola-se o pedaço de cano de 70 cm com sua respectiva tampa (cap 25 mm) (peça 13).

Passo 8

Ao Te do passo 1 cola-se um pedaço de cano de 10 cm, fixa-se o registro (peça 12) e a este mais um pedaço de cano de 10 cm com um adaptador curto na extremidade (peça 14).

Passo 9

Coloca-se na extremidade do Te do passo 1 a válvula de trabalho (válvula de sucção de metal), no adaptador curto fixa-se o adaptador de 1 pol. e o respectivo adaptador para mangueira de 1 pol. onde se conectara a mangueira que vem do reservatório de água.



Figura 14: Carneiro hidráulico com válvula de metal montado pelo autor

CARNEIRO HIDRAÚLICO COM VALVULAS EM PVC.

3. MATERIAIS

- 1 Te de 1 pol.
- 1 Te de $\frac{3}{4}$ pol.
- 3 Niple de 1 pol.
- 1 Niple de $\frac{3}{4}$ pol.
- 1 Válvula de retenção vertical (PVC), entrada 1 pol. saída $\frac{3}{4}$ pol.
- 1 Válvula de sucção (PVC) de 1 pol..
- 1 Adaptador para mangueira de $\frac{3}{4}$ pol. para $\frac{1}{2}$ pol.

1 Parafuso 1/4 de 10 cm (rosca até o final).

1 garrafa PET substitui o cano de 70 cm para armazenar ar.

1 adaptador cano PVC/mangueira de 1 pol.

1 Registro de gaveta 1 pol.

3 porcas (chave 10).

1 arruela.

1 Fita veda rosca.

1 Cola PVC.

Molas diversas fontes encontradas em: (cabo de guarda-chuva, tesoura de poda, válvula hidra, etc.).

Serviço de torno (válvula de sucção)

20 cm de Lixa 180.

PROCEDIMENTO DE MONTAGEM CARNEIRO DE PVC

Para a montagem desta bomba segue-se os passos da bomba anterior, as únicas modificações são nas dimensões das peças, na composição das válvulas de trabalho que nesta será em PVC e a substituição do cano para armazenar ar por uma garrafa PET. A figura 15 ilustra o artefato depois de montado.



Figura 15: Carneiro com válvula em PVC montado pelo autor

INSTALAÇÃO DAS BOMBAS HIDRÁULICAS

Para colocar os carneiros em funcionamento é necessário um desnível em torno de 2,5m, podendo funcionar com inclinações menores. Para nossa demonstração o desnível utilizado (h) foi aproximadamente 1,8m e a altura de bombeio (H) aproximadamente 4m.

FIGURA ESQUEMÁTICA PARA A MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CARNEIRO

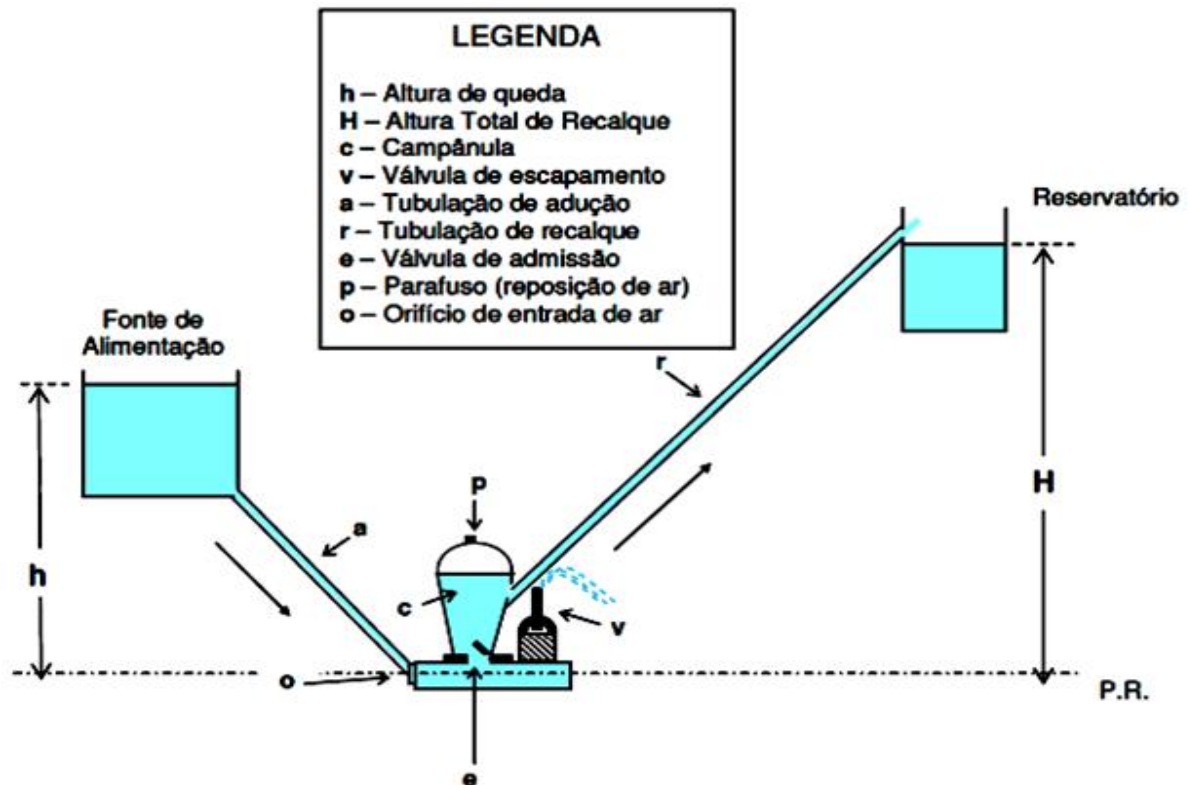


Figura 16: esquema de montagem da bomba carneiro. Fonte: UFLA

Funcionamento e rendimento da Bomba hidráulica carneiro

A quantidade de água m com velocidade v , ao atingir a válvula e , o valor da energia cinética (E_c) deve ser igual a energia potencial gravitacional

$$E_p = E_c$$

$$m \cdot g \cdot h = m \cdot v^2 / 2$$

Considerando a operação da máquina em condições ideais, a quantidade de água M que deve ser elevada a altura H será dada por:

$$m \cdot g \cdot h = M \cdot g \cdot H \quad \text{que pode ser escrita como,}$$

$M = m \cdot \frac{h}{H}$ pode se ainda substituir as massas M e m por vazão (litros/minutos) , ficando da seguinte forma,

$$q = Q \cdot \frac{h}{H} \quad \text{onde} \quad \left\{ \begin{array}{l} q : \text{vazão de recalque} \\ Q : \text{vazão de alimentação} \end{array} \right.$$

Conforme descrito por BORGES NETO e outros (2004), é estabelecido um fator de rendimento (η) onde a equação acima fica:

$$q = \eta \cdot Q \cdot \frac{h}{H} \quad (\eta < 1)$$

O fator de rendimento deve ser sempre menor que 1 numa situação real (não ideal), igual a 1 numa situação ideal (onde não há perdas de energia).

Boa parte da energia é utilizada para o próprio funcionamento da bomba como:

- Movimentar as válvulas (e) e (v).
- Comprimir o ar na campânula.
- Vencer as resistências da tubulação.
- Movimento das tubulações com o golpe de aríete, etc.

Além disso, para a aplicação da bomba $\frac{h}{H}$ é sempre menor que 1, fazendo com que o rendimento da bomba fique entre 0,3 e 0,7, ou seja 30% a 70%.

Para pressurizar a bomba e colocá-la em funcionamento é necessário abrir e fechar a válvula de trabalho (v), apertando e afrouxando o parafuso da válvula de trabalho algumas vezes até que o sistema pressurize e ela entre em funcionamento, é importante salientar que o cano de abastecimento (a) do carneiro hidráulico fique o mais reto possível, e tenha um comprimento de pelo menos 10m, com medida interna de no mínimo 1 pol. de diâmetro para que se possa obter um volume de água em movimento necessário para o funcionamento da bomba. Para nossa montagem e operação em um curto período não foi necessário o orifício de entrada de ar (o).