



USANDO UM EXPERIMENTO, A EOLÍPILA, CONTIDO EM UM APLICATIVO  
PARA FIM DE ENSINO EM CALORIMETRIA.

Leonardo Carvalho Amorim de Sousa

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) em parceria com a Universidade Federal do Piauí, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:

Dr. Ildemir Ferreira dos Santos

Teresina - PI

Junho - 2017

USANDO UM EXPERIMENTO, A EOLÍPILA, CONTIDO EM UM APLICATIVO  
PARA FIM DE ENSINO EM CALORIMETRIA.

Leonardo Carvalho Amorim de Sousa

Orientador:

Dr. Ildemir Ferreira dos Santos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) em parceria com a Universidade Federal do Piauí, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

---

Dr. Ildemir Ferreira dos Santos (UFPI)

---

Dr. Alexandre José Medeiros do Nascimento  
(UFPI/CPCE Bom Jesus)

---

Dr. Marcos Antônio Tavares Lira (UFPI)

---

Dr. José Ricardo Rodrigues Duarte (IFPI)

Teresina - PI

Junho - 2017

**FICHA CATALOGRÁFICA Serviço de Processamento Técnico da  
Universidade Federal do Piauí Biblioteca Setorial de Ciências da Natureza  
- CCN**

S726u

Sousa, Leonardo Carvalho Amorim de.

Usando um experimento, a eolípila, contido em um aplicativo para fim de ensino em calorimetria / Leonardo Carvalho Amorim de Sousa . – Teresina: 2017.

60 f.: il. Color

Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências da Natureza, Pós-graduação em Física, 2017.

Orientador: Prof. Dr. Ildemir Ferreira dos Santos.

1. Física – Estudo e Ensino. 2. Metodologia de Ensino – Aplicativo Didático. 3. Tecnologia Didática I. Título.

CDD 530.07

Dedico esta dissertação primeiramente a Deus, pelo dom da vida. À minha esposa Nathalia Napoleão, à minha filha Ana Beatriz e a toda minha família, que sempre me apoiou em todos os momentos desta etapa. Amo vocês!

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a CAPES pelo apoio financeiro por meio da bolsa concedida, a Universidade Federal do Piauí pela estrutura para que acontecessem as aulas, a equipe docente da UFPI, em especial os professores Drs. Ildemir Santos, meu orientador, e Renato Germano pela força de sempre. Agradeço também ao Instituto Federal do Piauí, que liberou 15 horas do meu regime de trabalho para este mestrado.

“Se fiz descobertas importantes, foi muito mais por tentar do que por qualquer outro talento”.

Sir Isaac Newton

## RESUMO

USANDO UM EXPERIMENTO, A EOLÍPILA, CONTIDO EM UM APLICATIVO  
PARA FIM DE ENSINO EM CALORIMETRIA.

Leonardo Carvalho Amorim de Sousa

Orientador:

Dr. Ildemir Ferreira dos Santos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) em parceria com a Universidade Federal do Piauí, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Ao apresentar a disciplina de Física no ensino médio, notamos em nossos discentes um receio inicial, parece que vai começar o tormento de suas vidas. Isto é paradoxal, visto que os alunos ficam maravilhados com os experimentos e com toda a tecnologia gerada pela evolução da Física. Esta dificuldade existe, pois os conceitos físicos são lecionados com base em muita abstração do discente e o mesmo ainda é levado a decorar muitas equações matemáticas envolvidas neste processo. Paralelamente o discente ainda possui uma deficiência enorme de relacionar a Física com algum contexto histórico, um questionário no apêndice B foi aplicado aos alunos para constatar isto. Na verdade, a maioria dos alunos pensam que a Física existe somente devido a mente de alguns gênios. Vivenciando e ouvindo sobre estas dificuldades e a necessidade de novas formas de abordagem no ensino de física, propomos uma sequência didática que engloba aspectos históricos e experimentais. Nesta proposta, o aluno fará uma viagem ao início da era Cristã, quando Heron de Alexandria (10 D.C. a 80 D.C.) desenvolveu sua Eolípila, a primeira máquina a vapor da humanidade. O aluno será guiado a explorar esta invenção de Heron, associando os fenômenos físicos envolvidos. Neste trabalho, nosso

objetivo principal foi criar uma forma dinâmica e atrativa de ensinar Física, que tenha melhores resultados que os métodos tradicionais. Logo, elaboramos uma sequência didática contida em um hipertexto para direcionar o professor e dinamizar seu tempo em sala de aula sobre o ensino de calorimetria. Dentro da sequência didática, o docente encontrará links que o levarão a conhecer fatos históricos relacionados à máquina de Heron, ao contexto histórico da época e um aplicativo, livre para smartphones que usam sistema operacional android, trazendo a referida máquina térmica em forma de quebra cabeça virtual, onde o professor irá instruir os discentes a montar a Eolípila e será levado a relacionar o conhecimento empírico do aluno aos conceitos físicos modernos que envolvem a máquina de Heron. Assim esperamos ensinar os conhecimentos de calorimetria com a participação ativa, e não passiva, dos alunos. Este método de ensino foi aplicado no IFPI campus Piripiri e notamos uma atenção maior dos alunos onde o trabalho foi aplicado seguido de uma melhoria na prova em relação aos alunos onde o trabalho não foi aplicado.

Palavras-chave: sequência didática, Eolípila, ensino de Física, calorimetria.

## **ABSTRACT**

USING A EXPERIMENT, THE EOLIPIA, CONTAINED IN AN APPLICATION  
IN ORDER TO TEACHING IN CALORIMETRIA.

Leonardo Carvalho Amorim de Sousa

Advisor:

Dr. Ildemir Ferreira dos Santos

Dissertation presented to the Graduate Program in Physics Teaching - National Professional Master's Degree in Physics Teaching (MNPEF) in partnership with the Federal University of Piauí, as a partial requirement to obtain a Master's Degree in Physics Teaching.

When presenting the discipline of Physics in high school, we notice in our students an initial fear. It seems that the torment of their lives will begin. This is paradoxical, since students are amazed by the experiments and all technology generated by the evolution of Physics. This difficulty exists because physical concepts are taught based on many abstraction of the student and the same is still led to decorate many mathematical equations involved in this process. In the meantime, student still has enormous deficiency in relating physics to some historical context, a questionnaire in Appendix B was applied to the students to verify this. Indeed, most students think that physics exists only because of the minds of some geniuses. Experiencing and hearing about these difficulties and the need for new ways of approach in physics teaching, we propose a didactic sequence that encompasses historical and experimental aspects. In this proposal the student will make a trip to the beginning of the Christian Era, when Heron from Alexandria (10 D.C. to 80 D.C.) developed his Eolípila, the first steam engine of humanity. The student will be guided to explore this Heron's invention, associating the physical phenomena involved. In this work, our main objective was to create a dynamic and attractive way of teaching Physics, which

has better results than traditional methods. We developed a didactic sequence contained in hypertext to orientate the teacher and to dynamize his time on classroom on the teaching of calorimetry. Within the didactic sequence, the teacher will find links that will lead him to know historical facts related to the Heron's machine, the historical context of time and an free application for smartphones that use android operating system. The application shows the Heron's machine in form of a virtual puzzle, where the teacher will instruct the students to mount the Eolipila and will be led to relate the student's empirical knowledge to the modern physical concepts involving the Heron's machine. Thus we hope to teach knowledges of calorimetry with active rather than passive participation of students. This teaching method was applied at the IFPI, Piripiri campus, and we noticed greater attention of the students where the work was applied followed by improvement in the test when compared class where the work was not applied.

Keywords: didactic sequence, Eolipile, physics teaching, calorimetry

Teresina  
June - 2017

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabela 1:</b> Resultado do Questionário.....      | 45 |
| <b>Tabela 2:</b> Descrição e duração das etapas..... | 56 |

## LISTA DE SIGLAS

A.C – Antes de Cristo

CENPEC - Centro de Estudos e Pesquisas em Educação, Cultura e Ação Comunitária

D.C. – Depois de Cristo

ENEM - Exame Nacional do Ensino Médio

IFPI – Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Piauí

MEC – Ministério de Educação

MNPEF – Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais

PCNEM - Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio

PRONATEC - Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego

UNICAMPI - Universidade Estadual de Campinas

## LISTA DE FIGURAS

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Figura 1:  | Sistema de engrenagens por dentes de Heron.....            | 29 |
| Figura 2:  | Sistema de engrenagens por eixo de Heron.....              | 29 |
| Figura 3:  | Associação de polias por dentes em um violão.....          | 30 |
| Figura 4:  | Associação de polias por dentes e eixos em um relógio..... | 30 |
| Figura 5:  | Associação de roldanas fixas e moveis.....                 | 30 |
| Figura 6:  | Associação de roldanas em um guindaste.....                | 31 |
| Figura 7:  | Associação de roldanas em aparelhos de academia.....       | 31 |
| Figura 8:  | Seringa de Heron.....                                      | 32 |
| Figura 9:  | Porta automática no templo da deusa Atena.....             | 32 |
| Figura 10: | Máquina a Vapor de Heron – Eolípila.....                   | 33 |
| Figura 11: | Imagem de abertura do aplicativo.....                      | 42 |
| Figura 12: | Aplicativo montado correto.....                            | 43 |
| Figura 13: | Aplicativo montado incorreto.....                          | 43 |

# Sumário

|  |           |
|--|-----------|
| <b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO .....</b>                 | <b>15</b> |
| <b>CAPÍTULO 2 - REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>        | <b>21</b> |
| 2.1. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....                 | 21        |
| 2.2. SEQUÊNCIA DIDÁTICA E HIPERTEXTO .....           | 23        |
| 2.3 HERON DE ALEXANDRIA.....                         | 26        |
| 2.4 CALORIMETRIA .....                               | 33        |
| <b>CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA.....</b>                 | <b>38</b> |
| 3.1. METODOLOGIA DA PESQUISA.....                    | 38        |
| 3.2. METODOLOGIA DO ENSINO .....                     | 40        |
| <b>CAPÍTULO 4 - RESULTADOS OBTIDOS.....</b>          | <b>45</b> |
| <b>CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>       | <b>49</b> |
| <b>CAPÍTULO 6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b> | <b>51</b> |
| APÊNDICE A .....                                     | 54        |
| APÊNDICE B .....                                     | 59        |

## Capítulo 1 - Introdução

Uma das motivações da criação, da essência do Mestrado Profissional em Ensino de Física e da pesquisa em ensino, é encontrar formas mais atrativas e eficientes para o ensino de Física. Os alunos estão cada vez mais dispersos nas aulas tradicionais expositivas e de pura abstração. É preciso uma mudança neste método de ensino. Quando é levado algum experimento para a sala de aula, seja ele real ou virtual ou quando nos envolvemos em alguma atividade prática como em feiras de ciência, é notório que a maioria dos discentes se empenham mais, ficam mais focado. Temos consciência que não são todos que gostam deste tipo de atividade, mas durante o ano letivo temos muitas aulas expositivas, logo, temos que apresentar algo diferente, se nossos alunos são diferentes, a forma de ensino não podem ser sempre a mesma. Esperamos gerar um ambiente mais rico para o ensino e propício à aprendizagem potencialmente significativa. Marco Antônio Moreira comenta sobre esta necessidade de mudarmos a didática de ensino.

É hora de abandonar o ensino tradicional, clássico, do tipo narrativo, ou seja, narrar, explicar “direitinho” o que os alunos devem copiar, decorar e reproduzir nas provas. Esse tipo de ensino é uma perda de tempo. Todos sabemos que pouco sobra dele após as provas. Acabamos aprendendo, mesmo, quando nos tornamos professores e/ou pesquisadores em Física.

O estilo “aulas teóricas e resolução de problemas” é medieval, superado. Não tem sentido continuar com ele em pleno século XXI. O ensino hoje deve ser centrado no aluno, com participação ativa do aluno e o professor como mediador. Isso não significa minimizar o papel do professor. Ao contrário, o professor é muito mais importante como mediador, como facilitador, da aprendizagem do aluno do que como repetidor (na lousa ou em slides PowerPoint) do que está no livro. (M.A.Moreira, 2012, p1.).

No ensino de Física tradicional, onde o professor explana o conteúdo, resolve questões e os alunos são apenas agentes passivos deste processo, a aprendizagem e o próprio ensino são cobrados apenas com resolução de questões, isto é pouco para a diversidade de acesso a informações que o docente possui atualmente, não que seja o momento de parar com a resolução

de questões, mas é preciso ir além disto, os discentes precisam entender significativamente os conteúdos. É ensinado aos alunos, técnicas de resolver questões com circuitos elétricos, mas o mesmo não é colocado para trocar algo elementar, como um resistor. A maioria não reconheceria um simples disjuntor ou identificaria o fio de tensão com o uso de uma chave teste. Além disso, os discentes relacionam muito pouco a Física com algum momento histórico de nossa sociedade. Com isto, nossos alunos acabam por pensar que a Física só existe devido apenas a lampejos de pessoas “geniais”, tais como Newton, Einstein, Galileu entre outros. A ideia deste trabalho é incentivar o professor a um processo de ensino potencialmente significativo: O “fazer”. Ao invés de simplesmente ficar “sentado ouvindo uma explicação”, o mesmo vai tentar montar um experimento histórico, a eolípila de Heron, e no processo de construção deste experimento, o docente, quebrando paradigmas, acrescentará conhecimentos novos em cima do que os discentes já possuem, mas desta vez de forma potencialmente significativa. Para Andrade e Massabni os docentes não podem deixar de lado o ensino com práticas experimentais.

Os professores, ao deixarem de realizar atividades práticas podem estar incorporando formas de ação presentes historicamente no ensino, pautado por uma abordagem tradicional, sem maiores reflexões sobre a importância da prática na aprendizagem de ciências. (Andrade; Massabni, 2011, p. 836)

Neste trabalho, será usada como base teórica a teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e a interpretação da mesma sobre o “olhar” de outros teóricos, onde um novo conhecimento, os conceitos modernos sobre calorimetria, somado com o conhecimento antigo (o conhecimento prévio do docente) tende a melhorar o processo ensino. Como Postman e Weingartner afirmam, a aprendizagem pode ser feita a partir do que já sabemos.

Podemos, ao final das contas, aprender somente em relação ao que já sabemos. Contrariamente ao senso comum, isso significa que se não sabemos muito nossa capacidade de aprender não é muito grande. Esta ideia – por si só – implica uma grande mudança na maioria das metáforas que direcionam políticas e procedimentos das escolas. (Postman e Weingartner, 1969, p. 62).

Somada a ideia desta abordagem experimental, temos as propostas dos Parâmetros Curriculares Nacionais dirigidas ao ensino médio (PCN e PCN+: Disponível em: [www.mec.gov.br/seb/ensmed/pcn](http://www.mec.gov.br/seb/ensmed/pcn)) bem como as Diretrizes Curriculares para os Cursos de Graduação (Disponível em: [www.mec.gov.br/Sesu/diretriz](http://www.mec.gov.br/Sesu/diretriz)) que trouxeram para um novo patamar as discussões sobre a prática docente no Ensino Médio e no Ensino Superior.

É notório que os discentes estão imersos em uma linguagem com muita influência em informática e é de extrema necessidade que as aulas se adéquem a esta linguagem, assim estes alunos estarão mais atentos ao nosso universo científico. A utilização de recursos computacionais é uma estratégia didática que pode trazer inúmeras contribuições ao ensino de Física. Nas escolas, o computador e o smartphone podem ser uma ferramenta importante na compreensão dos conteúdos, simulação de fenômenos físicos e interpretação de dados qualitativos e quantitativos.

Projetos como o PROFUNCIÓNÁRIO criado pelo MEC ([http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_docman&view=download&alias=606-informatica-aplicada-a-educacao&Itemid=30192](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=606-informatica-aplicada-a-educacao&Itemid=30192)) em parceria com a UnB mostra quão necessário é a inclusão da informática na educação.

Do mesmo modo que “o fazer” ciência muda, vejamos alguns exemplos: Os filósofos gregos eram adeptos dos conhecimentos empíricos, o saber era muito importante, já os pensadores iluministas e pós-iluministas, como Galileu Galilei, eram focados no método científico, que tem como base quatro etapas básicas: observar, reproduzir, elaborar e provar. Não era só o conhecimento por ele só, mas o que ele poderia modificar na sociedade. Mas agora possuímos uma ferramenta que muitos destes filósofos ou cientistas nunca tiveram: as experiências computacionais. Podemos simular muitos experimentos empíricos ou de pensamento em uma tela e mostrar para o nosso aluno possibilidades que este só poderia ter em nível de abstração. Se o modo de “fazer” ciência é um processo que evolui de acordo com as condições contemporâneas, por que a forma de ensiná-la tem que ser estática? Para refletirmos um pouco: imaginemos uma pessoa que estava assistindo a aula de Física na década de sessenta e subitamente fosse trazida para os dias atuais como uma viagem no tempo, sem passar pelas transformações que a

sociedade passou, sem estar presente nesta inserção destas novas comunicações, como as “redes sociais”, esta ficaria surpresa com as pessoas deslizando o dedo por uma tela em um aparelho retangular, obtendo informações do mundo todo ou jogando com gráficos que esta pessoa não tinha visto em telas do melhor cinema de sua cidade. Esta pessoa se sentiria totalmente deslocada ou no mínimo surpresa com toda a tecnologia ao seu redor, mas se esta pessoa passar do lado de uma sala de aula e observar o professor de lecionando, será seu momento nostálgico, pois a aula é muito parecida com a que ela acabara de ter.

Precisamos de um planejamento de inserção destas tecnologias em sala de aula, pois estas têm que estar inseridas em nosso trabalho e não ser uma vilã, como, por exemplo, no município de Tio Hugo no Rio Grande do Sul, foi proibido a entrada de alunos na escola Municipal Antônio Parreiras portando aparelhos smartphones. Esta decisão foi tomada em conjunto com pais e mestres da referida escola e apoiada pela secretaria municipal de educação (<http://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2016/07/alunos-sao-proibidos-de-entrar-com-telefone-celular-em-escola-do-rs.html>). Estas tecnologias como o smartphone, podem e devem ser usadas para ajudar no processo ensino. Neste contexto, este trabalho é uma proposta de uma sequência didática contida em um hipertexto com o uso do smartphone por meio um aplicativo pré-instalado que trará a eolípila de Heron em forma de quebra cabeça para ser montado pelo discente de forma empírica, é importante que o aluno ainda não tenha os conceitos modernos sobre: conceito, propagação e tipos de Calor.

O aprendizado pela descoberta é uma forma de ensino que deve, assim que possível ser usada no ensino de Física. Muitos experimentos são realizados com esse intuito, apesar de a maioria das escolas não apresentarem estrutura adequada. Cada vez mais, nós professores, devemos buscar novos métodos de ensino dos conteúdos, nossos alunos são heterogêneos, não podemos ser homogêneos. Um método que não podemos deixar de lado é a utilização computacional com algum tipo de simulação, esta permite ao aluno uma melhor compreensão dos fenômenos em geral, e de fácil manuseio e execução, é melhor ver ao imaginar. Lógico que este processo não pode

substituir a capacidade de abstração do discente, mas deve auxiliar na compreensão do mesmo.

Os PCN (Parâmetros Curriculares Nacionais) trazem uma proposta para um novo tratamento da Física, assim como a evolução da mesma, temos que repensar nossa proposta de ensino a todo o momento, sair do conforto. Para nós docentes é muito tranquilo reproduzir as mesmas aulas, é uma zona de conforto, mas nossos discentes não são os mesmo e nunca serão, a sociedade tem se mostrado sempre com necessidades a mudanças, nós, professores também.

Historicamente, o conhecimento científico centrou-se em estudos de natureza empírica sobre observações sem as devidas elaborações e comprovações. Os modelos explicativos foram gradualmente se desenvolvendo conforme a concepção de cada época e, atualmente, o conhecimento científico em geral e o da Física em particular requerem o uso constante de modelos extremamente elaborados. Assim, em consonância com a própria história do desenvolvimento desta ciência. (PCNEM, 1999).

Usando um aplicativo para Android, foi escolhido este tipo de sistema operacional, pois é o mais usado e acessível em nosso país, esperamos criar um ambiente propício a aprendizagem significativa, pois esta tecnologia se encontra muito presente no cotidiano do aprendiz. O computador já não é mais tão motivacional para nosso discente, o foco agora são os smartphones, pois estes parecem extensões do corpo dos mesmos. É preciso deixar a sala de aula em clima propício a aprendizagem e paralelo com este desafio propomos recriar um experimento histórico usando um aplicativo para smartphone para termos um clímax diferente das simples aulas expositivas, lembremos que a este método de ensino é necessário e importante no processo de ensino, o proposto é buscar uma nova abordagem.

Retratar um contexto histórico também é muito importante, o discente tem uma visão que a tecnologia só surgiu na primeira revolução industrial, que os filósofos gregos erraram em suas teorias e isso não é verdade. É preciso dar os créditos devidos a estes pensadores que fizeram parte da criação e evolução da ciência como conhecemos hoje. Tales de Mileto, Aristóteles, Pitágoras, Heron, Arquimedes, Ptolomeu entre outros não podem ser julgados

por erros, eles se esforçaram, concluíram e diferenciaram-se como poucos. E para o contexto político-social em que viviam podemos ter a certeza de que eles foram tão importantes como muitos a quem creditamos a ciência de hoje como Einstein, Newton, Darwin entre outros.

Neste trabalho vamos utilizar uma sequência didática contida em um hipertexto, baseada nas contribuições de Heron de Alexandria, dedicado matemático e construtor. Ele construiu máquinas fabulosas, entre elas, a Eolípila, uma espécie de máquina a vapor. É esta máquina que reproduziremos em forma de aplicativo, funcionando como um quebra-cabeça virtual para ser montada pelo discente de forma empírica, sem os conhecimentos modernos sobre calorimetria. Esperamos assim produzir uma aula potencialmente significativa para o discente, que o mesmo tenha um processo diferente de aprendizagem com o aprender fazendo e que este adquira uma concepção que seu aparelho celular também serve para cunho educacional.

No capítulo seguinte, abordaremos o referencial teórico na qual é baseado o trabalho.

## Capítulo 2 - Referencial Teórico

### 2.1. Aprendizagem Significativa

Podemos destacar duas formas de aprendizagem: Significativa e a Mecânica. De acordo com Moreira, para a aprendizagem ser significativa, o discente tem que possuir conhecimentos prévios cognitivos ou subsunçores sobre o assunto que o docente está ensinando. A aprendizagem mecânica ocorre quando o discente não consegue relacionar o conteúdo novo ou relaciona muito pouco com alguma ideia já presente no seu cognitivo.

Segundo Ausubel (1982), quando a aprendizagem significativa não se efetiva, o aluno utiliza a aprendizagem mecânica, assim o conteúdo é simplesmente decorado, não sendo significativo para ele, é armazenado de maneira isolada, podendo inclusive esquecê-lo em seguida. É o caso de estudantes que depois de fazer a prova, esquecem tudo o que lhes foi ensinado.

Quando lecionamos a disciplina de Física, ou qualquer outra, comentamos sobre conceitos que pertencem ao cotidiano do aluno e outros que o mesmo jamais teve contato, logo a aprendizagem alternará entre mecânica e significativa. Moreira e Salzano relatam a necessidade da aprendizagem mecânica.

A aprendizagem mecânica é sempre necessária quando um indivíduo adquire informação numa área do conhecimento completamente nova para ele. Isto é, a aprendizagem mecânica ocorre até que alguns elementos de conhecimento, relevantes a novas informações na mesma área, existam estrutura cognitiva e possam servir de subsunçores, ainda que pouco elaborados. (Moreira e Salzano, 2001, p19).

Subsunçores ou conhecimentos prévios cognitivos são informações que o aluno já possui devido a suas experiências em casa, na rua ou na escola. Exemplo: todos os nossos alunos sabem que uma panela no fogo esquenta, cabe ao professor de Física aproveitar este subsunçor e acrescentar um conhecimento mais elaborado, como do fogo sai energia para a panela e que esta energia recebida é a responsável por sua temperatura ter se elevado. O

subsunçor de que a panela simplesmente esquenta está agora mais encorpado, o aluno sabe que ela teve sua temperatura elevada, pois recebeu energia do fogo. Esta nova informação ainda não está pronta, logo a mesma será usada de subsunçor para novos conceitos. Assim vamos evoluindo os conceitos de forma potencialmente significativa.

Esta nova forma de aprendizagem significativa, na qual uma nova ideia, um novo conceito, uma nova proposição, mais abrangente, passa a subordinar conhecimentos prévios é chamada de aprendizagem significativa superordenada. Não é muito comum; a maneira mais típica de aprender significativamente é a aprendizagem subordinada, na qual um novo conhecimento adquire significado na ancoragem interativa com alguns conhecimentos prévio relevante. (Moreira, 2012, p.16).

Para uma aprendizagem significativa, a aula deve possuir três partes que são: CONSTRUÇÃO DE SENTIDO, APRESENTAÇÃO DO CONTEÚDO e VERIFICAÇÃO DA APRENDIZAGEM. Para a “construção do sentido” o discente precisa relacionar o novo conceito com algo que ele já conhece, o aluno deve sentir o novo conteúdo e não, simplesmente assimilá-lo. Mas quando está sentindo, não se está diferenciando, este é o momento da apresentação do conteúdo e de diferenciá-lo com o conhecimento empírico do discente.

É importante destacar que esta forma de aprendizagem não é eterna, os subsunçores precisam ser ativados na estrutura cognitiva do aluno. Segundo Moreira a estrutura cognitiva é um conjunto de subsunçores interligados entre si. Se forem hierarquicamente subordinados entre si formam a aprendizagem subordinada e se forem apenas relacionados passa a ser uma aprendizagem superordenada. Nós possuímos uma estrutura cognitiva cheia de subsunçores, uns mais usados e por isso melhor elaborado, outros não e acabam caindo no esquecimento. Mas um conteúdo abstraído de forma significativa sempre será mais fácil de reaprendermos do que outro que foi aprendido de forma mecânica.

A estrutura cognitiva é caracterizada por dois principais processos:

✓ A diferenciação progressiva: consiste em atribuir novos significados a um subsunçor, assim este vai ficando mais rico e refinado, por

exemplo: A panela em contato com o fogo fica quente, pois recebe energia do fogo devido à diferença de temperatura; a panela não estava quente, ele teve sua temperatura elevada, graças a energia recebida pelo fogo devido à diferença de temperatura.

✓ A reconciliação integradora: ocorre paralela a diferenciação progressiva e consiste em eliminar conceitos errados e integrar significados, por exemplo: A panela não pode estar quente, pois quente é uma sensação térmica que temos ao tocar em objeto que está a uma temperatura elevada.

A aprendizagem significativa depende também do material ser ou não potencialmente significativo para o aluno e entendo que a reconstrução de um experimento histórico e o reconhecimento de que a tecnologia da revolução industrial foi construída no século I é potencialmente significativo.

Na próxima seção temos os conceitos e o porquê de se usar uma sequência didática contida em um hipertexto.

## **2.2. Sequência Didática e hipertexto**

A educação, dentre vários aspectos de transformação, é um instrumento de mudança social e é preciso levá-la muito a sério. Segundo Paulo Freire, “*a educação não muda o mundo, ela muda as pessoas e as pessoas mudam o mundo*”. E como professores cientes e comprometidos com esta realidade, é necessário a dedicação ao máximo para proporcionar isto ao discente. Neste contexto o conteúdo e a forma de abordagem devem ser modificados, sempre que possível, para uma melhor compreensão e entendimento dos mesmos. Mas o tempo é escasso em sala de aula e a quantidade de conteúdos abordados em cada disciplina é muito se comparado com a quantidade de aulas que se tem por semana. O exame nacional do ensino médio (ENEM) que seleciona os discentes para a maioria das instituições de ensino superior do Brasil, se tornou a maior referência para a quantidade de assuntos abordados no plano de aula em cada disciplina, e os professores que escolheram os conteúdos a serem abordados, poderiam ter mudado este contexto, no início até se fez assim, o exame tinha questões mais direcionadas para o cotidiano do discente do que com a especificidade de cada disciplina, mas infelizmente isto tem mudado nos últimos anos, como relata a reportagem “PROFESSORES

DIZEM QUE ENEM ESTÁ MAIS CONTEUDISTA” da Agência Brasil, contida no site <http://agenciabrasil.ebc.com.br/educacao/noticia/2015-10/professores-dizem-que-enem-esta-mais-conteudista>, enfatiza exatamente o relato feito.

Com esta referência tendendo cada vez mais para o conteúdo, as escolas públicas ficam comprometidas com poucas aulas por semana para cada disciplina, exemplo: no IFPI - Campus Piripiri tem-se duas aulas Física por semana nos cursos de ensino médio integrado ao técnico, logo, é necessário que se tenha novos métodos de ensino-aprendizagem. Muitos professores estão sobrecarregados com a quantidade de aulas a ministrar e a sequência didática é uma boa alternativa de trabalho, onde o caminho já está parcialmente traçado, o professor deve usá-la com um guia, Isso não implica em processo engessado, mas funciona como um norte direcionador.

Segundo Amaral, Mestre em educação e pesquisadora do Centro de Estudos e Pesquisas em Educação, Cultura e Ação Comunitária (Cenpec), a sequência didática é um conjunto de atividades ligadas entre si, planejadas para ensinar um conteúdo, etapa por etapa. Organizadas de acordo com os objetivos que o professor quer alcançar para a aprendizagem de seus discentes, elas envolvem atividades de aprendizagem e de avaliação.

O docente necessita, muitas vezes, modificar o que tinha sido pensado, mudar o rumo dos encaminhamentos previstos. No entanto, muitas vezes, as mudanças são necessárias e garantem melhor participação dos estudantes. O profissional que tem o controle de sua ação didática, que tem consciência das possibilidades e limites dos estudantes, é aquele que é capaz de considerar a realidade da criança, que defende a necessidade de voltar-se diariamente para o já feito e de reorganizar a rotina, de modo a adequá-la e cada realidade. (Guedes-Pinto et al, 2007, p. 23).

Uma boa sequência didática deve ser composta de tema, objetivo, justificativa, conteúdo, público-alvo, tempo estimado para cada aula, número de aulas necessárias, material necessário, desenvolvimento, avaliação e (ou) algo mais que se faça necessário.

Neste trabalho a sequência didática estará contida em um hipertexto, diferente do que o nome parece propor o hipertexto não é um texto enorme, e não precisa, necessariamente, ser lido em ordem de começo, meio e fim. Nele,

o professor pode ler direto uma parte da sequência didática que mais o interessa, ou baixar o aplicativo da Eolípila e usar como achar mais conveniente em sua atividade docente, ou ainda pesquisar em um dos links que o seja conveniente. No hipertexto têm-se textos dentro de textos através de links para acesso a provedores na internet.

O hipertexto é um documento digital composto por diferentes blocos de informações interconectadas. Essas informações são amarradas por meio de elos associativos, os links. Os links permitem que o usuário avance em sua leitura na ordem que desejar. Além do modelo hipertextual baseado no binômio “elos & blocos de textos”, existem sistemas com outros tipos de estruturas interativas (relações, séries de Petri, etc). Através dessas estruturas interativas, o leitor percorre a trama textual de uma forma única, pessoal. (Leão, 2005, p. 15-16).

A internet é, sem dúvidas, uma fonte de pesquisa que parece ser inesgotável, mas a forma de acessar estas informações neste universo ainda é muito mecânico, é como uma bomba atômica para matar uma formiga. Para alguns professores e alunos ainda é muito difícil encontrar o que se deseja e o hipertexto apresenta links com informações exatamente onde se deseja, mas há que se destacar que cada link do hipertexto terá uma rede própria.

...um hipertexto é um conjunto de nós ligados por conexões. Os nós podem ser palavras, páginas, imagens, gráficos ou partes de gráficos, sequências sonoras, documentos complexos que podem eles mesmos ser hipertextos. Os itens de informação não são ligados linearmente, como em uma corda com nós, mas cada um deles, ou a maioria, estende suas conexões em estrela, de modo reticular. Navegar em um hipertexto significa portanto desenhar um percurso em uma rede que pode ser tão complicada quanto possível. Porque cada nó pode, por sua vez, conter uma rede inteira. (Lévy, 1993, p.33).

Combinando o hipertexto com a sequência didática tem-se a intenção de proporcionar ao docente um modelo de aula a se seguir e também um guia de pesquisa direcionado.

No item seguinte vamos descrever o contexto histórico e as motivações para que Heron tenha construído a primeira máquina a vapor da humanidade.

## 2.3 Heron de Alexandria

A filosofia grega deve e em muito as antigas civilizações do oriente, como a Egípcia e Mesopotâmica. Estas usaram o conhecimento de forma isolada de acordo com suas necessidades, exemplo:

- ✓ A astrologia era necessária para regular o calendário;
- ✓ A geometria para medir os campos;
- ✓ A aritmética e o sistema de pesos e medidas para cobrar impostos;
- ✓ A medicina tinha sua utilidade evidente;

Segundo Evangelista, 2011, os gregos tinham uma visão de mundo em movimento, a Terra sendo o centro de tudo e a partir deste ponto o restante se explicaria. Os gregos têm algo a mais de diferente do resto do mundo, eles gostam do conhecimento pelo conhecimento e se tornam uma “*raça de pensadores*”. A civilização grega começa a construir uma filosofia racional e busca explicações diferentes das simples associações a Deuses.

Comparada ao conhecimento empírico e fragmentário que os povos do oriente tinham laboriosamente recolhido durante vários séculos, a ciência grega constitui verdadeiro milagre. A mente Humana, pela primeira vez, concebe a possibilidade de um número limitado de princípios, reduzindo deles certas verdades que são rigorosas consequências deles. (Farrington, p. 10, 1961).

Com a morte de Alexandre “o grande” em 323 A.C. o seu império foi dividido em três regiões governadas por seus generais:

1. A Grécia e a Macedônia ficaram com Antígono e sua dinastia;
2. A Pérsia e a Babilônia ficaram com Seleuco e sua dinastia;
3. O Egito ficou com Ptolomeu I Sóter.

O foco de nosso estudo é a região três, onde foi construído um museu e uma biblioteca, este conjunto ficou conhecido como a biblioteca de Alexandria. Na verdade não pensemos como uma simples biblioteca, onde as pessoas sentariam para ler e tomar café. A biblioteca era um centro de estudos avançados que atraiu pessoas notáveis de várias partes do mundo, como: Euclides e Arquimedes.

Pouco se sabe sobre a estrutura da biblioteca, segundo o geógrafo grego Estrabão, pois quase ninguém sobreviveu da biblioteca depois de ter sido queimada pelos romanos.

Ela era uma extensão dos palácios reais (que ficava próximo ao porto), com um passeio público, uma colunata coberta, com assentos, e um grande refeitório comum. Presumivelmente, contudo, havia também outras salas onde se faziam discursos e pesquisas, assim como um museu verdadeiro e a própria biblioteca. Além do mais, devia ser equipado com alguns instrumentos astronômicos. (Ronam, pag.116, 1987).

A coleção de livros que compunha o núcleo da biblioteca foi montado por dois gregos, Demétrios e Estrabão, ambos escritores. Já Euclides que trabalhou na biblioteca entre 320 a 260 A.C. fundou a grande escola de matemática do museu, a influência de Euclides é tamanha que considera-se seu método de síntese, seus axiomas, postulados, teoremas e provas o pensamento que mais afetou o pensamento do ocidentes.

A biblioteca de Alexandria se tornou muito famosa e é razoavelmente certo que Arquimedes também tenha passado um tempo por lá e difundido suas ideias como: associação de polias, parafuso infinito, o empuxo entre outras. Uma passagem importante desta época une Arquimedes a Heron, Heron teria o perguntado qual o tamanho de um peso que pudesse ser movido por uma pequena força, Arquimedes respondeu que com o uso correto de alavancas, ele poderia mover o mundo. E formula famosa frase: “Deem-me um ponto de apoio e uma alavanca e moverei o mundo”. Arquimedes justificou e mostrou a Heron que ele sozinho podia mover um navio de três mastros com auxílio de alavancas e de polias.

Heron foi matemático e também engenheiro grego que teve seu auge de produção provavelmente no Mouseion, instituição de ensino ligada a biblioteca de Alexandria no Egito. Apesar de um nome muito comum na época, o que dificulta datar a época de sua longevidade, a maioria dos escritores datam Heron no primeiro século depois de cristo. Isto com base na descrição que Heron fez sobre um eclipse lunar em seu livro Dioptra, o tal eclipse provavelmente ocorreu em março de 62 D.C.

Distintamente de muitos da sua época, usava uma linguagem simples e ao mesmo tempo muito detalhada em seus escritos e experimentos, por que escritos e não livros? A biblioteca de Alexandria ao ser queimada, pelos romanos, tem muitos de seus documentos saqueados, alguns destes documentos foram recuperados e creditados a seus devidos donos. Não foi uma tarefa fácil, muitas obras de Heron foram contestadas, mas há citações como a que ele faz a Apolônio e que ele recebe de Pappus, ajudaram a comprovar a proeza de seus feitos.

É muito importante salientarmos que nesta época a tecnologia não era motivacional para o avanço da filosofia e da ciência.

É importante salientar que, no mundo antigo, a tecnologia não era considerada como muito importante para o crescimento da filosofia. O motivo dominante na filosofia era entendimento ou sabedoria, enquanto a conexão entre ciência e tecnologia não era tão extensa como é hoje. Neste contexto, Heron, bem como os outros engenheiros, foram a exceção lateral. (Evangelos, apud Lloyd, 1991).

Neste contexto, Heron vislumbra várias teorias, como o conceito de vácuo, que para nós é muito bem concebido, mas para muitos de sua época, não era um conceito bem aceito. Para tentar provar que estava certo, Heron monta um artefato formado de uma esfera oca e contendo um cilindro, também oco, conectado a mesma. Ele experimentalmente constata que ao soprarmos uma compressão é feita dentro da esfera e que ao aspirarmos uma descompressão é feita na mesma, esta compressão ou descompressão seria o ar agindo com os espaços vazios dentro da esfera.

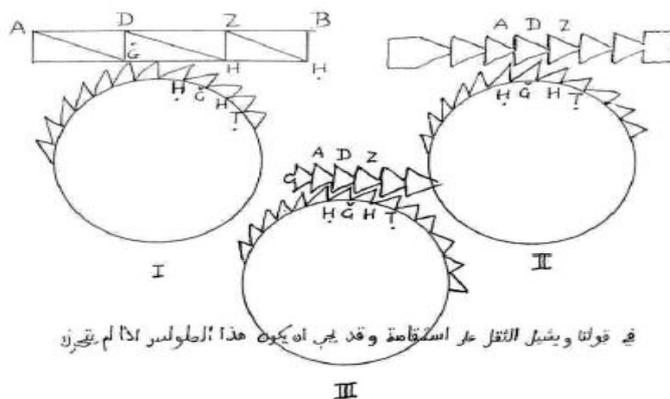
É este método de tentar mostrar que estava certo com o auxílio de experiências físicas que faz de Heron um inventor de maquinários capazes de demonstrar suas ideias e ter certo apelo visual para as pessoas em geral. A produção de máquinas por Heron é de fato considerável, ele monta máquinas usando sistema de engrenagens com polias moveis e fixas, monta um experimento no templo da Deusa Atenas com portas automáticas usando energia do fogo, que leva alguns pensadores a imaginarem em uma revolução industrial, já nesta época. Fábio Marton relata esta possibilidade e conclui que não seria possível, não por falta de tecnologias, mas porque a mão de obra era

escrava. O historiador Pedro Paulo Funari da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) afirma que: “No fundo é simples, não houve uma revolução industrial nesta época porque existia trabalho escravo, durante uma guerra você mata os inimigos ou os poupa para serem escravos, portanto era um ato humano poupar a vida de alguém que queria matá-lo”. Logo, não tinha porque criar máquinas que substituíssem o trabalho humano, assim as máquinas de Heron tem uma finalidade maior de entreter e divertir em vez de substituir o trabalho humano.

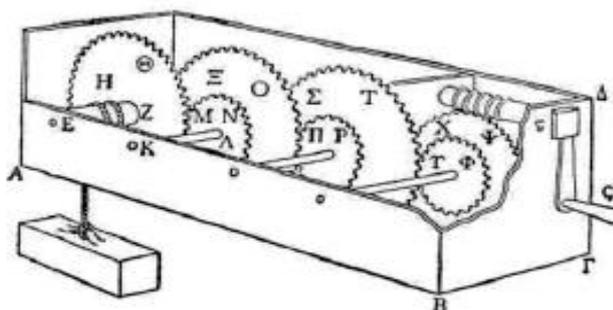
Heron junto com Arquimedes e outros vislumbraram a filosofia para produzir tecnologia, embora não tivesse como foco a substituição do trabalho humano, assim surgem fabulosas e engenhosas máquinas. Segue abaixo algumas destas invenções relacionadas com certa área do conhecimento e o legado deixado pelas mesmas.

## EM MECÂNICA:

### ✓ SISTEMA DE ENGRENAGENS:



**Figura 1:** Parafuso sem fim (engrenagem helicoidal). Inscrições em árabe (Drachmann, 1963). A figura é usada para calcular o índice de velocidade das engrenagens.



**Figura 2:** Sistema de engrenagens por eixo de Heron. (Thomas, 2005).

Nas imagens (Figuras 1 e 2) temos um sistema de associação de polias interligadas por dentes e o uso de parafusos infinitos que permitem um movimento contínuo. Hoje em dias temos esta aplicação em todos os motores a combustão, a diferença é que a transmissão hoje é feita por uma correia dentada. Já nas tarraxas dos violões e nas engrenagens de relógios temos esta exata reprodução (Figuras 3 e 4).

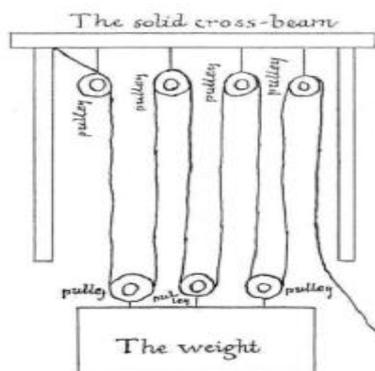


**Figura 3:** Associação de polias por dentes em um violão. ([https://www.google.com.br/search?rlz=1C1CHJW\\_enBR750BR750&tbm=isch&q=tarraxa&chip=s=q:tarraxa,g\\_1:viol%C3%A3o&sa=X&ved=0ahUKEwjFr\\_PC58PVAhVIh5AKHTegCLwQ4IYIKCgA&biw=1366&bih=638&dpr=1#imgrc=XZiDD75k-6CaUM:](https://www.google.com.br/search?rlz=1C1CHJW_enBR750BR750&tbm=isch&q=tarraxa&chip=s=q:tarraxa,g_1:viol%C3%A3o&sa=X&ved=0ahUKEwjFr_PC58PVAhVIh5AKHTegCLwQ4IYIKCgA&biw=1366&bih=638&dpr=1#imgrc=XZiDD75k-6CaUM:))



**Figura 4:** Associação de polias por dentes e eixos em um relógio. (<http://www.vendas3i.com.br/>)

### ✓ ASSOCIAÇÃO DE ROLDANAS:



**Figura 5:** Associação de roldanas fixas e moveis. (Drachmann, 1963).

Agora tem-se uma associação de roldanas fixas e roldanas móveis (Figura 5), neste tipo de associação cada roldana móvel reduz à força resistente (No caso, o bloco a ser levantado) a metade. Este arranjo é muito usado hoje em engenharia civil e academias de musculação (Figuras 6 e 7).



**Figura 6:** Associação de roldanas em um guindaste. (<https://pt.dreamstime.com/foto-de-stock-guindaste-de-constru%C3%A7%C3%A3o-com-polia-image49915130>).



**Figura 7:** Associação de roldanas em aparelhos de academia. ([http://www.sobiologia.com.br/conteudos/oitava\\_serie/mecanica20.php](http://www.sobiologia.com.br/conteudos/oitava_serie/mecanica20.php)).

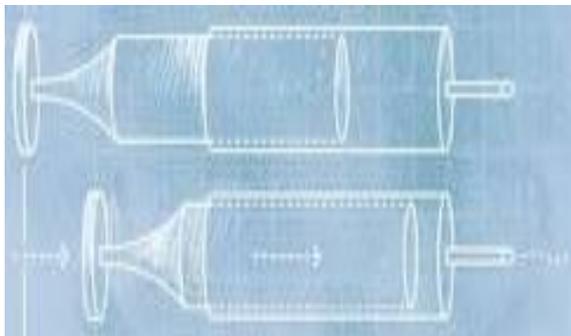
### **EM TERMODINÂMICA:**

É exatamente nesta área do conhecimento que Heron monta a tecnologia da revolução industrial, isso mesmo, no século I, dezessete séculos antes de toda a revolução que aconteceu na Inglaterra. O que nos leva a pensar: se a tecnologia estava pronta, por que a mesma não aconteceu?

Há duas boas razões para que a revolução industrial não tenha acontecido contemporaneamente a Heron e a ascensão da Biblioteca de Alexandria. A primeira é que a biblioteca foi invadida e queimada pelos romanos; a segunda é que o uso da mão de obra escrava faz com que não se tenha o interesse de criar máquinas que substitua o trabalho humano.

Em seu livro “PNEUMÁTICA” Heron publica uma serie de máquinas usando pressão como forma de realizar trabalho como:

A seringa (Figura 8) usada até hoje pelos profissionais da saúde, esta usa o princípio da impenetrabilidade dos fluidos, assim um pistão empurra o fluido para fora da seringa.



**Figura 8:** Seringa de Heron. (<http://www.oversodo inverso.com.br/as-invencoes-de-heron-de-alexandria-e-como-poderiam-ter-revolucionado-a-antiguidade/>).

A porta automática (Figura 9) no Templo da Deusa Atena, esta máquina que faria o povo acreditar no poder da Deusa, usando fogo para ceder calor a água, esta se torna menos densa e desloca-se para o recipiente a sua esquerda, que se torna mais pesado causando torção nos eixos e abrindo a porta de mármore no exato momento do culto a Deusa.



**Figura 9:** Porta automática no templo da deusa Atena. (<https://blogaquamaris.wordpress.com/2013/02/19/primeiro-portao-automatico-da-historia/>).

A Eolípila (Figura 10), primeira máquina a vapor, usa como fonte de calor, o fogo, o mesmo cede calor para água dentro de um recipiente contendo água. A água é aquecida até o ponto de ebulição onde começa a ferver, o

vapor sai por dois canos, causando assim a rotação da esfera acima. Este princípio é o mesmo usado em todas as máquinas a vapor do século XVIII.



Figura 10: Máquina a Vapor de Heron – Eolípila. (Wikipedia).

## 2.4 Calorimetria

Calorimetria é uma divisão da termodinâmica que aborda os conteúdos de Calor, Temperatura e suas aplicações. O fascínio do homem pelo calor é historicamente relatado em muitos livros, deste o medo de um relâmpago, a necessidade de se aquecer e até ao culto do Sol como um Deus. O conhecimento que perto do fogo nos aquecemos é uma prática empírica que data dos primeiros seres humanos na face da Terra e o manuseio do mesmo fez o homem avançar em relação ao “domínio” do meio que o cerca.

Associada à noção de calor; temos a observação de outros “elementos” como o fogo, associada à tentativa e ao aperfeiçoamento do homem em conservá-lo, “fazê-lo” e utilizá-lo para o próprio aquecimento. Alguns historiadores da ciência julgam que o início do domínio do fogo dever ser atribuído ao homo erectus, datando cerca de 700000 anos, entretanto, pelo método do Carbono-14 ( $^{14}\text{C}$ ), de datação arqueológica, tal domínio data de 40000 anos. Já se observava que o aquecimento próprio, além de ser alcançado através da utilização do fogo, também poderia ser alcançado como o trabalho e o esforço físico. (Rocha, 2015, pag. 142).

Temperatura e calor começam a se diferenciar nos anos que vão de 1600 a 1900, começando quando Galileu Galilei inventa o primeiro aparato capaz de mensurar a temperatura: o termoscópio, que consistia em um tubo de vidro com ar que ao ser aquecido elevava a altura de uma coluna de água. Neste momento, a ciência tem o reforço dos experimentos para auxiliar o pensamento lógico dos filósofos gregos.

Muito embora alguns médicos dos primeiros séculos de nossa Era Cristã hajam tentado representar numericamente os diversos graus de temperatura entre o quente e o frio, foi somente na Idade Moderna (1453-1789) que foram construídos aparelhos cada vez mais precisos, objetivando medir esses graus de temperatura. Com efeito, o primeiro deles foi construído pelo físico italiano Galileu Galilei (1564-1642), em 1592. Era um tubo de vidro, com uma extremidade esférica, no qual era depositada água colorida (ou espírito de vinho) até sua metade, e o bulbo colocado para cima, em um recipiente contendo a mesma água colorida. Dessa forma, a coluna de água no tubo se moveria para cima e para baixo, em consequência da expansão térmica do ar contido no tubo. No entanto, esse dispositivo apresentava duas limitações. Como ele estava em contato com o ar, a pressão atmosférica, até então desconhecida, alterava profundamente os resultados. Por outro lado, como Galileu não utilizou nenhuma escala termométrica, o seu aparelho era simplesmente um termoscópio. (Bassalo 1992, p. 852).

O conceito de temperatura não é tão simples como o apresentado nos livros de ensino médio, que trazem: “A temperatura é o grau de agitação das moléculas”, se assim fosse uma pedra de mármore a cem graus Celsius, considerando a pressão atmosférica ao nível do mar, deveria estar fervendo como o que acontece com a água, ou ainda pior, quando se associa a temperatura as sensações térmicas de quente e frio. Para os habitantes do polo norte a temperatura de 18°C já os dá uma sensação de quente e para a população da região semiárida do Brasil esta mesma temperatura causaria uma sensação de frio. Na eolípila estes conceitos podem ser abordados ao indagar os discentes quem está se agitando mais, a água na caldeira ou a própria caldeira?

O correto seria afirmar que para substâncias iguais e de mesma massa, a temperatura seria o grau de agitação das moléculas. Mas para substâncias diferentes, o que deve ser lecionado para os alunos é que só com o auxílio de

um termômetro, pode-se afirmar se as substâncias possuem a mesma temperatura. Para este teste coloca-se um termômetro, que não pode ser o convencional usado em nossas casas, pois estes não são feitos para atingir cem graus Celsius, em contato com o vapor de água que está saindo da eolípila e outro em contato com a caldeira. O aluno notará que nas duas situações a temperatura será a mesma. Para mensurar esta grandeza temperatura há, hoje, o uso internacional de três grandes escalas termométricas: Celsius, fahrenheit e kelvin (esta última é a usada no Sistema Internacional de unidades e medidas). E o fator de conversão entre elas é:

$$\frac{\theta_c}{5} = \frac{\theta_f - 32}{9} \qquad \theta_c = \theta_k - 273$$

Onde:  $\theta_c$ ,  $\theta_f$  e  $\theta_k$  são respectivamente as temperaturas em Celsius, fahrenheit e kelvin.

Empiricamente o homem usou o fogo para se aquecer e se distanciava do mesmo para resfriar. Mas o que acontece quando substâncias de temperaturas diferentes estão próximas? É notório que se colocarmos dois corpos de temperatura diferentes em contato, o de menor temperatura tem sua temperatura aumentada e o de maior temperatura tem a sua diminuída. Neste experimento virtual, temos o fogo com maior temperatura e toda a eolípila com temperatura menor. Podemos afirmar neste caso que a temperatura de um fluiu para o outro?

Joseph Black (1728-1799) ao tentar distinguir estes conceitos de temperatura e calor.

Até Black fazer suas descobertas, não havia distinção clara na mente das pessoas entre os conceitos de "quantidade de calor" e "grau de aquecimento", ou "temperatura". A ideia qualitativa de "calor" como "alguma coisa" relacionada com fenômenos térmicos, é claro que há muito tempo existia. O simples fato de que um objeto perto do fogo aquece, o que certamente era conhecido desde o tempo quando o homem descobriu o fogo, deve ter sugerido que algo passa do fogo para o objeto. Mas, para essas primeiras pessoas, esse algo que passa bem que poderia ter sido pensado como sendo a temperatura, ou o grau de aquecimento, em si mesmo; ou, novamente, poderia ser alguma coisa separada, chamada de "calor", o calor e o

consequente aumento no aquecimento do objeto parecem desempenhar os respectivos papéis de causa e efeito. (Carvalhais, 1950 apud Roller 2012, p. 17-18).

Black e muito outros cientistas, incluindo Lavoisier, acreditavam que uma substância batizada de “calórico” fluía do corpo de maior temperatura para o de menor. Mas no século XIX esta teoria é abandonada e substituída por outra mais completa: A conservação da energia, e assim surge na nossa sociedade a ideia de calor como uma forma de energia que se propaga do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura.

A pergunta sobre quais foram as principais causas que fizeram com que a teoria do calórico fosse abandonada, ainda não foi respondida de forma satisfatória pelos historiadores da ciência. Fox (1971, p. 02), por exemplo, observa que a rejeição, depois de 1815, da abordagem laplaciana para a ciência, baseada em princípios newtonianos e na crença de fluidos imponderáveis, foi uma das mais relevantes causas do descrédito da teoria do calórico. De acordo com Brush (1988, p.228), os fatores mais importantes foram: a descoberta do princípio da conservação da energia; as evidências de que a pressão de um gás não era causada por forças repulsivas intermoleculares, ideia essa associada ao calórico; e a aceitação generalizada da teoria ondulatória da luz, a qual – combinada com a visão de que calor e luz são qualitativamente o mesmo fenômeno – sugeria que o calor, como a luz, é uma forma de movimento ondulatório em vez de uma substância. (Gomes, 2012 p. 1062).

A energia calor flui entres os corpos de diferentes temperaturas de três formas:

1. **CONDUÇÃO:** Ocorre nos sólidos e líquidos quando a energia flui de uma molécula para outra devido ao contato entres elas e sem o deslocamento das mesmas. Exemplo: na eolípila da caldeira para a água;
2. **CONVECÇÃO:** Ocorre nos fluidos quando as moléculas entram em movimento devido suas diferenças de temperatura. Exemplo: o líquido de maior temperatura subindo nos dutos e vapor subindo nos canos.
3. **IRRADIAÇÃO:** A radiação é a propagação das ondas eletromagnéticas e diferente da condução e convecção não necessita de um meio de propagação. Exemplo: o fogo aquecendo a caldeira.

Quando um corpo recebe ou doa calor por um dos processos citados acima ocorre uma mudança neste, que será chamada de sensível, quando tem sua temperatura variada ou latente, quando tem seu estado físico modificado e quantitativamente calculado como:

✓ CALOR SENSÍVEL ( $Q_S$ ):  $Q_S = mc\Delta\theta$ , onde ( $m$ ) é a massa, ( $c$ ) é o calor específico e  $\Delta\theta$  é a variação de temperatura. Esta constante, o calor específico, representa o material de que o objeto é feito e se opõe a variação de temperatura como a própria equação indica. Na eolípila esta troca de calor se dá quando a temperatura da água varia.

✓ CALOR LATENTE ( $Q_L$ ):  $Q_L = mL$ , onde ( $m$ ) é a massa e ( $L$ ) é o calor Latente. Esta constante, o calor latente, também representa o material e indica que objetos precisam de mais energia para varia seu estado físico. Já esta troca de calor acontece quando a água muda do estado líquido para o estado de vapor.

No próximo capítulo temos a forma de trabalho e a sequência didática contida no hipertexto. Este é o direcionador para que o docente possa seguir.

## Capítulo 3 – Metodologia

### 3.1. Metodologia da pesquisa

A motivação do trabalho é tentar uma abordagem de ensino baseado nos conhecimentos prévios ou subsunçores dos discentes e a partir destes montar o conhecimento moderno sobre os conteúdos físicos de forma significativa.

Este trabalho é um relato sobre a aplicação de uma sequência didática contida em um hipertexto para explicação de conteúdos em calorimetria e usaremos como material potencialmente significativo um experimento em particular: a eolípila de Heron. Sabendo do custo de se possuir um laboratório de Física e ainda do tempo despendido para a montagem Física do experimento em questão com materiais de baixo custo, montamos um aplicativo para plataforma android.

Para a coleta dos subsunçores, o professor irá aplicar um questionário em Apêndice B, discutir as respostas, fazer o contexto histórico e instigar o discente a montar a eolípila virtual, que estará desmontada, mas com suas partes bem visíveis usando conceitos do seu cotidiano, exemplo: ao ver as peças do quebra-cabeça virtual como o fogo e madeira, automaticamente lembrará que o fogo servirá para aumentar a temperatura da água, que deve estar em um recipiente. Completada esta tarefa o docente fará a segunda parte, a “apresentação do conteúdo”, acrescentando ao conhecimento prévio do discente o conteúdo de Calor, explicando que a água tem sua temperatura elevada, pois recebe energia do fogo e que esta foi transferida naturalmente do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura.

O referido trabalho tem como público-alvo em primeiro plano os docentes da educação básica e como não poderia deixar de ser, também os discentes, pois estes são a finalidade do ensino. Este método de guia didático foi escolhido pensando em dinamizar o tempo de abordagem do conteúdo e apresentá-la contida em um hipertexto otimiza para o professor a busca pelos conceitos, visto que no hipertexto temos links direcionados para o conteúdo a ser abordado e ainda possibilidades de ir além do proposto, uma vez dentro de

uma página da internet o docente verá outros links para assuntos de interesse do próprio. O foco final é que os docentes, de posse desta nova prática de ensino possam melhorar o ensino para alunos do segundo ano do ensino médio, pois é nesta série que estes alunos estudam terminologia.

A escola escolhida para a aplicação do produto educacional foi o Instituto Federal do Piauí (IFPI – CAMPUS PIRIPIRI), onde trabalho atualmente e tenho todo o auxílio dos demais integrantes da instituição para o exercício do trabalho. O Campus (no ano de 2016) possui três turmas de segundo ano no ensino médio, mas a aplicação se dará apenas em uma turma (segundo ano do curso técnico em vestuário, que contém 19 alunos). A cidade de Piri-piri possui em torno de oitenta mil habitantes e se localiza a cento e sessenta quilômetros da capital Teresina na BR 343.

O Campus possui em torno de 1000 alunos divididos em três turnos, sendo:

- ✓ Turno da manhã – os cursos técnicos concomitantes de administração, vestuário, comércio e informática;

- ✓ Turno da tarde – os cursos subsequentes de administração e vestuário, o curso superior de moda, cursos de programas como: pronatec, mulheres mil e jovem aprendiz, aula de música e especializações;

- ✓ Turno da noite – curso superior de matemática, moda e administração, proeja em administração e subsequente em administração.

#### A ESTRUTURA FÍSICA CONTÉM:

- ✓ 1 sala para o diretor-geral
- ✓ 1 sala para o setor de compras
- ✓ 1 sala para protocolo
- ✓ 1 sala para controle de estoque
- ✓ 1 sala para almoxarifado
- ✓ 1 sala para a pedagogia
- ✓ 1 sala para direção de ensino
- ✓ 1 auditório com capacidade para 180 pessoas
- ✓ 1 refeitório
- ✓ 1 quadra poliesportiva

- ✓ 1 horta comunitária
- ✓ 1 sala de música
- ✓ 1 sala de professores
- ✓ 1 dormitório
- ✓ 1 biblioteca
- ✓ 1 sala de vídeo
- ✓ 2 vestiários
- ✓ 2 laboratórios de costura
- ✓ 3 laboratórios de informática
- ✓ 3 salas para coordenações de curso e de programas do governo
- ✓ 8 banheiros
- ✓ 19 salas de aula.

A aplicação da sequência didática contida em um hipertexto começou a ser aplicada no dia dezoito de agosto de 2016, na turma segundo ano vestuário integrado ao médio. A escolha desta turma se deu por possuir um número de alunos médio (dezenove alunos), as outras turmas tinham menos alunos. A minha aplicação levou três aulas, como tenho duas aulas por semana em cada turma o término da aplicação só ocorreu na outra semana no dia vinte e cinco de agosto de 2016.

### **3.2. Metodologia do ensino**

Para início de trabalho o professor já deve ter explicado para seus alunos o conteúdo de temperatura e para explicar o conteúdo calor, o docente irá entregar aos discentes um questionário (Apêndice B) para coletar os conhecimentos prévios.

De acordo com Moreira existem dois tipos de organizadores prévios: o familiar e o não familiar. Neste caso, como o público-alvo é o aluno de segundo ano do ensino médio e este já ouviu falar em máquina a vapor (na disciplina de História, com o assunto de revolução industrial), temperatura e calor (no cotidiano do próprio discente), logo nosso organizador prévio será o familiar.

Precisamos ajudar o aprendiz a integrar novos conhecimentos á estrutura cognitiva e, ao mesmo tempo, a discriminá-los de outros conhecimentos já existentes nessa estrutura que são essencialmente diferentes, mas que podem ser confundidos. (Moreira, 2012, P. 30).

A aplicação desta etapa é de uma aula, no início será aplicado o questionário aos alunos presentes. Estes terão vinte e cinco minutos para resolvê-lo, o restante da aula fica livre para o professor discutir as respostas dos alunos.

Na segunda aula o professor explicará ao aluno que Heron de Alexandria vivia em um ambiente muito rico em conhecimento (A BIBLIOTECA DE ALEXANDRIA) o maior da época, um dos maiores de todos os tempos e acompanhado de muitos gênios como, por exemplo, Arquimedes. É importante salientar que a diferença entre Heron e muitos de sua época foi sair da sabedoria pura (para os gregos o importante era o conhecimento como sabedoria) e transformar este conhecimento em tecnologia, que é um produto da ciência e da engenharia e que envolve um conjunto de instrumentos, métodos e técnicas que visam melhorar ou entreter a condição da vida humana. Heron já tinha conseguido montar máquinas maravilhosas e de um entretenimento jamais visto como, por exemplo: a porta automática e o órgão de vento. Ele estava decidido a produzir uma máquina capaz de causar rotação a partir da pressão causada na ebulição da água em um ambiente confinado. Assim ele cria a primeira máquina a vapor que se tem notícia e é importante comentar que esta tecnologia se deu no século I D.C. e não no século XVIII como a maioria pensa.

Ao fim desta aula, o professor vai pedir para os seus alunos baixarem em seus celulares o aplicativo “A EOLÍPILA” para a aula seguinte, o aplicativo estará disponível para download em aparelhos que usam a plataforma Android. Foi escolhida esta plataforma, pois é a mais usada no nosso país e a reportagem “96,8% de todos os smartphones vendidos no planeta são Android ou iPhone” da techmundo (site que divulga informações e novidades sobre tecnologia) confirma isto.

“Entre abril e junho de 2015, 329,6 milhões de smartphones foram vendidos no mundo. Deste total, 319 milhões – ou 96,8% do total –

rodam Android ou iOS. O sistema do Google está em 271 milhões de celulares, enquanto o da Apple é encontrado em 48 milhões. Windows e BlackBerry, na outra ponta, somam apenas 2,8% de participação no mercado”.

Se algum aluno não possuir smartphone, o docente pode pedir para o mesmo sentar com um colega ou até dividir a turma em grupos e cada grupo usar um smartphone apenas.

O aplicativo (Figura 11) é bem simples, contendo nove partes separadas, três retângulos onde as mesmas têm que ser colocadas e três botões funcionais.



**Figura 11:** Imagem de abertura do aplicativo.

Para que o aluno possa montar a eolípila, o professor explicará as funcionalidades dos componentes que são: chama, madeira, água, caldeira, tampa e canos por onde o vapor de água sairá. Os retângulos claros a esquerda é onde os componentes serão colocados, a forma de colocar é simplesmente clicando (não arrastando) no objeto e depois no retângulo que deseja colocá-lo.

Para a montagem, o aluno usará alguns conhecimentos prévios e empíricos que o mesmo adquiriu em sua vida social e na sala de aula como: o fogo ter que ser colocado na madeira, a água deve ser colocada dentro da caldeira e outros conhecimentos mais complexos. A colocação dos canos onde

sairá o vapor, por exemplo, exigirá um conhecimento de ação e reação, pois se os dois canos estiverem para cima ou para baixo a máquina não funcionará, a mesma só funcionará se os canos estiverem dispostos em sentidos opostos.

Depois de concluída a montagem o aluno clicará no botão ligar, e se montado correto (Figura 12) haverá rotação na câmara de vapor, e se montado incorreto (Figura 13) não haverá rotação.

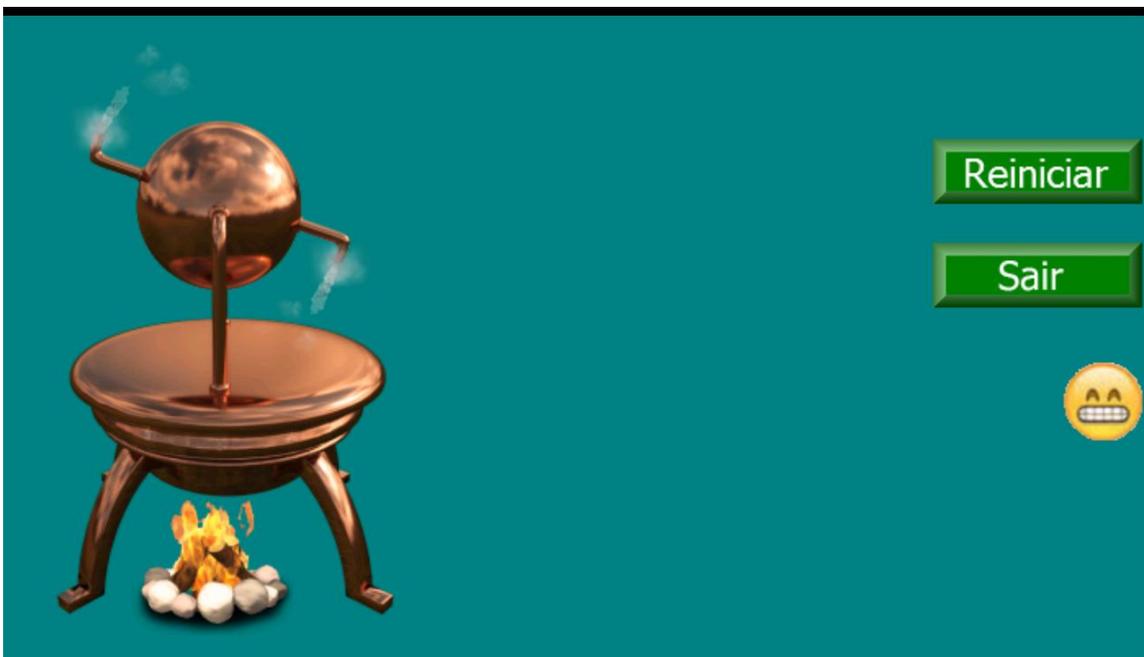


Figura 12: Aplicativo montado correto.

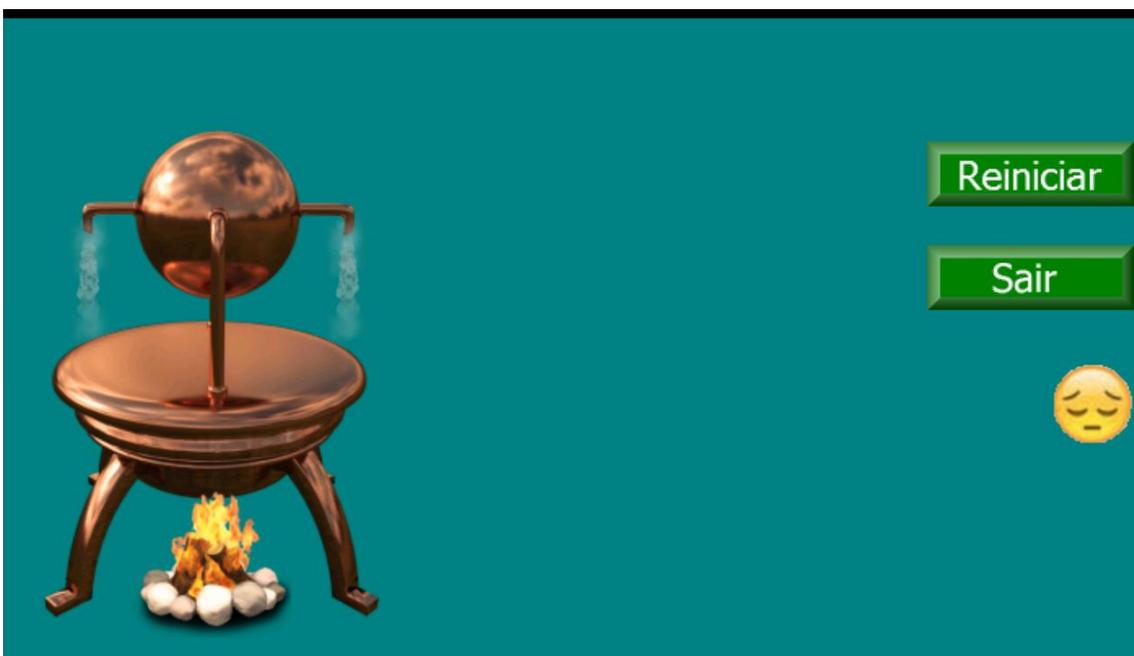


Figura 13: Aplicativo montado incorreto.

Notem que nos dois casos têm vapor saindo dos canos, mas que só com os canos em sentidos opostos causará a rotação.

Depois desta montagem, que deve durar em tornos de vinte minutos, o aluno estará com seus subsunçores ativos e aptos a uma aprendizagem potencialmente significativa. Assim o professor, aproveitando o restante da aula, vai abordar os conteúdos de calorimetria em torno desta magnífica máquina criada por Heron, como:

- ✓ Conceito de calor: energia que se transfere naturalmente do objeto de maior temperatura (chama) para o de menor temperatura (caldeira com água).

- ✓ Tipos de calor: Sensível quando a temperatura da água está variando e latente quando a água começa a mudar de estado físico.

- ✓ Propagação de calor: da chama para a caldeira o calor se propaga por Irradiação, á caldeira aquece a água por contato e o calor sai para o ambiente por convecção nos propulsores a jato (canos).

Outros assuntos também podem ser abordados, dependendo da criatividade do professor. A ideia não é fazer um processo acabado e engessado, mas sim uma sugestão de trabalho. Foram abordados e citados passos que parecem mais confortáveis para o aluno, mas o mesmo pode ser alterado a interesse e realidade do professor.

## Capítulo 4 - Resultados Obtidos

✓ PRIMEIRA ETAPA: Esta etapa é muito importante para analisar os conhecimentos prévios dos discentes e como planejar e prosseguir com o ensino dos conteúdos. O questionário foi aplicado (Tabela 1) e os dezenove alunos responderam em vinte minutos, o restante da aula foi aproveitado para comentar as respostas dos discentes.

| PERGUNTAS  | RESPOSTAS  | COMENTÁRIOS   |
|--|--|---|
| (1 <sup>a</sup> ) Qual o envolvimento que a Física tem com a História de nossa humanidade? | Seis alunos não opinaram e os outros discentes explicaram que a Física, além de tentar explicar os fenômenos naturais também está ligada com a tecnologia que nos cerca. | Foi argumentado que eles tem consciência da importância da física em nossa sociedade.   |
| (2 <sup>a</sup> ) Você já construiu algum experimento físico? Se sim, qual?                | Todos responderam que não.   | Isto mostra que nossas aulas, por serem quase sempre expositivas, necessitam sair do abstrato e como a maioria das escolas têm dificuldade em montar laboratórios, acreditamos que um experimento virtual seria de grande proveito. |
| (3 <sup>a</sup> ) Você pensa nos filósofos gregos como Físicos? Por quê?                   | Cinco responderam apenas não, sendo que um argumentou que eram filósofos e não físicos. Os que responderam sim alegaram que eles estavam elaborando a                    | Estas respostas mostram a necessidade de acrescentar em nossas aulas a história e filosofia das ciências.   |

|  |   |   |
|--|---|---|
|  | base da Física que temos hoje.  |   |
| (4ª) O que é o calor?  | Oito não souberam responder, um respondeu que era energia e dez associaram a temperaturas elevadas ou a sensação de quente. | Nestas respostas vemos que nossos discentes possuem subsunções para os conceitos corretos de temperatura, calor e sensação térmica. |
| (5ª) A máquina a vapor surgiu em que século e (ou) em que época? | Um não soube opinar e dezoito responderam que foi na época da revolução industrial.   | Estas respostas confirmam uma incoerência histórica, que foi quando surgiu a primeira máquina a vapor.                              |

**Tabela 1:** Resultado do Questionário (Apêndice B).

Este momento é propício para explicar aos alunos sobre a ciência grega, alguns de seus filósofos, quem influenciou Heron, quem foi e quem o mesmo influenciou. Nesta etapa é importante comentar que Heron vivia um embate com Aristóteles sobre o conceito de vácuo e tentando explicar o que seria o vento, Heron monta uma máquina que gira pela ação dos mesmos. Assim surge a primeira máquina a vapor capaz de realizar trabalho usando propulsão de vapor da história da humanidade, a Eolípila. Para auxiliar o docente, no hipertexto temos links para a web que comentam o conteúdo para ser explicado. Ao fim desta etapa, foi enviado para um aluno, via Bluetooth, o aplicativo que contém a eolípila e o mesmo ficou responsável de compartilhar com os outros discentes. É importante não deixar para baixar ou transferir o arquivo na próxima aula, pois isto levaria um tempo que já é escasso em sala de aula. Lembrando que o aplicativo estará disponível na loja de aplicativos da plataforma Android.

✓ SEGUNDA ETAPA: iniciada na segunda aula, explicando que Heron pretendia provar a existência dos ventos e que o mesmo provoca movimentos,

logo depois, comentei sobre o manuseio do aplicativo e a função de cada componente, no hipertexto tem um link para o youtube, onde é explicado estas funcionalidades. Quando os discentes começaram a montar o experimento virtual, foi notório o grau de interesse, a novidade do uso de um aplicativo. Neste momento o cenário estava muito propício a aprendizagem, os alunos estavam entusiasmados com o uso da tecnologia, que até então, não tinha sido usada para fins educacionais.

Eles tiveram o restante da aula para montar o quebra cabeça virtual. É importante que o docente fiscalize esta etapa e não deixá-la virar uma competição, a ideia não é o aluno terminar rápido, o fim educacional é exatamente a tentativa.

✓ TERCEIRA ETAPA: Na aula seguinte foi a associação do uso da eolípila virtual com os conhecimentos modernos de Física.

Foi perguntado aos mesmos: por que a chama aquece a água? Eles responderam de forma rápida, porque ela é quente. Até o presente momento a maioria dos discentes, e o questionário em anexo confirma isto, acreditam ser o calor uma sensação térmica de quente e não uma forma de energia em trânsito. Logo, este conceito prévio do aluno servirá de organizador prévio para o recebimento do novo conceito de calor, “a principal função do organizador prévio é a de servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber” (Moreira, p 21, 2012). Assim este novo conceito será aprendido de forma significativa, mas o conceito de temperatura que foi ensinado em aulas anteriores, o mesmo pode ter aprendido de forma mecânica. Outra pergunta foi feita: e quando estamos com febre, estamos quente ou frio? Um silêncio se fez na sala. Neste instante foi explicado que quente ou frio são sensações térmicas e isso varia de indivíduo para indivíduo.

Uma pergunta veio: e por que sentimos estas sensações? Foi exposto que somos seres homeotérmicos, nosso sistema imunológico trabalha para que estejamos sempre à mesma temperatura. E quando este não consegue realizar esta tarefa, ele nos comunica que precisamos auxiliá-lo e a forma como ele se comunica é via sensações. Logo, foi explicado que a chama não está quente, ela possui uma alta temperatura e próxima de um corpo com menor

temperatura, uma energia é transferida para que a condição de equilíbrio seja estabelecida e esta energia que está sendo transmitida é o calor. Neste momento o conceito de calor foi desassociado de quente, continuando explicando as formas que o calor se propaga e os efeitos que este causa nos objetos que são: mudança de temperatura (calor sensível) ou mudança de estado físico (calor latente). Foi finalizado explicando o que seria variação de temperatura, para só depois conceituá-la.

## Capítulo 5 - Considerações Finais

Ensinar Física ou qualquer outra ciência competindo com esta enorme quantidade de informação não é tarefa fácil, está cada vez mais difícil ganhar a atenção dos alunos. Nós estamos vivendo a “era da informação” e dando aulas com quadro, pincel e imaginação. É hora de darmos um passo a frente. Penso que isto se dará com o uso de tecnologias na sala de aula.

O uso do aplicativo proporcionou um momento diferente para o ensino. Optamos por aplicar este trabalho em uma turma apenas para poder comparar com as outras turmas se este trabalho proporcionaria uma aprendizagem significativa. Em 2016 eu lecionava em duas turmas da segunda série do ensino médio no IFPI e notei que quando o assunto foi abordado com o aplicativo, a atenção dos alunos foi maior, o ambiente estava mais propício a uma aprendizagem significativa.

O presente trabalho constatou que o uso da sequência didática proporcionou um melhor uso do tempo em sala de aula, a turma que o trabalho foi aplicado o assunto de calorimetria se deu em três aulas enquanto na outra turma o mesmo assunto foi lecionado em quatro aulas. Podemos verificar também uma melhor aprendizagem dos discentes, uma vez que estes se saíram melhor em questões discursivas.

Espero com este trabalho auxiliar o docente quanto ao tempo de exposição em uma aula, também na abordagem de tecnologias em sala de aula, que o professor consiga quebrar a barreira do mal uso de celular em sala de aula, este é um problema relatado pela maioria dos professores. No estado do Amapá, por exemplo, foi criada uma lei estadual para proibir o uso de celular nas escolas, desde que não seja para cunho educacional. Estas atitudes comprovam o tanto que é prejudicial, sem controle e sem finalidade útil, o uso destas tecnologias. Mas com o foco correto podemos transformar este mau uso em um bom uso, algo que a ciência e história nos mostra é que uma vez preparado o ambiente para uma descoberta, ela, mais cedo ou mais tarde, ocorrerá.

É importante que este processo seja lúdico e prazeroso para o aluno, não se pode transformar uma tentativa nova e significativa do ensino-

aprendizagem em um acontecimento engessado e chato para o aluno. Lógico que mesmo com toda a dedicação do professor ainda teremos quem ache chato, mas temos que fazer o possível para que isto não ocorra.

É muito difícil concorrer com todas estas informações e distrações disponíveis no celular, mas temos que tentar fazer esta poderosa ferramenta um auxílio para nossas aulas.

É preciso que o ensino seja mais universal, temos que integrar o conhecimento, a interdisciplinaridade é necessária nos dias de hoje e com este trabalho pretendo estreitar os laços entre Física e História.

## Capítulo 6 - Referências Bibliográficas

\_\_\_\_\_. Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino médio. Brasília: Secretaria de Educação Média e Tecnologia (Semtec/MEC), 1999

ANDRADE, M. L. F.; MASSABNI, V. G. O desenvolvimento de atividades práticas na escola: um desafio para os professores de ciências. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 17, n. 4, p. 835-854, 2011.

AUSUBEL, D. P. A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.

AUSUBEL, D., NOVAK, J.D., HANESIAN, H. *Educational Psychology, a Cognitive View*, Holt, Reinhart and Wiston, 1978.

BASSALO, J. M., A crônica do calor. In: BASSALO, J. M. **Crônicas da Física**: tomo 3. Belém: Universitária UFPA, p. 849-933, 1992.

DRACHMANN, A.G., 1963. *The Mechanical Technology of Greek and Roman Antiquity*, Munksgaard, Copenhagen, Denmark.

EVANGELISTA, L. R., *Perspectivas em História da Física-Vol I – Dos babilônios à síntese newtoniana*. Rio de Janeiro: Editora Ciencia Moderna Ltda., 2011

FARRINGTON, B., *Greek Science-Its Meaning for Us*-Copyright 1953

FEYNMAN, R. P., *Física em Seis Lições*; tradutor: Ivo Korytowski. 6a edição. Rio de Janeiro: Ediouro, 2001.

GOMES, L. C., *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **29**, 1030-1073 (2012)

GOMES, L.C. Ascensão e queda da teoria do calórico. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.29, n.3, 2012, p.1030-1073.

GUEDES-PINTO, Ana Lúcia; SILVA, Leila Cristina Borges; TEMPESTA, Maria Cristina da Silva; FONTANA, Roseli Aparecida Cação. *A organização do tempo pedagógico e o planejamento do ensino*. Brasília: MEC, Secretaria de Educação Básica. Secretaria de Educação a Distância. Universidade Estadual de Campinas, 2007.

HERON of Alexandria. *Biography in Encyclopaedia Britannica*, Web, <http://www.britannica.com/eb/article-9040189/Heron-of-Alexandria>.

LAHANAS, M., *Inventions, Biography, Science*, Web, <http://www.mlahanas.de/Greeks/HeronAlexandria.htm>.

LEÃO, Lucia. O Labirinto da Hipermídia: Arquitetura e Navegação no Ciberespaço. São Paulo. Editora Iluminuras, 2005. 158 p.

LÉVY, Pierre. As Tecnologias da Inteligência: O Futuro do Pensamento na Era da Informática. São Paulo: Editora 34, 1993. 230 p.

MARTINS, R. A., SILVA, A. P. B., Revista Brasileira de Ensino de Física **1605, 02-04** (2013).

MOREIRA, I.C., Revista Brasileira de Ensino de Física **21**,172 (1999).

MOREIRA, Marco Antonio. Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel Marco Antonio Moreira, Elcie F. Salzano Masine. – São Paulo: Centauro, 2001.

MOREIRA, Marco Antonio. Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares / Marco Antonio Moreira. – São Paulo: Editora Livraria da Física, 2012.

PAPADOPOULOS, E., Department of Mechanical Engineering, National Technical University of Athens,1578 Athens, Greece

POSTMAN, Neil & WEINGARTNER, Charles (1969). Teaching as a subversive activity. New York: Dell Publishing Co. 219p.

ROCHA, J. F. M., Origens e evolução das ideias da Física (org.) – 2. Ed. – Salvador: EDUFBA, 2015. 374 p. ; il

RONAN, A. C., História Ilustrada da Ciência: Oriente, Roma e Idade Média. Volume II. Jorge Zahar Editor. Rio de Janeiro, 1987

RONAN, Colin A., História Ilustrada da Ciência: Das Origens à Grécia. Volume I. Jorge Zahar Editor. Rio de Janeiro, 1987

SCHENBERG, Mário. Pensando a Física. Edição 3ª. São Paulo: nova estella editorial, 1998.

SCHMIDT, W., 1899. *Heronis Alexandrini Opera quae supersunt omnia*, Vol. I and Supplement, Teubner Series, Leipzig.

THOMAS, I., 1941. Selections Illustrating the History of Greek Mathematics II, London.

THOMAS, I., 2005. Greek Mathematical Works, Loeb Classical Library, Harvard University Press, Cambridge, MA.

VYGOTSKY, L. S. A Construção do Pensamento e da Linguagem. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

WYLEN, G. J. V., SONNTAG, R. E., BORGNAKKE, C., Fundamentos da termodinâmica clássica; tradução da quarta edição americana: Euryale de Jesus Zerbini, Ricardo Santilli Ekman Simões. – São Paulo: Editora Blucher, 1995.

# APÊNDICE A

## SEQUÊNCIA DIDÁTICA

USANDO UM EXPERIMENTO, A EOLÍPILA, CONTIDO EM UM APLICATIVO  
PARA FIM DE ENSINO EM CALORIMETRIA.

Leonardo Carvalho Amorim de Sousa  
Orientador: PROF. D<sub>R</sub> Ildemir Ferreira dos Santos

Teresina  
2017

## 1. APRESENTAÇÃO

Este produto educacional aqui tem a finalidade de otimizar o tempo do docente em sala de aula. É notório que a quantidade de aulas no ano letivo deixa os docentes com pouco tempo para o tanto de assuntos abordados pelos vestibulares e ainda tenho notado no diálogo com vários professores de Física que o discente não reconhece o surgimento de uma tecnologia com o avanço da ciência, alguns vêem a Física como fruto da mente de gênios, e não, uma evolução de ideias que culminaram naquela teoria. A aqueles que pensam na física apenas como equações matemáticas e aplicação de cálculos.

Os PCNs nos asseguram que temos que incluir a interdisciplinaridade no nosso cotidiano e a necessidade de se aprender a evolução das ideias da ciência também. Assim, proponho uma forma de relacionarmos a Física com a História, envolvendo Heron de Alexandria e sua Eolípila. É preciso incluir no ensino aprendizagem o uso de novas tecnologias e acredito que um aplicativo para smartphones traz exatamente esta ideia de trabalho.

### 1.1 Objetivos, Habilidades e Competência:

#### 1.1.1. Objetivo Geral:

➤ Elaborar um norte direcionador para que o docente possa instruir o discente a montar a primeira máquina a vapor da humanidade de forma empírica e de posse de seus acertos e erros desenvolver atividades de transposição didática sobre os conceitos modernos de Física.

#### 1.1.2. Objetivos Específicos:

➤ Expor ao aluno a motivação de Heron para a construção da eolípila e o contexto histórico que o mesmo viveu.

➤ Explicar ao discente as funcionalidades dos componentes do aplicativo.

➤ De posse do aplicativo, deixar o aluno construir a eolípila;

- De posse das dificuldades do aluno explicar os conceitos modernos de Física;
- Incentivar o aluno na construção da eolípila;
- Desenvolver o diálogo entre os alunos;
- Não permitir pesquisas em sites durante a atividade de construção.

### 1.1.3. Habilidades e Competências:

- É importante que o aluno ainda não tenha o conhecimento prévio sobre temperatura e calor;
- O aluno deve ter o conhecimento prévio sobre Heron e sobre a vida na biblioteca da Alexandria;

## 2. CRONOGRAMA

|          | PROCEDIMENTO  | DURAÇÃO |
|----------|---|---------|
| 1ª ETAPA | O professor vai aplicar o questionário em anexo. O mesmo traz perguntas sobre calorimetria e quando surgiu a primeira máquina a vapor e comentar sobre a história de Heron. | 1 AULA  |
| 2ª ETAPA | Comentar sobre as componentes para montagem da eolípila virtual explicando ao aluno que Heron deseja uma máquina que cause rotação.   | 1 AULA  |
| 3ª ETAPA | De posse dos acertos e erros dos alunos, explicar: CALOR e TEMPERATURA.   | 1 AULA  |

**Tabela 2.** Descrição e duração das etapas

## 2.1 Descrição das etapas:

### 1ª ETAPA:

Nesta etapa aplicaremos um questionário para sabermos os conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema em questão. Vale lembrar que o aluno ainda não teve aula dos assuntos envolvidos (CALOR E TEMPERATURA).

Ainda nesta etapa vamos expor que Heron de Alexandria foi um dos maiores filósofos gregos e construiu muitas invenções a fim de auxiliar ou entreter as pessoas. Uma desta foi a Eolípila, primeira máquina a vapor de que se tem notícia. Aqui temos que enfatizar que a teoria por trás da máquina a vapor surge neste momento, pois a grande maioria dos alunos acreditam que esta só surgiu na época da revolução industrial.

Depois destes argumentos o professor vai optar como os alunos terão acesso ao aplicativo. O mesmo está disponível na loja de aplicativos da plataforma android. O nome do aplicativo é “EXPERIMENTOS HISTÓRICOS”.

### 2ª ETAPA:

No início desta etapa, com todos os alunos de posse do aplicativo, o professor vai explicar o “funcionamento do mesmo”. Se algum aluno não possuir um dispositivo com plataforma android, o mesmo pode sentar com um colega que possua. É importante que os alunos tentem montar a eolípila sem auxílio externo.

Este momento pode levar de quinze a vinte minutos, no restante da aula o professor começará a explicar os conceitos físicos em cima das funcionalidades do aplicativo.

### 3ª ETAPA:

Como a segunda etapa leva em torno de vinte minutos, temos o restante da aula para começarmos este novo momento, lembremos que a ideia da sequência didática não é um método engessado, mas um direcionador para o docente.

Gosto de começar explicando porque a água fica mais agitada na presença do fogo, explicando assim variação de temperatura. E por que a água teve sua temperatura aumentada? É importante salientar que isto se deu, pois a água recebe energia do fogo, e assim, começo a explicar o conceito de calor.

Mas como o calor flui do fogo para a caldeira, da caldeira para a água e por que o vapor d'água tende a subir? Este é o momento de comentar sobre propagação de calor.

### 3. CONCLUSÃO

Espero com este simples roteiro de atividades, auxiliar o docente na explicação destes conteúdos de Física. A tarefa não é fácil, sair da rotina é difícil, mas é preciso tentar. O mundo ao nosso redor está mudando, nossos alunos estão mudando, a tecnologia muda, por que nossas aulas não?

É preciso criar um ambiente propício para a aprendizagem e assim termos nossos alunos atentos ao ensino. Creio que o uso de um aplicativo, associado a uma injustiça histórica, o de acreditar que a máquina a vapor surge no século XVIII, seja motivador para o discente. E neste momento o mesmo possuirá subsunções para que a aprendizagem se torne realmente significativa e duradoura.

## APÊNDICE B

### ROTEIRO PARA ENTREVISTA QUALITATIVA

1. Objetivo da pesquisa:

Analisar no processo ensino aprendizagem o uso de experimentos históricos e sua relação com a História no momento que este aconteceu.

2. Público-alvo:

Alunos do ensino médio.

Instituição: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Serié: \_\_\_\_\_

1) Qual o envolvimento que a Física tem com a História de nossa humanidade?

---

---

---

---

2) Você já construiu algum experimento físico? Se sim, qual?

---

---

3) Você pensa nos filósofos gregos como Físicos? Por que?

---

---

---

---

4) o que é o calor?

---

---

---

---

5) A máquina a vapor surgiu em que século e(ou) em que época?

---

---

---