

# Arquimedes e a Balança Hidrostática

Nasser Meneghetti Lanza<sup>†</sup>, Leomar De Bortoli<sup>††</sup>

## Resumo

O objetivo deste relato é discutir a forma como Arquimedes teria resolvido o problema da coroa do rei Hierão, abordando a solução apontada por Galileu, propondo a discussão acerca do tema e buscando uma resolução não única e estanque. Também se propõe a mostrar uma alternativa pedagógica, que é a atividade prática realizada com alunos do Ensino Médio Politécnico e regular, procurando um enlace conceitual e histórico da ciência. Descreve-se a linha crítica de Galileu, traduzida por citações de alguns autores, elenca-se uma série de elementos de oposição à história contada nos livros didáticos e apresenta-se uma proposta de análise qualitativa com Mapas Conceituais, na busca de subsumores e de avaliação de resultados após a aplicação de uma atividade usando a Balança Hidrostática.

## Palavras-chave

Lei de Arquimedes, Mapas Conceituais, atividade prática

# Archimedes and the Hydrostatic Balance

## Abstract

The objective of this report is to discuss how Archimedes would have solved the problem of Hieron king's crown, addressing the solution mentioned by Galileo, proposing a discussion on the subject and seeking a resolution not only watertight. It is also proposed to show an educational alternative, which is a practical activity carried out with students of the Polytechnic School and regular, looking for a conceptual and historical linkage of science. Describes the critical line of Galileo, translated quotes of authors, lists a series of opposition elements to the story told in textbooks and present a proposal for qualitative analysis with concept maps, in search subsumers and evaluation of results after application of an activity using the hydrostatic balance.

## Keywords

Law of Archimedes, concept maps, practical activity

## INTRODUÇÃO

Quando nos referirmos sobre as descobertas no passado ou presente, às vezes nos perguntamos se aquilo realmente vai servir ou serviu para alguma coisa. A verdade é que, muitas vezes, nem mesmo os pensadores ou cientistas sabem a resposta disso.

Todos os dias, pesquisadores espalhados pelo mundo descobrem elementos ou constatações da natureza absolutamente incríveis. No entanto, algumas coisas são tão inusitadas que ninguém sabe ao certo o que é possível fazer com isso. Quando falamos sobre a Lei de Arquimedes logo vem à tona a famosa palavra Heureka, excepcionalmente discutido com maior frequência na disciplina de Física, nos conteúdos de densidade e empuxo, nos níveis fundamental, médio ou superior.

## I. MATERIAL E MÉTODOS

Primeiramente, foram realizadas, em duas escolas de Bento Gonçalves. Numa turma de primeira série do Ensino Médio, numa demonstração de experimentos sobre densidade e empuxo, de escola privada. Em outra oportunidade com turmas do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública durante as aulas da disciplina de Seminário Integrado, em turno oposto ao regular, exposições quanto à história da ciência, método científico e produção de conhecimento.

Em um segundo momento, com intenção de trabalhar a criação de mitos, os alunos foram solicitados a pesquisar sobre alguns mitos da história do Brasil, para terem a ideia de como é formado um mito, em que momento isso acontece, se existe ou não intenção na sua formação e de que forma ele ficou guardado na memória coletiva da população. Pensando no trabalho interdisciplinar, levamos o estudo do mito ao caso específico da solução de Arquimedes para o problema da coroa do rei Hierão.

Foi solicitada a construção de Mapas Conceituais para avaliar os conhecimentos prévios sobre o tema fluidos e, em

<sup>†</sup>Escola Mestre Santa Bárbara, Bento Gonçalves, RS; <sup>††</sup>Colégio Cenecista, Bento Gonçalves, RS;  
E-mails: nassermeneghetti@gmail.com, euller\_platao@yahoo.com.br

especial, sobre a história de Arquimedes a respeito da massa específica e o suposto problema da coroa do rei Hierão. Na sequência das aulas, buscamos apresentar a visão de Galileu a respeito da solução que Arquimedes forneceu ao problema da coroa. Para tanto, realizamos a atividade experimental descrita por Galileu, denominada Balança Hidrostática.

Se suspendermos em uma balança um metal, e no outro braço um contrapeso que pese o mesmo que o dito metal no ar, e se mergulharmos água deixando o contrapeso no ar, para que esse contrapeso equilibre o metal será preciso deslocá-lo para o ponto de suspensão. Seja por exemplo, na figura abaixo, a balança  $AB$ , seja  $C$  o seu ponto de apoio (equilíbrio) e seja uma massa de um metal qualquer suspensa em  $B$ , e seja  $D$  o seu contrapeso. Mergulhemos o peso, ou seja,  $B$ , na água.

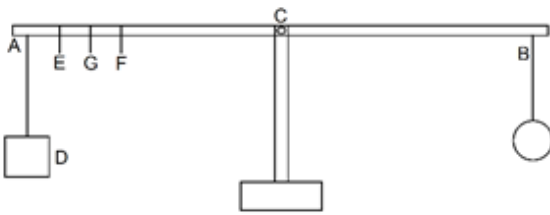


Fig. 1: Representa o desenho da balança descrita no livro Pequena Balança de Galileu Galilei

O contrapeso em  $A$  pesará mais, sendo preciso, portanto, para que equilibre o peso, deslocá-lo para um novo ponto de apoio, digamos em  $e$ ; a distância  $CA$  será tantas vezes maior que a distância  $AE$  quanto o metal pesará mais que a água. Suponhamos então que o peso colocado em  $B$  seja de ouro puro, e que, ao ser pesado na água, o contrapeso  $D$  esteja em  $E$ ; e que, ao se fazer a mesma coisa com a prata pura, o contrapeso esteja em  $F$  quando se pesa a prata na água. O ponto  $F$  estará mais perto do ponto  $C$ , uma vez que a prata é menos pesada (densa) que o ouro, e a diferença que há entre a distância  $AF$  e a distância  $AE$ , será a mesma que entre o peso do ouro e da prata.

Mas se tivermos uma mistura de ouro e prata, é claro que, uma vez que contém prata, pesará menos que o ouro puro; e que, uma vez que contém ouro, pesará mais que a prata pura. Assim, quando a pesarmos no ar, se quisermos que o mesmo contrapeso a equilibre quando mergulhada na água, será preciso deslocá-la para o ponto de apoio  $C$  mais próximo que  $E$ , que é o limite para o ouro puro, e mais longe que  $F$ , que é o limite para a prata pura; ela cairá entre os limites “ $E$ ” e “ $F$ ”, e a relação na qual a distância  $EF$  ficar assim dividida nos dará, muito igualmente, a proporção dos dois metais que constituem essa mistura.

Por exemplo, digamos que a mistura de ouro e prata esteja em  $B$ , equilibrada no ar pelo contrapeso  $D$ . Quando se pesa a mistura na água, esse contrapeso é deslocado para  $G$ . Digo então que o ouro e a prata, que constituem essa mistura, estão entre si na mesma relação que as distâncias  $FG$  e  $GE$ . Mas convém dizer que a distância  $GF$ , que termina na marca da prata, nos dará a quantidade de ouro, e que a distância  $GE$ , que termina na marca do ouro, nos dará a

quantidade de prata; de modo que se  $FG$  é o dobro de  $GE$ , a mistura será de duas partes de ouro para uma de prata. Procedendo da mesma forma com outras misturas, encontraremos igualmente a quantidade de metais puros.

Para construir a balança, pega-se uma régua com mais ou menos duas braças (acho que ele referiu medida de  $1,8 m$  cada braça). E quanto mais comprida for, mais preciso será o instrumento. Divide-se ao meio, onde será o ponto de apoio ( $C$ ). Sobre um dos braços (lados) da régua marque os pontos onde se encontram os contrapesos dos metais puros quando pesados na água, tendo o cuidado de fazer as pesagens com os metais mais puros que puder encontrar. Feito isso, resta encontrar a maneira de conhecer a proporção na qual as distâncias entre as marcas dos metais puros serão divididas pelas marcas das misturas. Ao meu ver, proceder-se-á da seguinte forma: enrola-se um fio de aço muito fino sobre as marcas dos metais puros; nos intervalos entre as marcas, enrola-se um fio de latão puro e muito fino: os intervalos serão divididos em um grande número de partes iguais.

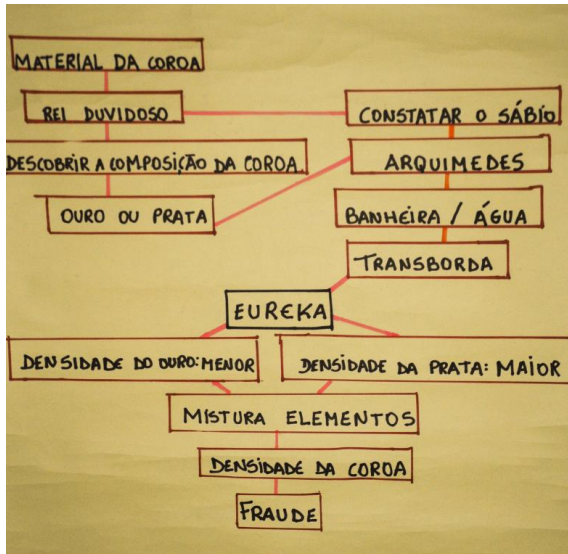
Por exemplo, rodeiam-se as marcas “ $E$ ” e “ $F$ ” com dois fios de aço, isso para distingui-las do latão; preenche-se em seguida todo o espaço entre “ $E$ ” e “ $F$ ” enrolando-se um fio de latão muito fino, que dividirá a distância  $EF$  em numerosas partes iguais. Quando eu quiser depois conhecer a relação entre  $FG$  e  $GE$ , contarei os fios sobre  $FG$  e sobre  $GE$ , e se achar que há 40 fios sobre  $FG$  e 21 fios sobre  $GE$ , por exemplo, direi que, nessa mistura, há 40 partes de ouro para 21 partes de prata. Convém apontar aqui uma dificuldade na contagem: pois como os fios devem ser bem finos, o que é necessário à precisão, não é possível, as vezes, conta-los a olho nu, pois o olho se perde em espaços tão pequenos.

Logo, para contar com precisão, pegue um estilete muito fino, com o qual se percorre bem lentamente a distância sobre os fios, de modo que, tanto pelo ouvido como pela resistência que a mão sente a cada fio, contar-se-ão facilmente os fios. Contando-se dessa maneira obtém-se da forma descrita a exata quantidade dos metais puros de que é composta a mistura. A assinalar, porém, que os componentes correspondem reciprocamente às distâncias; por exemplo, numa mistura de ouro e prata, os fios do lado da marca da prata nos darão a quantidade de ouro, e os do lado da marca do ouro nos darão a quantidade de prata. O mesmo deve ser entendido para outras misturas”.

## RESULTADOS

A primeira abordagem foi o levantamento de concepções prévias. Na sequência, estão listadas algumas produções dos alunos e seus registros. Tomamos aleatoriamente algumas produções antes e depois da aplicação da atividade prática (Balança Hidrostática).

Aluno 1

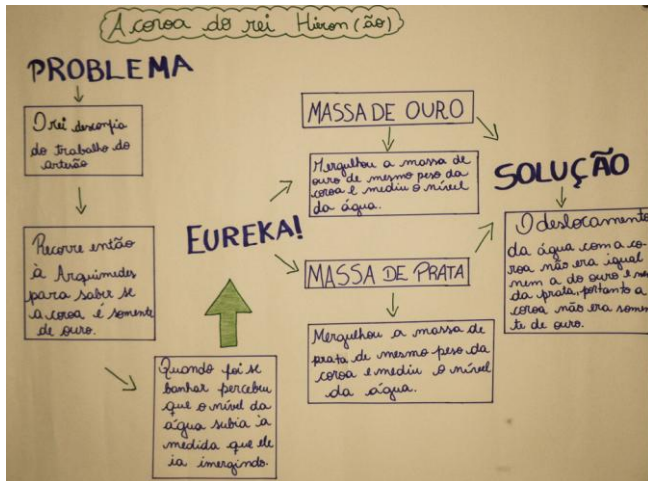


Arquimedes, sábio e descobridor, foi chamado pelo Rei Hierão para descobrir, se houve ou não, fraude na composição de sua coroa.

O mesmo, preocupado com sua missão que era descobrir se a coroa era de ouro puro, então foi banhar-se em sua banheira e notou que a água deslocava conforme a densidade de seu corpo, **EUREKA!** Sabu as suas nu, qitando, pas havia descoberto o "x" da questão.

Mediu-se então, que a água de ouro e de prata que saíam de um recipiente ao serem mergulhadas, notou que a densidade do ouro era menor e da prata maior, comprou então com a coroa e comprovou a fraude para seu Rei.

Aluno 2



A coroa do rei Hierão

**Problema:** O rei Hierão desconfia que o artesão que confecciona sua coroa tenha misturado prata e não somente ouro, ficando com a parcela do ouro não utilizada.

**Arquimedes:** O rei então, vai até Arquimedes e pede que ele tente resolver seu problema por meio do conhecimento que possui.

**Descoberta!!!:** Quando foi se banhar Arquimedes percebeu que a medida que ele entrava na banheira a água subia mais.

A coroa: Arquimedes então deduz que o mesmo acontecia com a coroa, mergulha-a em um recipiente e mede quanto a água subiu.

- **Massa de ouro:** Mergulha uma massa de ouro com o mesmo peso da coroa em um recipiente e novamente mede o deslocamento da água.
- **Massa de prata:** Mergulha a massa de prata com o mesmo peso da coroa e torna a medir o deslocamento da água.

**Solução:** Percebeu que o deslocamento da água com a coroa não era igual nem a do ouro e nem da prata, por tanto na coroa havia uma mistura dos dois metais. Ou seja o rei foi enganado pelo artesão.

Notamos fortemente a presença marcante da história que foi contada por Vitruvius, que perdura até os dias de hoje, apresentando a solução do problema da coroa do rei Hierão com o método da medida de volumes.

Em um segundo momento, procuramos detectar algum significado da atividade prática usando a Balança Hidrostática, proposta por Galileu, como possível solução encontrada por Arquimedes para o mesmo problema supracitado. Após a atividade, notamos alguma mudança conceitual, sobretudo quanto ao método utilizado e, especialmente, a troca da análise de volumes pela análise de pesos.

IV. CONCLUSÕES

O que desejávamos, pensávamos, ao menos, era um modo, não o único, de provocar a curiosidade dos alunos, buscando apontar conceitos, conteúdos, descobertas em Física que são apresentadas nos livros didáticos com estilo único e indiscutível. Buscamos o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico. A utilização de um recurso didático (atividade prática com a Balança Hidrostática) conseguiu provocar uma reflexão sobre o método utilizado por Arquimedes para resolver o problema da coroa do rei Hierão, relacionando a teoria com a prática, despertando o aspecto crítico e a não aceitação imediata e estanque daquilo que se tem como verdade absoluta nos livros didáticos.

Consideramos importante o acolhimento de hipóteses que possam gerar uma busca pela verdade, mesmo que inatingível por completo. É relevante olhar com atenção para o contexto, fazer uma análise da possibilidade real, metódica, cuidadosa para a apresentação dos meios como se deram algumas descobertas, às vezes apresentadas de um

modo quase que impraticável com razoável precisão. Na verdade, Arquimedes foi um excelente matemático, que deu grandes contribuições à estática e à hidrostática e que, através desses conhecimentos, tinha condições de determinar um modo adequado de avaliar se ocorreu ou não uma falsificação na coroa do rei Hierão. Além de proporcionar uma visão histórica falsa, essa versão popular faz um serviço negativo ao próprio ensino da Física, pois descreve um método inviável de comparação de densidades, em vez de ensinar como se poderia realmente detectar a fraude. Infelizmente, a lenda da água transbordando na banheira continua até hoje a ser repetida e contada nas escolas e nas universidades.

Geralmente os livros didáticos apresentam uma Ciência “que deu certo” ou seja, resultados e teorias que atualmente aceitamos sem abordar teorias paralelas, que, em algum momento, foram refutadas, mas que possivelmente contribuíram para a estruturação de outras. Concepções de mundo outrora aceitas não foram nem mais, nem menos científicas do que as teorias vigentes. Isto quer dizer que o fato de elas terem sido, em determinado momento, refutadas, não as torna não-científicas. Justamente os diferentes conjuntos de crenças, concepções, hipóteses e teorias mantidas pelos estudiosos ao longo dos tempos, subordinadas a visões de mundo específicas e por vezes bastante conflitantes entre os membros de uma mesma comunidade científica, estruturam a própria história do pensamento científico, conforme [1]. Assim, contextualizar certa teoria com o momento histórico em que esta se desenvolveu permite-nos perceber o processo social (coletivo) e gradativo do conhecimento, permitindo formar uma visão concreta e correta da real natureza da ciência, seus procedimentos e suas limitações – o que contribui para a formação de um espírito crítico e desmistificação do conhecimento científico, sem, no entanto, negar seu valor, como muito bem dito em [2].

Por fim, com o estudo da História da Ciência e as relações matemáticas bem fundamentadas e viáveis, oportunizamos ao nosso aluno compreender conceitos que não são tão evidentes e diretos quanto os livros didáticos propõem [3], que, no entanto, fazem-no mais crítico e construtor do próprio conhecimento, como é desejável que aconteça durante sua formação no Ensino Médio.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as escolas, citadas nesse artigo, pelo apoio.

#### VI. BIBLIOGRAFIA

- [1] C. C. Silva, R. A. Martins, *A História da Ciência Ajudando a Desvendar Algumas Dificuldades Conceituais no Ensino de Produto Vetorial*. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 8, Águas de Lindóia, 2002.
- [2] C. C. Silva, (Org.). *Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.
- [3] C. C. Silva, R. de A. Martins, *A teoria das cores de Newton: um exemplo do uso da história da ciência em sala de aula*. *Ciência & Educação* 9(1), 53- 65, 2003.