

**“O MITO É O NADA QUE É TUDO”:
o ensino de física e o caso do problema da coroa do rei Hierão**

*“THE MYTH IS THE NOTHING THAT IS EVERYTHING”:
the teaching of physics and the case of the problem of the king of Hierro*

*“EL MITO ES EL NADA QUE ES TODO”:
la enseñanza de física y el caso del problema de la corona del rey Hierá*

Nasser Meneghetti Lanza¹ (nmlanza@ucs.br)
Julia Flach Boff Manfro¹ (jfbmanfro@ucs.br)
Marcelo Prado Amaral-Rosa² (marcelo.pradorosa@gmail.com)

¹Universidade de Caxias do Sul (UCS)

²Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS)

Resumo

O objetivo deste ensaio é apresentar uma alternativa de (re)solução para o problema da coroa do rei Hierão, de Arquimedes, tendo por base a solução apontada por Galileu, discutindo a apresentação adotada nos livros didáticos da área de Física. O método teve como fundamento a linha crítica de Galileu, enquanto oposição à história contada nos livros didáticos de Física. Para tal, apresenta-se uma análise qualitativa com mapas conceituais, na busca por subsunçores, e de avaliação de resultados após a aplicação de uma atividade usando a Balança Hidrostática.

Palavras-chave: Problema de Arquimedes, Livros didáticos, Ensino de Física.

Abstract

The objective is to present an alternative (re) solution to the problem of the crown of King Hierro of Archimedes, based on the solution pointed out by Galileo, discussing the presentation adopted in the textbooks of the area of Physics. The method had as support to the critical line of Galileo, while opposition to the story told in the textbooks of Physics. For this, a qualitative analysis is presented with conceptual maps, in the search for subsumers, and of evaluation of results after the application of an activity using the Hydrostatic Scale.

Keywords: Archimedes' problem, Textbooks, Teaching of Physics.

Resumen

El objetivo es presentar una alternativa de (re) solución para el problema de la corona del rey Hierá, de Arquímedes, teniendo como base la solución apuntada por Galileo, discutiendo la presentación adoptada en los libros didáticos del área de Física. El método tuvo como soporte a la línea crítica de Galileo, en cuanto oposición a la historia contada en los libros didáticos de Física. Para ello, se presenta un análisis cualitativo con mapas conceptuales, en la búsqueda de subsuntores, y de evaluación de resultados después de la aplicación de una actividad usando la Balanza Hidrostática.

Palabras clave: Problema de Arquímedes, Libros didáticos, Enseñanza de Física.

Introdução

“O mito é o nada que é tudo” é um extrato do poema *Ulisses* do poeta Fernando Pessoa (2008, p. 41). No verso, fica evidente a presença inquestionável dos mitos na sociedade moderna, inclusive, por muitas vezes, a fornecer explicações para os fenômenos da natureza presentes no

cotidiano social. Logo, a relação com este ensaio é direta e faz sentido pleno, uma vez que a abordagem recai sobre fenômenos explicados pela Física que têm suas explicações baseadas nos mitos perpetuados ao longo dos anos.

Embora passados muitos anos desde a implantação do processo educacional no Brasil, o ensino das Ciências, nas escolas, ainda não passa muito de repetições com fórmulas e regras, sem significado para os alunos, porque, geralmente, não são estabelecidas articulações para os contextos que lhes são próximos e significativos. Ao longo do processo de aprendizagem, seria relevante fazer articulações entre Arte, Física, História. Acredita-se que a Ciência pode ser apresentada de maneira integrada, incluída em um contexto social, político, econômico, ético e científico, vindo então a ser, em certa medida, além de estudada também vivenciada. Quem sabe se possa apontar para um deslocamento dos conceitos associados à fragmentação da Ciência e ao senso comum, para conceitos articulados entre método científico, produção de tecnologia e compreensão humana acerca do Universo.

A derrubada de um mito ou a desconstituição deste não parece ser algo simples e fácil. Ao contrário, está enraizado na mente, na memória e ainda encravado em muitos livros. Um mito que se perpetua em livros didáticos indica um obstáculo pedagógico. Para Bachelard (1996, p. 18), “aquilo que cremos saber ofusca o que deveríamos saber”. Assim, segundo Zorzan (2006), os obstáculos podem ser compreendidos como resíduos de conceitos anteriores, que impedem mudanças de antigos conceitos importantes em um passado para novos conhecimentos. Assim, “acender à Ciência, é rejuvenescer espiritualmente, é aceitar uma brusca mutação que contradiz o passado” (BACHELARD, 1996, p. 18). Segundo Lopes (1996), o processo de negação de um conhecimento não implica a destruição total dos conhecimentos anteriormente estabelecidos, mas ir além desses conhecimentos, reordená-los e introduzi-los em uma nova ordem de racionalidade.

Os mitos presentes na Ciência e na sociedade se apresentam com elementos e características, aparentemente, semelhantes e repetidas. A arquitetura desses mitos possui as mesmas características. Segundo Allchin (2003 e 2004), podem-se destacar como variáveis principais: seu caráter justificativo implicando sempre uma “moral da história”, idealização sobre algumas realizações; drama afetivo durante seu desenvolvimento e grandiosidade dos cientistas. Em boa parte, os cientistas são heróis inseridos nestes mitos. As descobertas vêm acompanhadas de uma data precisa, dando a impressão de que ocorreu num determinado dia ou ano após um único momento de introspecção dos cientistas tratando-os como se fossem super-humanos. A figura do cientista é remetida àqueles personagens literários que não exibem erros, nem falhas, com retidão de caráter, sem que se coloque alusão a qualquer deslize.

Sendo estas histórias apresentadas de forma a destacar fortemente aspectos tidos como positivos, que normalmente são os que correspondem ao conhecimento epistemológico, científico atual, muitos detalhes históricos importantes tendem a serem deixados de lado. Por meio das descrições anteriores, a história é terminada com uma moral em que a Ciência, pela sua

autoridade, leva inevitavelmente à verdade (como única e inquestionável), tendo seu caráter justificativo (de como a Ciência encontra essa verdade) sido perfeitamente construído. Segundo Mircea Eliade (1989), o mito guarda uma estrutura simbólica cuja função é revelar modelos exemplares, localizados em um tempo primordial, e não devem ser vistos como algo indesejável, já que estão profundamente enraizados na memória coletiva. Eliade afirma que o mito pode ser reinterpretado e seu significado só será decifrado conforme o contexto histórico, pois depende de como é reinterpretado em cada nova geração. Cabe aos educadores, que carregam a missão de tornar o aluno cada vez mais curioso, crítico e questionador, mostrar como e por que se formaram certos mitos e de que forma se tornaram presentes em nossa memória coletiva.

Por isso, a proposta de fazer uma discussão acerca de um mito, utilizando a balança hidrostática na busca por entendimento frente à discussão de qual método Arquimedes teria usado para resolver o problema da coroa do rei Hierão (Medidas de Volumes ou Medidas de Pesos), pode ser bastante significativo. A descoberta de como as coisas funcionam ou mesmo como podem-se criar coisas diferentes sempre fizeram parte do universo infantil, entretanto, com o tempo esse espírito criativo e desbravador foi adormecendo.

Em parte, deve-se à forma como a educação científica foi/é apresentada. As Ciências da Natureza eram/são meras aplicações de formas e conceitos complicados e de difícil compreensão para a maioria dos estudantes. Além disso, estes foram levados a pensar que quem criou uma teoria ou conceito não tinha relação com mais nenhum cientista, como faz menção o próprio Caderno III – etapa II do Pacto Nacional pelo Fortalecimento do Ensino Médio (PNEM).

Entre outros pontos a serem discutidos nas aulas de Ciências da Natureza, enfatiza-se o papel das atividades experimentais, ainda à luz do Caderno III – etapa II do PNEM:

É comum associarmos investigação com experimentação nas salas de aula de Ciências da Natureza. No entanto, a experimentação no ensino de Ciências da Natureza, de maneira geral, é aplicada para se demonstrar algum conceito e, muitas vezes, tem somente como objetivo motivar mais o aluno para o tema. Ao contrário dessa concepção, tentamos mostrar nesta unidade que a investigação no ensino das Ciências da Natureza constitui-se por princípios orientadores da prática pedagógica. Esses princípios não necessariamente se concretizam por meio de atividades experimentais. Podem ser realizados também com a mediação de textos didáticos, textos de divulgação científica, exercícios, vídeos, atividades com características diversas. Cabe salientar que uma atividade experimental em que é solicitado ao aluno seguir um protocolo e as questões apenas confirmam o conceito estudado nas aulas teóricas precedentes, não contribui nem para o aprendizado nem para a construção de uma visão de Ciências da Natureza como discutido aqui (BRASIL, 2014, [s.p.]).

Assim se planeja uma ação pedagógica que busca abordar os aspectos citados anteriormente, contextualizando o conhecimento e mostrando que tal aspecto é necessário para responder a necessidades sociais. Assim, sendo o objetivo geral deste ensaio apresentar uma alternativa de (re)solução para o problema da coroa do rei Hierão, de Arquimedes, tem-se por

base a solução apontada por Galileu, discutindo, de modo sucinto, a abordagem adotada nos livros didáticos da área de Física.

1 O mito no ensino de Física

Este trabalho refere-se a um apontamento de viés pedagógico para a descoberta da Lei de Arquimedes, buscando fornecer elementos não tão estanques e únicos, valendo-se de uma atividade prática como recurso didático. Quando se fala em Arquimedes, vem à mente o episódio da banheira e seu famoso grito “*Eureka*”, sempre em foco quando os conteúdos de densidade e empuxo são introduzidos nas aulas de Física nos níveis fundamental, médio e superior. Na fábula em questão, perpetuada ao longo do tempo, em todos os livros didáticos, Arquimedes teria, supostamente, descoberto a falsificação da coroa do rei Hierão de Siracusa por um ourives.

O rei Hierão queria uma coroa, de ouro puro, e teria entregado a um ourives uma porção de ouro em pó e uma porção de prata (a porção de prata era como pagamento). Quando a coroa foi entregue, o rei ficou muito contente, mas a alegria durou pouco. O povo comentava que Hierão havia sido enganado, uma vez que a coroa que lhe fora entregue não era de ouro puro.

O rei mandou que chamassem Arquimedes, só ele, na época, poderia resolver o problema da coroa do rei. Arquimedes e seu princípio estão envoltos em uma lenda, na qual ele banhava-se em uma banheira e notou que quando seu corpo afundava, a água subia. Então, saíra gritando pelas ruas: *Eureka! Eureka!*

A descoberta estava envolta na seguinte situação: caso mergulhasse pesos iguais de ouro e prata, e depois a coroa em água e medindo volumes, descobriria se a coroa era falsificada. Quem contou essa história foi Vitruvius, no *De architectura*, livro 9, capítulo 3 (MORGAN, 1960). Tal método é duramente criticado por Galileu, que foi o primeiro a duvidar do método, chegando a escrever um documento, que depois de sua morte foi lançado como livro, *A Pequena Balança*.

De maneira geral, o uso adequado da História da Ciência contribui para promover o ensino, porque, entre outras razões, atrai os estudantes, humanizando o conteúdo e favorecendo a compreensão dos conceitos científicos (MATTHEWS, 1994). Quando se ignoram aspectos históricos e filosóficos ou até mesmo se alteram-nos, podem ser geradas visões distorcidas da ciência. Visões essas baseadas em concepções indutivistas, passando a ideia de que a ciência seria composta de verdades inquestionáveis (CARVALHO; VANNUCCHI, 2000).

Assim, a História da Ciência valoriza o caráter mutável da ciência, mostrando aos estudantes sua dependência de contextos históricos e culturais, questionando mitos e humanizando gênios. Além desses pontos, ainda mostra que o conhecimento científico aceito atualmente é suscetível a novas interpretações e transformações (SILVA; MARTINS, 2003).

Não parece faltar elementos de História da Ciência nos livros didáticos e até mesmo nas salas de aulas, de modo geral. Porém, carece um apuro com maior cuidado sobre essas histórias. De certa maneira, então, o problema não está na ausência ou na quantidade de elementos de

História da Ciência que se utiliza no ensinar de ciências, mas sim na sua qualidade de abordagem (MARTINS; BRITO, no prelo). A versão presente nos materiais didáticos é distorcida e simplificada, o que pode ser entendido sob o sentido aprofundado dos fatos enquanto pseudo-história (ALLCHIN, 2004).

A pseudo-história induz tanto nos professores, quanto nos estudantes, imprecisas ou equivocadas impressões e/ou interpretações sobre a natureza da ciência. Com isso, estereótipos sobre o que é fazer ciência e sobre os cientistas são criados e moldados ao bel-prazer daquele que interpreta ou daquele que escuta a história (ALLCHIN, 2004).

Os estereótipos e as imprecisas ou equivocadas ideias sobre a ciência têm grandes chances de serem perpetuadas nas concepções sobre a ciência presentes não só no ensino como até mesmo na cultura. Tem-se a ideia do cientista e da ciência como algo inatingível, dotados sempre de uma genialidade e de situações dadas ao acaso, inusitadas e sem contexto histórico (ALLCHIN, 2004).

Dessa forma, acaba-se por aceitar alguns mitos como verdades históricas. O ponto é que o conhecimento fica alicerçado no mito, sem mesmo questionamentos reflexivos sobre as fontes que perpetuam as informações. Segundo Eliade (1989), o mito guarda uma estrutura simbólica cuja função é revelar modelos, localizados em um tempo primordial, e não devem ser vistos como algo indesejável, já que estão profundamente enraizados na memória coletiva.

Eliade (1989) afirma que o mito pode ser reinterpretado e seu significado só será decifrado conforme o contexto histórico, pois depende de como é reinterpretado em cada nova geração. Cabe a nós enquanto educadores, que carregam a missão de tornar o aluno cada vez mais curioso, crítico e questionador, mostrar como e por que se formaram certos mitos e de que forma se tornaram presentes em nossa memória coletiva.

Este trabalho apresenta um instrumento didático para contribuir para a busca do apuro histórico e científico, usando como base a atividade prática com a balança hidrostática, proposta por Galileu, entendendo que Arquimedes teria medido pesos e não volumes como Vitruvius havia dito. A aplicação desse recurso se deu em uma turma de alunos concluintes do ensino médio; buscou-se inicialmente uma exposição dos temas relacionados à História da Ciência, método científico, formação de mitos e heróis e mais especificamente a respeito do tema (caso do problema da coroa do rei Hierão). Por meio de uma abordagem com Mapa Conceitual, buscaram-se os conhecimentos prévios dos estudantes mediante o tema específico.

Ausubel (1980) sugere fortemente que para que ocorra a aprendizagem é necessário partir daquilo que o estudante conhece. O mesmo autor também diz que os professores devem criar situações didáticas com a finalidade de descobrir esses conhecimentos.

2 A Física e a Lei de Arquimedes

É do senso comum que a disciplina de Física nem sempre é uma das preferidas dos estudantes. Basta a mínima familiaridade com o ambiente escolar ou conversar com alguns estudantes e professores para sentir que a Física é considerada uma difícil e complicada disciplina escolar, a qual muitos [senão a maioria] evitariam, se pudessem. Ao que parece, aprendem muito cedo a não gostar de Física (MOREIRA, 1983).

A realização de aulas que tangenciam ao convencional, em um primeiro movimento, é um modo de mostrar aos estudantes que os assuntos da disciplina de Física podem se tornar atrativos, presentes no cotidiano e úteis. Para tal, a Física apregoa que é preciso abordá-los de acordo com o seguinte conjunto: teoria, contexto, história e relações matemáticas.

Em boa parte das vezes, o conteúdo de Física em livros de ensino médio não vem envolvido em um contexto histórico e, o que é pior, às vezes vem em um contexto na forma de mito. Mathews (1995) defende que a investigação histórica do desenvolvimento da Ciência é necessária, a fim de que os princípios que guarda como tesouros não se tornem um sistema de preceitos apenas parcialmente compreendidos ou um amontoado de informações históricas. Dessa forma, a investigação histórica não somente promove a compreensão daquilo que existe no presente, mas também nos apresenta possibilidades.

A formulação usualmente encontrada nos livros didáticos da Lei de Arquimedes é a seguinte: todo corpo mergulhado em um líquido sofre um empuxo de baixo para cima igual ao peso do fluido por ele deslocado. Mesmo que o foco deste trabalho seja apresentar uma possível forma de solução para o problema da coroa, idealizada por Galileu, que não aquela sugerida nos livros didáticos, há muitas implicações errôneas da interpretação histórica e física em decorrência da forma como os livros colocam.

Como aponta Silveira e Ostermann (2002), evidencia-se uma falha na formulação usual da Lei de Arquimedes, pois um corpo pode flutuar em um fluido mesmo quando o peso de todo o fluido disponível é menor do que o peso do corpo. Para que a Lei de Arquimedes evite o equívoco, deve ser formulada do seguinte modo: todo corpo mergulhado em um líquido sofre um empuxo de baixo para cima igual ao peso do fluido contido em um volume idêntico ao volume submerso do corpo no fluido.

O caso especificamente colocado, o enunciado usual da Lei de Arquimedes nos livros didáticos, surge efetivamente do fato de se subestimar as implicações das dimensões do recipiente que contém o fluido e o corpo imerso. Parece que Arquimedes, exímio matemático, preocupado com a relação conceitual, atento para implicações de muitos fatores e precisando resolver um problema (o problema da coroa do rei) não cometeria tais descuidos.

É importante notar que no texto de Arquimedes (287 a.C. – 212 a.C.) sobre os corpos flutuantes (ASSIS, 1996), não são apresentados quaisquer fatos ou evidências experimentais. Galileu idealizou e realizou um experimento paradoxal para o enunciado tradicional da Lei de

Arquimedes: todo corpo mergulhado em um líquido sofre um empuxo de baixo para cima igual ao peso do fluido por ele deslocado.

Pode ser ilustrado da seguinte maneira: imagine-se que, em um recipiente, exista um volume de fluido com peso menor do que o peso do corpo flutuante. Nota-se, então, que a apresentação usual da solução do problema da coroa do rei carrega desdobramentos errôneos, inclusive na formulação de conceitos.

Em agosto do ano de 2000, o problema da coroa de Hierão também foi analisado no artigo *Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos* (MARTINS, 2000), publicado no periódico *Caderno Catarinense de Ensino de Física*. A seguir, apresenta-se um extrato do caso da coroa abordado no referido texto:

[...] Há elementos um pouco estranhos na história. Por que motivo alguém encheria uma banheira até a borda? Para molhar todo o chão onde a pessoa ia tomar banho? Se o banho havia sido preparado por um escravo (uma hipótese plausível), ele próprio teria que secar todo o chão, depois. Não é muito razoável pensar que ele enchesse a banheira até a borda. Vitruvius não viveu na época de Arquimedes e sim dois séculos depois, portanto suas palavras não constituem uma informação de primeira mão. Em que tipo de fonte ele baseou-se? Não o sabemos. [...] Basta um pouco de bom senso para perceber que esse método de medida de volume não pode funcionar. Suponhamos que a coroa do rei tivesse um diâmetro da ordem de 20 cm. Então, seria preciso utilizar um recipiente com raio superior a 10 cm, cheio de água, e medir a mudança de nível ou a quantidade de líquido derramado quando a coroa fosse colocada lá dentro. Suponhamos que a massa da coroa fosse da ordem de 1 kg e que a sua densidade (por causa da falsificação) fosse de 15 g/cm^3 (um valor intermediário entre a densidade do ouro e a da prata). Seu volume seria então de 67 cm^3 . Colocando essa coroa no recipiente cheio de água, cuja abertura teria uma área superior a 300 cm^2 , o nível do líquido subiria uns 2 milímetros. É pouco plausível que fosse possível medir essa variação de nível ou medir a quantidade de líquido derramado com uma precisão suficiente para chegar a qualquer conclusão, por causa da tensão superficial da água. Se o recipiente estivesse totalmente cheio, ao mergulhar a coroa dentro dele, poderia cair uma quantidade de líquido muito maior ou muito menor do que o volume da coroa (ou mesmo não cair nada). Portanto, é fisicamente pouco plausível que Arquimedes pudesse utilizar esse tipo de método (MARTINS, 2000, p. 118-119).

3 Procedimento metodológico

A avaliação enquanto mediação leva em conta: acompanhamento reflexivo e o diálogo. Parece haver uma distorção do que significa diálogo e acompanhamento. Não precisa existir nem conversa, precisa existir relatos diários e sistemáticos, e não apenas no final do período, e reflexões em conjunto. O acompanhamento do processo de construção de conhecimento implica favorecer o desenvolvimento do aprendiz, orientá-lo nas tarefas, oferecer-lhe novas leituras ou explicações, sugerir-lhe investigações, proporcionar-lhe vivências enriquecedoras e favorecedoras à sua ampliação do saber (HOFFMANN, 1996).

A investigação qualitativa foca um modelo fenomenológico no qual a realidade é enraizada nas percepções dos sujeitos; o objetivo é compreender e encontrar significados através de narrativas verbais e de observações em vez de através de números. A investigação qualitativa normalmente ocorre em situações naturais em contraste com a investigação quantitativa que exige controle e manipulação de comportamentos e lugares. Atualmente há um consenso alargado acerca do que é a investigação qualitativa. Segundo Bogdan e Biklen (1994), as características da investigação qualitativa são múltiplas: emerge do processo de investigação em vez de ser pré-estabelecida, em consequência, as questões de investigação podem mudar e ser redefinidas durante o processo.

Partindo dessas reflexões, se apresenta, como recurso pedagógico, para promover uma análise qualitativa acerca da temática, o Mapa Conceitual, que pode auxiliar tanto o professor, quanto os próprios estudantes a avaliarem a aprendizagem.

A abordagem com Mapa Conceitual remete a uma ideia de avaliação qualitativa, é imprescindível que cada aprendiz construa seu mapa e escreva a respeito dessa produção, para que se possa fazer a interpretação e análise de cada mapa e de cada resenha produzida. Portanto, a avaliação dos resultados é feita por meio de uma análise puramente na interpretação dos mapas conceituais construídos por estudantes.

O mapa conceitual é uma técnica pedagógica para organizar e representar o conhecimento graficamente (MOREIRA, 2010). Os conceitos e as proposições são os blocos de construção do conhecimento em qualquer domínio. Foi criado por Joseph Donald Novak com base na aprendizagem significativa de David Ausubel, cuja essência é que as ideias novas ancoram-se em conceitos relevantes que o aprendiz já sabe (subsunçores), pré-existentes na estrutura cognitiva de quem aprende. É uma técnica flexível, podendo se observar a estrutura do pensamento em relação ao tema proposto, pode ser usado como ponto de partida para novas pesquisas e aprendizagens.

Os estudantes podem elaborar duas versões de mapa conceitual: i) a primeira, antes de iniciar o processo de aprendizagem do conteúdo “novo” e; ii) a segunda após a aprendizagem do tema proposto. Mapas conceituais abrem novos caminhos e possibilitam a criação de novas conexões, uma vez que não têm um único ponto de chegada ou de partida, e são flexíveis e em constante atualização. Um ponto central de um mapa conceitual é o aspecto de estar voltado para uma experiência baseada no real (OKADA, 2006).

Conforme mapas conceituais podem levar a profundas modificações na maneira de ensinar, de avaliar e de aprender. Procuram promover a aprendizagem significativa e entram em choque com técnicas voltadas para a aprendizagem mecânica (MOREIRA, 2010).

Primeiramente, foram realizadas exposições quanto à História da Ciência, método científico e produção de conhecimento com estudantes do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública do município de Bento Gonçalves, estado do Rio Grande do Sul (Brasil), durante os

encontros destinados à disciplina de *Seminário Integrado*, em turno oposto ao turno formal das aulas.

Em um segundo momento, com vistas a abordar criação de mitos, os estudantes foram solicitados a pesquisar sobre alguns mitos da história do Brasil, com o objetivo de refletir sobre como é formado um mito, em que momento isso acontece, se existe ou não intenção na sua formação e de que forma ele fica marcado na memória coletiva da população. Assim, apresentou-se nesse contexto o caso específico da solução de Arquimedes para o problema da coroa do rei Hierão.

Solicitou-se a construção de mapas conceituais para avaliar os conhecimentos prévios sobre o tema fluidos, e em especial a história de Arquimedes, sobre a massa específica e o suposto problema da coroa do rei Hierão. Na sequência das aulas de Física, buscou-se apresentar a visão de Galileu a respeito da solução que Arquimedes forneceu ao problema da coroa, para tanto realizou-se a atividade experimental *Balança Hidrostática*, descrita por Galileu.

Se a aprendizagem é significativa, a estrutura cognitiva do aluno está constantemente se reorganizando, o que torna os mapas conceituais dinâmicos (MOREIRA, 2010). Depois da aplicação da atividade experimental, pediu-se que voltassem a construir um novo mapa a respeito do mesmo tema. Pretendeu-se com a atividade prática fazer uma sondagem do poder do instrumento e apurar se houve ressignificação do conhecimento.

A pretensão era identificar a mudança na forma de pensar a respeito da história do fato ou suposto problema da coroa do rei. As questões que foram elencadas para a atividade foram: i) *a forma como Arquimedes teria resolvido o problema permaneceu intacta, pela presença constante e longínqua nos livros didáticos, tendo per si o forte apelo de fábula?*; ou ii) *se, com um recurso didático, consegue-se inserir a reflexão acerca do método e da forma como se deu a solução do problema?*

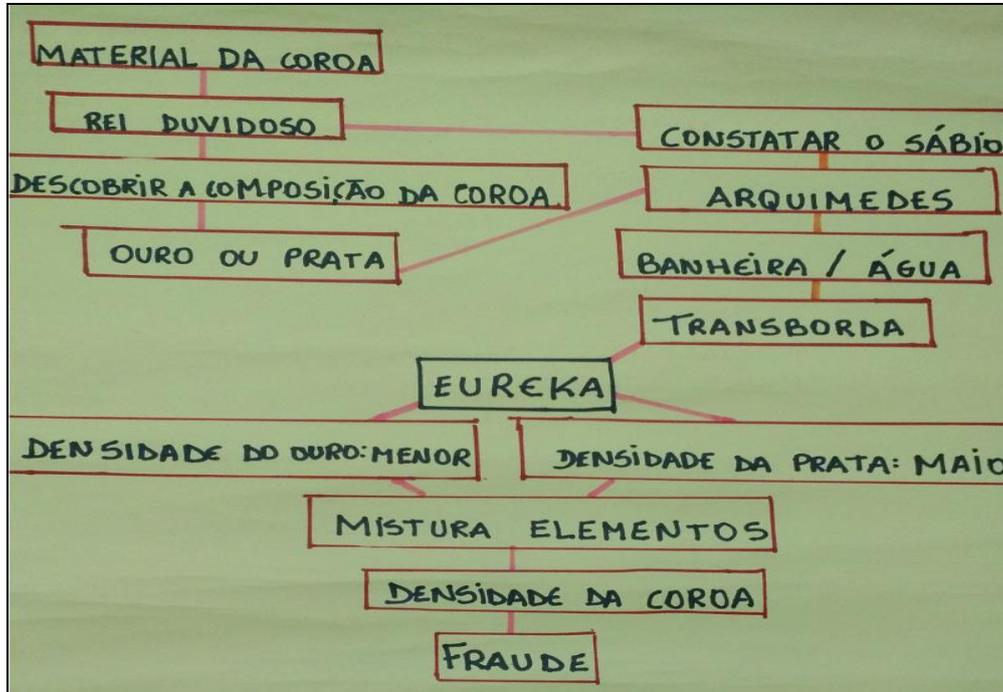
Fez-se, então, uma comparação do primeiro Mapa Conceitual com o segundo Mapa, antes e após a aplicação da atividade. A densidade da produção conceitual e os elementos em cada situação podem levar a uma análise mais profunda do efeito desse produto, do poder de penetração desse recurso, do fator de convencimento e da capacidade de gerar discussões investigativas. Se tais situações postas, como únicas, são ou não plausíveis, se pode-se de repente questionar e duvidar de algumas coisas que passam por anos e anos sem que se tenha um questionamento, um viés de argumento forte, para quem sabe, contar-se com mais afeição física e matemática precisa a mesma história.

4 Resultados e Análises

Nos dois primeiros mapas conceituais (Figura 1 e 2) dos estudantes observa-se, nitidamente, o apontamento da solução do problema da coroa do rei Hierão pelas medidas de

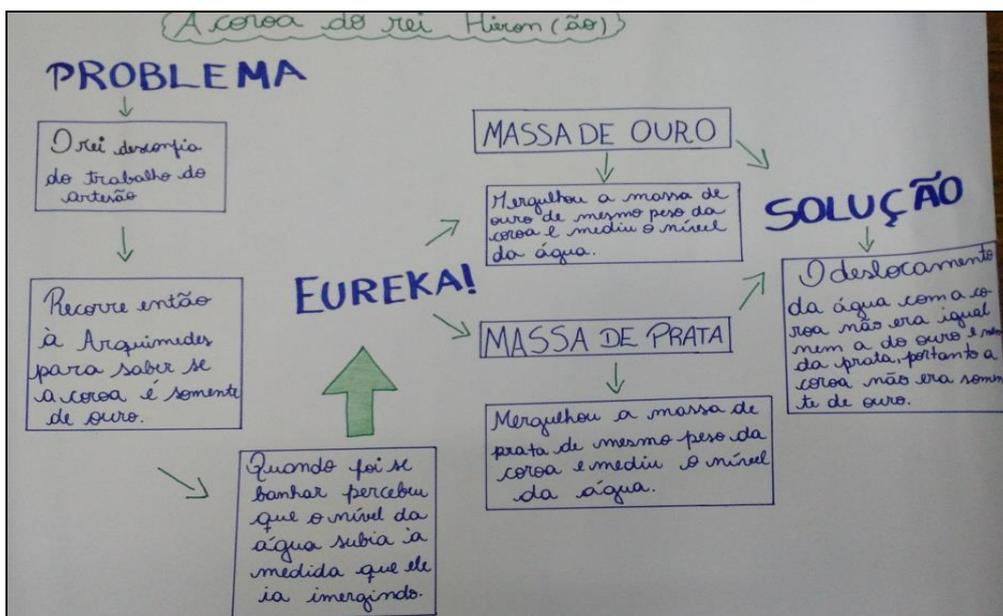
volumes derramados, do ouro, da prata e da coroa. Os aprendizes ainda apresentam a história que Arquimedes teria saído correndo pelado pelas ruas gritando: “Eureka! Eureka!”.

Figura 1 – Mapa conceitual sobre o problema da coroa do rei Hierão (grupo 1)



Fonte: Acervo do Autor

Figura 2 – Mapa conceitual sobre o problema da coroa do rei Hierão (grupo 2)



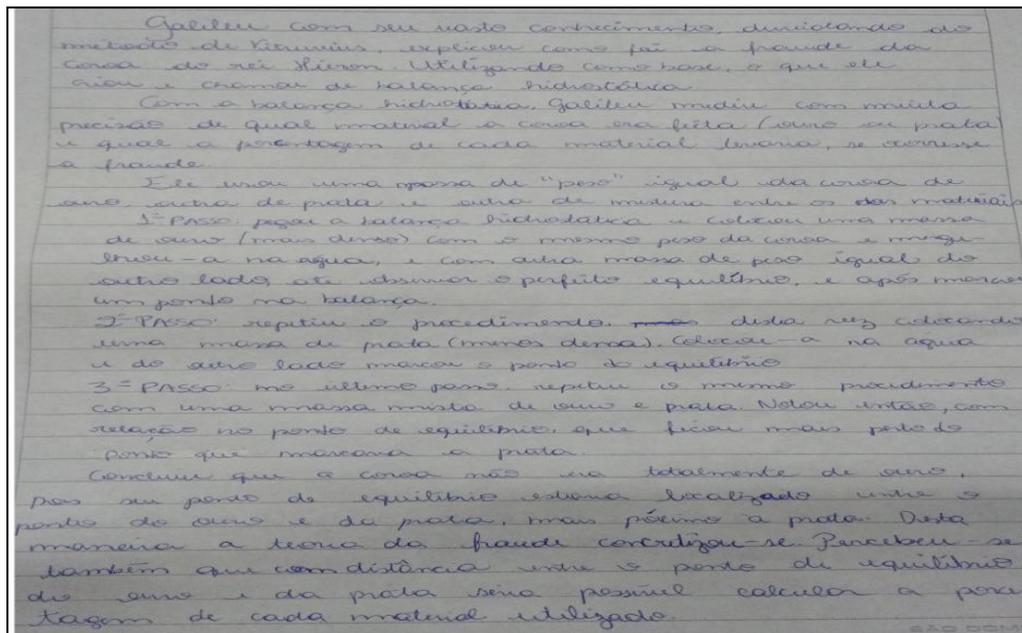
Fonte: Acervo do Autor

O que os alunos citam, é basicamente a história contada nos livros didáticos. As medidas de volumes derramados de ouro, prata e da coroa não eram iguais, indicando que a densidade da

coroa não era igual à densidade do ouro, logo, a coroa tinha uma mistura de prata, falsificada.

Ainda, fazem uso destacado do termo *Eureka!*, de modo idêntico aos livros didáticos, em geral. Ainda salientam que Arquimedes percebe os diferentes níveis de volumes quando mergulha a mesma massa de ouro, prata e coroa. Na descrição apresentada na Figura 3, apresenta-se a situação conforme os sujeitos.

Figura 3 – Explicação sobre o problema da coroa do rei Hierão

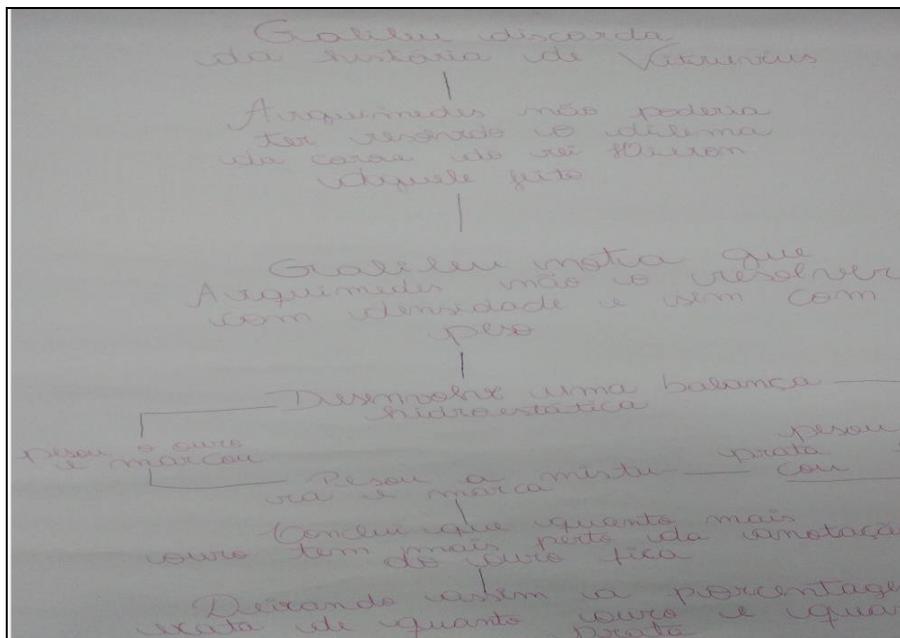


Fonte: Acervo do Autor

Já nas Figuras 4 e 5, percebe-se a mudança conceitual para a medida de pesos, o uso da balança hidrostática e ligações cruzadas entre conceitos e método empregado. Na explicação da Figura 5, após o mapa conceitual (mesmo estudante), fica nítida a precisão do método da balança hidrostática, destacando as medidas (pesos) de pontos de equilíbrio para cada massa igual de ouro, prata e da coroa aferidos na balança hidrostática.

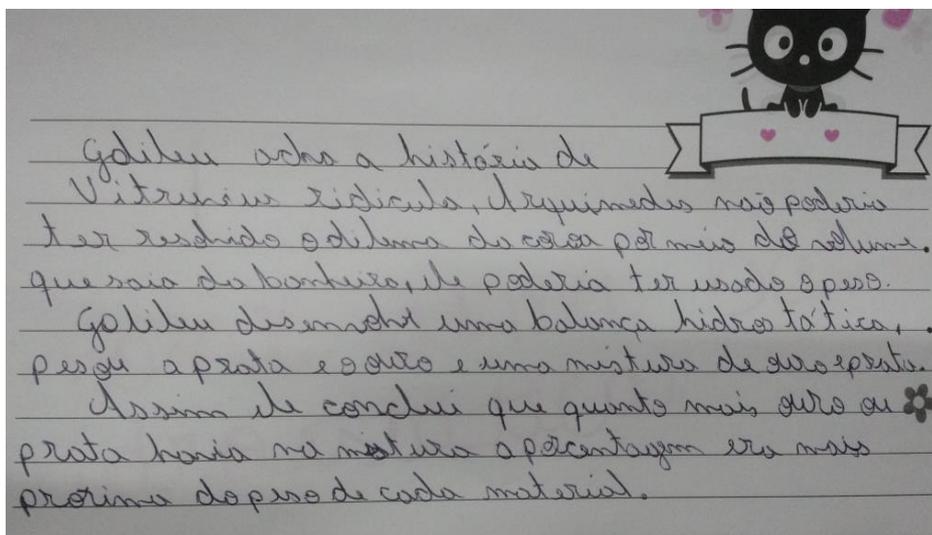
Nota-se explicitamente o empuxo associado com a balança hidrostática. O empuxo para cada massa igual (ouro, prata e coroa) não é o mesmo, uma vez que as densidades desses elementos não são iguais, então, para cada massa igual, existe um volume diferente. Como esses materiais eram mergulhados completamente em água, deslocavam volumes diferentes, sofriam empuxos diferentes e tinham pontos de equilíbrio diferentes. Essa foi a grande percepção do método proposto por Galileu, dando ideia de uma diferenciação. Percebe-se o ajuste conceitual se valendo do empuxo e da balança hidrostática, justificando, um método fisicamente viável.

Figura 4 – Mapa conceitual sobre a resolução de Arquimedes



Fonte: Acervo do Autor

Figura 5 – Explicação sobre a balança hidrostática de Galileu



Fonte: Acervo do Autor

Considerações Finais

O ponto central deste ensaio era apresentar uma alternativa de (re)solução para o problema da coroa do rei Hierão, de Arquimedes, tendo por base a solução apontada por Galileu,

discutindo, de modo sucinto, a apresentação adotada nos livros didáticos da área de Física, tendo como instrumento a construção de mapas conceituais.

Apostou-se, em primeiro plano, enquanto estratégia para provocar a curiosidade dos estudantes, buscando apontar conceitos, abordar conteúdos e descobertas em Física que são apresentadas nos livros didáticos de forma prazerosa. Além disso, objetivou-se 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 de modo direto teoria e prática, despertando, assim, o aspecto crítico e a não aceitação imediata e estanque daquilo que se tem preconizado nos livros didáticos como verdade absoluta.

Considera-se 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, por meio 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, a 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 são aceitos 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; isso quer dizer que o fato de elas terem sido, em algum 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.

Por fim, contextualizar certa teoria com o momento histórico em que se desenvolveu, permite perceber o processo coletivo e gradativo do conhecimento, permitindo formar uma visão concreta e adequada da real natureza da ciência, seus procedimentos e suas limitações — o que contribui para a formação de um espírito crítico e a desmistificação do conhecimento científico estante. Além disso, o estudo da História da Ciência, as relações matemáticas bem

fundamentadas e viáveis, permitem compreender conceitos que não são tão evidentes e diretos quanto os livros didáticos propõem.

Referências

- ALLCHIN, D. Pseudo history and pseudo science. **Science & Education**, 13(3), 179-195, 2004.
- ASSIS, A. K. T. (1996). Sobre os corpos flutuantes – tradução comentada de um texto de Arquimedes. **Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência**, v. 16, 69-80, 1996.
- AUSUBEL, D. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. Lisboa: Plátano, 2003.
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BENTO, A. **Investigação quantitativa e qualitativa: Dicotomia ou complementaridade?** Revista JÁ (Associação Acadêmica da Universidade da Madeira), 64, ano VII, 40-43, 2012.
- BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação**. Porto: Porto Editora, 1994.
- BRASIL. Secretaria de Educação Básica. Formação de professores do Ensino Médio, etapa II – Caderno III: Ciências da Natureza / Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica [autores: Daniela Lopes Scarpa, Flavio Antonio Maximiano, Hildney Alves de Oliveira, Lana Claudia de Souza Fonseca, Sérgio Camargo e Silmara Alessi GueburRoehrig]. Curitiba: UFPR/Setor de Educação. 2014.
- CARVALHO, A. M. P.; VANNUCCHI, A. I. History, Philosophy and Science Teaching: Some Answers to “How?”, **Science & Education**, 9 (5), 427- 448, 2000.
- ELIADE, M. **Aspectos do Mito**. Rio de Janeiro: Edições 70, 1989, p. 12-13.
- HOFFMANN, J. **Avaliação: mito e desafio; uma perspectiva construtivista**. 21. ed. Porto Alegre: Mediação, 1996.
- JAPIASSU, H. **As paixões da ciência: estudo de história das ciências**. São Paulo: Letras e Letras, 1991.
- LOPES, A. R. C. **Livros didáticos: obstáculos ao aprendizado da ciência química**. [S.l.: s.n.], 1996.
- MARTINS, R. A. Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos, **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, 17(2), agosto, 115-121, 2000.
- MATHEUS, M. História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, 12(3), 164-214, 1995.
- MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa**. São Paulo: Centauro Editora, 2010.
- _____. **Uma abordagem cognitivista ao ensino da Física**. Porto Alegre: Editora de Universidade, 1983.
- NOVAK, J. D. **Uma teoria da educação**. São Paulo: Pioneira Editora, 1981.

OKADA, A. **Cartografia cognitiva: novos desafios e possibilidades.** [S.l.: s.n.], 2006.

PESSOA, F. (2008). *Poemas de Álvaro de campos: obra poética IV.* Organização, introdução e notas Jane Tutikian. Porto Alegre, RS: L&PM.

RAMOS, M. G. Epistemologia e Ensino de Ciências: Compreensões e Perspectivas. In: MORAES, R. (Org.). **Construtivismo e o ensino de Ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas.** Porto Alegre (RS): EDIPUCRS, 2000.

SILVA, C. C. (Org.). **Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para aplicação no ensino.** São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.

SILVA, C. C.; MARTINS, R. A. A. História da Ciência Ajudando a Desvendar Algumas Dificuldades Conceituais no Ensino de Produto Vetorial. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 8, 2000, Águas de Lindóia.

SILVA, C. C.; MARTINS, R. de A. 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.

SILVEIRA, F. L.; OSTERMANN, F. A insustentabilidade da proposta indutivista de descobrir a lei a partir de resultados experimentais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, 19, 7-27, 2002.

TRINDADE, L. S. P. **Alquimia dos processos de ensino-aprendizagem em Química: um itinerário interdisciplinar e transformação das matrizes pedagógicas.** Dissertação (Mestrado em Educação) – Unicid, São Paulo, 2004.

ZORZAN, A. L. O conhecimento científico em Bachelard. **Revista de Ciências Humanas.** Frederico Westphalen/RS, 85-100, 2006.

Recebido em 07/01/2019

Aceito em 19/05/2019