

Física em cena: “A coroa do rei: a façanha de Arquimedes em duas versões”

.....

Juliana M. Hidalgo

Departamento de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil.

Natália N.A. de Lira

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil.

Mara C.J. de Oliveira

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil.

Gilvan Lutero

Expansivo Colégio e Curso, Natal, RN, Brasil.

RESUMO

O presente artigo tem como objetivo apresentar o roteiro da peça teatral “A coroa do Rei: a façanha de Arquimedes em duas versões”. O roteiro toma como base um trabalho historiográfico, bem como escritos originais de Galileu Galilei, a fim de apresentar duas versões para a solução de Arquimedes a respeito do problema da coroa do Rei Heron de Siracusa.

Problematiza visões simplistas sobre a ciência, embutidas na versão vitruviana, mais popular, bem como questiona a viabilidade física dessa primeira narrativa. Em contraste, apresenta a versão galileiana, fisicamente plausível, apoiada por evidências históricas e visões mais sofisticadas sobre a ciência. Essa última versão vem sendo introduzida em alguns livros didáticos brasileiros. O roteiro se soma a essas iniciativas, podendo colaborar para a compreensão do Princípio de Arquimedes, bem como para a introdução da temática Natureza da Ciência no ambiente escolar.

Palavras-chave: Arquimedes; empuxo; teatro

.....

Autor de correspondência: Juliana M. Hidalgo, julianahidalgo@fisica.ufrn.br.

1. Considerações iniciais

A sugestão de aproximar o teatro e a física pode fomentar, dentre muitas, duas concepções principais. A primeira se relaciona com o absurdo: *Como pode ser útil unir áreas tão distintas? Como pode haver diálogo entre elas? De que forma se pode relacionar a emoção do teatro com a lógica fria e matemática da física?* Para que essa primeira concepção seja válida, leva-se em consideração o que Snow [1] chamou de polarização das duas culturas – a humanística e a científica. Essa polarização implica o distanciamento e a impossibilidade do diálogo entre essas culturas que, ainda hoje, podem ser pensados ou instigados. É fácil exemplificar: se a compreensão que se tem da física é de uma ciência a-histórica, descontextualizada, puramente matemática, a-cultural, produto exclusivo de cientistas homens, brancos, gênios em seus laboratórios isolados, torna-se realmente impossível aproximá-la do mundo da arte. Isso nada tem a ver com a emoção, a expressão, a criatividade e o envolvimento próprios do teatro.

A segunda concepção, por outro lado, revela a potencialidade do diálogo entre duas áreas que, inclusive, se parecem. Sua validade é ancorada em compreensões atualizadas sobre a Natureza da Ciência¹. A física envolve criatividade, cooperação, mulheres e homens que no decorrer da história e em diversos contextos sociais se dedicaram à solução de problemas que desafiaram a humanidade ou ao encaixe de peças em um quebra-cabeças, segundo uma

visão mais kuhniiana. Dessa forma, facilmente pensamos num diálogo entre essas duas culturas, que envolvem criatividade, emoção e boas histórias. Afinal, “A física também tem seu romance intrincado e misterioso” [3].

Tendo em vista que a legislação atual para o ensino de física exige a compreensão do seu contexto social, histórico e cultural [4], ficamos com a segunda concepção, ou seja, consideramos a possibilidade e a potencialidade do diálogo entre teatro e física. Tal potencialidade é reforçada pela afirmação de que “o ponto de colisão de dois tópicos, duas disciplinas, duas culturas – de duas galáxias, até onde se pode ir nessa suposição – deveria produzir oportunidades criadoras” [5].

A materialização dessas expectativas pode ser percebida por meio da literatura acadêmica nos últimos anos. A interação teatro-física tem acontecido de diversas formas. Jogos Teatrais têm sido propostos como forma de aproximar os estudantes de uma melhor compreensão sobre a ciência. Por exemplo, em iniciativa desenvolvida por Oliveira e Zanetic, estudantes são estimulados a

A sugestão de aproximar o teatro e a física revela a potencialidade do diálogo entre duas áreas que, inclusive, se parecem, pois ambas envolvem criatividade e cooperação, dentre outras habilidades

participarem de um jogo cujo objetivo é montar cenas improvisadas a partir de um trecho do monólogo *Einstein*, de Gabriel Emanuel, inspirado em fatos reais e situações prováveis, de acordo com a personalidade

de Einstein. No contexto desse Jogo Teatral, é possível discutir as concepções dos estudantes acerca do cientista com a intencionalidade de humanizá-lo [6].

Temas científicos, principalmente polêmicos, e que despertem o interesse da plateia, podem exercer protagonismo

em peças teatrais. A linguagem teatral também pode ser utilizada como recurso para tornar mais acessíveis conteúdos científicos escolares [7-15]. O Teatro Científico, especificamente, é compreendido como um teatro com vertente pedagógica e temática científica que ocorre, na maioria das vezes, em museus de ciências ou escolas. Tal abordagem aparece, por exemplo, em peças muito conhecidas, como *A vida de Galileu* de Bertolt Brecht. Peças concebidas à luz de intencionalidades pedagógicas podem ser direcionadas a públicos bem definidos, e, inclusive, pode-se estimular que os próprios estudantes as elaborem. Em projeto de Teatro Científico desenvolvido por Júdice e Dutra em escolas mineiras, por exemplo, estudantes trabalharam na montagem e preparação de diversos roteiros teatrais baseados em biografias como as de Galileu Galilei, Albert Einstein e Robert Fulton [7].

Como materialização de uma proposta de Teatro Científico com intencionalidade pedagógica, desenvolvemos o roteiro teatral “A coroa do Rei: a façanha de Arquimedes em duas versões”, baseado no artigo “Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos”, escrito pelo historiador da ciência Roberto de Andrade Martins [16]. Utilizamos também o trabalho *La Bilancetta*², escrito por Galileu Galilei [18]. O tema central do roteiro é o embate entre duas narrativas (Fig. 1), a do arquiteto romano Marcus Vitruvius Pollio, do século I a.C., e a de Galileu Galilei, do século XVII, para o episódio histórico envolvendo Arquimedes (287 a.C.-212 a.C.) e o problema da coroa do Rei Heron de Siracusa. Na segunda seção do presente trabalho, apresentamos as duas referidas versões. Destacamos que a versão

vitruviana, embora amplamente divulgada, pode ser questionada do ponto de vista histórico e é fisicamente inviável. Na mesma seção, mostramos como Galileu questionou essa versão e propôs uma narrativa mais plausível dos pontos de vista físico e histórico. Acrescentamos que essa narrativa vem sendo corroborada por evidências históricas. Na terceira seção, trazemos o roteiro teatral. Comentamos sobre o roteiro, destacando os principais aspectos que se tentou abordar. Finalizando, destacamos a encenação da peça em escola pública de Natal (RN).

2. Vitruvius vs. Galileu: duas narrativas para o episódio

Não há quem resista a uma boa história, principalmente, as que narram eventos fantásticos e feitos grandiosos envolvendo pessoas além do normal. Episódios históricos relacionados a descobertas científicas receberam incrementos espetaculosos com o intuito de promoverem seus personagens, impactando ouvintes e leitores. Seguindo esse padrão, mitos fantásticos se propagaram e foram tomados como relatos verídicos.

Narrativas sobre as descobertas repentinas da lei da gravidade e do empuxo, por meio, respectivamente, da queda de uma maçã na cabeça de Isaac Newton e do banho de Arquimedes, são exemplos de mitos amplamente divulgados. Essas histórias costumam ser inseridas em aulas por professores de física, que as consideram motivadoras e engraçadas. No entanto, estudos críticos demonstram que essas narrativas contribuem, por exemplo, para a propagação de visões simplistas sobre a ciência [19]. Transmitem uma concepção

individualista de ciência, ao associarem tais descobertas a indivíduos únicos, isolados, que não se baseiam em trabalhos de outros pesquisadores. Transmitem uma visão empirista-indutivista de ciência, uma vez que narram descobertas instantâneas a partir de observações simples, desconsiderando contextos teóricos pré-existentes. Essas narrativas são contestadas por historiadores da ciência à luz da interpretação de evidências históricas, bem como, em alguns casos, com base na inviabilidade das ocorrências sob o ponto de vista físico [18,20].

O feito de Arquimedes é amplamente conhecido. Sua variante fantástica nos diz:

[...] Heron, rei da cidade grega Siracusa no século III a.C., mandou ao ourives da corte certa quantidade de ouro, para que ele lhe fizesse uma nova coroa. Quando recebeu a encomenda pronta, o rei desconfiou que parte do ouro fora substituída por prata, cujo valor já era bem menor naquela época. Heron tinha grande respeito por um dos maiores matemáticos que o mundo conheceu, Arquimedes [...]. Bem, foi a esse sábio que o rei pediu para verificar sua desconfiança em relação ao ourives. Diz a história que Arquimedes descobriu como resolver o problema no banho. Ao submergir na banheira, pensando na tarefa que o rei lhe confiara, sentiu-se mais leve e deduziu o que ficou conhecido como o princípio de Arquimedes: “Quando um corpo é mergulhado na água ele perde, em peso, uma quantidade que corresponde ao peso do volume de água que foi deslocado pela imersão do corpo”. Emocionado com a descoberta, Arquimedes teria saltado da banheira, saindo nu pelas ruas de Siracusa a gritar: “Eureka, eureka!”, que significa “encontrei, encontrei!” [21].

Um filósofo grego sairia mesmo nu, correndo e gritando pelas ruas de uma cidade? O ourives teria coragem de roubar ouro do rei? Se houve questionamentos, estes não foram suficientes para impedir a disseminação dessa

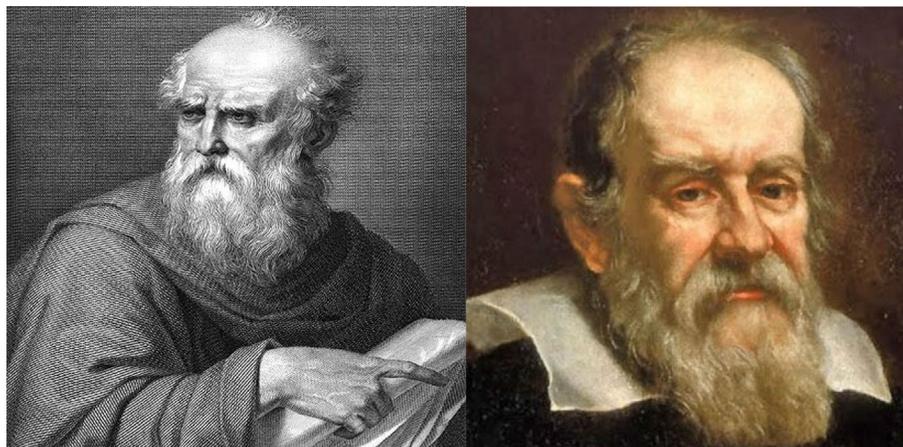


Figura 1 Marcus Vitruvius (80 a.C. - 15 a.C.) e Galileu Galilei (1564-1642). Fontes: <https://edukavita.blogspot.com/2015/06/biografia-de-marco-vitruvius-pollio.html/>; <https://short-biography.com/galileo-galilei.htm?cn-reloaded=1>

anedota mundialmente conhecida.

A fonte dessa versão teria sido Marcus Vitruvius, no século I a.C., dois séculos após a ocorrência do referido episódio. Em sua obra *De architectura*, Vitruvius descreveu o procedimento técnico supostamente executado por Arquimedes para desvendar a fraude do ourives. É possível que Vitruvius tenha tido acesso a fragmentos de como Arquimedes resolveu a contenda e criou elementos para preencher as lacunas.

Questionamentos de naturezas diversas levantam suspeitas a respeito dessa versão [16]. Em termos contextuais, argumenta-se que Vitruvius não é uma fonte fidedigna por não ser contemporâneo de Arquimedes. Dois séculos os separam. Um segundo ponto levantado é que, à época de Arquimedes, um escravo preparava o banho do senhorio, e, sendo assim, por qual razão encheria a banheira até a borda? Isto aumentaria seu trabalho, já que ele teria que secar o chão quando a água transbordasse.

É particularmente relevante para o professor de física notar que argumentos apoiados em conhecimentos físicos contrariam fortemente a narrativa de Vitruvius. A técnica supostamente atribuída a Arquimedes desconsidera uma característica importante da água, a sua tensão superficial. Outro argumento de cunho físico atesta a inviabilidade do método atribuído por Vitruvius a Arquimedes. De acordo com esse método, Arquimedes teria medido o volume do líquido deslocado pela submersão da coroa na água. Portanto, ele teria medido o quanto subia o nível da água [16].

Façamos uma aproximação matemática para estimarmos esse valor [16]. Supondo que a coroa pesasse 1000 g e, sabendo que a densidade do ouro é de 19,28 g/cm³:

$$\begin{aligned} \text{densidade } (d) &= \frac{\text{massa } (m)}{\text{volume } (v)} \\ \frac{19,28 \text{ g}}{\text{cm}^3} &= \frac{1000 \text{ g}}{v} \\ \rightarrow v &= 51,86 \cong 52 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Consideremos uma coroa com 20 cm de diâmetro. Para submergi-la, precisaríamos de um recipiente de área mínima de 314 cm², pois, para o círculo, $\text{área} = \pi R^2$. O cálculo para a subida do nível do líquido segue como

$$\begin{aligned} \text{volume}(v) &= \text{área}(A) \cdot \text{altura}(h) \\ 52 \text{ cm}^3 &= 314 \text{ cm}^2 \cdot h \rightarrow h = 0,16 \text{ cm} \end{aligned}$$

Caso a coroa fosse realmente de ouro, Arquimedes teria medido uma diferen-

ça de nível de pouco mais de 1 mm. Consideremos, por outro lado, que o artesão tivesse, de fato, enganado o Rei Heron. A densidade da prata é 10,5 g/cm³. Reptiremos os cálculos para uma liga de ouro e prata, considerando a densidade de 14,89 g/cm³, uma média entre os dois metais. Teremos um valor de 0,21 cm para a elevação do nível da água. Considerando valores da ordem de 2 mm, não é razoável aceitar que Arquimedes conseguisse fazer tais medições com precisão, utilizando os recursos então disponíveis.

Esse tipo de análise não é atual. Galileu Galilei, em *La Bilanceta* fez uma retomada desse episódio e afirmou que o método citado por Vitruvius “era todo falho, faltando-lhe a precisão requerida nas coisas matemáticas” [22]. Galileu buscou em obras antigas de Arquimedes argumentos que o ajudassem a entender como ele pôde “descobrir, por meio da água e de modo rigoroso, a composição da liga de dois metais” [23]. Estudando outros trabalhos do grego chegou a um método que supunha ter sido o utilizado por ele:

[...] após haver cuidadosamente revisto o que Arquimedes demonstra nos seus tratados “Dos corpos que flutuam sobre a água” e “Dos corpos de mesmo peso”, me veio à mente um método que resolve o problema de maneira perfeita. [...] além de ser extremamente preciso, apoia-se em demonstração descobertas pelo próprio Arquimedes. [22]

Galileu começou sua explicação simplificando a demonstração complexa de Arquimedes sobre a flutuação de corpos sólidos:

[...] uma bola de ouro em água, se tal bola fosse de água não pesaria nada, já que a água na água não se move

nem para baixo nem para cima. Em consequência, a bola de ouro pesa na água tanto quanto o peso do ouro excede o peso da água. [...] E tendo os metais diferentes pesos (específicos), os seus pesos na água diminuirão em diferentes proporções. [23]

Em termos atuais, dizemos que o conceito físico envolvido na resolução do problema da coroa é o empuxo. Em livros didáticos, podemos encontrar o seguinte enunciado do princípio atribuído a Arquimedes: “Todo corpo imerso total ou parcialmente num fluido recebe deste uma força vertical de baixo para cima, igual ao peso do fluido deslocado pelo corpo.” [24]

Esse tipo de ideia está nos dizeres de Galileu Galilei transcritos anteriormente e resumem o que o pensador encontrou ao estudar Arquimedes. Com base nessa concepção, Galileu explicou, utilizando a imagem de uma balança, o procedimento da chamada “balança hidrostática”. A Fig. 2 mostra uma balança cujo centro está em C. No braço B, há uma porção de qualquer metal e, para manter o equilíbrio, é colocado no braço A um peso D de igual valor ao metal, pesado no ar. Quando o metal (em B) for submergido em água, a ação do empuxo promoverá um desequilíbrio na balança.

Para que haja o equilíbrio, novamente, é necessário que o contrapeso D seja movido para a posição E, mais próxima de C. Galileu explicou que “o peso do metal será tantas vezes maior que o da água (de mesmo volume) quantas vezes a distância CA for maior que AE” [25]. Ou seja, a distância AE se relaciona ao empuxo que B recebe da água. A ideia era que objetos com a mesma massa e densidades diferentes, teriam volumes maiores quanto menor fosse a densidade. O objeto de maior volume, quando imerso em água, sofreria um



Figura 2 Balança. Fonte: Ref. [18].

empuxo maior e, então, teria um peso aparente menor.

A versão de Galileu para a solução que Arquimedes teria dado ao problema da coroa é fisicamente mais consistente do que a versão narrada por Vitruvius. É também apoiada por conhecimentos expressos nos trabalhos do próprio Arquimedes, pois, segundo Galileu, o método se apoia “em demonstrações descobertas pelo próprio Arquimedes” [22]. Documentos encontrados posteriormente à análise de Galileu reforçam essa versão. Um tratado do século XII traz informações sobre a pesagem de ligas metálicas *em água*, com o propósito de identificar a proporção de cada metal. Adicionalmente, um poema datado dos séculos IV ou V d.C. relata o método da balança hidrostática e o atribui mesmo a Arquimedes [26].

Na seção seguinte, trazemos o roteiro formal da peça “A coroa do Rei”, o qual materializa as considerações supracitadas.

3. Estrutura formal do roteiro

O roteiro apresenta certo tom cômico, especialmente na caracterização e atitudes de personagens, como o Rei Heron e o Cabueta, o bobo da Corte. O tom dos diálogos, de modo geral, hora transita entre uma linguagem mais formal, típica do passado, hora é carregado de interjeições e questionamentos em tom atual, o que confere certo anticronismo desconcertante e proposital às falas.

Logo na abertura da peça, Vitruvius deixa claro que não presenciou a história que irá narrar, mas sim que esta lhe foi contada. Procuramos caracterizar, assim, que Vitruvius realizará uma narrativa de segunda mão. O roteiro enfatiza as características empiristas-indutivistas da narrativa de Vitruvius: ao entrar em uma banheira, *em um insight repentino*, Arquimedes, *a partir da observação* do transbordamento da água, *descobre* a solução para o problema. A demonstração, uma vez realizada, é *evidente, óbvia*. São destacadas, ainda, idiossincrasias geralmente atribuídas aos pesquisadores/cientistas. Arquimedes não se preocupa com a higiene pessoal e com a aparência física. Tem um comportamento social exótico, ao sair nu correndo pelas ruas. A intenção ao reforçar tais aspectos é abrir caminho para a problematização dessas visões simplistas sobre a ciência, o que ocorre em falas de Galileu, nos últimos atos.

Valendo-nos de licença poética,

atribuímos a Galileu, nessa cena, a tarefa de apresentar as inconsistências físicas do método geralmente atribuído a Arquimedes. Já a explicação atual para a questão da tensão superficial da água vem por meio da Voz Misteriosa, que não se localiza temporalmente à época de Galileu, o que evita anacronismos excessivos. Galileu realiza detalhadamente manipulações matemáticas para demonstrar que Arquimedes não poderia ter realizado as medições narradas por Vitruvius. Questiona, também, as visões simplistas sobre a ciência que transparecem na narrativa vitruviana. O caráter repentino e individualista da suposta descoberta são colocados em dúvida. Galileu também chama a atenção para a imagem exótica de Arquimedes na versão de Vitruvius, que não condiz com um comportamento social razoável. O quinto ato traz algumas falas originais de Galileu, extraídas do trabalho *La Bilancetta*, as quais destacamos no roteiro por meio do traço sublinhado. Em meio às suas explicações, Galileu traz visões mais consistentes sobre a Natureza da Ciência.

3.1. Primeiro Ato: Apresentação de Vitruvius

Cena 1

(Cemitério. Vitruvius entra em cena confuso e dialoga com certa Voz Misteriosa. Há um certo tom cômico nas lembranças citadas por Vitruvius.)

Vitruvius - Onde estou? O que estou fazendo aqui?

Voz Misteriosa - Vitruvius, você não se lembra? Estamos em turnê pelo mundo.

Vitruvius - Sim, me lembrei! Estamos divulgando o trabalho do admirável Arquimedes e sua fantástica história. Por sinal, como ele tem passado?

Voz Misteriosa - Tem descansado em paz, graças aos deuses. Vitruvius, já estou indo, aí está seu público!

Vitruvius - Até logo, Sr. Misterioso! (Volta-se para o público, se apresentando) Senhoras e senhores, meu nome é Marcus Vitruvius Pollio. Fui um arquiteto romano do sec. I a.C. (Pensativo) Boa época, muito vinho... mulheres... lutas de gladiadores, corridas de bigas, mulheres... Mas, não estou aqui para falar da minha história, e sim de um homem que viveu dois séculos antes de mim! Irei relatar um pouco sobre a vida de Arquimedes, um homem de mente muito criativa, atenta aos fenômenos da natureza. A história que me contaram sobre ele foi a mais fantástica que

já ouvi quando me encontrava em meu corpo material. Vamos lá!

3.2. Segundo Ato: O problema da coroa

Cena 1

(Palácio real. Vitruvius narra a lenda da coroa do Rei Heron como haviam lhe contado. Era uma narrativa que circulava no passado e ele a estava reproduzindo. O pensamento de Vitruvius traz em cena dois personagens de séculos atrás, o Rei Heron e o ourives. Vitruvius observa a situação ocorrida no passado.)

Vitruvius - Segundo me contaram, existia na cidade de Siracusa um rei de nome Heron II e, nesta mesma cidade, um filósofo chamado Arquimedes. Ao chegar ao poder, Heron, orgulhoso dos seus sucessos, decidiu oferecer no templo uma linda coroa de ouro puríssimo aos deuses imortais. Então, mandou chamar o melhor ourives da cidade!

(Entram em cena o Rei Heron e o ourives)

Rei Heron - Que apareça o melhor ourives da cidade na minha presença!

Ourives (Curva-se) - Aqui estou, óh Magnânimo Rei Heron II, do que necessitas?

Rei Heron - Farás uma coroa para mim, desta medida de ouro puro.

(O Rei entrega ao ourives uma peça de ouro)

Ourives (Faz cara de maroto e prontamente aceita a ordem) - Assim seja, óh magnífico Rei.

(O ourives de retira)

(Vitruvius volta a narrar a situação)

Vitruvius - Passado algum tempo, a coroa é entregue ao Rei.

(O ourives entra e entrega a coroa a Heron, que fica se olhando no espelho com a coroa, vaidoso e muito feliz com o resultado.)

Cena 2

(Palácio real. Vitruvius retoma a narrativa e seu pensamento traz em cena dois personagens, o Cabueta e o Rei Heron. O Cabueta, muito fofoqueiro, logo se encarrega de avisar ao Rei sobre o boato que está circulando. O Rei Heron fica furioso com a possibilidade de estar sendo enganado.)

Vitruvius - Dias depois o rei recebe uma denúncia.

Cabueta - Majestade! Majestade!

Rei Heron (Enquanto come uvas) - Que queres, Cabueta? Não vês que estou muito ocupado!

Cabueta (Entra apressado e faz re-

verência) - Foste enganado, óh grande Rei!

Rei Heron - Falas a respeito de quê, criatura?

Cabueta - O Magnânimo sabe que eu não sou de ficar comentando as coisas, mas...

Rei Heron - Você... Cabueta! Mais fofoqueiro não existe! Digas logo!

Cabueta (Explica de forma agitada) - Pois bem... Então vou dizer, mas só dessa vez. Corre um boato de que o Magnânimo Rei foi passado para trás. A coroa que recebeste, não foi feita somente do teu ouro!

Rei Heron - Como assim?! Do que estás falando?!

Cabueta (Fala com receio) - O povo está dizendo que o artesão roubou uma parte do teu valioso ouro e colocou prata na coroa o suficiente para que ela ficasse tão pesada quanto o ouro puro que o Magnânimo Rei havia dado a ele. O Magnânimo não percebe, mas a coroa não é de ouro puro, é de ouro e prata.

(Heron enfurecido joga as uvas no chão. O Cabueta sai correndo. Heron tira a coroa da cabeça e a observa. Levanta e abaixa a coroa, indignado. Tenta perceber se a coroa é pesada o suficiente).

Cena 3

(Palácio real. Mais uma vez, Vitruvius retoma a narrativa e seu pensamento traz em cena três personagens: o Rei Heron, Arquimedes e o Cabueta.)

Vitruvius - Então o Rei Heron, furioso, chama Arquimedes.

Rei Heron (Pensativo, anda de um lado para o outro com a coroa na mão. De repente, em um rompante, começa a gritar.) - ARQUIMEDES!!!!!!!!!!!!

(O Cabueta se encolhe assustado)

(Em instantes Arquimedes chega, esbaforido, ainda vestindo uma peça de roupa, pois foi surpreendido pelos gritos do tirano)

Arquimedes - Que desejas, óh Magnânimo?

Rei Heron (Grita) - Demorou muito dessa vez! Não gosto que me façam esperar!

Arquimedes (Faz referência e fala) - Estou aqui, Magnânimo. Em que eu, humilde servo, posso ser útil?

Rei Heron (Fala como uma criança mimada) - O povo está rindo de mim, diz-se que a minha coroa não foi feita só de ouro.

Arquimedes (Responde rapidamente, tentando tranquilizar o tirano) - Fácil saber, óh Magnânimo! Eu posso ir desfazendo a coroa e fico sabendo se há

prata no meio do ouro.

Rei Heron (Grita, perdendo a paciência, e, em seguida, olha com desprezo para o Cabueta) - NÃOOOOO! Ficou louco?! Inteligente para umas coisas e tão burro para outras! Se fosse para isso eu não te chamaria aqui! O Cabueta mesmo serviria...

Arquimedes: (Apavorado) Não sei, óh Magnânimo.

Rei Heron (Admira a coroa, polindo-a e, em seguida, grita, apontando para Arquimedes) - Minha linda coroa... Ou melhor, a linda coroa dos deuses. Ninguém vai destruí-la!

Arquimedes (Apavorado) - Mas, óh Magnânimo... Como saberemos se há prata no meio sem destruir a coroa?

Rei Heron (Explica com semblante irônico) - Isso é problema teu! É o seguinte... Tu me dirás a verdade, e tens uma semana para cumprir a tarefa, sem deixar um arranhãozinho na minha coroa. (Sinaliza que cortará a cabeça de Arquimedes) E se não cumprir, já sabes...

Arquimedes (Com os olhos arregalados, leva as mãos à garganta, fazendo reverência ao tirano e se retira recuando) - Assim seja óh Magnânimo senhor.

3.3. Terceiro ato: A "descoberta" de Arquimedes, segundo Vitruvius

Cena 1

(Casa pública de banhos em Roma. O pensamento de Vitruvius traz em cena dois personagens, um escravo e Arquimedes. O escravo enche a banheira com água até a borda. Arquimedes está descabelado, com a aparência de sujo, exausto. Está muito nervoso, pois teme a reação do Rei Heron. Entra na banheira e logo depois, para espanto do escravo, sai da casa de banhos nu, correndo.)

Vitruvius (Narra com forte emoção, a trajetória de Arquimedes até o momento da grande descoberta) - Trancado no seu quarto de estudo, desesperado, Arquimedes começou, então, a pensar sobre como iria resolver o problema. Após três dias, sem comer direito, exausto, foi banhar-se com aquela preocupação em mente. Ao entrar na banheira, notou que, à medida que entrava, escorria para fora da banheira um volume de água igual ao volume do seu corpo. Isso lhe revelou imediatamente o modo de resolver o problema.

Arquimedes (Sai nu da banheira, gritando) - EUREKA, EUREKA!!!!!!!!!!!! (Passa da exaustão ao êxtase, com a descoberta) Não vou morrer! Já sei o que fazer para resolver o problema da co-

roa!"

Voz misteriosa - Eureka, quer dizer... Encontrei!

Cena 2

(Palácio real. Retomando o episódio, a imaginação de Vitruvius traz em cena Arquimedes, o Rei Heron e o Cabueta. Arquimedes, muito confiante, vai realizando os procedimentos na presença do Rei. Em cena são colocadas duas caixas, uma dourada e outra prateada, marcadas com a letra P, para representar os blocos de ouro e prata. As poças de volumes V1, V2 e V3 são sinalizadas com recortes de papel azul claro.)

Vitruvius (Narra apontando para os objetos, enquanto o Rei Heron observa muito atento e impaciente) - Arquimedes encheu uma banheira com água até a borda. Sabia que a coroa tinha um peso P. Construiu dois blocos, um de ouro, com peso P, e outro de prata, também com peso P.

Arquimedes (Explica enquanto realiza o procedimento) - Pego o bloco de prata, de peso P, e coloco na banheira cheia. Escoa para fora certo volume V1. Eu fiz isso em minha humilde residência, óh Magnânimo, e medi bem direitinho!

Rei Heron (Nervoso, grita exigindo uma resposta rápida e abraça a coroa) - Não entendo aonde queres chegar, Arquimedes! Já estou ficando nervoso... Explique logo!!! Afinal, o ourives me enganou ou não? Minha pobre coroa...

Vitruvius (Narra) - Arquimedes, então, encheu novamente a banheira.

Arquimedes (Explica enquanto continua o procedimento) - Agora pego o bloco de ouro, de peso P, e coloco na banheira cheia. Escoa para fora um certo volume V2. Eu também medi em casa muito direitinho!

Rei Heron (Nervoso, continua a gritar e aponta seu cetro para Arquimedes) - Arquimedes, estou perdendo a paciência! Para que serve tudo isso? Não vieste até aqui para ficar dando banho nos blocos, seu maluco!

Arquimedes (Explica, demonstrando-se confiante) - Observe, óh Magnânimo, que os volumes derramados nos dois casos são diferentes! V1 é diferente de V2. O volume de água derramado pelo bloco de prata é maior que o derramado pelo bloco de ouro!

Rei Heron (Estressado, demonstra não estar gostando da situação) - Continuo não entendendo nada! Resolva isso logo!

Vitruvius (Narra) - O volume derramado dependia do que era feito o

material do bloco. Os blocos de mesmo peso derramavam volumes diferentes de água. Mas o Rei Heron estava tão desesperado que não conseguia acompanhar o raciocínio... Arquimedes, então, encheu a banheira novamente e fez um gesto pedindo a coroa ao Rei. Relutante, com cara de choro, o Rei entregou a coroa a Arquimedes.

Rei Heron (Resmungando fazendo um gesto de que cortaria a cabeça de Arquimedes) - Nem pense em destruí-la... Se fizer isso já sabe...

Arquimedes (Muito empolgado, continua o procedimento e explica) - Observe, óh Magnânimo! Estou quase terminando minha demonstração... Agora eu coloco a coroa de ouro na banheira. O volume derramado é V_3 . Esse volume é maior do que o volume derramado pelo bloco de ouro puro! Veja, óh Magnânimo! Se a coroa de peso P fosse somente de ouro, ela derramaria o mesmo volume derramado pelo bloco de ouro, também de peso P . Mas, observe, óh Magnânimo, ela derramou um volume maior!

Vitruvius (Narra de maneira enfática) - Tudo ficou muito evidente! A resposta saltava aos olhos! O Rei estava a ponto de ter um ataque!

Arquimedes (Dá o veredito, muito orgulhoso da sua proeza) - Óh Magnânimo Rei, o senhor foi mesmo enganado! A coroa não é de ouro puro. É uma mistura de ouro e prata!

Rei Heron (Contrariado e muito nervoso, grita enquanto o Cabueta sai correndo) - Matem o ourives traidor! Ninguém ousa me enganar... Quer dizer, ninguém engana os deuses!

3.4. Quarto Ato: Apresentação de Galileu, Diálogo com Vitruvius

(Cemitério. Vitruvius está terminando sua narrativa. Galileu aparece e se apresenta. Um desafio é lançado. Galileu explica que o método baseado na medida de volumes é falho. Slides [Figs. 3, 4 e 5] compondo o cenário trazem contas e imagens para as quais Galileu aponta, auxiliando no processo de explicação. Vitruvius, no final, está convencido de que contava uma falsa história.)

Vitruvius (Afirma, finalizando) - Assim concluímos a história de Arquimedes e a coroa do Rei.

Galileu (Entra em cena, em tom questionador, balançando a cabeça) - Concluímos coisa nenhuma! Vitruvius, Vitruvius... Por que ainda andas a contar essa falsa história por onde passas?

Vitruvius (Leva um susto e pergun-

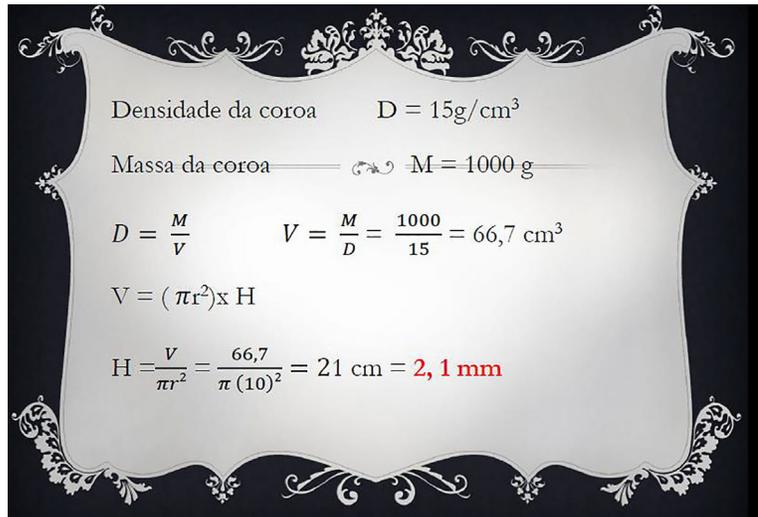


Figura 3 Slide mostrando o cálculo da subida do nível Fonte: Autoria própria.

ta assustado) - Cruzes! Quem és tu?

Galileu (Apresenta-se orgulhoso) - Sou Galileu Galilei, o cavalheiro que defendeu que a Terra está se movendo e não é o centro do universo, sabe? Se não fosse pelos meus amigos, eu teria ido parar na fogueira... Mas isso por outros motivos. Outra hora conto.

Vitruvius (Comenta pensativo) - Isso não deve ser da minha época...

Galileu (Retoma sua apresentação, orgulhoso de seus feitos e critica Vitruvius) - Eu apoiei o Copérnico, construí uma luneta para observar a Lua, os satélites de Júpiter, as manchas solares e, é claro, para ganhar dinheiro porque o povo da minha época adora uma guerriinha. A luneta podia vender como água. Mas, deixando de lado as minhas proezas... Sabes que eu também gosto de ouvir tuas histórias? Sempre me fa-

zes rir com tuas falsas verdades!

Vitruvius (Surpreso e sentindo-se insultado, questiona) - Como assim? O que fazes aqui? Como ousas?

Galileu (Afirma em tom desafiador) - Desmentirei tua narrativa para toda essa plateia!

Vitruvius (Questiona, aceitando o desafio e dando as costas a Galileu) - Em que eu menti? Se houve mentira em minha fala, então diz! Duvido achá-las!

Galileu (Critica Vitruvius apresentando uma série de questionamentos) - Pois bem, como podes contar algo tão convicto se viveste séculos após Arquimedes? Nem havias nascido naquela época! Nunca paraste para pensar... Será que Arquimedes teria tomado banho com a banheira cheia? Qual a necessidade de um escravo encher uma ba-



Figura 4 Slide ilustrando a diferença de volumes deslocados pelos objetos, empuxos distintos.

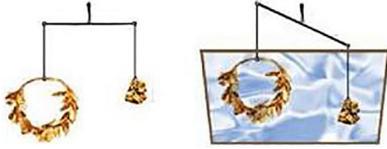


Figura 5 Efeito do empuxo. Fonte: <https://agrupaiao.pt/2017/01/25/densidade-e-flutuacao/>.

nheira até as bordas? Só para ter que limpar tudo depois? Será mesmo que Arquimedes era louco a ponto de sair nu pelas ruas? Pense, meu caro!

Vitruvius (Pensativo, resmungo) - Ah?!

Galileu (De modo enfático, censura Vitruvius) - Pesquisadores não são loucos! Eu não sou louco! Quando dizes que Arquimedes ficou dias trancado sem comer e depois saiu nu pelas ruas, parece retratá-lo como um desequilibrado... Isso não está certo!

(Vitruvius fica pensativo e abaixa a cabeça)

Galileu (Aponta para Vitruvius e continua o ataque) - E achas que os pesquisadores descubrem as coisas assim... Como num passe de mágica? Entra na banheira e brota a ideia? Isso não existe! As boas ideias não surgem assim... Mas continuas a contar tudo isso e nem suspeitas que essa história toda seja muito falsa!

(Vitruvius continua pensativo e de cabeça baixa)

Galileu (Continua a censurar Vitruvius e a narrativa contada) - Outro problema, Vitruvius, é que não sabes nada de física! O que dizes que Arquimedes fez, na verdade não funciona. Esse método que atribuíste a ele é muito falho, e longe da perfeição!

Vitruvius (Questiona desconfiado) - Aí não estou de acordo! Por que falho? Parece funcionar tão direitinho...

Galileu (Com expressão de quem acha óbvio, critica Vitruvius por não perceber) - Bom, meu caro Vitruvius, basta um pouco de bom senso, para percebermos que o método de medição dos volumes não funciona.

Vitruvius (Questiona surpreso) - Como assim? Arquimedes deve ter medido direitinho!

Galileu (Questiona em tom de desafio) - Então como ele mediu os volumes deslocados pelos objetos mergulhados, me diga? Quanto mais ou menos a água sobe de nível na banheira quando uma coroa é mergulhada?

Vitruvius (Interessado, ele começa a reconhecer a sua falha) - Aí eu não sei... Nunca pensei nisso. Pois dize tu!

Galileu (Começa a explicar o problema dialogando com Vitruvius, aponta uma fita métrica para a cabeça dele e aponta o primeiro dado no *slide*) - Suponhamos que a coroa do Rei Heron tivesse um diâmetro de 20 cm. Certo?

Vitruvius (Faz sinal de que concorda) - Assim ela caberia na cabeça de uma pessoa. Pode ser então.

Galileu (Continuando a explicação, aponta a segunda informação no *slide*) - Então, se eu fosse mergulhar a coroa eu precisaria de um recipiente com diâmetro de no mínimo 20 cm. Certo?

Vitruvius (Concorda, mas questiona com ironia, apontando para a banheira) - Certo, mas até aí não vejo novidade. Toda banheira é grande assim!

Galileu (Continua sua explicação, realizando o procedimento supostamente atribuído a Arquimedes) - Vou, então, medir a mudança do nível da água na banheira quando eu mergulho a coroa.

Vitruvius (Observa interessado, mas reticente) - Até agora não me convenceu de nada...

Galileu (Pede paciência a Vitruvius e aponta outro dado) - Calma, Vitruvius... Agora imagine que o peso da coroa fosse de um quilograma. Se ela fosse falsificada, feita com ouro e prata, sua densidade deveria ser de cerca de 15 g/cm^3 , que é uma densidade intermediária entre esses dois metais.

Vitruvius (Acena positivamente) - Concordo com o nobre colega até aí.

Galileu (Aponta as contas no *slide* e afirma) - Então, o volume da coroa seria de 67 cm^3 , aproximadamente.

Vitruvius (Exclama demonstrando estar ansioso por uma solução) - Continue, homem, deixe de enrolar!

Galileu (Conclui de modo imponente) - Colocando uma coroa desse volume, num recipiente com o diâmetro de 20 cm, o nível do líquido subiria cerca de 2 mm. Só isso, 2 mm! Ah... Se disseses... Mas a coroa pesa mais que um quilograma... Dobra então... Verás que pouco faz diferença! Não dá para medir uma diferença de nível dessa ordem!

Vitruvius (Se dá conta e fica indignado por ter contado aquela história) - Mas isso é algo imperceptível!

Galileu - Acho melhor mesmo dizes EUREKA agora! Finalmente, Vitruvius, percebeste que Arquimedes não conseguiria medir isso!

(Os personagens congelam em cena, quando a Voz Misteriosa aparece novamente para fazer uma importante consideração)

Voz Misteriosa - Apesar dos importantes argumentos de Galileu, ele não citou um muito pertinente: a tensão superficial da água! Mas não pensem que ele fez por mal... Essa compreensão exata não existia em sua época. De qualquer forma, estou aqui para lhes contar. Alguém já percebeu que um copo de água pode estar tão cheio a ponto de transbordar e mesmo assim não o fazer? O que acontece é que na superfície entre a água e o ar, as moléculas de água possuem uma ligação mais forte, mais coesa, do que aquelas totalmente imersas dentro do copo. Isso acontece, porque dentro do copo, as moléculas fazem ligações em todos os sentidos – cima, baixo, lados – enquanto que na superfície essas ligações só acontecem dos lados e em baixo, sendo mais fortes. Cria-se, portanto, uma fina película onde até um mosquito pode pousar pra descansar um pouco. Resumindo: a banheira poderia encher a ponto de transbordar e mesmo assim não o fazer! Mas vamos voltar pra história, que já falei muito...

Vitruvius (Desanimado, parece envergonhado pelo equívoco) - Tens razão, meu caro amigo! E eu que repeti essa história durante tantos anos para tanta gente...

(Galileu faz cara de orgulhoso).

3.5. Quinto Ato: Galileu explica como teria acontecido a "descoberta" de Arquimedes: acabou-se o que era doce

(Palácio Real. O pensamento de Galileu o transporta, juntamente com Vitruvius, para o Palácio do Rei Heron. Os dois dialogam e observam Arquimedes realizar os procedimentos na presença do Rei. Quando Vitruvius demonstra dificuldade para compreender, Galileu se intromete na cena. Apropria-se dos objetos. As duas cenas paralelas tornam-se uma só).

Vitruvius (Pergunta, demonstrando curiosidade) - Mas o que aconteceu, então, caro amigo Galileu?

Galileu (Está segurando um livro em sua mão, para o qual aponta com orgulho) - O método descrito por ti é *todo falho, faltando-lhe a precisão requerida nas coisas matemáticas*. Eu até escrevi um trabalho dizendo como Arquimedes teria feito... Não leste? Meu trabalho se chama *A pequena balança*.

Vitruvius (Pega o livro nas mãos, demonstrando interesse) - Como eu poderia saber sobre esse trabalho? Viveste muitos séculos depois de mim, esqueceste? Mas agora fiquei curioso e quero

ouvir tua explicação!

Galileu (Responde solenemente) - Na realidade, Arquimedes deve ter usado medidas de peso e não de volume... É aquilo que ficou conhecido depois como Princípio de Arquimedes!

Vitruvius - Como assim? Não compreendo o que dizes...

Galileu - *Colocando, por exemplo, uma bola de ouro em água, se tal bola fosse de água não pesaria nada, já que a água na água não se move nem para baixo nem para cima. Em consequência, a bola de ouro pesa na água tanto quanto o peso do ouro excede o peso da água. E tendo os metais diferentes pesos específicos, os seus pesos na água diminuirão em diferentes proporções.*

Vitruvius (Parece atônito com a fala de Galileu) - Galileu, que coisa confusa é essa?! Agora é que não entendi nada!

Galileu (Começa a explicação, mergulhando um objeto na água) - Cada corpo mergulhado em um líquido sofre uma força vertical para cima chamada de empuxo, que será igual ao peso do líquido deslocado.

Vitruvius (Questiona, com expressão de curiosidade) - Certo, mas como funciona isso? E o que isso tem a ver com a coroa?

(Entram em cena, Arquimedes e o Rei Heron. Arquimedes realiza os procedimentos enquanto o Rei Heron observa nervoso e Galileu narra)

Galileu - Arquimedes pegou a coroa de peso P e um bloco de ouro, também de peso P , medidos no ar. Ele não sabia se a coroa era de ouro puro ou não.

Vitruvius (Comenta com ironia, parecendo não acreditar que daria certo de outra forma) - E acho que continuou não sabendo não...

Galileu (Esbraveja. Enquanto os dois discutem, a cena paralela de Arquimedes e Vitruvius “congela”) - Calma, homem!

Vitruvius (Responde também esbravejando) - Estou calmo, calmissimo! Tu é que estás enrolando...

Galileu (Retoma a narrativa. A cena paralela “descongela”. Arquimedes continua o procedimento enquanto o Rei Heron, impaciente, observa) - Já chego lá! Arquimedes colocou os dois objetos mergulhados na água, cada um suspenso por um fio, sustentado por uma haste horizontal comum. O resultado disso era uma balança, onde cada lado ficava mergulhado na água.

Vitruvius (Expressa dúvida, passa a mão na cabeça, aponta para a cena de

Arquimedes e esbraveja) - Não entendi... Não disseste que os dois lados tinham peso P ? Se era assim, a balança deveria ficar em equilíbrio... E aí não dava para concluir nada! Ele continuou sem saber se a coroa era de ouro puro!

Arquimedes (Puxa as orelhas de Vitruvius ao criticá-lo) - Bem que falaste que ele não entende nada de física!

Vitruvius (Desvencilha-se de Arquimedes e questiona) - Estão me chamando de burro?

Galileu (Explica o que ocorreu. Demonstra um tom sarcástico em relação a Vitruvius, por ele não haver compreendido. Toma os objetos das mãos de Arquimedes. O Rei Heron e Arquimedes passam a acompanhar a explicação de Galileu. Um quadro é utilizado por Galileu para explicar matematicamente a relação entre as grandezas) - Acabaste de dizer que concordavas com a existência do empuxo!! Se os pesos da coroa e do bloco são iguais, mas a coroa é falsa, ela tem uma densidade diferente da densidade do bloco de ouro.

Arquimedes (Interrompe) - Então, como o peso é o mesmo, o bloco e a coroa têm volumes diferentes! Entendes agora?

Vitruvius (Demonstra desconfiança, pois ainda não entendeu. Galileu e Arquimedes fazem cara de impacientes, se entreolham e levam as mãos às cabeças. O Rei Heron, como Vitruvius, também faz cara de quem não entendeu) - Tá, os volumes da coroa e do bloco são diferentes... Mas, e daí?

Galileu (Explica, segurando os objetos nas mãos e apontando para o slide - Fig. 4. Arquimedes sinaliza com a cabeça, concordando com a explicação. O Rei Heron e Vitruvius acompanham atentos, tentando entender. Galileu se dirige aos dois, exclamando) - Se o bloco de ouro tem volume V_2 , ele desloca um volume de água V_2 . Se a coroa tem volume V_3 , ela desloca um volume de água V_3 . Agora prestem atenção os dois: o empuxo equivale ao peso do líquido deslocado!

Arquimedes (Interrompe) - E, por consequência... O empuxo exercido sobre o bloco de ouro é diferente do empuxo exercido sobre a coroa!

Vitruvius (Pensativo, demonstra que está surpreso com o que acabou de perceber. Aponta para o slide - Fig. 5) - Deixas-me pensar... Acho que estou começando a entender... No ar, a balança ficaria equilibrada, mas na água não... Por causa do empuxo.

Galileu (Galileu empolgado, exclama

ma. Arquimedes concorda, fazendo sinal com a cabeça. O Rei Heron se desespara, abraçado com a coroa) - Eureka, Vitruvius!!! Isso mesmo! Como a coroa era de ouro e prata, seu peso na água era menor do que o do bloco de ouro puro. Então, Arquimedes conseguiu mostrar ao Rei que a coroa era falsa!

Vitruvius (Abraça) - É mesmo, tens razão, Galileu! Mas como sabes que foi assim mesmo que ele fez?

Galileu (Responde em tom de sole-ne, com convicção) - Primeiro, porque demonstrei claramente que o método da tua história é fisicamente inviável. Segundo, porque as coisas não ocorrem de repente. As ideias dos pesquisadores não brotam daquele jeito... Entrou na banheira e concluiu tudo. Olhe aqui para o nosso amigo Arquimedes... Ele tem cara de quem sairia nu pelas ruas? Claro que não. Pesquisadores são pessoas normais! Busquei em obras antigas argumentos que me ajudassem a entender como Arquimedes pôde descobrir, por meio da água e de modo rigoroso, a composição da liga de dois metais. Após haver cuidadosamente revisto o que Arquimedes demonstra nos seus tratados “*Dos corpos que flutuam sobre a água*” e “*Dos corpos de mesmo peso*”, me veio à mente esse método que resolve o problema de maneira perfeita. Além de ser extremamente preciso, apoia-se em demonstração descobertas pelo próprio Arquimedes. Era a balança hidrostática, uma balança na água!

Vitruvius (Mostra-se convencido) - Agora entendi... São três argumentos: a física, o comportamento humano e as evidências históricas! Muita coisa apoia essa versão.

Galileu (Retribui o abraço de Vitruvius) - Sabes, Vitruvius, tua história era furada, mas em uma coisa sempre concordamos...

Vitruvius (questiona surpreso) - É?

Galileu (Exclama apontando para Arquimedes, que sorri orgulhoso) - Arquimedes era brilhante!

Vitruvius (Empolgado, faz uma proposta a Galileu) - E essa história é tão fantástica quanto antes, só que agora fisicamente viável! Que tal se agora nós dois passássemos a divulgá-la?

Galileu (Exclama, pensativo, colocando a mão no queixo) - Fechado, mas com uma condição!

Vitruvius (Curioso) - Qual??

Galileu (Orgulhoso) - Vou ensinar-te física... Assim, irás deixar de falar bobagens por onde passas!

Vitruvius (Demonstra entusiasmo pela ideia) - Será ótimo! Não sabia que

a física era assim tão interessante!

Voz Misteriosa – Já agora em nossa época, os historiadores da ciência descobriram um poema muito antigo, que deve ser dos séculos IV ou V d.C. Esse poema relata o método da balança hidrostática e o atribui mesmo a Arquimedes. Mais uma evidência de que Galileu estava certo! FIM.

4. Considerações finais

Apresentamos a peça teatral “A coroa do Rei” em um evento realizado na Escola Estadual Ulisses de Góis, na cidade de Natal, Rio Grande do Norte.

A montagem contou com a participação de bolsistas do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência, que atuaram como atores. Na ocasião, a peça foi apresentada em uma Feira de Ciências, reunindo como plateia estudantes dos três anos do Ensino Médio³.

Após essa apresentação o roteiro foi aprimorado, de modo que o episódio histórico passasse a contextualizar a temática Natureza da Ciência, tal como explicitamos. Houve o acréscimo de recursos para garantir mais dinamismo à peça, bem como a inclusão de informa-

ções relacionadas a evidências históricas posteriores que apoiam a versão narrada por Galileu Galilei. Chegou-se, então, à versão atual apresentada no presente artigo. Consideramos que o roteiro pode ser útil no sentido de colaborar para o entendimento do Princípio de Arquimedes, bem como para fomentar visões de ciência mais complexas. Permite, principalmente, que se traga para o contexto escolar uma versão mais plausível do episódio histórico, a qual tem começado a alcançar os livros didáticos brasileiros, ainda que de forma incipiente⁴.

Referências

- [1] C.P. Snow, *As Duas Culturas e Uma Segunda Leitura: Uma Versão Ampliada das Duas Culturas e a Revolução Científica* (EDUSP, São Paulo, 1995).
- [2] J.A. Acevedo-Díaz, A. García-Carmona, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, **13**(1), 3 (2016).
- [3] J. Zanetic, *Física Também é Cultura. Tese de Doutorado em Educação*, Universidade de São Paulo, 1989, p. 5.
- [4] Brasil/MEC, *Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio (MEC/Secretaria de Educação Básica, Brasília, 2018)*.
- [5] C.P. Snow, *As Duas Culturas e Uma Segunda Leitura: Uma Versão Ampliada das Duas Culturas e a Revolução Científica* (EDUSP, São Paulo, 1995), p. 34.
- [6] N. Oliveira, J. Zanetic, in: *Anais do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física*, SBF, Jaboticatubas, 2004, p. 1-12.
- [7] R. Júdice, G. Dutra, *Física na Escola* **2**(1), 7 (2001).
- [8] B. Montenegro, A.L.P. Freitas, P.J.C. Magalhães, A.A. Santos, M.R. Vale, *Ciência e Cultura*, **57**(4), 31 (2005).
- [9] V.M. Silva, P.C.A. Raboni, in: *Atas do V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, ABRAPEC, Bauru, 2005, p. 1-9.
- [10] S.H.M. Carvalho, *Física na Escola*, **7**(1), 11 (2006).
- [11] D. N. Batista, E. M. L. Ribeiro, A. Pereira, A. Souto e R. Rodrigues, in: *Anais do XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física*, SBF, Vitória, 2009, p. 1-9.
- [12] A. Assis, D. Whitaker, M. Whitaker, F. Carvalho, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, **33**(1), 33 (2016).
- [13] Â.M.B. Fernandes, *A História da Ciência por meio do Teatro: A Teoria do Calórico Contada em Cena. Dissertação em Ensino de Ciências e Educação Matemática*, Universidade Estadual da Paraíba, 2016.
- [14] S.W.S. Costiche, D.C. Kemper, A.K.S. Gomes, A.L. Frare, D.E.R. Cezaro, J. Firbina, L.L. Baumgarten, M.L. Mendes, W.D. Almeida, V.A. Martins, A.P.R. Silva, M.F. Parisoto, L.C. Friedrich, *Física na Escola*, **17**(1), 61 (2019).
- [15] S.H.M. Carvalho, *Física na Escola*, **7**(1), 11 (2006).
- [16] R.A. Martins, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, **17**(2), 115 (2000).
- [17] A. Mottana, *Philosophia Scientiæ*, **21**(1), 165 (2017).
- [18] G. Galilei, *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, **9**, 95 (1986).
- [19] D. Gil Pérez, I.F. Montoro, J.C. Alís, A. Cachapuz, J. Praia, *Ciência e Educação*, **7**(2), 125 (2001).
- [20] R.A. Martins, in: *Estudos de História e Filosofia das Ciências: Subsídios para Aplicação no Ensino*, editado por C.C. Silva (Livraria da Física, São Paulo, 2006), p. 167-189.
- [21] L. Barco, *SUPER Interessante* (31 de outubro de 2016), disponível em <https://super.abril.com.br/historia/historia-e-matematica-arquimedes-e-a-coroa-do-rei/>, acesso em 23/04/2020.
- [22] G. Galilei, *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, **9**, 105 (1986).
- [23] G. Galilei, *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, **9**, 105 (1986).
- [24] J.R. Bonjorno, C.M. Ramos, E.P. Prado, V. Bonjorno, M.A. Bonjorno, R. Casemiro, R.F.S.A. Bonjorno, *Física: Mecânica* (FTD, São Paulo, 2016), p. 263.
- [25] G. Galilei, *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, **9**, 106 (1986).
- [26] R.A. Martins, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, **17**(2), 120 (2000).
- [27] O. Guimarães, J.P. Piqueira, W. Carron, *Física Para o Ensino Médio*, Vol. 1 (Ática, São Paulo, 2016).
- [28] B.B. Filho, C.X. Silva. *Física Aula por Aula*, Vol. 1 (FTD, São Paulo, 2016).

Note

¹Segundo Acevedo-Díaz e García-Carmona: “A Natureza da Ciência (NDC) é um meta-conhecimento sobre a ciência, que surge das reflexões interdisciplinares realizadas a partir da filosofia, da história e da sociologia da ciência [...] de maneira geral, trata de tudo aquilo que caracteriza a ciência como a construção de uma forma especial de conhecimento”, Ref. [2].

²*La Bilancetta*, ou *A pequena balança*, é o primeiro tratado escrito em italiano pelo jovem Galileu Galilei, em Florença, aos 22 anos. Considerado um trabalho inovador, no qual o autor apresenta um método para estudar metais e pedras preciosas [17].

³Essa apresentação está disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=RoMol0eDVrU&t=5s>.

⁴Dentre os livros didáticos aprovados pelo PNLD 2018, notamos que o exemplar de Guimarães *et al* [27] deixa claro estar apresentando a versão vitruviana e orienta o aluno a ler o artigo de Martins [16] para conhecer a versão galileana e obter subsídios para uma visão crítica do episódio. A obra de Filho e Silva [28] traz um recorte do próprio texto de Martins [16] e apresenta um *link* para que o aluno o acesse. Todavia, não faz uma retomada coerente, favorecendo, ainda, a visão empirista indutivista.