

## A EXPERIÊNCIA DO BALDE DE NEWTON: DIÁLOGOS COM ALUNOS DO ENSINO MÉDIO

### THE NEWTON'S BUCKET EXPERIMENT: DIALOGUES WITH HIGH SCHOOL STUDENTS

Ailson Vasconcelos da Cunha<sup>1\*</sup>  
Lizete Maria Orquiza de Carvalho<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira/Departamento de Física e Química, avcunha@gmail.com.br

<sup>2</sup>Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira/Departamento de Física e Química, lizete@dfq.feis.unesp.br

#### RESUMO

Considerando a relevância do processo de produção do conhecimento científico no ensino e a constatação de que a transitoriedade das teorias científicas normalmente passa ao largo da sala de aula de ciências, a inquietação principal deste trabalho consistiu em utilizar a História e Filosofia da Ciência para apoiar os alunos no enfrentamento de situações, de aprendizagem de Física, que envolvem escolhas, risco de errar e peso de responder pelas escolhas feitas. Analisamos uma situação de ensino em que um estagiário de um curso de Licenciatura em Física procurou conduzir um diálogo com estudantes do ensino médio, a partir de uma série de questionamentos que refletiam as preocupações expressas por Newton, no *Principia*. Pudemos perceber que, após o padrão de diálogo entre estagiário e estudantes evoluir para uma forma mais democrática, as estudantes arriscaram-se na produção de modelos mentais, possibilitando-nos a visibilidade de um caminho de aprendizagem sobre relatividade do movimento.

**Palavras-chave:** Concepção de Ciência, Experiência do Balde de Newton, Movimento relativo.

#### ABSTRACT

Considering the relevance of the process of scientific knowledge production, in science education, and the fact that the transitory character of scientific theories is not normally part of the science classroom, the main concern of this work is to use History and Philosophy of Science to support students when they face learning situations that involves choices, risks of making mistakes and burden of responding to these choices. We analyzed a teaching situation where a Physics Education student intern led a dialogue with high school students, by starting from a set of questionings that expressed concerns similar to those Isaac Newton had presented in *Principia*. We could realize that, after the dialogue had reached a more democratic form, the students had the courage to expose mental model production, making it possible for us to picture a way of learning about relativity of the movement.

**Keywords:** Science Conceptions, Newton's bucket experiment, relative movement

---

\* Com bolsa de iniciação científica CNPq/PIBIC.

## INTRODUÇÃO

A História e a Filosofia da Ciência podem ser utilizadas como ferramentas em sala de aula, pois contribuem para que o estudante perceba o processo de produção do conhecimento científico como sendo uma atividade humana historicamente situada. Essa concepção sobre ensino de Ciência já vem sendo apontada por alguns autores (BASTOS, 1998; NEVES, 2002) e também são contempladas nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, PCNEM, que apontam entre as competências da área Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, “compreender o conhecimento científico e o tecnológico como resultados de uma construção humana, inseridos em um processo histórico e social” (BRASIL, 2002, p. 67).

Contudo, no ensino de Física, normalmente, os alunos são introduzidos à Ciência através dos conceitos que são apresentados de forma linear nos livros-texto, na melhor das hipóteses conseguindo que o aluno os apreenda como redes conceituais articuladas com uma base experimental. De qualquer maneira, este contexto acaba sugerindo ao aluno que a Ciência está pronta e acabada, de modo que a única coisa que lhes resta é adaptar-se a uma “verdade” sem questionar. Em outras palavras, este tipo de ensino restringe-se ao tratamento das idéias de correntes hegemônicas da Ciência, que certamente não representa a única maneira de pensar. Por outro lado, durante suas aulas, os professores de Física sequer procuram evidenciar o fato de cada uma de suas afirmações são repetições de afirmações do autor de um texto (na maioria das vezes, o livro-texto), ou então são afirmações próprias do professor, sobre tais textos, e assim abrem espaço para que os alunos também se omitam de dizer coisas “por eles mesmos”.

Ao serem *dispensados* de procurar uma posição própria diante do conhecimento ensinado, os alunos acabam por se omitir a um efetivo envolvimento com conhecimento de uma forma geral. Esta situação é no mínimo enganosa, pois, segundo afirma Villani (1999), como não existe nada que constitua um conhecimento satisfatório e definitivo, os seres humanos não podem evitar o enfrentamento com o vazio associado ao *esforço de pensar*. Este esforço, muitas vezes, carrega sofrimento, devido à necessidade de escolhas, ao risco de errar e ao peso de responder por aquilo que foi escolhido e por aquilo que foi perdido nas escolhas.

Dentro deste quadro, nossa inquietação principal refere-se a como utilizar a História e Filosofia da Ciência para ajudar os alunos a se envolverem no esforço efetivo de *pensar* (VILLANI, 1999). Neste trabalho, analisaremos uma situação de ensino em que alguns alunos do ensino médio de uma escola pública estadual apreciam a Experiência do Balde de Newton em um mini-curso, numa perspectiva que leva em conta a Histórica da Ciência.

### A experiência do balde de Newton

Em 1687, Isaac Newton publicou o livro *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*, estabelecendo os princípios e leis da mecânica que hoje chamamos de Mecânica Clássica ou Mecânica Newtoniana. Newton (2002, p. 45) distingue entre quantidades absolutas e relativas, verdadeiras e aparentes, e diferencia repouso, movimento absoluto e movimento relativo “por suas propriedades causa e efeitos” (2002, p. 47). Como uma prova da existência de um movimento absoluto, Newton propõe uma experiência muito simples de ser realizada e visualizada, conhecida pelo nome de *Experiência do Balde de Newton*, em homenagem ao seu idealizador. Nesta experiência, a superfície da água de um balde, posto a girar em torno de um eixo imaginário que passa pelo seu centro, adquire a forma côncava:

Os efeitos que distinguem o movimento absoluto de relativo são as forças que agem no sentido de provocar afastamento a partir do eixo do movimento circular. Pois não há tais forças em um movimento circular puramente relativo; **mas em um movimento circular verdadeiro ou absoluto elas são maiores ou menores, dependendo da quantidade do movimento.** (...) Há somente um movimento circular real de qualquer corpo em rotação, correspondendo a um único poder de tendência de afastamento a partir do seu próprio eixo de movimento, como efeito próprio e adequado; mas movimentos relativos, em um

mesmo e único corpo, são imensuráveis, de acordo com as diferentes relações que ele mantém com corpos externos e, como outras relações, são completamente destituídas de qualquer efeito real, embora eles possam talvez compartilhar daquele único movimento verdadeiro (NEWTON, 2002, p. 49)<sup>†</sup>.

Logo, para Newton, a experiência do balde é importante porque representa uma maneira de distinguir um movimento circular verdadeiro e absoluto de um movimento circular puramente relativo, uma vez que não há movimento relativo entre a água e o balde em ambas as situações (quando a água e o balde estão parados ou em movimento em relação à Terra e às estrelas) e que os movimentos relativos, da água em relação à Terra e em relação às estrelas fixas do universo, não podem ser responsáveis pela sua concavidade na segunda situação, pois a única interação relevante da água com eles é de origem gravitacional e, na Mecânica Newtoniana, as interações gravitacionais não são alteradas pela velocidade relativa entre os corpos e nem pela suas acelerações relativas.

De acordo com Assis (1998), autor da Mecânica Relacional, uma nova mecânica que implementa as idéias de Leibniz, Berkeley, Mach, entre outros, em que não existem grandezas absolutas, a Mecânica Clássica consegue explicar os fenômenos envolvidos nesta experiência, no entanto, para isto necessita utilizar o conceito de espaço absoluto. Este autor defende que é possível explicar esta experiência sem utilizar a idéia de espaço absoluto incluindo, para isto, o referencial dos corpos astronômicos distantes, como apontou, Ernest Mach. Entretanto, alguns livros dissociam essa idéia ‘Newtonizando’ este sistema de referência, como apontou Assis e Zylbersztajn (2001, p. 144)<sup>‡</sup>. Mach citado por Nussenzveig (2002, p. 309) escreveu:

Só existem movimentos relativos... não vejo, neste ponto, nenhuma diferença entre rotação e translação. Obviamente não importa se pensamos na Terra como em rotação em torno do seu eixo, ou se em repouso enquanto as estrelas fixas giram em torno dela... a lei da inércia deve ser concebida de tal forma que a segunda suposição leve exatamente aos mesmos resultados que a primeira. Torna-se então evidente que, na sua formulação, é preciso levar em conta as massas existentes no universo.

O princípio de Mach não foi descrito claramente em nenhum momento em seus escritos. De fato, o princípio passou a ser assim chamado devido às investidas de Mach contra o espaço e tempo absolutos de Newton, sua defesa em favor de uma realidade física para as chamadas *forças fictícias*, e a conexão que fez entre a curvatura da água, na experiência do balde de Newton, e as estrelas fixas (ASSIS, 1998, p. 139).

Portanto, numa perspectiva mais atual da História da Ciência, é possível explicar a experiência do balde de Newton sem utilizar os conceitos de espaço absoluto e de referencial inercial, uma vez que a curvatura da superfície da água é explicada devido à interação do balde com relação às estrelas do universo. Assim sendo, torna-se impossível distinguir movimentos absolutos de relativos em relação aos seus efeitos.

## MINI-CURSO

A situação de ensino analisada constituiu-se em um mini-curso, realizado na Escola Estadual de Urubupungá, fora do período escolar, com duração de aproximadamente 10 horas distribuídas em cinco encontros de 2 horas cada. As atividades foram conduzidas por um estagiário (primeiro autor deste trabalho) do curso de Licenciatura em Física da FEIS/UNESP, tendo a participação de cinco alunas voluntárias, que cursavam o segundo ano do ensino médio, como idade entre 15 e 16 anos que chamamos de LAIS, ANA, GISELE, BIA E CARLA. Todos os encontros foram gravados em áudio e transcritos após o mini-curso.

---

<sup>†</sup> Grifo nosso.

<sup>‡</sup> Tradução nossa.

## RESULTADOS E ANÁLISES

As falas dos diálogos foram todas transcritas, recebendo em seguida uma letra, que caracterizava o encontro (primeiro encontro, letra A; segundo encontro, B; e assim por diante), e um número, que caracterizava a ordem temporal das falas, em cada encontro. O primeiro encontro teve 1035 falas; o segundo, 1272; o terceiro, 662; o quarto, 583; e o quinto, 212. Dividimos, então, os diálogos em trechos da conversação que possuem um significado completo, os quais, chamamos de *episódios*. Neste trabalho, ressaltaremos alguns desses episódios.

### Episódio 1: Observação inicial do comportamento da superfície da água

O estagiário iniciou o primeiro encontro com a descrição da experiência do balde de Newton que foi simulada através de uma garrafa com água sustentada por um barbante. Logo em seguida, o estagiário começou a realização da experiência com uma série de perguntas.

A-7 - ESTAGIÁRIO – Que jeito que está a superfície da água, quando o objeto está parado? Como que é a superfície da água?

A-8 - GISELE – Quando ela está parada ela está mais clara.

A-9 - ESTAGIÁRIO – Clara. Ela está plana? Tirando o efeito da bordinha aqui, eu posso dizer que ela está bem plana, não está?

A-10 - GISELE – Ahã.

Seguindo um padrão de diálogo em que o estagiário fazia perguntas e as alunas ofereciam respostas curtas, é importante notar que o estagiário aponta, na sua pergunta, para onde é importante prestar atenção no experimento. Em A-7 ele usa os termos ‘superfície da água’ e ‘parado’ e em A-9 observa que o que acontece na “bordinha” (efeito de capilaridade). Com o seu questionamento inicial, o estagiário queria se certificar de que as alunas observariam a diferença no comportamento da superfície da água, que seria mostrada logo em seguida. O efeito esperado seria o de que elas criassem alguma expectativa no tocante ao comportamento da superfície da água quando a garrafa não estivesse mais parada. Em seguida, o estagiário colocou a garrafa com água para girar e apontou novamente a superfície da água, esperando que as alunas observassem a diferença nos dois casos.

A-11 - ESTAGIÁRIO – Olha, observem a superfície, estão vendo?

A-12 - GISELE – Agora estou.

A-13 - ESTAGIÁRIO – Se alguém quiser fazer também pode. Quer tentar?

A-14 - LAÍS – Não, vai cair.

A-15 - ESTAGIÁRIO – O quê é que vocês observaram? Nos dois casos, quando estava parado e quando estava em movimento. Qual que foi a diferença?

A-16 - LAÍS – Que quando estava em movimento não ficou plano. Ficou meio assim...

A-17 - ESTAGIÁRIO – A superfície não ficou plana. Que jeito que ficou?

A-18 - LAÍS – Assim, tipo um redemoinho que vai abrindo um buraco.

A-19 - LAÍS – É, assim, uma concha, sei lá.

A-20 - ESTAGIÁRIO – É, uma concha, pode ser. E você, o quê que você viu?

A-21 - ANA – Também, rodando não estava mais plana.

Neste trecho, a aluna LAÍS observou a diferença da superfície da água nos dois casos e, inclusive, observou uma forma regular nesta superfície (A-19), ao passo, que a aluna ANA não apontou essa forma regular da superfície, embora, ela também tenha notado a diferença (A-21).

Nos diálogos que se seguiram o estagiário apontou a diferença da superfície da água nos dois casos, utilizando também o quadro para reproduzir a forma regular da curva.

### **Episódio 2: As primeiras explicações e novas observações**

Na estratégia de diálogo, adotada pelo estagiário, a pergunta que naturalmente seguia referia-se à observação do comportamento diferente da superfície da água nos dois momentos: porque ela tem esse comportamento no segundo momento? Os diálogos que se seguiram foram:

A-32 - ESTAGIÁRIO – E realmente forma essa curva. Mas porquê?

A-33 - LAÍS – Porque estava girando.

A-34 - ESTAGIÁRIO – Porque estava girando. E você?

A-35 - ANA – Ah, sei lá.

A-36 - GISELE – É, também, uai, porque se você girou para frente depois girou ao contrário... Assim...

A aluna LAÍS ofereceu uma resposta óbvia (A-33), enquanto que a aluna ANA não se arriscou a responder. No entanto, não explicitaram o que girava, se era a garrafa, se era a água ou se ambas giravam juntas. Na fala A-36, a aluna GISELE revelou que tinha feito uma observação importante: não importando qual fosse o sentido de rotação, o efeito seria o mesmo.

A progressão do diálogo ocorreu, então, no sentido de que apareceram as primeiras explicações e também de que, com as repetições das perguntas e repetições do experimento, novas observações eram feitas.

### **Episódio 3: Assumindo um questionamento**

Mais à frente, ainda na primeira entrevista, pôde-se perceber que as alunas envolveram-se mais com o experimento, ficando então confusas quanto ao quê estava girando.

A-85 - LAÍS – No começo, a garrafa gira e a água fica parada. Mas não fica parada, a água.

A-86 - ESTAGIÁRIO – Ummm?

A-87 - GISELE – A água não gira, fica parada. A água fica parada. Está parecendo que a água também está girando.

A-88 - ANA – Eu acho que a água não está parada.

A-89 - LAÍS – É, fica parada.

A-90 - LAÍS – Não, mas... não...

A-91 - GISELE – A terra aí não tem nada ver eu acho.

A-92 - LAÍS – Porque então fica assim?

O compartilhamento da maneira de perceber e descrever o fenômeno é uma construção que se processou lentamente no diálogo entre o estagiário e as alunas e dependeu em grande. Em A-92 a aluna LAÍS, que antes (A-33) respondera a questão de forma óbvia, demonstra que aceita a perturbação, expressando-a na forma de um questionamento: quem é o responsável pelo comportamento da água no segundo momento?

### **Episódio 4: Negação da observação do fenômeno**

Neste episódio, a aluna LAÍS colocou em dúvida a observação do comportamento da superfície da água no segundo momento.

A-139 - LAÍS – Aí, você vai girando, vai pensando que tem uma concha, mas não tem uma concha. Ela está plana.

A-140 - ANA – Ela é uma coisa do ‘imaginário’?

A-141 - LAÍS – É, uma coisa imaginária.

(...)

A-165 - ESTAGIÁRIO – Porque que você acha que não fica uma concha?

A-166 - LAÍS – Ah, não sei, ilusão de óptica.

A-167 - ESTAGIÁRIO – Ilusão de óptica?

A-168 - LAÍS – É, dever ser, não sei.

(...)

A-879 - LAÍS – Eu acredito em quase tudo o que eu vejo. Pode ser uma ilusão de óptica. E eu tenho certeza que esse é uma ilusão de óptica.

A aluna LAÍS negou-se a aceitar o que observava, provavelmente porque, após ter oferecido uma resposta óbvia (episódio 2) e depois ter realmente se implicado no questionamento (episódio 3), ainda não encontrava uma explicação convincente para sua observação.

### Episódio 5: Valorização implícita da relatividade do movimento pelo estagiário

Este episódio reuniu falas em o estagiário voltou a disparar uma série de perguntas, agora sobre o movimento relativo da água quanto à garrafa, ao planeta Terra e às estrelas do universo:

A-224 - ESTAGIÁRIO – A água lá dentro está girando?

A-225 - ANA – Está girando né, senão ela não ia ficar ‘curva’.

A-226 - GISELE – Eu acho que isso...

A-227 - ESTAGIÁRIO – A água lá dentro ela está girando em relação à garrafinha?

A-228 - ANA – **Em relação à garrafa** não.

A-229 - LAÍS – Não.

A-230 - GISELE – Mas **em relação à gente** está.

A-231 - ESTAGIÁRIO – Em relação à gente está. Isso é importante, a gente está vendo ela girar. Ela está girando em relação à sala, essa sala?

A-232 e A-234 - ALUNAS – Está.

A-234 - ESTAGIÁRIO – Ela está girando em relação, por exemplo, à Terra, planeta Terra?

A-235 e A-236 - ALUNAS - Está.

A-237 - ESTAGIÁRIO – E em relação às estrelas?

A-238 e A-239 - ALUNAS – Está.

A-240 - ESTAGIÁRIO – Então a gente já sabe de uma coisa: a água está girando em relação a tudo que está fora, menos em relação...

A-241 - GISELE – À garrafa.

A-242 - ANA – Ao que está dentro da garrafinha.

A-243 - ESTAGIÁRIO – À garrafa. A água que está lá dentro não gira em relação à garrafa, porque os dois giram juntos.

É importante notar que o diálogo ocorrido entre A-240 até A-244 resume o tema principal da conversa entre o estagiário e as alunas, até aquele momento: a água estava em movimento em relação ao planeta Terra e às estrelas fixas, mas não está em movimento em relação à própria garrafa. O avanço conseguido consiste então no reconhecimento da possibilidade de se considerar o movimento de um corpo em relação a diferentes referenciais. Porém, como a maior parte da conversa ocorreu obedecendo a um padrão em que as alunas

respondem questões prontas feitas pelo estagiário, não se pode avaliar se a relatividade do movimento da água era uma necessidade no pensamento das alunas. Podemos sim afirmar que com suas perguntas insistentes o estagiário procurava introduzir implicitamente a valorização do movimento relativo da água, na conversação. Essa valorização persiste em outros momentos, nos quais, o estagiário tentava explicar o movimento relativo da água.

No caso das alunas, BIA e CARLA, que não tinham comparecido no primeiro encontro, no segundo encontro houve uma reedição do mesmo tipo de diálogo:

B-476 - ESTAGIÁRIO – Vocês acham que a água lá dentro está girando? Ou é só a garrafa de fora que está girando?

B-477 - LAÍS – Não.

B-478 - ANA – Os dois.

B-479 - BIA – A água também.

B-480 - ESTAGIÁRIO – A água também está girando?

B-481 - CARLA – A garrafa e a água.

Se compararmos os dois trechos descritos acima, neste episódio, com os episódios 1 e 2, veremos que eles têm em comum um padrão de diálogo marcado pelo questionamento feito pelo estagiário e pelas respostas curtas das alunas, bem como pela introdução de um novo conteúdo, no diálogo.

### **Episódio 6: Valorização do movimento relativo pelas alunas**

A compreensão de movimentos relativos, pelas alunas, apareceu de forma explícita, somente mais adiante, na primeira entrevista, através de um exemplo de um caso de outro movimento relativo (A-735) e o estagiário confirmou seu exemplo:

A-735 - LAÍS – Se tivesse uma formiga no ventilador, a formiga estava parada em relação ao ventilador?

A-736 - ESTAGIÁRIO – Ahã.

A-737 - LAÍS – Agora eu estou entendendo.

Da mesma forma, a compreensão do movimento relativo da água, pelas alunas, BIA e CARLA, somente parece ter acontecido em uma fase mais avançada do segundo encontro, quando as alunas se arriscaram a propor novos exemplos em diferentes contextos:

B-542 - BIA – Ah, tá, mas aí, é a mesma questão: se eu estou dentro do carro, eu estou andando junto com o carro.

B-543 - LAÍS – É, mas...

B-544 - BIA – Daí quem está fora o carro está em movimento. Pra mim, quem está dentro o carro está...

B-545 - LAÍS – Parado.

B-546 - BIA – Parado porque eu estou junto com o carro.

Aqui, já podemos perceber que um ritmo vem sendo mantido no padrão de diálogo do estagiário com as alunas: através de uma série de questionamentos, o estagiário introduz um novo assunto (nos episódios 1 e 2, o assunto referia-se à fenomenologia do experimento e no episódio 5, o assunto referia-se ao movimento relativo da garrafa com relação a diferentes referenciais) e, durante esta fase, o diálogo permanece predominantemente marcado pelas respostas curtas das alunas. Com o decorrer do diálogo, as falas entre alunas passam a ocorrer mais freqüentemente e é, então, nestes momentos, que elas arriscam explicações próprias, o que se dá através da busca de exemplos das idéias até então introduzidas em situações marcadas pela

experiência pessoal. Esses trechos são importantes no sentido em que eles parecem indicar a compreensão de um conceito físico através da sua aplicação em outros exemplos. No nosso caso, eles nos dão indícios de que as alunas constroem modelos mentais (GRECA e MOREIRA, 1997) e aplicam estes modelos a outros fenômenos que lhes são familiares.

### **Episódio 7: Valorização do movimento relativo da Terra pelas alunas**

Continuando os diálogos, no segundo encontro, o estagiário perguntou se a água estava parada em relação às estrelas fixas do universo (B-573) e obtém uma resposta que não esperava:

B-573 - ESTAGIÁRIO – e (a água está parada) em relação às estrelas?

B-577 - CARLA – não, porque a Terra está girando, né, e as estrelas estão paradas. Então (a água) está girando junto com a Terra...

Neste diálogo, as alunas LAIS, BIA e ANA responderam afirmativamente, somente a aluna CARLA apontou para o movimento (acelerado) da Terra com relação às estrelas. Em princípio, e para fins deste experimento, movimento relativo, da Terra em relação ao universo, poderia ser desprezado. Podemos interpretar esta fala (B-577) como um indício de que a aluna admitiu a possibilidade de considerar o movimento de um corpo em relação à diferentes referenciais. Em um trecho mais à frente do diálogo, a aluna BIA também deu indícios que compreendeu o movimento relativo de corpos:

B-604 - BIA – (...) pra gente, a água está parada e, pra Terra, a água também está parada porque a Terra está se mexendo juntamente com a água. Para o sol, a água não está parada porque a Terra não está parada e a água está na Terra se mexendo junto com a Terra.

O trecho acima é bem parecido com o trecho em que CARLA deu indícios de que compreendeu o movimento relativo entre corpos. Neste caso, a aluna BIA exemplificou com o movimento de translação da Terra, enquanto que no trecho B-577 ('está girando') a aluna CARLA pareceu exemplificar com o movimento de rotação da Terra.

Outro fato importante que devemos ressaltar dos diálogos acima em que as alunas salientam o movimento de translação e rotação da Terra em relação às estrelas é que este movimento também produziria uma concavidade na água da garrafa que representa o balde de Newton, porém esta curvatura poderia ser desprezada pois a velocidade angular da garrafa em relação ao universo é muito pequena. Mesmo assim, percebendo esta oportunidade o estagiário ressalta este fato:

B-633 - BIA – a Terra girando não atua quase força nenhuma nela (água) entendeu? Diferente de a gente pegar e...(girar a garrafa)

B-634 - ESTAGIÁRIO – então seriam velocidades diferentes?

B-635 - BIA – isso. A **velocidade com relação** ao (planeta) Terra e à garrafa é quase zero.

Na fala deste diálogo (B-634), a aluna BIA deu indícios da existência de uma força que atua na água causando a curvatura da sua superfície e que esta força, no caso em que a garrafa está parada em relação ao planeta Terra porém gira junto com a Terra em relação ao universo, é pequena e 'quase não atua'. Com a ajuda do estagiário (B-634) a aluna concluiu que a velocidade de rotação da garrafa em relação ao universo é quase zero quando ela está parada em relação ao planeta Terra e gira junto com a Terra em relação ao universo, deixando implícito que a possível força causadora da deformação na superfície da água é proporcional à velocidade angular da garrafa e devido a isso a força 'quase não atua' (B-633).

### Episódio 8: Apropriação de movimentos relativos

A aluna BIA usou movimentos relativos para explicar a concavidade da água no segundo momento quando solicitada para descrever o comportamento da água nos dois momentos:

C-6 - ANA – Porque a superfície da água é plana na primeira situação e côncava na segunda? “Porque, na primeira situação não houve um movimento. Já na segunda situação há um movimento e por isso fica côncava”.

C-8 - BIA – Ah, também, antes de rodar a garrafa a água estava sem movimento, parada, podendo se ver (a superfície) como uma reta. Depois a água entrou em movimento indo para as paredes da garrafa. Aí, agora, olha (gira a garrafa) ... Agora a segunda: eu não terminei ainda né, mas, assim,...porque na primeira situação a água está sem movimento, por isso fica plana, **parada em relação** a nós. Porém, em **movimento em relação** ao Sol. Aí depois eu ia colocar assim: que depois ela adquire uma certa velocidade, começa a se movimentar, por isso que ela se move assim. Fica assim, girando.

Nos diálogos acima podemos perceber que a aluna ANA só percebeu o movimento da água em relação a ela ou a Terra, porém a aluna BIA fez questão de mencionar o movimento relativo da garrafa com relação ao sol. A aluna BIA dá novos indícios de que compreendeu o movimento relativo da água em outro momento quando ela fica em dúvida se no segundo momento a água está parada ou em movimento em relação à garrafa porque ela não tem certeza de que ambas giram com a mesma velocidade:

C-75 - BIA – Agora eu não sei se é a mesma velocidade das duas. Assim, a mesma velocidade, né, mas...ah, eu acho que é. Deve ser.

A aluna ANA compara o movimento da garrafa em relação ao planeta Terra:

C-201 - ANA – No primeiro momento a garrafa está **parada em relação** ao (planeta) Terra. E, no segundo momento ela está se **movendo em relação** ao (planeta) Terra.

Mais à frente a aluna BIA busca uma explicação para a curvatura da água no segundo momento:

C-206 - BIA – Aí, uma das coisas que eu acho que eu consigo concluir é que a concavidade está totalmente relacionada ao movimento de...

C-207 - ESTAGIÁRIO – Ao movimento de quem?

C-208 - BIA – Ao **movimento** da água **com relação** à... à...

C-209 - ESTAGIÁRIO – à...?

C-210 - BIA – ... ao (planeta) Terra nem tanto, porque... ah..., não sei porque... Ah, **em relação** à garrafa.

C-211 - ESTAGIÁRIO – Está.

C-212 - BIA – ah, mas quando está...

C-213 - ESTAGIÁRIO – conclua o seu raciocínio.

C-214 - BIA – se a garrafa estiver movimento a água vai estar movimentando e, se ela (a garrafa) não tiver (se movimentando) claro que (a água) não vai estar movimentando. E, se a Terra estiver movimentando ou não, para ela (água) não vai fazer tanta diferença. Só que...

C-215 - ESTAGIÁRIO – Só que...

C-216 - BIA – ...Por causa da velocidade, acho, dela adquirida, só isso. Aí, eu estou me confundindo tudo. Que bagunça que eu estou fazendo.

C-217 - ESTAGIÁRIO – Mas, assim, você falou que a concavidade está relacionada com o movimento da água em relação à garrafa.

C-218 - BIA – à garrafa.

C-219 - ESTAGIÁRIO – Mas, nos dois momentos a água não está parada em relação à garrafa?

C-220 - BIA – Está, esse é o problema.

Ela parece associar a curvatura da água ao movimento relativo da água com a garrafa, porém ela percebe que nos dois momentos a água possui o mesmo movimento com relação à garrafa. Depois ela conclui:

C-231 - BIA – Olha, se ela estiver **parada com relação** à garrafa vai ter ou não vai ter movimento, tanto faz porque os dois casos ela vai estar acompanhando, né. Então, só vai ter movimento, ou melhor, só vai ter concavidade quando ela tiver em **movimento em relação** ao (planeta) Terra.

Quando perguntada sobre a relação da curvatura da água com o movimento da água com relação às estrelas a aluna BIA responde:

C-440 - BIA – Às estrelas? O **movimento** da água **em relação** às estrelas.

C-441 - ESTAGIÁRIO – Não?

C-442 - BIA – Eu acho que não.

C-443 - ESTAGIÁRIO – Por que?

C-444 - BIA – Ah, porque eu acho que não influencia em nada assim na...

C-445 - ESTAGIÁRIO – Não?

C-446 - BIA – Eu acho que não.

C-447 - ESTAGIÁRIO – Por que não?

C-448 - BIA – Porque... ah..., porque está longe.

Os trechos acima parecem evidenciar que as alunas começaram a pensar no movimento corpos em relação a diferentes referenciais. Este episódio só aconteceu no terceiro encontro após diversas repetições da mesma experiência e a busca pela explicação da mesma, o que nos sugere que a questão da relatividade do movimento é de difícil compreensão exigindo esforço, por um lado, do professor que deve buscar sempre a valorização da questão pelas alunas, e, por outro lado, das alunas ao valorizar a questão se arriscarem na busca pela compreensão.

## CONCLUSÕES

Foi possível perceber, com a análise dos dados, que o compartilhamento da observação do fenômeno físico em um experimento não ocorreu de forma simples nem imediata entre alunos e estagiário, mesmo com o esforço deste último em tentar indicar os caminhos para tal observação. Por outro lado, o compartilhamento da observação do fenômeno, bem como, a percepção pelos alunos do problema em questão pareceu fomentar um diálogo mais aberto entre as alunas e o estagiário ou mesmo permitir discussões entre as próprias alunas.

A resposta para questão “quem é o responsável pela curvatura da água quando o balde gira?”, que em princípio parece simples (as alunas responderam simplesmente “porque gira”), acabou por causar certo desconforto às alunas, após a percepção desta dificuldade, ocorrendo até mesmo, momentos de negação da observação do fenômeno. A percepção da complexidade do movimento relativo da água em relação aos corpos externos e ao balde (garrafa) foi um marco para o avanço na compreensão da problemática em questão, pois significou o momento em que se inicia a democratização nos diálogos em aula

Assim, o *desconforto* quanto à falta de explicação da curvatura da água no momento em que o balde (no caso, a garrafa que está girando) está em rotação foi causado, por um lado, pelo compartilhamento da observação do fenômeno entre estagiário e alunos, e, por outro, pela percepção, por parte dos alunos, da problemática em torno da observação. Tal desconforto acabou por proporcionar um ganho às alunas, no sentido em que a combinação destas situações possibilitou um avanço no diálogo que ocorreu em sala de aula com o estagiário tornando-o mais democrático e, conseqüentemente, permitindo ao estudante um espaço, que muitas vezes lhe é negado.

Vale ressaltar ainda a descoberta da potencialidade da experiência do balde de Newton para a consideração de idéias fundamentais da Mecânica, principalmente aquela que se refere a uma das questões básicas que caracteriza esta disciplina e que ela tentou responder ao longo de toda a sua história: o movimento é absoluto ou relativo? Nesse sentido, um avanço que conseguimos, neste trabalho, nos leva a sugerir uma discriminação de aspectos importantes para que o aluno avance na compreensão desta problemática, chegando possivelmente a se apropriar do questionamento principal, o que significaria formular estas questões de uma própria maneira. Sugerimos a necessidade de continuação de pesquisas no que se refere à caracterização de um ensino de Física que pretende não somente ensinar conceitos (prontos e acabados), mas também introduzir o aluno no caminho que leva à apropriação das questões principais da disciplina em questão. Neste sentido, entendemos que mesmo que o aluno não chegue a compartilhar todas as questões principais, ele terá um ganho de ser introduzido num ambiente de reflexão.

Quanto aos aspectos mencionados, um primeiro seria explorar, com os alunos, a possibilidade de o movimento de um corpo (acelerado e/ou não-acelerado) ser descrito de forma diferente por diferentes referenciais; um segundo seria explorar as possíveis causas do movimento acelerado, considerando a idéia de *interação* entre corpos; e um terceiro seria propor, aos alunos, a apreciação da idéia de que, mesmo no caso de referenciais não-inerciais, é possível conceber os movimentos (cinemática) e suas causas (dinâmica) como categorias do pensamento físico que são independentes uma da outra. Essa consideração representaria um avanço no sentido de deixar de tratar a cinemática e a dinâmica como conteúdos estanques, como é normalmente feito tanto no ensino médio como no ensino superior.

**REFERÊNCIAS**

- ASSIS, A. K. T. *Mecânica relacional*. Campinas: C.L.E., 1998. (Coleção C.L.E.: v.22)
- ASSIS, A. K. T.; ZYLBERSZTAJN, A. The influence of Ernest Mach in the teaching of mechanics. *Science and Education*, v. 10, p. 137-144, 2001.
- BASTOS, F. O ensino de conteúdos de História e Filosofia da Ciência. *Ciência e Educação*, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 55-72, 1998.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio +: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais*. Brasília: MEC, 2002. 3v
- GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. The kinds of mental representations - models, propositions, and images - used by college physics students regarding the concept of field. *International Journal of Science Education*, v. 19, n. 6, p. 711-724, 1997.
- NEWTON, I. *Principia: Princípios Matemáticos de Filosofia Natural – Livro I*. 2. ed. São Paulo: EDUSP, 2002.
- NEVES, M. C. D. *Lições da escuridão ou revisitando velhos fantasmas do fazer e do ensinar ciência*. Campinas, SP: Mercado de Letras, 2002.
- NUSSENZVAIG, H. M. *Curso de Física Básica: Mecânica*. 4. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2002.
- VILLANI, A. O professor de ciências é como um analista? *Ensaio*. Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 5-28, 1999.