

# ARGUMENTAÇÃO E ABORDAGEM CONTEXTUAL: ENSINANDO A SÍNTESE NEWTONIANA

## ARGUMENTATION AND CONTEXTUAL APPROACH: TEACHING THE NEWTONIAN SYNTHESIS

Elder Sales Teixeira<sup>1</sup>  
Climério Paulo da Silva Neto<sup>2</sup>, Olival Freire Jr.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Física/UEFS; PPGEFHC/UFBA-UEFS, eldersate@gmail.com

<sup>2</sup>Instituto de Física/UFBA; bolsista PIBIC/CNPq/UFBA, cpsneto@gmail.com

<sup>3</sup>Instituto de Física/UFBA; PPGEFHC/UFBA-UEFS, freirejr@ufba.br

### Resumo

Este trabalho investiga a qualidade da argumentação dos alunos sobre a síntese newtoniana e a relação da qualidade dessa argumentação com o texto referência usado nas atividades em grupos desenvolvidas numa disciplina do Curso Noturno de Licenciatura em Física da UFBA. A pesquisa foi feita com alunos da disciplina Física Básica – I, que usa uma abordagem contextual de ensino, e desenvolvida através de método qualitativo com observação participativa, vídeo- e áudio-gravação das aulas. Foi usado, como instrumento de análise, a estrutura de argumentação de Toulmin. Resultados indicaram que a discussão em grupos e entre os grupos propiciou a construção de uma argumentação coletiva competente sobre a síntese newtoniana e que a abordagem contextual, através do texto referência - que discute a experiência de pensamento da ‘queda da lua’ de Newton como fundamental para a síntese newtoniana - exerceu um papel fundamental na qualidade da construção dos discursos dos alunos.

**Palavras-chave:** Argumentação, Abordagem Contextual, Síntese Newtoniana

### Abstract

This paper analyses students' argumentation quality on the Newtonian synthesis and its relation with the instructional material used with students from the physics course at the UFBA titled Física Básica I, which is given through a contextual approach. The research was carried with a qualitative method, with participative observation and audio and video recording. As a theoretical tool we adopt Toulmin's argumentation structure. Results suggest that discussions intra and inter groups contributed to the building of a qualified collective argumentation on the subject under debate. They also suggested that the contextual approach present in the text used in the course – a presentation of Newton's thought experiment on the moon's fall – was instrumental in enhancing the quality of students' speeches.

**Keywords:** Argumentation, Contextual Approach, Newtonian Synthesis

### INTRODUÇÃO

Pesquisadores em ensino de ciências têm atentado para o papel da argumentação como elemento essencial da educação científica e dedicado esforços de pesquisa para investigar este tema. Os principais fatores que têm sido relatados na literatura como benefícios de um ensino de ciências com preocupações quanto à argumentação são: aprendizagem não apenas dos conteúdos científicos em si, mas também a aprendizagem sobre a ciência<sup>1</sup>, pois propicia oportunidade de engajamento dos estudantes na cultura científica; desenvolvimento de aspectos metacognitivos, pois permite oportunidade de reflexão sobre suas próprias formas de pensamento; desenvolvimento de diferentes formas de pensamento, pois leva em conta fatores sócio-culturais na construção do conhecimento (ABI-EL-MONA e ABD-EL-KHALICK, 2006; MUNFORD e

---

<sup>1</sup> Para MATTHEWS (1994), a educação científica não deveria ser apenas um treinamento em ciências, mas também, um ensino sobre ciências, o que significa que, além do conhecimento dos conteúdos das matérias e do desenvolvimento de habilidades científicas, os estudantes deveriam ter acesso a uma apreciação dos métodos, sua diversidade e suas limitações, enfim, uma apreciação sobre a natureza da ciência.

ZEMBAL-SAUL, 2002; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE et al., 2000<sub>a,b</sub>). Em geral, as pesquisas devotadas a este tema, assumem que o conhecimento científico é socialmente construído e que sua aprendizagem pode ser propiciada ao engajar os estudantes em atividades que envolvam sua interação social e que permitam serem expostos ao gênero do discurso da ciência (práticas de laboratório, trabalhos de investigação, atividades em grupo etc.) MORTIMER e SCOTT (2002); JIMÉNEZ-ALEIXANDRE et al. (2000<sub>b</sub>); ABI-EL-MONA e ABD-EL-KHALICK (2006); SUTTON (2003); DRIVER et al. (1994). Essa assunção, por sua vez, tem seus pressupostos na idéia de Vigotski de que o pensamento do indivíduo é construído a partir da sua experiência sócio-cultural (VIGOTSKI, 1934/2001).

Conforme salientam ABI-EL-MONA e ABD-EL-KHALICK (2006), a adoção de atividades que promovam argumentação, em geral, tem sido rara nas salas de aula e há também uma necessidade de que mais pesquisas sejam feitas para avaliar o potencial destes recursos para promover a argumentação. Dentro desta perspectiva, este trabalho visa investigar a qualidade do discurso dos alunos na construção de uma argumentação coletiva sobre a síntese newtoniana, bem como investigar a relação entre a qualidade dessa argumentação e o texto didático usado como referência em atividades em grupos que foram desenvolvidas em sala de aula de uma disciplina inicial do Curso Noturno de Licenciatura em Física da UFBA, que é informada por uma abordagem contextual de ensino<sup>2</sup>.

A abordagem contextual foi utilizada ao longo de toda a disciplina Física Básica I, cujo programa cobre desde a origem da astronomia na antiguidade, passando pelos medievais até a gravitação universal como consolidação da revolução copernicana. Em geral, esse tópico não é valorizado nos livros textos (FREIRE, MATOS e VALLE, 2004), apesar da sua importância. A valorização da gravitação nesta disciplina e sua introdução via abordagem contextual foi, portanto, escolha ditada por considerações educacionais mais amplas.

Na tradição educacional da abordagem contextual, tanto a revolução copernicana como a síntese newtoniana têm sido consideradas itens fundamentais no conteúdo da física. Este foi o tema com o qual Thomas Kuhn fez sua conversão de uma carreira em Física para uma carreira em História da Física, publicando em 1957 seu *A revolução copernicana*. No mesmo ambiente da Universidade de Harvard, apareceria na década de 1960, o *The Physics Project* (HOLTON, RUTHERFORD e WATSON, 1970). Mais recentemente, o mesmo tópico, e abordagem semelhante foram valorizados tanto no programa do *Science for All Americans*, sugerido pela AAAS (RUTHERFORD e AHLGREN, 1995), quanto na experiência francesa conduzida por SONNEVILLE e FAUQUE (1997). O programa da disciplina na qual foi realizada a presente investigação foi, portanto, fortemente influenciado por essas tradições e o uso do material instrucional (FREIRE, MATOS e VALLE, 2004) é uma abordagem didática inovadora, uma vez que esse material explora o uso da apresentação da Proposição IV do Livro III dos '*Principia*' (NEWTON, 1687/1999), na qual Newton usa o recurso de um experimento de pensamento – a queda da Lua – para introduzir, pela primeira vez na história, a idéia de força gravitacional.

## **METODOLOGIA E CONTEXTO**

A investigação foi realizada no âmbito de uma turma de 30 alunos da disciplina Física Básica I do Curso Noturno de Licenciatura em Física da UFBA (Salvador - Bahia). Trata-se de uma pesquisa qualitativa, com observação participativa. As aulas nas quais foram realizadas as atividades referentes à pesquisa foram gravadas em vídeo ou em áudio que posteriormente foram transcritos. O uso do equipamento para gravação em vídeo foi introduzido na sala três semanas antes da coleta de dados para familiarização dos alunos (ABI-EL-MONA e ABD-EL-KHALICK, 2006; CARVALHO, 2006). Foram tomados os devidos cuidados éticos, dentre os quais, o esclarecimento aos alunos da realização da pesquisa e o emprego do TCLE (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido). As aulas foram realizadas nos dias 30 de maio e 01 de

---

<sup>2</sup> Abordagem de ensino de física informado pelas contribuições da história e da filosofia da ciência.

junho de 2007 e estão descritas em mapas de aula<sup>3</sup>. Estas atividades constaram de discussões em grupos e entre os grupos com mediação do professor. As discussões foram baseadas no texto de FREIRE, MATOS e VALLE (2004), cuja leitura foi feita pelos alunos antes das aulas.

No início das atividades foi entregue um questionário contendo seis itens para orientar as discussões: (1) Explique como Newton comparou a aceleração da Lua em sua órbita com a aceleração da gravidade na superfície da Terra. Quais os artifícios que ele utilizou para isso? (2) Que argumentos Newton utilizou para justificar a adoção de uma força proporcional ao inverso do quadrado da distância? (3) Qual o principal obstáculo enfrentado por Newton para introduzir a idéia de uma força gravitacional de ação à distância? Que saída ele encontrou para minimizar o problema? (4) O que você entende por síntese newtoniana? Qual a importância e implicações dessa síntese? (5) Que argumentos Newton utilizou para adotar o sistema Heliocêntrico? (6) Que conclusões você chega sobre o trabalho de Newton depois da leitura do artigo e da atividade em classe?

Na primeira aula foram discutidos os três primeiros itens e os grupos tiveram cerca de 50 minutos para discussão entre seus integrantes. Esta aula foi gravada em vídeo e durante o período da discussão em grupos, a filmagem foi direcionada para um dos grupos. O Episódio I foi constituído de um trecho desta filmagem. Ao fim deste período foi aberta uma discussão entre os grupos, mediada pelo professor, em que cada grupo apresentou seus argumentos frente aos itens do questionário. Em média, dois ou três alunos falavam pelo seu grupo, os demais permaneciam atentos à discussão. Os Episódios II, III e IV constam das discussões sobre os itens 1, 2 e 3, respectivamente.

Os outros três itens foram discutidos na aula seguinte, cujo procedimento se repetiu. Como tratou-se de uma aula extra, houve uma pequena redução na frequência. Os grupos da aula anterior se repetiram, mas com algumas mesclas. Nesta aula, a gravação foi feita somente em áudio e o áudio-gravador (*pendrive*) era colocado próximo à pessoa que falava. Em média, dois ou três alunos falavam pelo seu grupo, sendo que os demais ficavam atentos. Os Episódios V, VI e VII constam das discussões sobre os itens 4, 5 e 6, respectivamente. No decorrer da atividade, a maior parte da turma participou das discussões gerando episódios muito ricos para a análise.

**Mapa da 2ª aula (01/06/2007). Tema: o argumento da queda da lua e a síntese newtoniana.**

Duração (h:m:s)	Atividade desenvolvida	Ações do professor e dos alunos	Comentários
Começo da aula: 20:30h. Esta atividade durou cerca de 5 min.	Apresentação e esclarecimento sobre a atividade a ser desenvolvida em sala.	O professor solicita que os alunos repitam os grupos da aula anterior para discutir o tema a partir do texto lido, orientando-se pelos três últimos itens do questionário, para fazer uma discussão coletiva com a apresentação dos resultados de cada grupo. Os alunos o fazem.	Esta foi uma aula extra e houve uma pequena redução na frequência. Os grupos da aula anterior se repetiram, mas com algumas mesclas ficando 5 grupos com 4 alunos em cada grupo em média.
Cerca de 35min.	Discussão em grupos.	Os alunos realizam a discussão usando o texto como base e respondendo aos itens 4, 5 e 6 do questionário.	
00:00:01	Discussão entre os grupos mediada pelo professor.	O professor, repetindo o procedimento da aula anterior, abre a discussão. Pede que cada	A gravação foi feita somente em áudio e começou a partir deste momento. O áudio-

<sup>3</sup> Estes mapas de aula foram inspirados nos mapas apresentados por AMARAL e MORTIMER (2006), contudo só será apresentado aqui o mapa da aula realizada em 01/06/2007.

00:39:52	<b>Episódio V</b> (entre 00:00:26 e 00:24:49). <b>Episódio VI</b> (entre 00:24:50 e 00:32:24). <b>Episódio VII</b> (entre 00:32:25 e 00:39:52).	grupo relate os resultados da discussão (as respostas aos itens 4, 5 e 6 do questionário) para a posterior discussão coletiva mediada pelo professor. Um a um, os três últimos itens do questionário são discutidos.	gravador é colocado próximo à quem fala. Em média, dois ou três alunos falam pelo seu grupo. Os demais, atentos. Os <b>Episódios V, VI e VII</b> constam da discussão sobre os itens 4, 5 e 6, respectivamente.
00:39:53	Discussão geral sobre problemas do ensino de Física	O professor, ao encerrar a discussão referente ao <b>Episódio VII</b> , comenta sobre a importância do ensino da gravitação universal. Isto gera uma discussão com os alunos sobre problemas no ensino de Física em geral.	Esta parte da atividade não foi planejada ocorrendo espontaneamente e, embora relevante e significativa para todos, não é objeto de análise neste trabalho, pois não faz parte das questões de pesquisa aqui propostas para investigação.
00:51:46			
00:51:47	Encerramento da atividade.	O professor encerra a atividade e marca a entrega da demonstração da força centrípeta.	Esta demonstração conta como avaliação da disciplina.
00:51:58			

Foram usados dois instrumentos para análise: primeiro, foi usado o instrumento desenvolvido por MORTIMER e SCOTT (2002) para analisar os tipos de interações entre professores e alunos em salas de ciências, bem como a produção de significados nas mesmas. Este instrumento foi utilizado na presente pesquisa para avaliar a condução das atividades em seu contexto mais geral, com vistas a analisar o conjunto dos episódios dentro deste contexto.

Depois, para analisar a qualidade da argumentação construída coletivamente em cada episódio, em seu contexto mais específico, foi utilizada a estrutura de argumentos de Toulmin (TOULMIN, 1958<sup>4</sup>, citado por VERHEIJ, 2005). A estrutura de Toulmin dos argumentos permite distinguir em uma argumentação, além dos **dados** e **conclusões**, **garantias** (ou justificativas), **fundamentos**, **refutadores** e **qualificadores** que, segundo Toulmin, constituem os elementos de uma argumentação. As **garantias** são afirmativas hipotéticas gerais que servem de elo de ligação entre os dados e as conclusões e que autorizam essa ligação, ou seja, são as permissões contidas no argumento para se chegar às conclusões a partir dos dados. Os **fundamentos** dão sustentação às garantias do argumento servindo, portanto, para legitimá-las. No caso da ciência, os fundamentos são as leis, princípios etc., partilhados pela comunidade científica. Um **refutador** é uma condição de exceção para o argumento. É uma condição ou circunstância em que, caso a autoridade da garantia seja contrariada, invalida a conclusão. Um **qualificador** é um operador modal sobre uma afirmativa. É uma condição no argumento, dependente de uma situação específica, que conduz a uma conclusão (VERHEIJ, 2005).

## RESULTADOS E ANÁLISE

A análise dos resultados foi orientada para responder às seguintes questões de pesquisa:

1. Com que qualidade os alunos argumentam sobre o tema 'síntese newtoniana'?
2. Qual o papel da atividade em grupo e do texto usado nesta atividade, na construção da argumentação dos alunos sobre o referido tema?

Para proceder à análise, inicialmente foram feitos mapas de aula das duas aulas consecutivas, nas quais foram realizadas as atividades em grupos, em que se tratou do tema "o argumento da queda da lua e a síntese newtoniana".

Baseando-se no instrumento desenvolvido por MORTIMER e SCOTT (2002) pôde-se avaliar a condução das atividades em seu contexto mais geral, com vistas a analisar o conjunto dos episódios dentro deste contexto. Vale ressaltar que MORTIMER e SCOTT (2002) usaram o

<sup>4</sup> TOULMIN, S. **The Uses of Argument**. Cambridge: Cambridge University Press, 1958.

instrumento para analisar, em seu trabalho, cada episódio individualmente. Aqui, contudo, o instrumento foi utilizado para fazer uma caracterização geral do conjunto dos episódios em termos do desenvolvimento das atividades realizadas.

Dentro desta perspectiva pôde-se perceber que as atividades realizadas foram conduzidas sempre com a intenção de “elicitare” os argumentos dos alunos sobre a síntese newtoniana por meio das discussões, seja em pequenos grupos, seja com toda a turma, com vistas à construção de uma argumentação coletiva sobre esse tema. Esta argumentação foi construída em termos de uma explicação teórica sobre a síntese newtoniana, nos marcos do modelo astronômico heliocêntrico que se configurou no séc. XVII e da teoria gravitacional de Newton que deu suporte mecânico a este modelo, a partir da experiência idealizada da ‘queda da lua’ de Newton.

Em coerência com a intenção de trazer à tona os discursos dos alunos, as aulas foram conduzidas a partir de uma abordagem comunicativa que variava de Interativo/Dialógica (I/D) para Interativo/de Autoridade (I/A) para Não-Interativo/de Autoridade (NI/A) (ver MORTIMER e SCOTT, 2002), na construção da argumentação coletiva sobre a síntese newtoniana. Esse padrão se repetiu em todos os episódios na medida em que o professor: primeiramente interagiu com os grupos permitindo-os expor seus argumentos para discutir o assunto (I/D); fazia intervenções durante as discussões para corrigir alguns argumentos tomando o argumento da ciência como parâmetro (I/A); finalizava a discussão sumarizando os argumentos construídos pelo coletivo, devidamente ajustados ao argumento cientificamente partilhado (NI/A). Resultado semelhante foi encontrado por MORTIMER e SCOTT (2002) ao analisar uma seqüência de três aulas sobre ‘reações químicas’ em uma escola de ensino médio do norte da Inglaterra. Estes autores caracterizam esta repetição de padrões encontrados nos episódios como um “ritmo de ensino” e o qualificam como “*interessante, ao promover a aprendizagem no contexto da sala de aula*” (MORTIMER e SCOTT, 2002: 24). Foram produzidos padrões de interação tanto do tipo triádica (I-R-A), como não triádica (I-R-P-R... ou I-R-F-R-F...) e a intervenção ocorreu de modo que os constructos produzidos na sala puderam ser compartilhados com todos.

Em seguida, serão apresentados os episódios<sup>5</sup> seguidos das respectivas análises referentes à qualidade da argumentação construída coletivamente em cada episódio, em seu contexto mais específico, tomando, para isto, a estrutura de Toulmin (VERHEIJ, 2005).

#### **Episódio V - O que você entende por síntese newtoniana? Qual a importância e implicações dessa síntese?**<sup>6</sup>

<b>Turnos</b>	<b>Falas</b>	<b>Tipos de Interação</b>	<b>Comentários</b>
01	P - Então vamos lá. Vamos começar a discussão da terceira questão. Todo mundo fez aí? Vamos começar...	I	
02	A4 - A conclusão, né, que Newton teve é que a força que envolve os corpos celestes é válida também para corpos terrestres. Isso possibilitou um estudo em conjunto da física celestial e dos corpos terrestres. Uma consideração que agente fez, né, é que a força que acelera uma pedra na superfície da Terra é de mesma natureza de que a força que mantém a Lua em sua órbita.	R	Argumentação sumária da síntese newtoniana. As forças de mesma natureza como <b>garantia</b> para o estudo conjunto das físicas celeste e terrestre.

<sup>5</sup> Em razão do limite de espaço, somente serão apresentados, na presente comunicação, os Episódios V e VII. Em posterior publicação, pretende-se apresentar os resultados na íntegra, contemplando a análise dos sete episódios. Visto que os episódios têm diferentes tamanhos, a opção pelos Episódios V e VII se deu meramente por motivos de adequação ao espaço concedido para esta comunicação.

<sup>6</sup> P - Professor da disciplina; A1,2,3... - Alunos 1,2,3...etc.; Trechos sublinhados das falas indicam uma referência direta ao texto ou à discussões referentes às atividades; ... - pausa na fala; ( ) - comentário dos pesquisadores; / - interrupção na fala; palavras em negrito representam ênfase na pronúncia da mesma.

03	P - Correto. A próxima equipe... vamos lá rapaz... ficou nervoso? ((em tom de descontração em função da demora do aluno em responder)).	A I	
04	A5 - Não, não fiquei nervoso... é... as afirmações que ele fez ((se refere a A4)) foi justamente o que a gente fez aqui no grupo, não tem nenhuma... relacionado à primeira pergunta, alguma coisa diferente a acrescentar.	R	
05	A6 - Na verdade é aquilo que ele falou, né ((se referindo a A4)) a síntese newtoniana, ela elimina aquela idéia de que a coisa funciona de um jeito aqui, e de outro jeito lá fora, né ((se referindo ao espaço celeste)). Ele, <u>a partir até daquele experimento lá da Lua, quando ele demonstra que a força que atua sobre ela lá é a mesma que atua sobre ela se ela tiver sendo atraída aqui no centro da Terra</u> , isso aí... praticamente bate o martelo de que não existe como ser diferentes, como por exemplo, <u>pra os mecanicistas, ainda o movimento dos corpos celestes ainda era gerado pelo tal do éter, né/</u>		Complementa a resposta. Faz uma argumentação competente embasada no texto. O fato das forças sobre os corpos celestes e terrestres serem de mesma natureza é usado como <b>refutador</b> para a idéia de movimentos com natureza diferente, como era aceito na época pelas visões aristotélicas.
06	A7 - Por contato.		
07	A6 - Exato. Tinha aquele contato que fazia com que ele girasse, né, sintetizando a idéia dele. Ele elimina essa coisa de que existe diferença entre os movimentos aqui e fora da Terra.		
08	P - Bom. Qual é a próxima equipe? Vocês aí, né?	A I	
09	A8 - Newton uniu a física celeste com a física terrestre.	R	
10	P - Essa é a síntese newtoniana? ((todos riem)).	P	
11	A1 - É a síntese da síntese newtoniana.	R	
12	P - Qual é a próxima equipe? Vocês, né? Bom, se vocês têm coisas a acrescentar. Se não tiver...	I	
13	A9 - A nossa é a síntese da síntese dele ali... ((todos riem))... a formação de uma nova física que pode ao mesmo tempo explicar a física terrestre e a física celeste.	R	
14	P - A última equipe aí, ainda tem como acrescentar?	I	
15	A10 - É... com relação à importância... à importância dessa síntese é que... que Newton rompe totalmente com o geocentrismo... comprovando matematicamente que... o centro do universo é o heliocentrismo, tal, e também ele acaba... ele acaba com a idéia, com essa necessidade de que precisa haver uma força de contato pra que essa força que... centrípeta, no caso, que resulta nas órbitas dos satélites e dos planetas em torno do Sol é de mesma natureza da gravidade terrestre, então...	R	Fala das implicações da síntese newtoniana: apoio ao heliocentrismo, tendo como <b>garantia</b> a comprovação matemática; e ruptura com a idéia de força de contato.
16	A11 - Reforça a questão do... isso, essa síntese dele, indo mais além, reforça a idéia do seguinte: do heliocentrismo. Ele mata de uma vez a questão do geocentrismo, <u>porque no que ele se baseou no estudo de Kepler, tal, tudo isso só funciona para corpos girando, né, para planetas girando em torno do Sol</u> . Isso é uma coisa importante na minha interpretação.		Embasado no texto, a importância da síntese newtoniana como apoio ao heliocentrismo, tendo como <b>garantia</b> o fato do movimento dos planetas só obedecer às leis de Kepler se forem tomadas distâncias dos planetas

		em relação ao Sol.
17	P - É uma das implicações, né isso? Tá bom! Bom, é... eu não teria nada a acrescentar ao que vocês apresentaram aí, eu acho que está perfeito... quer dizer, na verdade nós temos mais de uma pergunta aqui. E a primeira pergunta: o que é a síntese newtoniana é o que um pouco essa equipe aí de vocês foi em cima com a unificação da física terrestre com a física celeste...e aí, a importância e a implicação dessa síntese é o que eu acho que vocês aí do lado de cá começaram a desenvolver mais, quer dizer, é um enorme apoio ao heliocentrismo, é uma nova visão de mundo e de ciência, de física, com essa idéia de... digamos assim, abrindo mão da idéia de força de contato. Então essas são as implicações.	A O professor avalia como “perfeita” a argumentação construída pelos grupos e faz um resumo da mesma.

Pode-se perceber que o primeiro grupo apresenta uma boa argumentação resumindo o que se entende por síntese newtoniana, sem apresentar incorreções. Usa o argumento da força centrípeta, que gera órbita elíptica dos planetas em torno do Sol (1ª lei de Kepler), ser de mesma natureza da força que atrai os corpos na superfície terrestre, como **garantia** para o estudo conjunto das físicas celeste e terrestre. Contudo, o argumento não pontua a importância nem as implicações dessa síntese, mostrando-se, portanto, incompleto. No discurso do aluno A4, representando seu grupo, também não aparece nenhuma indicação direta de relação entre o próprio argumento e o texto usado na atividade. A interação manifestada é do tipo I-R-A.

No grupo seguinte a resposta foi manifestada por três dos seus membros. O primeiro apenas corrobora o argumento da equipe anterior e os demais complementam a resposta com uma argumentação correta, apontando uma das implicações da síntese: a ruptura com o pensamento mecanicista de que as forças atuam por contato. O argumento do aluno de que as forças sobre os corpos celestes e terrestres são de mesma natureza é usado como **refutador** para a idéia de que os movimentos tenham natureza diferente, conforme aceitavam as visões tradicionais aristotélicas. Aparece aqui, nos trechos sublinhados do turno 05, menções diretas ao texto, manifestadas pelo experimento de queda da lua e pela concepção mecanicista, na construção do argumento do aluno A6. A interação é do tipo I-R-A.

Os dois grupos seguintes simplesmente corroboram o que já foi dito pelos grupos anteriores usando argumentações, embora sem incorreções, excessivamente genéricas e sumárias. Interações do tipo I-R-P-R e I-R.

O último grupo apresenta uma argumentação também competente e reforça o argumento do segundo grupo quanto ao papel da síntese newtoniana na ruptura com a idéia de força de contato e acrescenta, à argumentação geral coletiva, a importância da síntese newtoniana como apoio ao heliocentrismo. Usa o argumento da comprovação matemática como **garantia** para o apoio da síntese newtoniana ao heliocentrismo. No trecho sublinhado do turno 16 nota-se uma influência direta do texto na construção da argumentação do aluno A11, ao fazer menção ao papel do trabalho de Kepler na síntese newtoniana conforme consta no texto. O aluno aponta, na sua argumentação, o fato de que o movimento dos planetas somente obedece às leis de Kepler se forem tomadas as distâncias dos planetas em relação ao Sol, como **garantia** da síntese newtoniana para o apoio ao heliocentrismo. Interação do tipo I-R-A.

Assim, os alunos constroem a argumentação de que o fato da força centrípeta nos planetas ser de mesma natureza da força na superfície terrestre, ao tempo em que **refuta** a idéia de que os movimentos dos corpos celestes são diferentes, em natureza, do movimento dos corpos na Terra (idéia herdada do pensamento aristotélico), **garante** o estudo conjunto das físicas celeste e terrestre, o que constitui o que se chama de síntese newtoniana. Por sua vez, essa síntese tem duas implicações: (i) apoio ao modelo heliocêntrico, ao mesmo tempo em que rompe com o modelo geocêntrico, o que é **garantido** por comprovações matemáticas e pela evidência de que o movimento dos planetas em torno do Sol está em acordo nas leis de Kepler, o que não

ocorre com o movimento dos planetas em torno da Terra; (ii) ruptura com a idéia de que as forças somente atuam quando em contato com os corpos (idéia própria do mecanicismo vigente na época de Newton), conforme igualmente encontrado em FREIRE, MATOS e VALLE (2004).

Ao final, o professor faz uma síntese das contribuições dos grupos dando-se por satisfeito com o argumento coletivo. Percebe-se, assim, o papel das contribuições de cada grupo em que as informações vão se agregando na construção de um discurso coletivo competente. Percebe-se também que os argumentos mais consistentes estavam embasados no texto, o que reforça também o papel deste na construção do discurso (vide turnos 05 e 16). Chama-se atenção para o fato de que a interação em que ocorreu a cadeia mais prolongada foi com um dos grupos que deram menor contribuição na construção da argumentação geral (vide turnos 08 a 11).

**Episódio VII - Que conclusões você chega sobre o trabalho de Newton depois da leitura do artigo e da atividade em classe?**

Turnos	Falas	Tipos de Interação	Comentários
01	P - Ok! Nós temos ainda uma última pergunta um pouco mais aberta assim: que conclusões você chega sobre o trabalho de Newton depois da leitura do artigo e da atividade em classe? Vamos fazer uma coisa bem aleatória vamos começar aqui pelo meio.	I	
02	A19 - A gente concluiu que...ele não fez tudo só, mas ele apoiou-se em vários trabalhos de outros físicos que antecederam e contemporâneos também.	R	Visão de ciência construída a partir do trabalho coletivo e não de um único "gênio".
03	P - Vocês são a primeira equipe, têm a chance de falar pra caramba, heim! É isso? Então... vamos ver aqui uma que tenha falado menos... vocês aí! ((aponta para outro grupo))	P I	
04	A20 - Newton mudou o rumo da ciência, derrubando o conceito de geocentrismo e introduzindo o conceito de interação entre os corpos, sem contato mecânico e derrubando assim o éter de... cartesiano.	R	Acentua alguns feitos científicos de Newton, responsabilizando-o por mudar os rumos da ciência. Implícito aqui a idéia do cientista herói.
05	P - Tá bom! A equipe de cá! ((aponta para o terceiro grupo))	A I	
06	A10 - A gente concluiu que... Newton apresentou resultados irrefutáveis pra época, por ele ter demonstrado matematicamente e ter contextualizado as... os resultados que... que ele teve como resultados... <b>certos</b> , digamos assim, em seu estudo e acrescentar.	R	Visão positivista, resultados irrefutáveis por estarem "certos", garantidos, uma vez demonstrados matematicamente e a visão de ciência cumulativa.
07	A13 - Somado a isso... a cautela de ter... ter estudado tudo que a... já se havia construído de ciência, filtrado o que servia pra explicar tudo que ele havia... deduzido, e criado ferramentas que justificassem suas deduções. O cálculo como uma ferramenta principal para a comprovação matemática e científica.		
08	A11 - E criando assim uma nova visão de mundo. Por parte dele! ((risos))		
09	P - Vamos lá! ((aponta para o grupo seguinte))	I	
10	A6 - Eu acho que... é... <u>a gente andou conversando aqui... O grande aprendizado aqui, nesse debate, que nós observamos, é que a ciência tenta às vezes de uma forma é... de uma forma não tão precisa, às vezes você tem que... buscar várias possibilidades, nem sempre a ciência é feita de certezas e sim de possibilidades e</u>	R	Visão oposta às anteriores. Ciência tem natureza conjectural, sem certezas. O conhecimento requer

	às vezes você não tem que provar que aquilo é verdade, à medida que alguém simplesmente não consegue provar que você tá errado, então é importante conhecer o todo, pra que quando você vá defender seu trabalho você não acabe ferindo o trabalho de outras pessoas sem ter uma justificativa plausível pra aquilo, no caso de Newton era a matemática, né. Quando ele contrariava alguém ele se... recorria à matemática pra mostrar que ele estava correto e que se alguém dissesse a ele que não estava correto, que fornecesse a ele uma condição mais aceitável que a dele, acho que o... grande feito dele foi... ele soube se sustentar, mesmo sem as certezas, mas ele soube se sustentar da forma mais aceitável possível pra época e tanto quando você fala que até hoje... grande parte dos argumentos dele não são contrariados.		justificativas, mas não necessariamente provas. O aluno se refere explicitamente ao debate que ocorreu em sala, durante a atividade, para relatar as visões do grupo.
11	P - Bom! Então, faltam duas, né isso? A da esquerda depois a da direita.	A I	
12	A5 - Só pra acrescentar...a questão de... de introduzir... a questão de introduzir, como eu tinha falado nesse instante, a gravidade! Todo o trabalho que ele fez, e chegou no final, conseguindo introduzir... essa força, essa força que ele vem falando e introduzir justamente... é... essa questão; colocar o vácuo no espaço, né. E... o que até no momento ele não tinha chamado de... de... de gravidade né? E... no vácuo haver uma interação entre esses corpos sem nenhum contato, eu acho é que isso é que foi chocante naquela época, é conceber que um corpo tá aqui longe do outro, não existe ar, não existe nada, e que existe alguma interação entre eles; isso é que era difícil de enxergar, né. É... são coisas que a gente não pode mensurar, não pode, não, a gente não teria como mensurar, eu acho que isso é que foi chocante na época, né. É tentar enxergar essa coisa invisível, essa interação invisível, à longa distância, o que é o mais interessante.	R	A5 é do mesmo grupo que falou anteriormente. Chama à atenção para o feito de Newton de introduzir uma idéia não demonstrável empiricamente na sua época: a idéia de ação à distância sem meio material (no vácuo) para propagar a interação.
13	P - Tá bom! ((aponta para o próximo grupo)).	A I	
14	A2 - Ele criou, né... através dele, criou pilares pra reestruturação da física a... reelaboração da física. Através dele a física começou a... se desenvolver mais, né. Começou, derrubou muito, né, tanto que... pela biografia, não tinha tantos livros de física, né. Ele começou a... ele mesmo a elaborar uma nova física, certo. Foi ele que praticamente consolidou a, ou se esconder em matemática, né. Pegar a matemática pra explicar fisicamente, Kepler tinha dado uma introduçãozinha antes, mas foi Newton mesmo quem deu a introdução do cálculo diferencial e integral, essa noção de limite... Isso aí.	R	Aparece novamente a idéia de um Newton herói, responsável por modificar os rumos da física, apoiado na força da matemática.
15	P - Bom. ((aponta para o próximo grupo))	A I	
16	A4 - O que a gente pôs aqui foi... a maior consolidação do sistema heliocêntrico e o desenvolvimento matemático e coerente da mecânica. ((risos))	R	
17	P - Tá bom! Se eu tivesse que dizer uma coisa a partir da própria conclusão de vocês eu mostraria pra vocês exatamente o seguinte: como vocês mesmos perceberam, chegar à idéia de uma	A	O professor reconstituiu sumariamente as argumentações dos

<p>força gravitacional é... não foi simples. É uma idéia que... foi na época ousada, difícil de ser aceita. Como (...) ((cita o aluno A5)) frisou, apelava pro invisível... e como outros aí frisaram, que a gravitação ajudou, como você disse aí ((aponta para um dos alunos)), foi o ponto de chegada, ou seja, com a gravitação a gente vê, então, a mecânica fica de pé! Por isso que é chamada também de síntese newtoniana. Então, se a gravitação foi tão importante na construção da mecânica, veja que é uma coisa muito empobrecedora pro ensino de física, um ensino de física que... deixa a gravitação um pouco de lado... introduz rapidamente, ou seja, se a gravitação é essa coisa tão importante, em qualquer curso de física a discussão da força gravitacional deveria ter um grande espaço.</p>	<p>alunos, ressaltando a ousadia das idéias inovadoras de Newton, constituindo seu trabalho de síntese e estruturando assim a mecânica. Finaliza com a importância, portanto, desse tema para ser inserido no ensino.</p>
---	---

Conforme ABI-EL-MONA e ABD-EL-KHALICK (2006), MUNFORD e ZEMBAL-SAUL (2002), bem como JIMÉNEZ-ALEIXANDRE et al. (2000<sub>a,b</sub>), um dos benefícios da estratégia de ensino de ciências focada no desenvolvimento da argumentação é propiciar aos estudantes a oportunidade deles aprenderem não somente o conteúdo da ciência, mas também desenvolver a capacidade de análise sobre a ciência, compreendendo esta como parte da cultura. Esta perspectiva parece sustentar os resultados aqui encontrados, ao analisar os argumentos dos alunos no Episódio VII. Nota-se, aqui, o aparecimento, nos discursos dos alunos, de algumas visões sobre a natureza da ciência: por um lado, aparece uma visão tipicamente apoiada no positivismo, caracterizada pela crença na irrefutabilidade dos resultados por estarem “certos”, garantidos, uma vez demonstrados matematicamente. Aparece aí também uma visão cumulativa da ciência e a idéia do cientista “gênio” que, em função de esforço heróico, é capaz de mudar os rumos da ciência (por exemplo, turnos 06 a 08). Este tipo de visão sobre a ciência tem se mostrado muito comum entre estudantes de ciências, conforme relatado em vasta literatura sobre o assunto (AIKENHEAD, 1973; LEDERMAN & O’MALLEY, 1990; LEDERMAN, 1992; RYAN & AIKENHEAD, 1992; POMEROY, 1993; ROTH & ROYCHONDHURY, 1994; SOLOMON et al., 1994; ABRAMS & WANDERSEE, 1995; ROTH & LUCAS, 1997; HARRES, 1999; ABD-EL-KHALICK & LEDERMAN, 2000; MOSS et al., 2001); por outro lado, aparecem também visões mais próximas de concepções pós-positivistas (LAUDAN, 2003; MCEVOY, 2007 e ROSA, 2006), em que a ciência é vista como tendo natureza conjectural, sem certezas nem provas irrefutáveis e construída a partir do trabalho coletivo e não de um único “gênio”. Ao analisar a argumentação do aluno A6 (turno 10), quando se refere explicitamente ao debate que ocorreu em sala durante as atividades, para relatar as visões do grupo, pode-se perceber os benefícios (igualmente apontados por ABI-EL-MONA e ABD-EL-KHALICK, 2006; MUNFORD e ZEMBAL-SAUL, 2002; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE et al., 2000<sub>a,b</sub>), que as atividades desenvolvidas puderam propiciar, ao menos para uma parte da turma, em termos de uma aproximação da visão dos alunos à concepções pós-positivistas.

## CONCLUSÕES

A análise mostra que, através do instrumento de MORTIMER e SCOTT (2002), foi possível fazer uma caracterização geral do conjunto dos episódios quanto ao desenvolvimento das atividades realizadas, apontando que tais atividades permitiram “elicitam” os argumentos dos alunos para a construção de uma explicação teórica sobre a síntese newtoniana, através de uma abordagem comunicativa que oscilava entre I/D, I/A e NI/A, com interações triádicas e não triádicas de modo que a intervenção permitiu o compartilhamento coletivo dos constructos produzidos. Diferentemente do que se poderia esperar, os resultados mostraram que as cadeias mais longas de interação (I-R-P-R-P... ou I-R-F-R-F...), quando ocorreram, não estavam necessariamente associadas a argumentações mais competentes e elaboradas do que quando ocorreram cadeias mais curtas (I-R-A). Ao longo de todos os episódios ocorreram interações

triádicas e não triádicas relacionadas tanto com argumentações mais elaboradas e competentes quanto menos elaboradas e com incorreções, o que significa que nada se pode concluir, neste trabalho, sobre qualquer relação específica entre o tipo de interação produzida na sala de aula e a qualidade da argumentação em termos de níveis de elaboração e competência.

A análise mostra também que a estrutura da argumentação de Toulmin (VERHEIJ, 2005) se mostrou eficaz para analisar a qualidade da argumentação construída coletivamente em cada episódio, permitindo identificar os elementos da argumentação presentes no discurso dos alunos e, assim, avaliar em que medida estavam em acordo com o argumento partilhado pela comunidade científica e presente nos textos didáticos sobre a síntese newtoniana. Os resultados apontaram que em todos os episódios analisados, e não somente nos que foram aqui apresentados, houve um papel fundamental das contribuições de cada grupo na construção de uma argumentação coletiva competente na medida em que os grupos foram gradualmente complementando o argumento coletivo com agregação de novas **garantias, fundamentos, qualificadores e refutadores**, o que acentua a importância das atividades para a construção social do conhecimento. Os resultados mostraram também a importância do texto usado nas atividades para a qualidade da argumentação dos alunos, uma vez que os argumentos mais consistentes foram aqueles que estavam diretamente embasados nesse texto. Por fim, percebeu-se os benefícios das atividades em propiciar uma reflexão sobre a ciência, aproximando a visão de parte dos alunos à concepções pós-positivistas.

#### **REFERÊNCIAS**

- ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. Improving Science Teachers' Conceptions of Nature of Science: a Critical Review of the Literature. **International Journal of Science Education**, v.22, n.7, 665-701, 2000.
- ABI-EL-MONA, I.; ABD-EL-KHALICK, F. Argumentative Discourse in a High School Chemistry Classroom. **School Science and Mathematics**, v.106, n.8, 349-361, Dec. 2006.
- ABRAMS, E.; WANDERSEE, J. How to Infuse Actual Scientific Research Practices into Science Classroom Instruction. **International Journal of Science Education**, v.17, n.6, 683-694, 1995.
- AIKENHEAD, G. The Measurement of High School Students' Knowledge about Science and Scientists. **Science Education**, v.57, n.4, 539-549, 1973.
- AMARAL, E.; MORTIMER, E. Uma Metodologia para Análise da Dinâmica entre Zonas de um Perfil Conceitual no Discurso da Sala de Aula. In: SANTOS, F. e GRECA, I. (orgs.) **A Pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil e suas Metodologias**. Ijuí: Ed.Unijuí, 2006. (p. 239-296).
- CARVALHO, A. Uma Metodologia de Pesquisa para Estudar os Processos de Ensino e Aprendizagem em Salas de Aula. In: SANTOS, F. e GRECA, I. (orgs.) **A Pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil e suas Metodologias**. Ijuí: Ed.Unijuí, 2006. (p. 13-48).
- DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E.; SCOTT, P. Constructing Scientific Knowledge in the Classroom. **Educational Researcher**, v.23, n.7, 5-12, 1994.
- FREIRE, O.; MATOS, M.; VALLE, A. Uma Exposição Didática de Como Newton Apresentou a Força Gravitacional. **Física na Escola**, v.5, n.1, 2004.
- HARRES, J. Uma Revisão de Pesquisas nas Concepções de Professores sobre a Natureza da Ciência e suas Implicações para o Ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.4, n.3, dez. 1999.
- HOLTON, G.; RUTHERFORD, F.; WATSON, F. **The Project Physics Course**. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1970.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.; MUÑOZ, C; CUADRADO, V. **Expertise, Argumentation and Scientific Practice: a Case Study about Environmental Education in the 11<sup>th</sup> Grade**. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching (NARST), New Orleans, L.A., April, 2000a (ERIC Document Reproduction Service nº ED 439 960).

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.; RODRÍGUEZ, A.; DUSCHL, R. "Doing the Lesson" or "Doing Science": Argument in High School Genetics. **Science Education**, v.84, n.6, 757-792, 2000b.

LAUDAN, R. (in: HEILBRON, J. L. (ed)). **The Oxford Companion to the History of Modern Science**, New York: Oxford University Press, 2003. (p. 670-671).

LEDERMAN, N.; O'MALLEY, M. Student's Perceptions of Tentativeness in Science: Development, Use and Sources of Change. **Science Education**, v.74, n.2, 225-239, 1990.

LEDERMAN, N. Students' and Teachers' Conceptions of the Nature of Science: A Review of the Research. **Journal of Research in Science Teaching**, v.29, n.4, 331-359, 1992.

MATTHEWS, M. **Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science**. New York: Routledge, 1994.

MCEVOY, J. Modernism, Postmodernism and the Historiography of Science. **Historical Studies in the Physical and Biological Sciences**, v.37, n.2, 383-408, 2007.

MORTIMER, E.; SCOTT, P. Atividade Discursiva nas Salas de Aula de Ciências: Uma Ferramenta Sociocultural para Analisar e Planejar o Ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.7, n.3, 2002.

MOSS, D.; ABRAMS, E.; ROBB, J. Examining Student Conceptions of the Nature of Science. **International Journal of Science Education**, v.23, n.8, 771-790, 2001.

MUNFORD, D.; ZEMBAL-SAUL, C. **Learning Science Through Argumentation: Prospective Teachers' Experiences in an Innovative Science Course**. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching (NARST), New Orleans, L.A., April, 2002 (ERIC Document Reproduction Service nº ED 465 520).

NEWTON, I. **The Principia – Mathematical Principles of Natural Philosophy**. A new translation by I. Bernard Cohen & Anne Whitman, preceded by A Guide to Newton's Principia by I. Bernard Cohen. University of California Press, 1687/1999.

POMEROY, D. Implications of Teachers' Beliefs about the Nature of Science: Comparison of the Beliefs of Scientists, Secondary Science Teachers, and Elementary Teachers. **Science Education**, v.77, n.3, 261-278, 1993.

ROSA, L. **Tecnociências e Humanidades - Novos Paradigmas, Velhas Questões**. São Paulo: Paz e Terra, 2006.

ROTH, W.; LUCAS, K. From "Truth" to "Invented Reality": a Discourse Analysis of High School Physics Students' Talk about Scientific Knowledge. **Journal of Research in Science Teaching**, v.34, n.2, 145-179, 1997.

ROTH, W.; ROYCHONDHURY, A. Students' Epistemologies and Views about Knowing and Learning. **Journal of Research in Science Teaching**, v.31, n.1, 5-30, 1994.

RUTHERFORD, F.; AHLGREN, A. **Ciência para Todos**. Lisboa: Gradiva, 1995. [Edição americana original pela Oxford University Press, 1990].

RYAN, A.; AIKENHEAD, G. Students' Preconceptions about the Epistemology of Science. **Science Education**, v.76, n.6, 559-580, 1992.

SOLOMON, J., DUVEEN, J.; SCOTT, L. Pupils' Images of Scientific Epistemology. **International Journal of Science Education**, v.16, 361-373, 1994.

SONNEVILLE, M.; FAUQUE, D. **La gravitation**. Paris: Centre National de Documentation Pédagogique, 1997.

SUTTON, C. Los Profesores de Ciencias como Profesores de Lenguaje. **Enseñanza de las Ciencias**, v.21, n.1, 21-25, 2003.

VERHEIJ, B. Evaluating Arguments Based on Toulmin's Scheme. **Argumentation**, v.19, 347-371, 2005.

VIGOTSKI, L. **A Construção do Pensamento e da Linguagem**. Tr. Paulo Bezerra. São Paulo: Martins Fontes, 1934/2001.