

MÚLTIPLAS LINGUAGENS E A MATEMÁTICA NO PROCESSO DE ARGUMENTAÇÃO EM UMA AULA DE FÍSICA: ANÁLISE DOS DADOS DE UM LABORATÓRIO ABERTO¹
(Multiple languages and mathematics in the process of argumentation in a physics class:
Analysis of data from an Inquiry Laboratory)

Alex Bellucco do Carmo [alexc@joinville.udesc.br]

Faculdade de Educação - USP

Av. da Universidade, 308 CEP 05508-040 São Paulo-SP

Universidade do Estado de Santa Catarina - Centro de Ciências Tecnológicas (CCT)

Rua Paulo Malschitzki, s/numero Campus Universitário Prof. Avelino Marcante

Bairro Zona Industrial Norte - Joinville-SC - Brasil

Anna Maria Pessoa de Carvalho [ampdcarv@usp.br]

Faculdade de Educação - USP

Av. da Universidade, 308 CEP 05508-040 São Paulo-SP

Resumo

Analisamos, dentro do referencial de Stephen Toulmin (2006), o processo de argumentação iniciado por um professor, para construir a linguagem matemática como uma forma de interpretar os dados de um laboratório aberto sobre o aquecimento da água. A atividade inseriu-se em uma sequência de ensino investigativo que foi aplicada em uma turma do primeiro ano do Ensino Médio, de uma escola pública do Estado de São Paulo. O uso cooperativo de diversas linguagens foi importante para reforçar os diferentes elementos do argumento, enquanto as linguagens matemáticas, como a gráfica e a algébrica, tiveram o papel fundamental de garantias e refutadores das conclusões, conferindo força a estas últimas.

Palavras-chave: argumentação; laboratório aberto; matemática.

Abstract

We analyzed within the framework of Stephen Toulmin (2006), the process of argument started by a teacher, to build the mathematical language as a way of interpreting data from an inquiry lab about heating water. The activity was part of an inquiry teaching class that was applied in the first year of high school, at a public school in the State of São Paulo. The cooperative use of several languages was important to strengthen the various elements of the argument, while the mathematical languages such as graphical and algebraic had the role of guarantees and refuted the conclusions, giving strength to the latter.

Keywords: argumentation; inquiry laboratory, mathematics.

Introdução

Na última década, a linha de pesquisa sobre argumentação ganhou destaque na área de ensino de ciências; sendo publicados diversos artigos importantes nas revistas nacionais e internacionais, tais como: Driver et. al. (2000), Erduran (2007), Erduran et. al. (2004), Jiménez-Aleixandre et. al. (2000, 2003), Nascimento e Vieira (2009), Sasseron e Carvalho (2011).

Em grande parte destas publicações o modelo de Stephen Toulmin (2006) – que será detalhado adiante – é utilizado/adaptado com o objetivo de estudar a construção dos argumentos em situações de ensino.

Erduran (2007), em uma revisão sobre a argumentação no ensino de ciências, apresenta algumas das dificuldades do uso deste modelo. Por exemplo, como identificar seus elementos, a

¹

Apoio: FAPESP

existência de ambiguidades entre eles, o que selecionar como argumento entre outras.

Um dos desafios apresentados pela autora, no final deste trabalho, é o estudo de como os diferentes modos semióticos (ou linguagens) se integram para formar um argumento. Julgamos esta questão fundamental já que a comunicação na sala de aula se dá a partir do uso da linguagem oral, da escrita, das representações visuais e da matemática (Carmo & Carvalho, 2009a, Capecchi & Carvalho, 2006, Lemke, 1998a, Márquez et. al., 2003, Piccinini & Martins, 2004).

Além disso, temos grande interesse no papel da matemática neste contexto, uma vez que trabalhamos com aulas de Física no ensino Médio, ou seja, situações onde há predominância do uso desta linguagem. Sendo que, na maioria dos trabalhos citados acima, pouco é mencionado sobre este tema, já que abordam temas sócio científicos. Logo, propomos as seguintes questões:

Como as diferentes linguagens se integram para construir um argumento científico? Qual o papel da linguagem matemática neste contexto?

Para estudar estas problemáticas na sala de aula, necessitamos antes revisar o papel dos conhecimentos sobre linguagens e argumentação em uma situação de ensino e aprendizagem, buscando elementos para sua análise.

Optamos pelo estudo de uma parte uma sequência de ensino por investigação que propicia o uso das diferentes linguagens, além situações argumentativas (Capecchi, 2004a, 2004b, Carmo & Carvalho, 2009a, 2009b) e que será detalhada adiante.

Linguagens

O processo de comunicação científica não é feito apenas pela linguagem oral e escrita, são necessárias outras formas de comunicação, tal como gráficos, equações, tabelas, etc (Lemke, 1998a), para a construção dos conhecimentos.

Isto destaca a importância do reconhecimento destas linguagens e seu papel para o entendimento do processo de construção dos conhecimentos científicos, tanto nos laboratórios quanto na sala de aula (onde se concentra nossa pesquisa).

Para Lemke (op. cit.) linguagens, ou sistemas de recursos da linguística semiótica, ou ainda modos semióticos, são:

... abstrações analíticas que são personificadas em práticas sociais: através do discurso material, da escrita e as atividades que provêm contextos dos quais dependem seus significados culturais (p.1).

Logo, linguagens são estruturas abstratas de comunicação fundamentadas no mundo real das interações entre os indivíduos (por exemplo, a fala, gestos, escrita e objetos usados para representar algo), que podem também servir de referência para o ato comunicativo (por exemplo, a construção de um gráfico que serve como base para alguma discussão sobre um fenômeno físico).

Vale ressaltar que as diferentes linguagens ocorrem simultaneamente, cada qual construindo um tipo de significado, e a combinação destes permite o desenvolvimento de novos significados que não seriam possíveis com apenas uma delas (Lemke, 1998b).

Márquez et. al. (2003) mostra duas formas pelas quais as linguagens interagem entre si durante o processo de comunicação, ou seja:

- Cooperação, quando elas reforçam um mesmo significado. Por exemplo, quando a

fala e a escrita representam um aumento linear.

- Especialização, quando uma linguagem acrescenta um novo significado a outra. Por exemplo, quando a fala “aumento” é ressignificada pelo ajuste de uma reta (e posteriormente de uma função) que mostre o tipo de aumento ocorrido (linear, exponencial, senoidal etc) no estudo do aquecimento da água, ou da mudança de pressão em um recipiente fechado no mesmo processo.

Portanto, em uma situação de ensino é fundamental considerar o uso das diferentes linguagens para a construção dos conhecimentos científicos, já que apenas uma linguagem, como a oral, não é suficiente para o desenvolvimento dos significados necessários para o entendimento dos fenômenos físicos.

Argumentação

Diversos trabalhos enfocam as interações discursivas na sala de aula destacando sua importância na construção da argumentação (Capecchi, 2004b; Jiménez-Aleixandre, 2005, Jiménez & Bustamate, 2003, Jiménez-Aleixandre et. al., 2000, Nascimento & Vieira, 2009; Sasseron & Carvalho, 2011).

Nascimento & Vieira (op. cit.) definem o discurso como o local no qual interlocutores se reconhecem e compartilham ideias entre si. É justamente neste espaço, que se desenvolve o processo de argumentação, em que surgirão ideias convergentes e divergentes sobre um argumento, constituindo assim um conflito, em que sua superação é essencial para construção do conhecimento científico (Capecchi, 2004b). Nesta situação, ressaltam os autores, é possível vivenciar práticas e discursos da ciência, construir argumentos, desenvolver novas formas de pensar e interagir, além de, produzir conhecimento sobre o mundo.

As interações discursivas, também são um ótimo meio para que o professor possa construir uma ponte entre a cultura dos alunos e a científica, dando enfoque a argumentos baseados em justificativas e evidências, típicos da ciência (Capecchi, op. cit.; Jiménez-Aleixandre, 2005; Sasseron & Carvalho, op. cit.).

Jiménez e Bustamate (2003) mostram que o discurso na sala de aula, que é introduzido pelo professor, é definido como um sistema de comunicação, no qual a linguagem – principalmente a oral – desempenha um papel fundamental para os processos de ensino e aprendizagem e seu entendimento. A comunicação deve possibilitar a construção de significados compartilhados em nível cognitivo e social, o que nem sempre ocorre, pois a linguagem científica pode ter diferentes significados para diferentes pessoas, o que destaca o seu papel interpretativo. A análise do discurso é importante para o estudo deste tipo de questão, na medida em que foca no processo de aprendizagem, e ainda, complementa os estudos sobre concepções prévias que observam o produto do ensino. A partir desta análise permitiu-se repensar os processos de ensino e aprendizagem em termos não só de conceitos e modelos, mas também incluindo atitudes e destrezas, o que envolve pensar na aprendizagem como participar de uma comunidade, e conseqüentemente, da cultura científica. Para tal fim, a resolução de problemas autênticos, relacionados a vida dos estudantes, tem se mostrado importante.

Neste cenário, dentro do processo de comunicação em sala de aula, é fundamental o raciocínio e a argumentação, que é entendida como “... a capacidade de relacionar dados e conclusões, de avaliar enunciados teóricos a luz de dados empíricos ou procedentes de outras fontes” (p. 361 – tradução nossa). Logo, o ensino de ciências deve promover a capacidade de desenvolver e justificar enunciados e ações com o objetivo de compreender a natureza, ou melhor, deve fazer o aluno raciocinar e argumentar. Isso é visto como uma forma de ter acesso a forma

como o aluno pensa. É importante destacar que, segundo as autoras, a argumentação na sala de aula não segue um padrão idêntico ao da lógica formal, pois ele foi pensado para um conhecimento estabelecido que é diferente para uma situação em que se produz um conhecimento novo.

Jiménez-Aleixandre et. al. (2000) demonstram que a argumentação na sala de aula extrapola a aprendizagem de conteúdos, propiciando raciocínio sobre problemas e questões, justificativas das afirmações científicas e um entendimento da natureza. Por isso, uma aprendizagem que envolve processos argumentativos leva ao conhecimento de como se faz ciência, o que é fundamental para a compreensão do seu papel na sociedade.

Sasseron & Carvalho (2011) estudam, a partir de uma sequência didática, como são produzidas as argumentações orais em uma sala de aula de ciências do ensino fundamental, e quais os elementos que estão agregados tanto aos argumentos quanto a sua construção. Tal análise tem por objetivo conhecer os processos que desencadeiam na sala de aula a abordagem de um tema científico, e ainda, quais relações são elaboradas para o entendimento do mesmo.

As autoras fazem uma revisão sobre a importância do processo de construção do discurso (não só o oral, mas também, escrito, visual, gráfico etc) para a compreensão dos processos aprendizagem de ciência, destacando nessa situação a essencialidade da argumentação, que é entendida como:

“...todo e qualquer discurso em que aluno e professor apresentam suas opiniões em aula, descrevendo ideias, apresentando hipóteses e evidências, justificando suas ações ou conclusões a que tenham chegado, explicando os resultados alcançados.” (Sasseron e Cavalho, op. cit. p.4)

Sendo que é preciso considerar a estrutura do argumento – que tem como referência o padrão desenvolvido por Toulmin (2006) – e sua qualidade – que não é o foco do desse artigo. Esse padrão apresentado é importante para análise de um argumento construído e sua validade.

Na sala de aula, as autoras destacam a importância das propostas investigativas que envolvem resolução de problemas como forma de promoção da argumentação e da aprendizagem que envolva uma visão coerente do trabalho científico.

Todos esses autores destacam o papel do modelo de Toulmin para avaliar a qualidade do argumento em sala de aula. Esse padrão de argumento é amplamente usado nas pesquisas em educação e, segundo Nascimento & Vieira, (2009), é um ótimo instrumento para avaliar o discurso científico na sala de aula, possibilitando distinguir entre situações explicativas e argumentativas, já que ele é prático na visualização de momentos de contraposição de ideias e justificação recíprocas das mesmas. A seguir apresentamos este modelo.

Referencial teórico: o padrão de argumento de Stephen Toulmin

Em seu livro, no capítulo intitulado "O Layout dos argumentos", Toulmin (2006) apresenta a estrutura "fina" do argumento. Especificamente mostra como micro argumentos devem ser estruturados para dar validade a uma estrutura maior de um argumento (ou macro argumento), ou seja, seu objetivo é descobrir qual é o layout de um argumento logicamente imparcial.

Para isso, deve-se descobrir quais os tipos de questões que estabelecem conclusões e como considerá-las em uma avaliação racional dos argumentos. Além disso, questiona-se a tradição argumentativa iniciada com Aristóteles que apresenta a seguinte microestrutura do argumento: “premissa menor, premissa maior; portanto, conclusão” (p.137).

Estas considerações levam-nos a pensar: quais os tipos de questões que podem estabelecer

conclusões na Ciência? Como seria a estrutura do argumento científico? Seria tão simples como o exemplo acima?

Toulmin (op. cit.) apresenta pistas para resolvermos esta problemática, ou melhor, ele busca uma estrutura de análise que possa abarcar esses questionamentos, não só no âmbito da ciência, mas em qualquer situação que haja a produção de argumentos racionais.

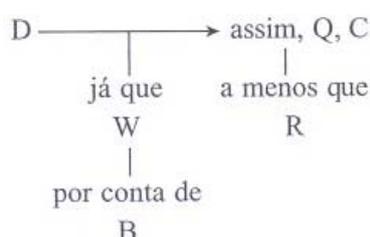
Dessa forma, ele apresenta os elementos dessa estrutura, com os mais diversos exemplos; a saber:

- Conclusão ou alegação (C) – ideia a ser estabelecida;
- Dados ou fatos (D) – que são a base para suporte da alegação.
- Garantias (W) – que, no processo de justificação, garantem a relação entre dados e conclusões, e podem ser “regras, princípios, licenças de inferência...” (p.141). Por exemplo: “dados do tipo D nos dão o direito de tirar as conclusões C...” (p.141), ou ainda, a força do motor (D), uma força está relacionada a aceleração (W), provocou o movimento do carro em relação a rua (C). Isto mostra que as garantias, além de serem gerais, estão implícitas enquanto os dados são explícitos.

Além destes conceitos, o autor apresenta outros que tem por objetivo explicitar o grau de força que os dados (D) conferem a alegação (C) sob a referência da garantia (W), o que pode estar relacionado, por exemplo, aos limites de validade desta última:

- Qualificadores modais (Q) – que indica a força atribuída à garantia. Por isso, ele deve ficar ao lado da conclusão que ele qualifica, tal como a *proporcionalidade* entre força e aceleração.
- Apoio (B) – o qual confere a autoridade da garantia e depende do campo de conhecimento em questão, assim, ele deve aparecer logo abaixo da garantia. No exemplo do carro seria a mecânica newtoniana.
- Refutação (R) - mostra as situações nas quais a autoridade da garantia não tem validade, portanto, ela deve permanecer abaixo do qualificador que é invalidado ou refutado. No exemplo anterior: seria esta lei válida para altas velocidades?

De uma forma esquemática temos:



Layout do argumento (Toulmin 2006, p. 150)

Este layout para o argumento, segundo o autor, garante que não haja ambiguidade entre o que é um apoio ou uma garantia, por exemplo, na medida em que explicita tanto a força de uma garantia quanto o conteúdo de seu apoio.

Para nossos propósitos no ensino de ciências, é interessante que, ao discutir a validade formal do argumento, Toulmin (op. cit.) mostra o papel das garantias no processo de inferência na Física, ou seja, uma informação geral deve ser interpretada como:

"...garantia em aberto ou princípio de cálculo; a estabelecemos por testes em situações-amostra nas quais se possam conhecer, independentemente, os dados e as conclusões; que depois serão generalizados por indução e, por fim, serão aplicados como regra de dedução em situações novas para obter novas conclusões de nossos dados" (p.175).

E, de uma forma geral, um argumento é válido quando uma garantia é explicitamente formulada, autorizando o tipo de inferência em questão. Sendo ele construído em um o processo de negociação de ideias e hipóteses, em um longo período de conceitualização no interior das comunidades científicas, o que distancia os padrão de Toulmin das concepções empírico-indutivistas, , tais como as destacadas por Gil-Perez (2001), que enfatizam o caráter “neutro” da observação e da experimentação, esquecendo o papel fundamental e orientador da investigação que as hipóteses possuem, além das teorias como orientadoras do processo. Um argumento pode ser também:

- analítico – quando estabelece uma garantia, verificando a veracidade da conclusão a ser inferida, no qual o apoio contenha informações sobre a conclusão.
- substancial – quando o apoio não contenha informações sobre a conclusão.
- conclusivo – estabelece conclusões necessárias, que usam garantias.
- tentativo – estabelece conclusões prováveis, que geram garantia.

Sendo que os “...argumentos analíticos podem ser conclusivos e tentativos, e os conclusivos, analíticos ou substanciais” (Toulmin, 2006, p.201).

É preciso ter em mente que o argumento na sala de aula está em processo de construção, logo, seus elementos não necessariamente coincidem exatamente com os propostos por Toulmin para um argumento pronto, em sua versão final.

As aulas e a análise

Analisamos qualitativamente uma sequência de aulas envolvendo um laboratório aberto, no qual o professor apresenta um problema aberto, seguido do processo de levantamento das concepções dos alunos que são tomadas como hipóteses, através de questões elicitativas (que estimulam a participação). A partir de ampla discussão sobre a validade destas ideias, é traçado um plano experimental para coleta de dados, tomando as hipóteses como condições de experimentação.

A análise dos dados destas aulas pode levar ao desenvolvimento de várias características da ciência, como a argumentação, uso de aproximações, elaboração de gráficos e tabelas para interpretar o fenômeno etc (Carvalho et. al. 1999, Capecchi & Carvalho, 2006 e Carmo & Carvalho, 2009a, 2009b).

Além disso, em sala de aula, a passagem dos dados da tabela para o gráfico, e posteriormente, para uma função que descreva o fenômeno não é simples e envolve a cooperação e especialização de várias linguagens, para a construção dos significados científicos que envolvam a relação entre variáveis e/ou entidades, e para que os estudantes possam “visualizar” o fenômeno na representação matemática (Carmo, 2006, e Carmo & Carvalho, 2009a e 2009b)².

² Este processo se aproxima das construções científicas em que os cientistas, ao se referirem sobre um gráfico ou equação, falam diretamente sobre o fenômeno de estudo (Roth, 2003). E ainda, eles utilizam diversos modos semióticos para estruturar as relações entre as entidades de estudo e multiplicar seus significados (Lemke, 1998a),

A atividade, localizada dentro de uma sequência de ensino sobre Calor e Temperatura, foi aplicada em uma turma do primeiro ano do Ensino Médio com cerca de quarenta alunos, em uma escola pública do Estado de São Paulo em 2000, durante o período de quatro aulas duplas que foram registradas em vídeo. O objetivo era responder a questão: “como a água aquece?”. Seguem as principais hipóteses formuladas pelos estudantes a partir do diálogo com a professor sobre a questão de pesquisa:

- estabilidade da temperatura – chega um momento (em torno de 100°C) em que temperatura não aumenta mais.
- não linearidade do aquecimento – a temperatura aumenta mais rápido no começo e é mais lento próximo da fervura.
- tipo de recipiente – o material do recipiente interfere na taxa de aumento.
- com ou sem tampa – com tampa a taxa de aumento é maior.
- mais água ou menos água – a taxa de aumento é menor com mais água.
- mais ou menos energia – com mais energia a taxa de aumento é maior.

Neste ponto, cada hipótese transformou-se em uma condição de experimentação padronizada que deveria ser desenvolvida *por apenas um dos oito grupos de cinco alunos*³, resultando em uma tabela contendo temperatura em função do tempo para cada concepção apresentada. Da comparação das tabelas, verificou-se apenas a estabilidade da temperatura, logo, houve a necessidade de construção do gráfico e posteriormente da função de aquecimento para cada forma de realizar a experiência, com o objetivo de confirmar ou refutar cada concepção. A tabela a seguir traz um panorama da sequência de ensino:

Tabela 1: atividade de laboratório aberto

Aulas	Descrição
1 e 2	Formulação do problema, levantamento de hipóteses e definição do plano experimental
3 e 4	Realização das medidas, construção e comparação das tabelas
5 e 6	Construção dos gráficos com os dados da tabela
7 e 8	Extração da função de aquecimento a partir do gráfico

Nas duas últimas aulas da sequência, analisadas a seguir, encontra-se o estudo minucioso das funções dos diferentes grupos, no qual o teste de hipóteses foi concluído, produzindo um argumento para cada uma delas. Dessa forma, procuramos identificar o padrão de Toulmin na análise de cada hipótese, verificando como as diferentes linguagens se relacionam, e posteriormente, qual o papel da matemática neste contexto. A escolha deste recorte se deve à intensa presença das linguagens matemáticas nas aulas 7 e 8 para construção da explicação, o que condiz com o foco deste trabalho.

através dos processos de cooperação e especialização destas representações (Marquez et. al., 2003).

³ Seria muito cansativo se todos os grupos testassem todas hipóteses, levando um tempo não disponível nas aulas. Assim, como ocorre nos laboratórios, cada “grupo de pesquisa” trabalha com um aspecto do fenômeno e os dados obtidos são partilhados coletivamente para análise geral e resolução do problema ou construção da explicação científica.

Desenvolvimento da análise

Para observar o processo de argumentação, através do uso das diferentes linguagens na construção de cada argumento, usamos o software Videograph, que permite visualizar o vídeo, transcrever as falas, e ainda, criar categorias e subcategorias para análise, as quais relacionamos respectivamente a cada elemento do padrão de Toulmin e as principais linguagens encontradas nas aulas, conforme a figura abaixo:

Dado	6	Função
	5	Gráfico
	4	Desenho
	3	Gesto
	2	Escrita
	1	Oral
Garantia	6	Função
	5	Gráfico
	4	Desenho/Tabela
	3	Gesto
	2	Escrita
	1	Oral
Apoio	6	Função
	5	Gráfico
	4	Desenho
	3	Gesto
	2	Escrita
	1	Oral
Qualific	6	Função
	5	Gráfico
	4	Desenho
	3	Gesto
	2	Escrita
	1	Oral
Refutar	6	Função
	5	Gráfico
	4	Desenho
	3	Gesto
	2	Escrita
	1	Oral
Conclus	6	Função
	5	Gráfico
	4	Desenho
	3	Gesto
	2	Escrita
	1	Oral

Figura 1: categorias de análise

Este software constrói também um gráfico temporal⁴, no qual pode-se acompanhar cada categoria no exato momento em que ela aparece. As linhas do gráfico são preenchidas quando ocorre uma das categorias na posição (conforme numeração da figura acima) da linguagem que está em uso. A categoria é repetida no gráfico quando ocorre mais de uma linguagem ao mesmo tempo.

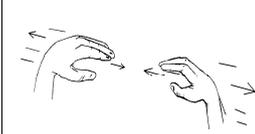
Dessa forma, para a análise dos argumentos produzidos apresentamos cada um desses gráficos, acompanhados da transcrição do tempo, da linguagem oral e da visual (usamos negrito, sublinhado e itálico onde houve simultaneidade do uso de linguagens), procurando responder nossas questões iniciais.

⁴ Na parte superior deste gráfico encontra-se a escala de tempo, na qual *cada divisão equivale a dois segundos*. Usa-se o parão “*min:s*” para o tempo.

Análise dos dados: teste de hipóteses

O teste de hipóteses a seguir, na quarta aula dupla da sequência, é iniciado após uma explanação sobre como extrair uma função a partir de um gráfico, onde cada estudante construiu a equação do seu respectivo grupo e escreveu-a na lousa para discussão. Seis argumentos foram produzidos e são apresentados a seguir na ordem em que apareceram.

Tabela 2: estabilidade da temperatura

ARGUMENTO 1: ESTABILIDADE DA TEMPERATURA		
Tempo (min:s)	Linguagem oral	Visual/Escrita
39:01 - 39:21	P: vamos tentar ver os dados ... chega ((turma ainda está agitada)) as nossas hipóteses ... vamos pegar as nossas hipóteses ... a primeira que a gente tinha feito era sobre o problema <u>da estabilidade da temperatura...</u>	<u>Representa reta horizontal com as mãos</u>
39:21 - 39:41	P: e essa conclusão a gente tirou quando comparou as tabelas ... viu que a temperatura chega numa hora que se mantém --durante a fervura ... segunda coisa que a gente tinha pensado ... A2: O quê? P: qual a hipótese que a gente tinha feito lá no começo do trabalho? (Tabela é a garantia nos desenhos)	Gesticula 
39:41 - 40:01	A2: que ela chegava numa temperatura e estabilizava P(a): que ela chegava numa temperatura e estabilizava ... a gente entendeu isso quando comparou as tabelas na lousa ... qual era a outra? olha no caderno ... ((P pega vassoura e varre cacos do béquer quebrado)) ((P aguarda respostas, enquanto varre / alunos agitados ~30'')) (Tabela como garantia)	

O professor apresenta o *dado* oralmente apoiado por um gesto cooperativo, ou seja, a temperatura se mantém a partir de um certo ponto (39:01 - 39:21). Uma *garantia* é inserida através da cooperação entre a linguagem oral e a visual – tabela – (que não estava explícita na lousa) de 39:21 a 39:26. Isto levou a *conclusão* apresentada oralmente de que a temperatura se mantém durante a fervura (39:26 - 39:41). O padrão de argumento se repete a seguir de forma similar, com o *dado* fornecido pela aluna A2.

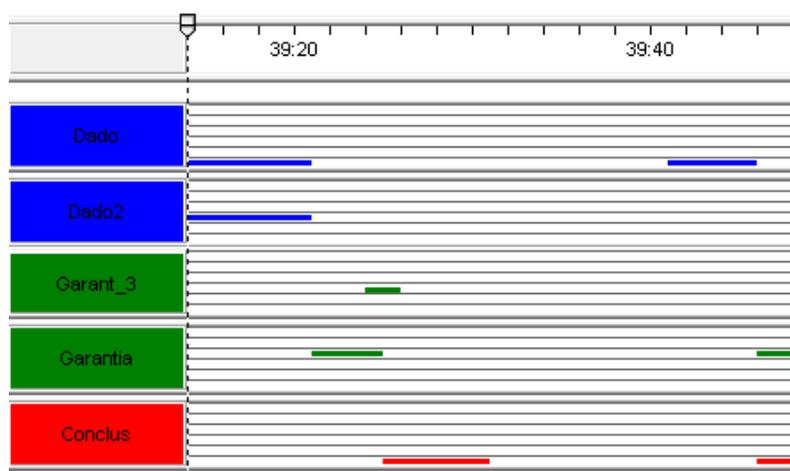


Figura 2: Argumento 1 – Estabilidade da temperatura

Tabela 3: Não linearidade do aquecimento

ARGUMENTO 2: TESTE DE HIPÓTESES - NÃO LINEARIDADE DO AQUECIMENTO		
Tempo (min:s)	Linguagem oral	Visual/Escrita
40:01 - 40:21	P(b): qual era a outra hipótese? Vamos lá ((continua varrendo enquanto aguarda participação dos alunos / há muita agitação na classe 20"))	
40:41 - 41:01	P: ((Termina de varrer)) dá pra parar a conversa e a gente fechar o trabalho?! ((pausa 7")) Vamos parar com isso? ((pausa 5"))...primeira hipótese que a gente tinha... vamos lá...	
41:01 - 41:21	P ...quem tem o caderno aí? volta ... quem tava na aula que a gente viu isso? Alunos: aumenta no começo... P: a temperatura aumenta MAIS no começo e depois vai mais devagar ... a única coisa que a gente poderia ver nisso é Quando chega perto da fervura ... né? quando já tá...	
41:21 - 41:41	P: ...parte da água fervendo e parte não ... realmente ela faz uma curvinha ... <u>mas no resto não</u> ... né? até os oitenta ... oitenta e cinco graus não ... a gente poderia escrever isso ... <i>até oitenta e cinco graus a temperatura</i>	Gesticula  <u>Simula uma reta ascendente</u>
41:41 - 42:01	P: ... <i>a temperatura aumenta de um jeito só</i> ...	<i>Escreve na lousa:</i> “- até 85°C a temperatura aumenta de um jeito só”
42:01 - 42:21	P: ... REPAREM no que a gente está fazendo ... depois de fazer todo este estudo ... nós estamos <u>checando as NOSSAS hipóteses</u> ... do começo do trabalho ... tá aqui ... a temperatura aumenta ... a gente dizia que aumentava...	<u>Aponta para as conclusões na lousa</u>
42:21 - 42:41	P: mais rápido e depois aumentava mais devagar ... <u>só fica mais devagar quando chega perto</u> da fervura ... o que mais? Qual era a outra hipótese? ((pausa 10"))	<u>Aponta para as conclusões na lousa</u>

De 41:06 a 41:13 os alunos apresentam outro *dado* (aumenta no começo) oralmente a partir provavelmente da escrita no caderno (conforme requisição do docente).

A seguir o professor apresenta o gráfico como *garantia*, (de 41:13 a 41:49 - até os oitenta ... oitenta e cinco graus não ... a gente poderia escrever isso... *até oitenta e cinco graus a temperatura ...a temperatura aumenta de um jeito só...*), e ao mesmo tempo, como *refutador* ("quando já tá... parte da água fervendo e parte não ... **realmente ela faz uma curvinha** ... mas no resto não ... né?"), que é amparado cooperativamente pelo gesto que não invalida a *conclusão*, pois há somente uma pequena região em que a linearidade não se enquadra (de 41:13 a 41:26).

Isto permite a *conclusão* de que a maior parte do intervalo de aquecimento da água é linear, que é introduzida através da cooperação da linguagem oral (de 41:26 a 41:49) e escrita (de 41:26 a 42:01).

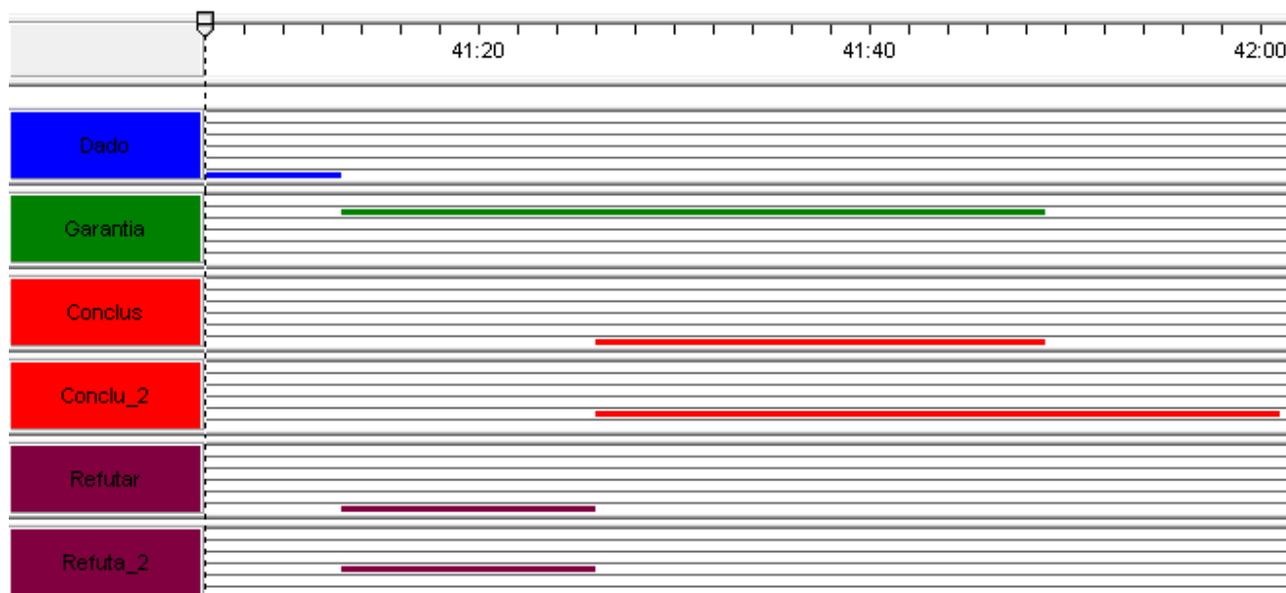


Figura 3: Argumento 2 - Não linearidade do aquecimento

Tabela 4: recipientes diferentes

ARGUMENTO 3: TESTE DE HIPÓTESES – RECIPIENTES DIFERENTES		
Tempo (min:s)	Linguagem oral	Visual/Escrita
42:21 - 42:41	A2: com recipientes diferentes... P: com recipientes diferentes...	
42:41 - 43:01	A: fechado ou aberto P: então veja... com recipientes diferentes a gente tem aqui ó ... aqui foi feito com vidro ... aqui foi feito com alumínio ... quê que a gente percebe de um pro outro? A2: no alumínio a temperatura... P: aumenta... A2: aumenta... é maior ...	
43:01 - 43:21	P: mais rápido... <i>a inclinação vai ser maior com o alumínio ... a inclinação é maior... ou seja ... a temperatura...</i>	<i>Escreve na lousa: “- a inclinação é maior com alumínio, ou seja, a temperatura aumenta mais rápido:</i>
43:21 - 43:41	P: <i>aumenta mais rápido ... a gente pode até comparar quantas vezes mais rápido ... né? aqui tá em torno de nove ... aqui tá em torno de doze ... então um terço a mais de rapidez para o</i>	<i>Escreve na lousa: -vidro: $\theta = 9t + 18$ -alumínio: $\theta = 12t + 18$” <u>Indica valores na lousa</u></i>
43:41 - 44:01	P: material ... né ... no vidro foi nove t mais dezoito ... no alumínio deu doze t mais dezoito ... outra hipótese?	

Dois *dados* são apresentados oralmente por alunos distintos, o primeiro refere-se a recipientes diferentes, que é enfatizado neste momento pelo professor, e o segundo, relativo a recipientes abertos ou fechados, desenvolvido a seguir.

Primeiro, as linguagens algébrica (coeficiente das equações), oral e gestual (aponta valores dos coeficientes) cooperam para formar a *garantia*, ou seja, levam a *conclusão* de que o aquecimento mais rápido ocorre com o alumínio (42:54 a 43:02). Segundo, a partir da leitura das

equações, a *garantia* é reforçada pela cooperação entre a linguagem oral e a escrita, em que o professor escreve na lousa de 43:02 a 43:16, permitindo a sistematização escrita da *conclusão* apresentada anteriormente.

Finalizando, o docente apresenta outra *garantia* comparando os coeficientes das equações (43:27 a 43:37), e para que isto ocorra, foi necessária a cooperação entre as linguagens oral, algébrica e gestual. Isto permitiu *concluir* (através da cooperação entre a linguagem oral e a algébrica) que o aquecimento com o alumínio é cerca de um terço mais rápido.

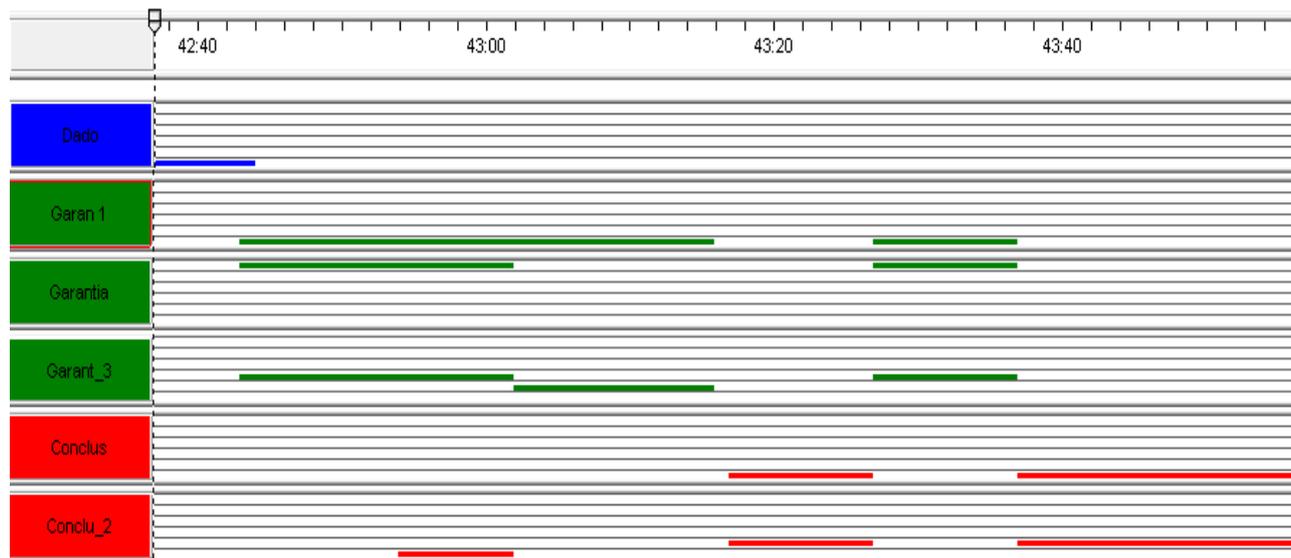


Figura 4: Argumento 3 – Recipientes diferentes

Tabela 5: com ou sem tampa

ARGUMENTO 4: TESTE DE HIPÓTESES – COM OU SEM TAMPA		
Tempo (min:s)	Linguagem oral	Visual/Escrita
44:01 - 44:21	P: ...tinha um monte né? ((começa a apagar outra parte da lousa ~7'')) o que mais? A2: que tampado ele ia aquecer mais rápido do que sem tampa P: que tampado aquece mais rápido do que sem tampa ((A2: isso))...vamos verificar...	
44:21 - 44:41	P: tampado... com tampa ... ó ((pausa de 6'')) ... essa nossa hipótese ... a gente ACHOU que tampado ele aquece mais	<u>Indica valores na lousa</u>
44:41 - 45:01	P: <u>rápido do que sem a tampa</u> ... ficou ... ao contrário ... tá ao contrário da nossa hipótese ... então nós temos -- pelo o que a gente viu – com tampa levou mais tempo para aquecer ... se a gente tivesse realmente num trabalho de pesquisa pioneiro etc ...	<u>Indica valores na lousa</u>
45:01 - 45:21	P: ... a gente ia fazer o quê? Voltar para o laboratório ... fazer de novo dos dois jeitos ... pra CONFIRMAR esses resultados porque está contrariando as nossas hipóteses ... né? com tampa levou mais tempo	

45:21 - 45:41	<p>P: do que sem tampa para aquecer ... A14: Professor. P: ... o que contraria nossa ... oi? ((continua escrevendo))</p>	<p>Escreve na lousa: “- com tampa levou mais tempo que sem tampa para aquecer, o que contraria nossa hipótese inicial”</p>
---------------	--	--

Inicialmente o *dado* como tampa ou sem tampa é apresentado oralmente por uma aluna A2, seguido do professor que usa cooperativamente as linguagens oral, escrita e algébrica para introduzi-lo e, paralelamente, as diferentes equações são usadas como *garantia* (44:19 a 44:45).

Porém, ao analisar os coeficientes das equações, percebe-se que a hipótese de que tampado é mais rápido não se sustenta, logo, ocorre uma *refutação* (44:45 a 44:50 - "a gente ACHOU que tampado ele aquece mais rápido do que sem a tampa ... ficou ... ao contrário ... tá ao contrário da nossa hipótese ... então nós temos -- pelo o que a gente viu – com tampa levou mais tempo para aquecer..."), levando a *conclusão* de que com tampa é mais lento.

Por outro lado, o professor enfatiza que como esse resultado foge do esperado (com recipiente fechado haveria um aquecimento mais rápido), o correto seria refazer a experiência (45:01 - 45:21). Dessa forma, ele sistematiza a *conclusão obtida* através da cooperação entre a linguagem oral e a escrita (45:21 – 45:41), ou seja, “... *com tampa levou mais tempo para aquecer, o que contraria nossa hipótese inicial*”.

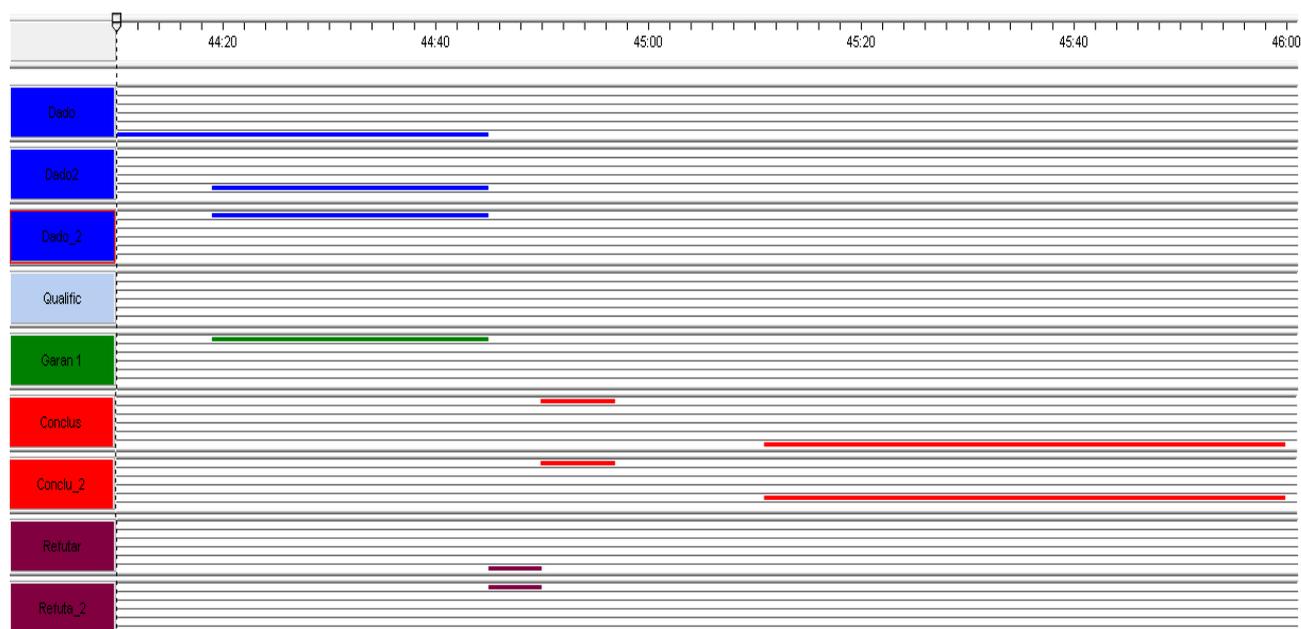


Figura 5: Argumento 4 – Com ou sem tampa

Tabela 6: mais ou menos água

ARGUMENTO 5: TESTE DE HIPÓTESES – MAIS OU MENOS ÁGUA		
Tempo (min:s)	Linguagem oral	Visual/Escrita
46:01 - 46:21	A14: com duzentos ml demorou mais para aquecer ((inaudível)) P: ... é? a nossa hipótese inicial ... qual ... Qual que é que você falou aí? A14: com duzentos ml levou mais tempo	

	P: com duzentos ml levou? ((87')) A2: Menos tempo para ser aquecido A14: MAIS tempo	
46:21 - 46:41	P: <i>a inclinação vai ser ... menor ... quer dizer que ele leva MAIS tempo para aquecer ... aqui sobe de cinco ou seis por minuto ... aqui sobe de nove por minuto ... oito e meio nove ... então ... com maior</i>	Indica funções na lousa. Mostra mudança de inclinação 
46:41 - 47:01	P: <u>quantidade de água a inclinação é menor... portanto</u>	Escreve: “- com maior quantidade de água a inclinação é menor, portanto confirma nossa hipótese.”
47:01 - 47:21	P: <u>confirma uma hipótese</u> ... falta ... as lamparinas ... psiii ... tá muita conversa aí no canto né?	

De 46:01 a 46:21 os alunos A14 e A2 junto com o professor apresentam o *dado* referente a hipótese da quantidade de água, e tendo como *garantia* as funções na lousa (linguagem algébrica), o aluno 14 corrige sua colega, chegando a *conclusão* apresentada oralmente de que com mais água leva mais tempo para aquecer.

Na sequência o professor reforça a *garantia* através da cooperação das linguagens oral, gestual e algébrica, mostrando que quanto menor o coeficiente, menor é a inclinação (46:21 a 46:41), levando mais tempo para aquecer (*conclusão*).

Por fim, o docente repete o padrão de argumento (figura 6) utilizando cooperativamente as linguagens oral e escrita, com exceção da *garantia*, em que usa-se também a linguagem algébrica.

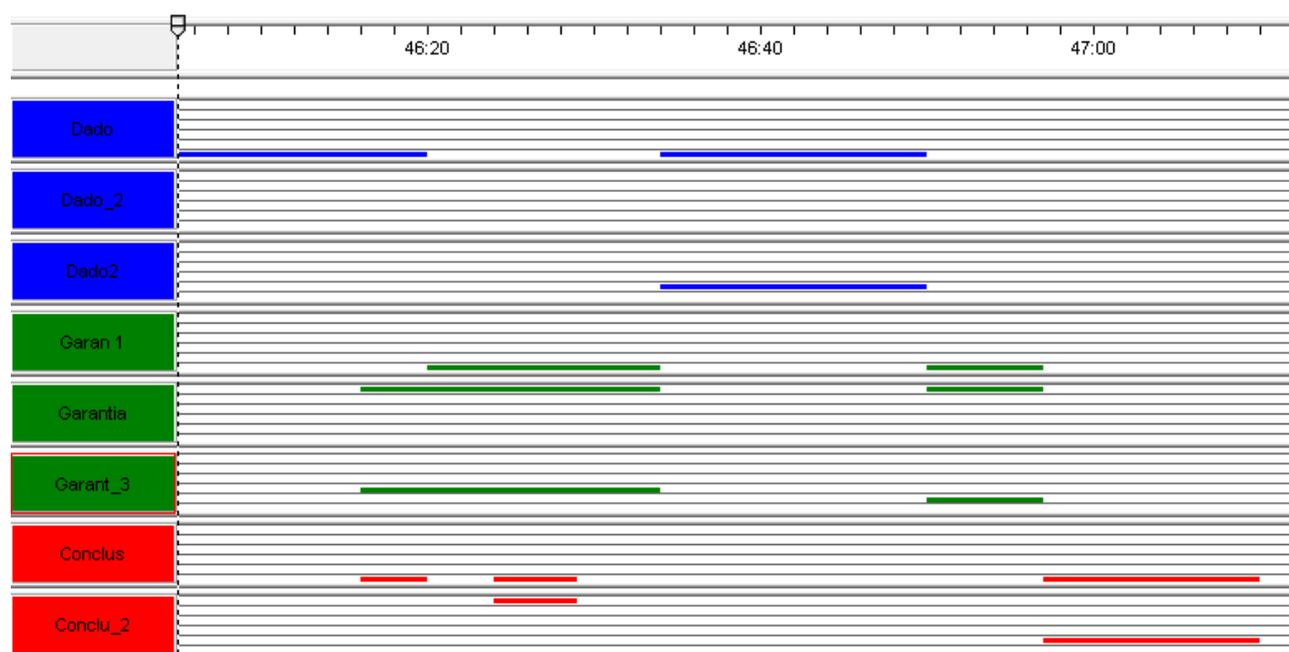


Figura 6: Argumento 5 – Mais ou menos água

Tabela 7: mais ou menos energia

ARGUMENTO 6: TESTE DE HIPÓTESES – MAIS OU MENOS ENERGIA		
Tempo (min:s)	Linguagem oral	Visual/Escrita
47:21 - 47:41	P: A: não ... não é aqui ((há muita conversa na classe) P: falta qual? ((apaga a lousa)) falta <i>comparar uma lamparina</i>	<i>Faz duas setas apontando para cada uma das funções na lousa</i>
47:41 - 48:01	P: <i>e duas lamparinas</i> A2: com mais energia ia mais rápido ... professor... e menos energia é mais devagar. P: mudou? Psii A: sim ... um pouco P: bem menos do que a gente esperava ((pausa 14'')) ...	
48:01 - 48:21	P: vamos parar com a conversa? ((89')) <u>com uma lamparina e com duas lamparinas realmente foi um pouco mais rápido só que se a gente verificar ... a diferença é muito</u>	<u>Indica funções na lousa</u>
48:21 - 48:41	P: <u>menor do que a gente esperava</u> A2: um grau Celsius P: <u>um grau por minuto ... né? se dobrou a quantidade de energia para aumentar um grau por minuto ... também seria uma coisa que -- como não tá dentro do que a gente esperava -- a gente deveria refazer ... melhorar as condições ...</u>	<u>Indica funções na lousa</u>
48:41 - 49:01	P: porque também quando foi colocar as duas lamparinas talvez tenha ficado muito fogo por fora ... né? precisa ver como é que a coisa foi estruturada aí ... na POSIÇÃO das lamparinas ... se elas realmente estavam juntas ... então ficaria ... com duas lamparinas	Escreve “- com 2 lamparinas a temperatura aumenta pouco mais do que com uma só, a diferença é muito pequena (deveria ser feito p/ confirmar)”
49:01 - 49:21	P: a temperatura ((inaudível, muita conversa na classe)) ...	
50:01 - 50:21	faltou só a altitude ... que não deu pra gente medir ((P vai até carteira de alunos para responder perguntas inaudíveis / enquanto há muita conversa na sala))	

O professor apresenta o *dado* através da cooperação entre as linguagens oral, gestual e algébrica e na sequência a aluna 2 apresenta sua *conclusão* (mais energia é mais rápido) oralmente tendo as equações na lousa como *garantia*. Porém, em vista do fato de ter ocorrido uma diferença bem pequena entre as condições de experimentação, o professor *refuta* a *garantia* apresentada (47:54 a 47:59).

Dessa maneira, a cooperação as linguagens oral, gestual e algébrica é apresentada como *garantia* para a *conclusão* de que o aumento de temperatura não foi significativo. E aprofundando nas causas da ocorrência deste fato, o docente através da linguagem oral, *refuta* os resultados referindo-se a posição das lamparinas ou a forma em que a energia foi transferida aos recipientes (48:11 a 48:55), e por fim, ele sistematiza a *conclusão* de forma escrita na lousa.

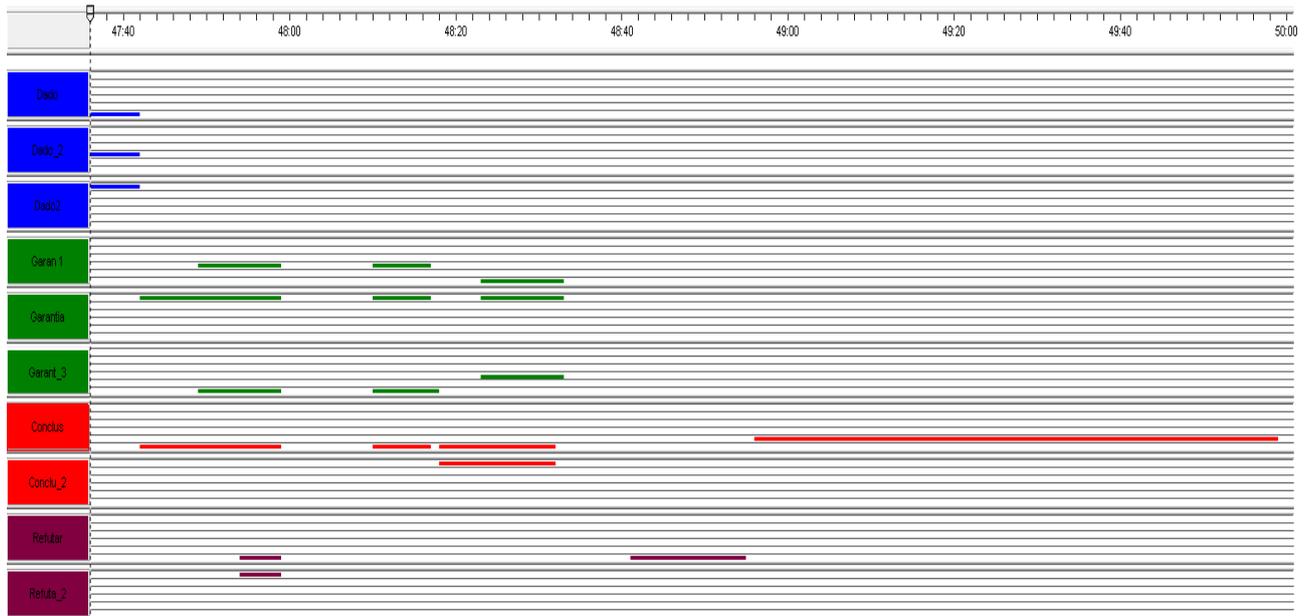


Figura 7: Argumento 6 – Mais ou menos energia

Considerações Finais

Buscamos ao longo da análise desvendar o papel das diferentes linguagens, principalmente a matemática, no processo argumentativo em uma aula de laboratório aberto de física, dentro de uma sequência de ensino investigativa.

Vale ressaltar que o *dado* para cada argumento foi construído a partir da primeira aula da sequência, onde foi formulado o problema, porém, o argumento só pode ser finalizado no final da última aula, com a construção das linguagens matemáticas. Isto evidencia a complexidade na produção de um argumento em aulas de laboratório investigativo, em turmas do Ensino Médio, e a importância destas últimas no processo de ensino e aprendizagem.

Nesta aula, houve predomínio da linguagem oral na construção dos elementos do argumento de Toulmin, com exceção das *garantias* e *refutações*, ou seja, as outras linguagens tiveram a função de reforçá-los através do processo de cooperação, o que era esperado pela natureza do processo comunicativo.

Dentro do referencial toulminiano, verificamos que a matemática atua predominantemente como *garantia* que suporta *dados* e *conclusões*. Em todos argumentos o uso das linguagens matemáticas (algébrica, gráfica e visual/tabela) foi fundamental para o estabelecimento da *garantia* do argumento, que não teria força sem elas, mesmo que a verbal as estivesse apoiando.

As diferentes linguagens matemáticas são também importantes *refutadores*, quando evidenciam que a tendência de aumento não correspondem ao esperado, como visto nos argumentos 2, 4 e 6. Para o último argumento a linguagem oral também teve um forte peso na *refutação*, ao referir-se ao procedimento experimental (“porque também quando foi colocar as duas lâmparas talvez tenha ficado muito fogo por fora ... né? precisa ver como é que a coisa foi estruturada aí ... na POSIÇÃO das lâmparas ... se elas realmente estavam juntas ... então ficaria ... **com duas lâmparas**”).

Para trabalhos futuros seria importante determinar o papel da linguagem matemática nos processos argumentativos em outros tipos de atividades investigativas, generalizando as considerações obtidas nesta pesquisa.

Referências

- Carmo, A. B. (2006). A linguagem matemática em uma aula experimental de física. 134f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Física, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Carmo, A. B.; Carvalho, A. M. P. (2009a). Construindo a Linguagem Gráfica em Uma Aula Experimental. *Ciência e Educação (UNESP)*, v. 15, p. 61-84.
- Carmo, A. B.; Carvalho, A. M. P. (2009b). *Construindo linguagem matemática em uma aula de física*. In: Sylvania Sousa do Nascimento; Christian Plantin. (Org.). *Argumentação e Ensino de Ciências*. 1 ed. Curitiba: Editora CRV, v. 1, p. 93-117.
- Capecchi, M. C. V. M. (2004a). Aspectos da cultura científica em atividades de experimentação nas aulas de física. 264f. 2004. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Capecchi, M. C. V. M. (2004b). *Argumentação numa aula de Física*. In: Carvalho, A. M. P. (Org.). *Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, p. 59-76.
- Capecchi, M.C.V.M.; & Carvalho, A.M.P. (2006). Atividade de laboratório como instrumento para a abordagem de aspectos da cultura científica em sala de aula. *Pro-Posições*, v.17, n.1(49).
- Carvalho, A M. P, Santos, E. I., Azevedo, M. C. P. S., Date, M. P. S., Fujii, S. R. S. e Nascimento, V. B. (1999). *Termodinâmica: um ensino por investigação*. São Paulo, USP.
- Driver, R.; Newton, P.; & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 20, p. 1059-1073.
- Erduran, S., Simon, S.; & Osborne, J. (2004). TAPping into argumentation: developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. *Science Education*, 88(6), 915-933.
- Erduran, S. (2007). *Methodological foundations in the study of argumentation in science classrooms*. In: Erduran, S.; Jiménez-Aleixandre, M. P. *Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research*. Springer, pp. 47-69.
- Gil Pérez, D.; Montoro, I.F.; Alis, J.C.; Cachapuz, A.; Praia, J. (2001) Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, v.7, n.2, p.125-153.
- Jimenez Aleixandre, M.P. (2005). *A argumentação sobre questões sócio-científicas: processos de construção e justificação do conhecimento na aula*. Atas do Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências. Bauru, ABRAPEC.
- Jiménez-Aleixandre, M.P.; Bugallo Rodríguez, A. E.; & Duschl, R.A. (2000). "Doing the Lesson" or "Doing Science". *Argument in High School Genetics*", *Science Education*, v.84, 757-792.
- Jiménez-Aleixandre, M.P.; & Díaz de Bustamante, J. (2003). "Discurso de Aula y Argumentación en la Clase de Ciencias: Cuestiones Teóricas y Metodológicas", *Enseñanza de las Ciencias*, v.21, n.3, 359-370.
- Lemke, J. (1998a). *Multiplying Meaning: visual and verbal semiotics in scientific text*. In: Martin, J.; Veil, R. (eds.). *Reading Science*. Londres: Routledge.
- Lemke, J. L. (1998b). Teaching all the languages of science: words, symbols, images and actions. In: Conference on Science Education, Barcelona. Disponível em:

<http://academic.brooklyn.cuny.edu/education/jlemke/sci-ed.htm>. Acesso em julho de 2011.

Márquez, C.; Izquierdo, M.; & Espinet, M. (2003). Comunicación Multimodal en la Clase de Ciencias: El Ciclo Del Agua. *Enseñanza de las Ciencias*, v.21, n.3, p. 371-386.

Nascimento, S. S.; & Vieira, R. D . (2009) *A argumentação em sala de aula de física: limites e possibilidades de aplicação do padrão de Toulmin*. In: Silvania Sousa do Nascimento, Christian Plantin. (Org.). *Argumentação e ensino de Ciências*. 1 ed. Curitiba: CRV, v. 1, p. 17-37.

Piccinini, C.; & Martins, I. (2004). Comunicação multimodal na sala de aula de ciências: construindo sentidos com palavras e gestos. *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, v.6, n.1, p.26-40.

Roth, W-M. (2003) Competent workplace mathematics: How signs become transparent in use. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, v.8, n.3, p.161-189.

Sutton, C. Los Profesores de Ciencias como Profesores de Leguaje. *Enseñanza de las Ciencias*, v.21, n.1, p.21-25, 2003.

Toulmin, S.E. (2006) *Os Usos do Argumento*. São Paulo: Martins Fontes, 2a. Edição.

Sasseron, L. H.; & Carvalho, A. M. P. (2008). Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental : a proposição e a procura de indicadores do processo. *Investigações em Ensino de Ciências (UFRGS)*, v. 13, p. 333-352.

Sasseron, L.H.; & Carvalho, A.M.P. (2011). "Construindo argumentação em sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de Alfabetização Científica e o padrão de Toulmin", *Ciência & Educação*, v.17, n.1, p.97-114.

Recebido em: 04.10.2011

Aceito em: 08.05.2012