

UMA ANÁLISE DO RACIOCÍNIO UTILIZADO PELOS ALUNOS AO RESOLVEREM OS PROBLEMAS PROPOSTOS NAS ATIVIDADES DE CONHECIMENTO FÍSICO.

AN ANALYSIS OF REASONING USED BY STUDENTS WHEN SOLVING PROBLEMS PROPOSED IN ACTIVITIES OF PHYSICAL KNOWLEDGE.

Rogério José Locatelli¹
Anna Maria Pessoa de Carvalho²

¹Instituto de Física – Faculdade de Educação / Universidade de São Paulo, locatellirj@yahoo.com.br

²Instituto de Física – Faculdade de Educação / Universidade de São Paulo, ampdcav@usp.br

Resumo

Partindo de algumas reflexões, uma vez que diversos estudos apresentam evidências de que um grande segmento da nossa sociedade não chega a adquirir ‘fluência’ em pensar proporcionalmente e que muitos estudantes de escola secundária e de faculdade exibem dificuldades em raciocinar em uma maneira hipotético-dedutiva, surgiu a necessidade de verificarmos se as nossas aulas oferecem condições para que os alunos do ensino fundamental, ao explicarem os fenômenos físicos intrínsecos nos 15 problemas experimentais elaborados pelos pesquisadores do LaPEF – Laboratório de Pesquisa em Ensino de Física – tenham se iniciado nesses dois raciocínios de grande importância na cultura científica: o raciocínio hipotético-dedutivo proposto por Lawson (2000, 2002, 2003, 2004), no qual a estrutura segue um padrão de representação constituído por ciclos “se-e-então-e/mas-portanto”, e no pensamento matemático utilizando a noção de proporcionalidade que é a base da linguagem matemática nas ciências.

Palavras-chave: Proporção; Ensino Fundamental; Hipotético-dedutivo.

Abstract

Starting from some reflections, once diversified studies begin to present evidences that a great segment of our society aren't able to get ‘fluency’ in thinking proportionally that many students from high school students and of university show difficulties in ratiocinating in a hypothetical-deductive way, it gave birth to the need to verify if our lessons offer conditions to students of elementary school in explaining the physics phenomenons on 15 of the experimental problems elaborated from researchers of LaPEF, have started in this two reasonings of great importance in the culture of science: the hypothetical-deductive reasoning proposed by Lawson (2002, 2004), and in the mathematic thinking using the notion of proportionality in which is the cell of the mathematical language in the sciences.

Keywords: Proportion; Elementary school; Hypothetic-deductive.

INTRODUÇÃO

Muitas pesquisas comprovam que estudantes do ensino médio e superior exibem dificuldade de raciocinar em uma maneira hipotético-dedutiva (Lawson, 2002). Além disso, observou-se uma falta de ‘fluência’ em resolver problemas que envolvam proporção, não somente por parte dos alunos, bem como de um grande segmento da nossa sociedade (Ben-Chain et. al., 1998).

Desta forma, nosso trabalho consiste em verificar se as atividades de conhecimento físico, ao serem aplicadas nas aulas de ciências, oferecem condições para que aos alunos, ao explicarem os fenômenos, se iniciam em dois raciocínios de grande importância na cultura científica: o hipotético-dedutivo proposto por Lawson (2002, 2004), e no pensamento matemático utilizando a noção de proporcionalidade que é a base da linguagem matemática nas ciências.

Ressaltamos que temos consciência de que não iremos encontrar em nossas classes todo o ciclo proposto por Lawson, mas este referencial nos ajudará a entender como estas estruturas são iniciadas. Salientamos ainda, a importância da análise gestual dos alunos, pois estas atuam como ferramentas na explicação do que denominamos de “início da estrutura proporcional”.

Estamos interessados em analisar as atividades de conhecimento físico, uma vez que os pesquisadores do LaPEF da Universidade de São Paulo, elaboraram quinze atividades, nas quais, são tratados fenômenos relacionados ao ar, a água, a luz e sombras, ao equilíbrio, ao movimento e a conservação de energia (Carvalho et al, 1998). O objetivo foi levar os alunos das primeiras séries do Ensino Fundamental, nas aulas de Ciências, *‘a resolverem problemas do mundo físico, dentro de suas capacidades’*, fazendo uso de uma metodologia que levou em conta *‘os conhecimentos produzidos pelas pesquisas na área de ensino de ciências’*.

Buscamos utilizar com estas atividades, uma metodologia que ofereça condições para que os alunos desenvolvam alguns aspectos da atividade científica¹, sendo estes: a presença de um problema a ser resolvido, direcionando a investigação e o olhar dos educandos e a oportunidade desses elaborarem e testarem o grau de plausibilidade das hipóteses – por meio da interação com o experimento. Além disso, durante as aulas os alunos têm um espaço para argumentar, refletir, discutir e explicar. Apontando assim, para a dimensão coletiva do trabalho científico, restabelecendo a humanidade e as incertezas da ciência produzida pelo homem.

Estaremos neste estudo, analisando o discurso dos alunos durante as aulas, já que segundo Yore et. al. (2003), a linguagem nos oferece uma possibilidade de se compreender o pensamento, tornando possível a consideração das associações culturais na construção de idéias científicas e que a atenção direcionada a esta poderia melhorar a compreensão do raciocínio científico utilizado pelo aluno (Yore et. al., Op. Cit., tradução nossa). Propomos *“ensinar Ciências a partir do ensino sobre Ciências”* (Carvalho, 2004a, p.3), permitindo que os educandos construam o seu próprio conteúdo conceitual, compreendendo e ensaiando o uso de suas práticas, valores e linguagem, transpondo as fronteiras entre a sua cultura e a cultura científica. Neste âmbito, a aprendizagem pode ser entendida como um processo de *“enculturação”* (Driver et. al., 1999), prevendo *“o desenvolvimento de novas visões de mundo sem a perda do entrelaçamento entre as mesmas e as visões anteriores”* (Capecchi, 2004, p.29).

¹ Aprofundaremos esses aspectos ao longo do artigo.

Em um estudo realizado por Lawson (2002), o autor propõe: “Poderia o raciocínio hipotético-dedutivo estar presente em todas as importantes descobertas científicas?” (Lawson, Op. Cit., p. 20, tradução nossa), alegando ainda que as dificuldades apresentadas por estudantes em pensar de maneira hipotético-dedutiva:

“(...) conduzem não somente às dificuldades conceituais e à resolução de problemas, mas também às dificuldades em compreender a natureza da ciência. O ensino destes estudantes deveria estar enfatizado para uma forma de raciocinar hipotético-dedutivamente (...)” (Lawson, Op. Cit., p. 20, tradução nossa).

Lawson (2002) discute que a aquisição de conhecimento envolve a geração e teste de idéias por meio da comparação entre os resultados previstos e os observados através de algumas etapas, estas apresentando algumas semelhanças quando comparadas com a metodologia presente nas atividades de conhecimento físico, por exemplo, Lawson (Op. Cit.) aponta como primeira etapa “*Fazer uma observação inicial*”, em seguida “*Levantar uma pergunta causal*”. Nas atividades mencionadas acima, o professor inicia a aula apresentando os materiais e o problema aos alunos. Somente após esta etapa é que os grupos iniciam a interação com os materiais, mas com um problema a ser resolvido e munidos de seus conhecimentos prévios.

Os alunos levantam hipóteses, discutem a predição e interagem com os objetos, comparam os resultados previstos com os observados, verificando se a hipótese foi ou não suportada. No caso negativo, o procedimento é refeito até que a hipótese gerada seja suportada e no caso positivo, os outros alunos do grupo refazem a experiência corroborando a hipótese formulada pelo colega. Ressaltamos que a hipótese desempenha um papel fundamental na construção do conhecimento científico, uma vez que “*o investigador nunca experimenta ao acaso, mas sempre guiado por uma hipótese ‘lógica’ que submete à experimentação*” (Cachapuz et. al., 2005, P.97).

Nos trabalhos desenvolvidos por Lawson (2002, 2004), são explicados alguns padrões da razão científica e é mostrado como esses têm sido usados para responder uma grande quantidade de questões científicas, pois as idéias envolvidas nos processos mentais de tais descobertas seguem um padrão de representação na aquisição do conhecimento, seguindo a evolução *se-e-então-e/mas-portanto* como padrão. No qual o termo “se” esteja diretamente ligado às hipóteses – uma proposição, o termo “e” ao acréscimo de condições de base – um teste, o termo “então” relativo aos resultados esperados – às conseqüências esperadas, o termo “e” ou “mas” aos resultados e conseqüências reais, verdadeiras. Sendo “e”, caso os resultados obtidos combinem com os esperados e “mas”, caso haja um desequilíbrio nos resultados, desta forma o ciclo se reinicia com outras hipóteses e finalmente o termo “portanto” representando a conclusão a que se chega. Apresentamos abaixo um diagrama que busca sistematizar essa estrutura:



Figura 1. Estrutura completa proposta por Lawson (2002, 2004)

Ao buscarmos este tipo de estrutura no pensamento dos nossos alunos do ensino fundamental, estamos cientes de que dificilmente encontraremos esta na sua forma completa, pois é importante enfatizarmos que estamos trabalhando com crianças na faixa etária de 7 a 10 anos. Mas torna-se muito importante verificarmos se as atividades de conhecimento físico (Carvalho et al, 1998) oferecem condições para que estes estudantes se iniciem nesta forma de raciocinar.

Para Piaget (1976), crianças na faixa etária correspondente ao Nível II – 7 a 11 anos (pensamento concreto) tomam consciência das variações e comportamentos do experimento, conseguindo seriar os extremos: mais alto, mais baixo, mais rápido, mais devagar, mas não encontram correspondências entre as seriações, pois não procuram as razões desses fatos “através de operações formais, isto é, das condições do pensamento hipotético-dedutivo”. (Piaget, 1976, P. 08). Lawson (1999), apresenta como resultados de sua pesquisa, que jovens de 7 anos podem usar o raciocínio ‘se-então-portanto’ de forma bem sucedida para classificar e descrever objetos.

De acordo com Piaget (1976) e Lawson et. al. (2000), nossos alunos devem apresentar com sucesso a capacidade de seriar e estabelecer correspondências descritivas. Mas como Lawson et. al. (Op. Cit.) alegam, o desenvolvimento intelectual – estruturas de conhecimento ou padrões de raciocínio – ocorre gradualmente com os anos, não se tratando apenas de “maturação” mas também da experiência.

Estamos cientes destas possíveis barreiras, porém nossa hipótese busca verificar que dependendo de tipo de aula, ou seja, da forma pela qual os alunos são instigados a resolverem um problema, o início desses raciocínios pode começar a emergir durante a resolução e seja apresentado por meio do discurso dos alunos, principalmente no momento em que os grupos são desfeitos e a classe organizada em uma grande roda, em que agora, a discussão mediada pelo professor, permite que os alunos relatem o que foi feito, em pensamento – metacognição – o ‘como’ conseguiram resolver o problema – a fase da tomada de consciência de suas próprias ações – e o ‘porquê’ deu certo – fase das explicações causais (Carvalho et al, 1998).

O fato mais fundamental do ponto de vista epistemológico apresentado por Piaget (1977) é que “*toda a explicação causal acaba por incorporar a noção de estrutura ao sentido lógico-matemático*” (Piaget, 1977, p.15). Por mais complexa que seja a estrutura lógico-matemática aplicada à realidade física a legalidade apenas descreve os fenômenos. Piaget (Op. Cit.) explica a causalidade como o momento em que o objeto é considerado como agente de algo, como ativo, como um operador. Implicando simultaneamente a produção de uma inovação, porque o efeito é novo em relação a causa. Encontramos ainda na causalidade dois aspectos: uma transformação – novidade – e uma relação necessária que são as exigências das operações lógico-matemáticas, sem a qual não há possibilidade de falar de causalidade (Piaget, Op. Cit., P.16).

Para o trabalho de análise de nossas aulas buscaremos compreender a inter-relação entre as operações lógico-matemáticas do sujeito e o desenvolvimento da causalidade, pois essa será

uma das dimensões de análise das falas dos alunos. Estudando a pesquisa realizada por Carvalho (2004b), acerca do processo da ‘*construção das explicações causais*’ apresentadas pelos alunos, sistematizamos na tabela abaixo os resultados apresentados pela autora e complementamos com algumas hipóteses desta pesquisa:

Tabela 1. Construção das explicações causais em sala de aula.

Desenvolvimento das explicações	
Os alunos começam a tomar consciência das coordenações dos eventos. Reconstruindo através das suas ações e do que ele conseguiu observar durante a experiência (gestos podem ser necessários, já que a linguagem científica está sendo construída).	O aluno vai fazendo ligações lógicas, estabelecendo conexões entre as suas ações e reações dos objetos. Vai se iniciando a conceituação. (início de novas concepções).
	Legalidade
	Ações executadas pelo próprio sujeito. “... a <i>gente</i> foi colocando...; ... a <i>gente</i> colocava...” Evoluem para...
	Causalidade
	... as relações entre os atributos físicos dos objetos e respectivos resultados – relação objeto – objeto. Construídas através de relações lógicas na explicação do fenômeno. “... o <i>objeto</i> desceu...; ... o <i>objeto</i> subiu...” Juntamente com a introdução de um novo termo: “... é a pressão... ; ... é o peso... ; é a velocidade ... “.
	Nossas hipóteses
Início da relação lógica ‘se... então...’	Ao aluno chegar a causalidade e apresenta o início da estrutura lógica ‘se... então... portanto...’.
O raciocínio proporcional e inversamente proporcional vai sendo construído.	

Para Piaget (1976), a proporcionalidade envolve uma estrutura de pensamento bastante complexa. Segundo o autor, “a noção de proporcionalidade multiplicativa não aparece antes do nível formal” (p.125), e como estaremos trabalhando com crianças do ensino fundamental, as crianças chegam a observar correspondências, procedendo através das relações de substituição, adição ou supressão (igualdade das diferenças). Portanto, “seguem na direção da lei, mas através de simples correspondências qualitativas, sem o uso de proporções métricas” (p.131) e sim diferenças aditivas constantes, mas indefinidas, nas seriações e nas correspondências (p.154). Lawson et. al. (2000) e Ben-Chain et. al. (1998), alegam que os estudantes que são incentivados a construir o seu próprio conhecimento conceitual e processual de proporcionalidade por meio de atividades colaborativas e manipulativas apresentam melhores resultados na aprendizagem.

DESENVOLVIMENTO DO TEMA

Nossa pesquisa obedeceu a um delineamento do tipo qualitativo, uma vez que buscamos analisar o raciocínio utilizado pelos alunos a partir das transcrições de suas falas durante as aulas, estas estarão dispostas em tabelas². Além das falas, tomamos cuidado com as ações e com a linguagem gestual, já que existe uma certa dificuldade dos alunos, nesse nível de ensino, em se expressarem fazendo uso da linguagem científica, apresentando-a inicialmente de forma confusa

² A tabela que traz a transcrição da aula está configurada da seguinte maneira: Coluna 1, tempo decorrido com relação ao início da aula; Coluna 2, turnos; Coluna 3, transcrição dos discursos; Coluna 4, gestos e comentários.

e inconclusiva (Roth, 2002). Assim, os gestos são utilizados como mediadores, auxiliando no amadurecimento da linguagem. A paráfrase foi utilizada com a intenção de tornar mais evidente o padrão de raciocínio, pois mesmo que o aluno faça uso de tal padrão para estruturar seu pensamento, as palavras por ele utilizadas podem não ser idênticas às aquelas apresentadas por Lawson, contudo o sentido expresso pelas mesmas condiz com a proposta do autor.

Para esta apresentação, selecionamos uma das quinze atividades, intitulada: “O problema das sombras no espaço”, aplicada em uma 4ª série do ensino fundamental de uma escola da rede pública de São Paulo.

O problema das sombras no espaço

Para a realização da atividade, deve ser distribuído para cada grupo: uma luminária, um anteparo colocado a aproximadamente 15 cm da luminária e um conjunto de 15 peças de isopor em diversos tamanhos, cores e formatos (ver montagem abaixo). O problema proposto aos alunos é “como fazer para colocar todas as peças dentro da sombra?”.

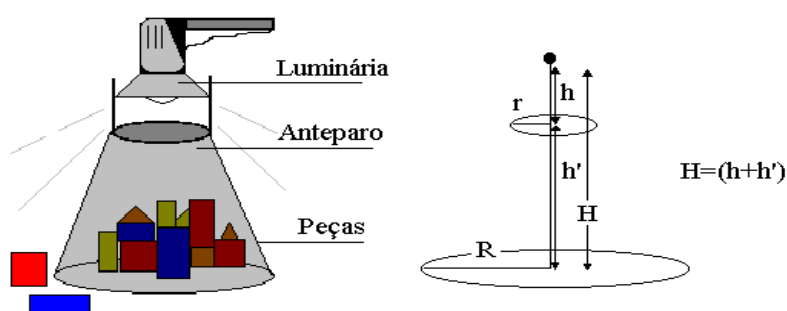


Figura 2. Montagem do kit utilizado na atividade e as grandezas envolvidas.

Esperamos que durante a resolução do problema, os alunos verifiquem que a sombra de um objeto qualquer se forma quando a trajetória da luz é interceptada por algum obstáculo (anteparo), estando localizada no espaço do lado oposto à fonte de luz, formando, então, uma região de sombra no espaço. Além disso, para resolvermos nosso problema de pesquisa, estaremos estudando se os alunos, ao longo da experiência começam a utilizar o raciocínio das proporções encontrando a relação entre as grandezas abaixo.

Visualizando a figura 2, observamos que a distância entre a luminária e o piso “ H ” e o raio do anteparo “ r ”, são constantes. Temos também duas variáveis dependentes “ h ” e “ R ”, sendo “ h ” a distância entre a luminária e o anteparo e “ R ”, o raio da sombra projetada no piso. Expressaremos quantitativamente as relações entre as grandezas que poderão ser encontradas pelos alunos, salientamos que utilizaremos algumas equações apenas com o intuito de clarificar a relação entre as variáveis que desejamos que os alunos observem. Em um dos casos, temos a relação entre a magnitude da projeção da sombra em função da distância entre o anteparo e a luminária: $\frac{h}{r} = \frac{H}{R}$ que também pode ser escrita na forma $h.R = r.H$, ou ainda: $h.R = cte$. Portanto a relação inversamente proporcional será: quanto maior a distância “ h ”, menor será o valor da variável “ R ”. Podemos ainda relacionar a magnitude da sombra em função da distância

do anteparo e o piso, neste caso teremos: $\frac{(h'+h)}{R} = \frac{h}{r}$ ou ainda $\frac{h'}{h} + 1 = \frac{R}{r}$. Assim, se aumentarmos a magnitude de “h'”, então o valor de “R” também será maior.

Abaixo apresentaremos a análise do discurso dos alunos. Cada uma das falas é apresentada juntamente com o turno respectivo e com o tempo decorrido a partir do início da aula, em alguns casos, fizemos uso dos gestos – representados em figuras – e da paráfrase da fala, com o intuito de evidenciar a estrutura do raciocínio utilizado. Quando houver a necessidade de algum comentário pertinente a respeito da dinâmica da aula, este será expresso entre duplo parêntese e em itálico.

Inicialmente, a professora apresenta os materiais à classe. Em seguida, estes são distribuídos aos grupos que iniciam a manipulação, observando as cores e as dimensões das peças. O problema é proposto na seqüência. Nos próximos quatro minutos a professora repete o problema algumas vezes para se certificar de que todos compreenderam. Os alunos começam a empilhar as peças no interior da sombra, sempre verificando se estas não se encontram expostas a luz.

O Aluno 10 observa que ao levantar o anteparo, a projeção da sombra na cartolina ficava maior. Em seguida, torna a abaixar o anteparo erguendo-o em seguida. Os quatro integrantes do grupo, trabalhando de forma cooperativa, tentam erguer o anteparo.

(060)(13'45'') Aluno10: Do jeito que tá aqui, vai ficar pegando na luz ((Fig. 3)), então eu tenho que fazer isto aqui... ((Fig. 4)) e levantar mais.

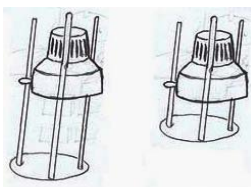


Fig. 3

Fig. 4

(061)(13'51'') Professora: Por que você tem que levantar mais?

(062)(14'53'') Aluno10: Pra sombra poder ficar maior e caber todas essas peças. Porque se eu deixasse não ia caber todas essas peças na sombra.

No turno 062, o aluno 10 consegue explicar à professora – mesmo que de forma ainda pouco sistematizada – a relação entre a altura do anteparo “h'” e o raio “R” da sombra projetada na cartolina. No outro grupo, o aluno3 explica para a professora qual o procedimento que está sendo utilizado para a resolução do problema:

(064)(15'41'') Aluno3: Mexe aluno2, mexe aqui, ó... ((*Aluno2, levanta o anteparo.*))

(065)(15'59'') Aluno3: Agora ela ficou mais maior ainda... tá vendo... tá vendo. ((*Aluna3 com o lápis, risca a folha, contornando a projeção da sombra. Primeiramente com o anteparo mais alto e depois, mais baixo*)). Se a gente abaixar... ela vai ficar... olha vamos ver a medida, ó... ele está aqui ... ((ponto "A", fig. 5)) vamos abaixar aluno2 junto comigo... agora veja... onde ela está? Aqui ó... ((ponto "B", fig. 5)). Entendeu? Ela já está aqui. Quanto mais você abaixa, quanto mais ela vai diminuindo, quanto mais você levanta, quanto mais ela vai ... ficando maior, ficando maior... entendeu?

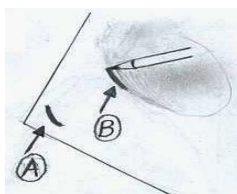


Fig. 5

(066) (16'57'') Aluno3: Se eu levantar até aqui, mais ou menos ((*hipótese de levantar o anteparo*))... ela vai passar da folha, ela vai ficar no chão... entendeu? É isso.

(067)(17'00'') Aluno2: Cada vez que você levanta, ela fica maior.

O aluno3, no turno 65 observa a relação diretamente proporcional entre a altura " h " do anteparo e o raio de projeção da sombra " R ". Na fala do aluno: "*Quanto mais você abaixa, quanto mais ela vai diminuindo, quanto mais você levanta, quanto mais ela vai ... ficando maior, ficando maior... entendeu?*" Salientamos ainda que os integrantes do grupo na intenção de compreenderem melhor os dados, buscam registrar os limites da projeção da sombra na cartolina.

(072) (17'38'') Aluno3: É que esta marca aqui ((*Risco "A", Fig. 6*)), quando ele tava lá em cima, ela ficou aqui. E quando a gente abaixou, ela ficou aqui ((*Risco "B", Fig. 6*))... entendeu? É esse o problema.

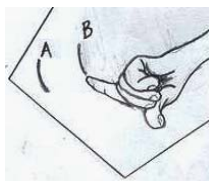


Fig. 6

(073) (18'18'') Aluno4: Mas ela pode ficar de vários tamanhos.

(074) (18'20'') Aluno3: Pode ... se eu abaixar mais, ela vai diminuir mais, entendeu?

(075) (18'27'') Aluno3: Ai ó, cadê ela? Cadê ela... aqui olha onde ela já tá, ó... aqui, ó... aqui, ó... daqui ((*Risco "A", Fig. 7*)), eu abaixei ela, e ela veio pra cá ((*Risco "B", Fig. 7*))... eu abaixei mais um pouco, ela veio pra cá ((*Risco "C", Fig.7*))... quanto mais eu vou abaixando ela vai diminuindo... agora se eu levantar... <inaudível> da luz, isso aqui, ó... entendeu?

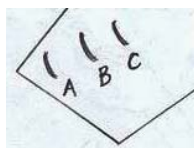


Fig. 7

(076) (18'44'') Aluno4: Sobe, aumenta, fica maior.

(077) (18'46'') Aluno3: Isso, quando sobre pra cima, ela fica maior... quando abaixa ela fica menor... entendeu? É esse o cálculo ((*Alunos aproximam o anteparo da luminária*)).

(078) (19'06'') Aluno4: Então, vamos deixar grande para poder caber mais.

(079) (19'20'') Aluno3: Deixar maior... aqui, ó... olha onde ela já tá... ela tá aqui, ó... viu! A gente subiu, ela veio pra cá, se a gente subir mais, ela vem pra cá.. . se a gente subir tudo.

Podemos parafrasear a fala dos alunos para melhor compreendermos a estrutura do raciocínio utilizada, por exemplo, no turno (074): "... *se eu abaixar mais, <então> ela vai diminuir mais, entendeu?*", ou ainda, no turno (077): "*Isso, <se> sobre pra cima, <então> ela fica maior... <se> abaixa <então> ela fica menor... entendeu? É esse o cálculo*". O aluno utiliza ciclos "se, então" para explicar a proporção encontrada. Ao longo da aula, as explicações vão ficando cada vez mais sistematizadas. Nos próximos turnos, podemos verificar a importância da discussão e da troca de idéias entre os integrantes do grupo para a construção do conhecimento científico:

(114) (28'15'') Aluno3: Mas ela também, vamos ver se a gente levantar ela mais ou menos até aqui nesta risca, pra ver o jeito que ela vai ficar. Se ela vai passar pro chão.

(115) (28'29'') Aluno3: Vamos levantar aqui.

(116) (28'33'') Aluno5: Eu acho que quando vai aumentando vai ficando mais claro.

(117) (28'37'') Aluno3: Não é ó. Quando ela vai aumentando, vai ficando maior

(118) (28'48'') Aluno3: Não tem claridade! É pra elas ficar na sombra e não na claridade.

No turno (114), o aluno3 formula a hipótese que se o grupo levantar o anteparo o máximo possível, talvez a projeção da sombra excedesse as dimensões da cartolina. Em seguida o aluno5 parece encontrar dificuldades em observar as relações entre a altura do anteparo e a base do cone de sombra: “*Eu acho que <se> vai aumentando <então> vai ficando mais claro*”. O colega tenta explicar: “*<mas> não é ó. <Se> ela vai aumentando, <então> vai ficando maior*”. Nestes turnos, verificamos que o aluno5 formula a hipótese de que se aumentarmos a altura do anteparo, então ficara mais claro, ou seja, a sombra com uma projeção menor. Neste instante o aluno3, faz o teste e tenta persuadir o colega com uma nova hipótese: se a altura vai aumentando, então a projeção da sombra vai ficar maior.

Aos 34 minutos decorridos do início da aula, os grupos são desfeitos e a classe organizada em uma grande roda de discussão. Em seguida a professora formula perguntas que tenham “como”?

(146) (34'46'') Professora: Como vocês fizeram para colocar todas as peças dentro da sombra?

(147) (34'50'') Aluno6: A gente colocamos as peças maiores em baixo. Porque se a gente colocasse em cima, não ia dar para ficar na sombra. Aí nós colocamos as peças grandes embaixo e as pequenas a gente fomos empilhando em cima.

Podemos parafrasear da a fala do turno (147): “A gente colocamos as peças maiores em baixo. Porque **se** a gente colocasse em cima, **<então>** não ia dar para ficar na sombra. **<portanto>** nós colocamos as peças grandes embaixo e as pequenas a gente fomos empilhando em cima”. Por meio desta fala do tipo legal, encontramos o ciclo “se, então, portanto”, utilizado pelo aluno para descrever a montagem das peças no interior do cone de sombra. O aluno observa ainda que quanto maior a altura da “pilha”, menor deve ser o tamanho das mesmas peças. Nas falas precedentes o aluno apresenta indícios da formulação de uma explicação do tipo causal:

(157) (36'05'') Aluno7: É professora, quando levantava mais a luz, a bola ficava maior. Aí dava pra montar tudo. Aí se colocasse ...

(158) (36'12'') Professora: Não entendi, como que vocês fizeram?

(159) (36'14'') Aluno7: Levantava mais a luz.

(160) (36'16'') Professora: Fala mais alto.

(161) (36'23'') Aluno7: Levantava mais a luz, pra bola ficar maior, aí colocava tudo montado. Quando se abaixasse, a bola ficava menor e dava pra passar (...) as peças.

Nas falas dos turnos acima, o aluno7 explica que se aumentássemos da altura “H” o raio de projeção da sombra “R” também aumentava e se diminuíssemos “H” conseqüentemente “R” também diminuiria, parafraseando o turno (157): “*É professora, <se> levantava mais a luz, <então> a bola ficava maior, <portanto> dava pra montar tudo. Aí se colocasse...*”. A professora interrompe, mas o aluno torna a explicar no turno (160): “*<se> levantava mais a luz, <então> bola fica maior, <portanto> aí colocava tudo montado. Quando se abaixasse, <então> a bola ficava menor e <portanto> dava pra passar (...) as peças. Nesta fala o aluno chega a explicação do tipo causal e apresenta as relações proporcionais presentes na experiência por meio de dois ciclos completos de “se, então, portanto”.*

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verificamos que, ao solucionar o problema físico proposto, em uma primeira fase, na tentativa de solucionar o problema, os alunos agem sobre os objetos, refletem entre o grupo explorando, levantando e testando experimentalmente suas hipóteses, buscando a identificação de um padrão de regularidade. Após os grupos terem solucionado o problema e a classe organizada em uma grande roda, os alunos retomam e relatam suas ações, desta forma tomando consciência do que fizeram. Nesta segunda fase suas idéias são organizadas e desenvolvidas, durante este processo, fazendo de alguns dos termos “se-e-então-portanto” para organizarem seu pensamento e descreverem suas ações, indicando, desta forma, o início do raciocínio hipotético-dedutivo. Isto torna-se cada vez mais sistematizado e as evidências experimentais e o relacionamento entre variáveis vão se tornando cada vez mais complexas. Os alunos começam a utilizar o raciocínio proporcional e estabelecem a relação entre as variáveis, mas não foi possível verificarmos se este é do tipo aditivo ou multiplicativo. Concluímos ressaltando que em um ambiente interativo, os alunos apresentam o início dessas duas formas de raciocinar, revelando fortes indícios de uma enculturação científica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CACHAPUZ, A. A Hipótese e a Experiência Científica em Educação em Ciências: Contributos para uma reorganização epistemológica. *A necessária renovação do ensino das ciências / Antônio Cachapuz ... [et al.]*, (organizadores), - São Paulo: Cortez, 2005.

CAPECCHI, M.C.V.M. *Aspectos da cultura científica em atividades de experimentação nas aulas de física*. Tese de doutorado apresentada à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 2004.

CARVALHO, A. M. P. Critérios estruturantes para o ensino das ciências. *Ensino de Ciências: Unindo a Teoria e a Prática*. Anna Maria Pessoa de Carvalho, (org.). – São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004a.

CARVALHO, A. M. P. Building up explanations in physics teaching, *International Research in Science Education*, v.26, n.2 pp 225-237, 2004b.

CARVALHO, A.M.P.; BARROS, M.A.; GONÇALVES, M.E.R.; REY, R.C.; VANUCCHI, A.I. *Ciências no Ensino Fundamental: o conhecimento físico*. São Paulo; Editora Scipione, 1998.

BEN-CHAIM, D.; FEY, J.T.; FITZGERALD, W.M.; BENEDETTO, C.; MILLER, J. Proportional reasoning among 7th grade students with different curricular experiences - *Educational Studies in Mathematics*, Vol 36, Number 3; p. 247 – 273, 1998.

DRIVER, R; ASOKO, H; LEACH, J; MORTIMER, E; SCOTT, P. Construindo Conhecimento Científico. *Química nova na escola*, Nº 9, p. 31-40, 1999.

INHELDER, B. Y PIAGET, J. *Da Lógica da Criança à Lógica do Adolescente*; tradução de Dante Moreira Leite. Editora Pioneira, São Paulo, 1976.

KWON, Y.J., LAWSON, A.E., CHUNG, W.H.; KIM, Y.S. Effect on development of proportional reasoning skill of physical experience and cognitive abilities associated with prefrontal lobe activity. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(10), 1171-1182, 2000.

LAWSON A.E. What does Galileo's Discovery of Jupiter's Moons Tell Us About the Process of Scientific Discovery? – *Science Education* 11: 1-24, 2002.

LAWSON A. E. T. rex, the crater of doom, and the nature of scientific discovery. *Science & Education* 13: 155-177, 2004.

PIAGET, J. *Introduction à l'epistémologie génétique*. Paris, P.U.F., 2.ed. Cap.VIII - Réalité et causalité, karplus, 1974.

PIAGET, J. *La explicación en las Ciencias*, Barcelona, Ediciones Martínez Roca, 1977.

ROTH, W-M.; LAWLESS, D. 2002. Science, Culture, and Emergence of Language. *Science Education*, Volume 86, Issue 3, Date: May 2002, Pages: 368 – 385, 2002.

YORE, L. D.; BIZANZ, G. L.; HAND, B. M. Examining the literacy component of science literacy: 25 years of language arts and science research. *International Journal of Science Education*. Volume 25, Issue 6, pp. 689-725(37), 2003.