

# **Interações Discursivas entre Professor e Aluno em Aulas de Física e a Construção de Argumentos**

Argumentação nas Aulas de Ciências e de Física

**Aluno:** Arthur Tadeu Ferraz

**Programa:** PIBIC/CNPq

**Orientadora:** Lúcia Helena Sasseron

## **RESUMO**

O ensino de ciências, por vezes, mostra-se rígido e imutável diante de suas dificuldades inerentes. Partindo de pressupostos sócio-interacionistas, temos por objetivo verificar que o trabalho coletivo entre os membros de uma sala de aula é, além uma excelente maneira de articular e estruturar os saberes dos estudantes, uma forma de promover o desenvolvimento de senso crítico e relações amplas entre fenômenos da natureza e o ambiente que eles vivenciam. São de principal atenção dessa pesquisa as ações do professor e as interações discursivas entre professor e aluno, promotoras da argumentação, e, conseqüentemente, do aprendizado dos estudantes para que seja possível, posteriormente, estruturar planos e metodologias de ensino.

**Palavras-Chave:** Argumentação, Interações Discursivas, Ações do Professor, Ensino de Física, Ensino de Ciências.

## 1. INTRODUÇÃO

A ciência é tida, em sala de aula, pelos estudantes, na maioria das vezes, como algo descontextualizado e misterioso. Os professores, por sua vez, poucas vezes criam ambientes que priorizem as perguntas, tornando suas aulas um acúmulo de informações e respostas a questões que seus alunos não sabem quais são.

Contrário a esse sistema de ensino deficiente, vemos diariamente o impacto que a ciência e a evolução tecnológica têm causado na sociedade. Essa grande influência da ciência e suas tecnologias se mostram claramente quando observamos os resultados valorosos atingidos no campo da saúde, no desenvolvimento cada vez mais rápido de tecnologias e aparatos tecnológicos que inevitavelmente permeiam nossas vidas ou no grande impacto que se tem no meio ambiente como um todo. A ciência se tornou um bem de consumo diante de tantos avanços e isso faz com que tenhamos, cada vez mais, que ser capazes de versar sobre essas mudanças de maneira crítica e ativa.

O conhecimento científico é algo amplo e dinâmico,

“trata-se de uma produção humana, marcada pelo contexto histórico do momento de sua produção, o que inclui desde os instrumentos até os interesses políticos e econômicos que viabilizam a sua produção”. (TEIXEIRA, 2006, p. 129)

Assim, a grande complexidade do processo de evolução e construção da ciência e suas influências, como apontado, faz com que o ensino, não só de Ciências e de Física como vamos tratar nessa pesquisa, também seja uma atividade complexa e problemática, principalmente pelo fato de não existir uma mudança contínua das tradições e práticas escolares (BORGES, 2002). Surge assim uma necessidade, quase que inerente, de se incluir e evidenciar esses processos de construção e desenvolvimento do conhecimento científico dentro do ambiente escolar, para que seja possível fornecer aos nossos estudantes habilidades de atuarem sobre o meio onde estão e estarão inseridos. Essas habilidades vão além da memorização de conceitos, teorias, leis, regras e fórmulas. Ou seja, devemos nos preocupar em ensiná-los a argumentar criticamente e não a memorizarem regras e conceitos que só poderão ter sentido a curtíssimo prazo.

O ensino de Ciências, e também o de Física, como nos mostram diversas pesquisas e propostas oficiais, tem exigido a necessidade de inclusão de novas estratégias, metodologias e conteúdos diversificados que mostrem aos estudantes que a evolução e construção da ciência são um processo contínuo e humano e que a sociedade também tem influência sobre elas.

Frente a essas confluências, vemos que há um consenso de que atualmente passamos, ou precisamos passar, por um momento de mudança, principalmente no que se diz respeito ao conteúdo do currículo escolar e metodologias de ensino e aprendizagem. Essa necessidade de mudança é visualizada com o objetivo de se “construir uma visão da Física [e da Ciência como um todo] que esteja voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade” (BRASIL, 2002, p.2).

As mudanças sugeridas e almejadas não se limitam apenas à inserção de novos conteúdos no currículo escolar, mas também sugerem que sejam feitas a reavaliação e seleção de temas relevantes e que auxiliem na formação dos estudantes mostrando a eles as características humanas da ciência. Almeja-se também que nossos estudantes sejam capazes de compreender e aprenderem relacionar os saberes adquiridos com novos saberes. Ou seja, através da ciência escolar, que apesar de apresentada de maneira simplificada, pretende-se que os estudantes criem uma visão integradora entre diferentes saberes, escolares ou não, fenômenos e tecnologias que envolvem suas vidas cotidianas.

### **1.1. ACiência no Contexto Escolar: Delimitando as variáveis da pesquisa**

A escola pode ser estudada sob diversos referenciais, podendo ser caracterizada de diversas maneiras, variando de acordo com a necessidade e com os objetivos que se quer observar dessa instituição tão complexa. Temos elementos que são considerados parte da cultura escolar, como por exemplo, as disciplinas apresentadas em blocos fragmentados ao longo dos anos, cujos alunos terão que “aprender” para serem promovidos, e elementos subjetivos que fazem parte essencialmente do cotidiano dos membros da escola, como por exemplo, os professores e a forma como desenvolvem suas aulas. Podemos também pensar na distinção entre ambiente e ensino ou, até mesmo, na escola e os diferentes

contextos sociais que ela pode estar inserida. Todas essas variáveis estão diretamente ligadas, assim, surge a necessidade de se selecionar determinados pontos para que seja possível dar segmento à pesquisa. Em nosso trabalho, teremos como foco especialmente o professor e suas ações em sala de aula e para isso será necessário também nos apoiar nas interações várias entre professor, estudantes e o conteúdo que será apresentado e discutido ao longo das aulas.

No âmbito da sala de aula, temos dois elementos fundamentais para aprendizagem e o progresso do desenvolvimento cognitivo dos estudantes: O professor e o conhecimento. Entende-se aqui que conhecimento não é apenas o conteúdo, geralmente pautado em propostas oficiais, abordado ao longo dos anos letivos, e que o senso comum nos diz ser o conteúdo que “deve” ser aprendido pelos estudantes, mas uma ferramenta que promove o desenvolvimento intelectual dos mesmos, de forma a permitir a ação sobre situações diárias que cada um poderá vivenciar ao longo de suas vidas. Do mesmo modo, o professor também não deve ser entendido como um agente transmissor de conteúdos, apenas, mas como uma pessoa essencial para promover conexões entre toda a gama de conhecimentos, saberes e informações a que os estudantes serão expostos ao longo de sua vida escolar. Para que se dê subsídios para a promoção do aprendizado dos estudantes, surge a necessidade inerente em averiguar diferentes aspectos das interações entre elementos presentes em sala de aula, de forma a evidenciar propostas e planos distintos de metodologia de ensino para dar subsídios a professores inseridos em diferentes contextos.

Nessa pesquisa o interesse central são os membros que constituem a sala de aula. Estamos interessados, em especial, na forma como se desenvolvem os saberes e o aprendizado dos alunos; para isso nos apoiaremos em alguns pressupostos, escolhidos cuidadosamente para dialogarem com a comunidade científica da área. Também dedicaremos maior atenção durante o estudo ao professor e suas ações e estratégias adotadas ao longo de uma aula, aos estudantes e como esses criam relações, saberes e argumentos, e ao conteúdo discutido ao longo das aulas, que, no nosso caso, está relacionado à Física e Ciência, o que não impede a transposição para outros contextos ou disciplinas escolares.

## **2. O PAPEL DO PROFESSOR DENTRO DA SALA DE AULA E O APRENDIZADO DOS ESTUDANTES**

Sabe-se que o professor, cada vez mais, exerce funções que contemplam diferentes níveis de complexidade. Também já é claro que o professor desencadeia uma postura não ativa dos estudantes quando age apenas como transmissor de conhecimento, utilizando-se de metodologias baseadas em memorizações, aplicações de fórmulas, conceitos ou terminologias científicas. Vemos então que o professor deve estar preparado para “criar um ambiente propício para que os alunos passem a refletir sobre seus pensamentos, aprendendo a reformulá-los por meio da contribuição dos colegas, mediando conflitos pelo diálogo e tomando decisões coletivas” (CARVALHO, 2004, p. 9). Assim, cabe ao professor a responsabilidade de fomentar e dar subsídios para promover o desenvolvimento intelectual dos estudantes dentro de uma sala de aula e fazer com que seus alunos “aprendam a argumentar, isto é, fazer com que eles sejam capazes de reconhecer às afirmações contraditórias, as evidências que dão ou não suporte as afirmações” (CARVALHO, 2004, p.9).

Dentre as possibilidades de desenvolvimento cognitivo que pode ocorrer em uma sala de aula, a construção dos argumentos científicos dos estudantes se mostra fundamental para que esses criem relações entre seus saberes e conceitos, funcionalidades e significados de elementos e situações que o cercam durante sua vida enquanto cidadãos, dotados de opinião e senso crítico. Essa capacidade de atuar e agir sobre problemas e situações cotidianas surge das potencialidades de o indivíduo criar conexões entre os instrumentos a que tem acesso e os problemas a serem solucionados (Vigotski, 2000).

O argumento é uma forma bastante clara para se averiguar e evidenciar a validade e evolução dessas conexões que promovem o aprendizado, além de estar diretamente vinculado às interações as quais o indivíduo, em nosso caso, o estudante, está submetido. São nessas interações que os estudantes passam por situações como, por exemplo, a criação de hipóteses, a refutação de uma ideia pré-concebida e, até mesmo, conclusões que podem ou não se assemelhar com as aceitas pela comunidade científica, bem como a construção, propriamente dita, de conceitos e significados. Assim, aulas de Ciências e de Física, de modo geral, quando possuem objetivos bem definidos e são estruturadas de maneira coerente

com propostas oficiais de currículo escolar, deixam de ser atribuições matemáticas a situações idealizadas, ou rótulos a fenômenos empíricos, como são conhecidas, e se tornam poderosas ferramentas de aprendizado que provavelmente serão utilizadas ao longo da vida pessoal de cada indivíduo.

De acordo com Vigotski (2000), a construção de um conceito está diretamente vinculada às relações construídas pelo indivíduo acerca de uma situação. Seguindo essa interpretação é possível inferir que o argumento pode ser desenvolvido por meio de diferentes métodos, sendo que ele se estrutura de forma a atingir uma finalidade específica que é, grosso modo, interpretar uma situação para em seguida, após o indivíduo internalizar tal conhecimento, o sujeito conseguir estabelecer generalizações e visualizar aplicações distintas a outras situações e contextos.

### **2.1. As Interações entre Professor e aluno em sala de aula**

Em uma sala de aula, a linguagem entre professor e alunos está sempre apoiada em alguma estratégia didática, variando entre atividades práticas, aulas expositivas ou discussões coletivas que visam expor uma teoria, um conceito, um modelo científico ou explorar algum fenômeno. Há diversas estratégias de ensino que, mesmo não sendo exclusivas, são fortemente utilizadas como método de ensino e aprendizagem em aulas de Ciência e de Física. Um desses métodos são as atividades práticas, ou experimentais, com as quais os estudantes são colocados frente a uma situação problema sobre a qual ele deverá construir seu aprendizado, baseado na articulação de novas evidências com os saberes prévios. Atividades práticas, em especial, possuem uma característica bastante interessante, pois se mostram o caminho mais curto quando se pensa em modificar os métodos tradicionais de ensino e, junto com essas atividades, há uma imensa variedade de formas de interações entre o professor e os alunos (MORTIMER e SCOTT, 2002). Além disso, o desenvolvimento da atividade prática está diretamente vinculado à forma como o professor orienta e fomenta o aprendizado do estudante.

Certamente há diversos outros tipos de atividades possíveis que podem ser aplicadas em sala de aula e todas podem ter um apelo ao desenvolvimento da argumentação dos estudantes. Para a verificação dos resultados dessas atividades podemos usar diversas ferramentas e métodos, como por exemplo, a análise de exercícios resolvidos pelos alunos. Acreditamos que “qualquer que seja o método de

ensino-aprendizagem escolhido pelo professor, ele deve mobilizar a atividade do aprendiz, em lugar de sua passividade” (BORGES, 2003, p. 294).

Um professor pode interagir com seus alunos de diversas formas, sendo que, quando nos restringimos a conteúdos científicos, ocorre uma variação ainda mais específica, devido tanto a essa característica singular do ensino de ciências como pela importância de se construir um ambiente propício para que ocorra esse tipo de envolvimento ativo dos estudantes. Segundo Mortimer e Scott (2002), os significados são criados na interação social e apenas depois são internalizados pelos indivíduos. Em um ambiente dinâmico como é a sala de aula, a construção de significados ocorre de maneira coletiva e são facilitados, principalmente, por meio das interações discursivas, obviamente com o professor exercendo seu papel de orientador do processo.

“Na aula de ciências, e no ensino em geral, a expressão oral é decisiva, entre outras razões, porque a instrução procede, em grande medida, através da linguagem falada e porque a aprendizagem se demonstra, em grande medida, também através dela.” (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE e DÍAZ DE BUSTAMANTE, p.360, tradução nossa)

Partindo desse pressuposto, em nosso estudo privilegiaremos as interações discursivas entre professor e seus alunos que ocorrem em sala de aula, para que sejam evidenciadas as possíveis construções de conhecimento dos estudantes e a possível influência das ações do professor. Para isso utilizaremos um *corpus* para análise rico em diálogos entre professor-estudante, estudante-estudante e estudante-conhecimento, que possibilite mostrar pontos importantes que podem nos ajudar a responder às questões norteadoras dessa pesquisa: *De que modo os argumentos científicos são construídos nas discussões estabelecidas em sala de aula?* e *Como a argumentação é promovida e fomentada pelo professor?*

A partir dessas considerações, sucintamente podemos definir nossos objetivos como sendo um estudo a fim de verificar o papel do professor na construção do argumento científico realizada pelos estudantes. Um possível desdobramento deste nosso trabalho pode advir de resultados que nos auxiliem na elaboração de diferentes Sequências Didáticas que promovam o desenvolvimento dos argumentos científicos dos estudantes.

### **3. ARGUMENTAÇÃO E LINGUAGEM**

Várias pesquisas afirmam grande desenvolvimento de habilidades cognitivas dos estudantes quando se desenvolve em sala de aula atividades que exigem ações ativas e formulação de argumento dos mesmos na resolução de situações problemas que não possuem respostas únicas (VILLANI E NASCIMENTO, 2003; AZEVEDO, 2004; CARVALHO, 2006; BRAVO E JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2010). Essa estratégia é uma ferramenta dinâmica e eficaz para que os estudantes consigam construir o seu conhecimento e atribuir significados a fenômenos e conceitos utilizando da linguagem da sua própria cultura e se apropriando da cultura e linguagem da ciência. Essa metodologia, ou melhor, ferramenta de ensino, além de dinâmica nos permite articular e discutir outros dois pontos de interesse de nosso estudo, também amplamente abordado em outras pesquisas que é a **linguagem** (SUTTON, 1997; LEMKE, 1997; VIGOTSKI, 2000) e a **argumentação** (SASSERON e CARVALHO, 2011; BARRELO, 2010; SASSERON, 2008; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE e DÍAZ DE BUSTAMANTE, 2003).

A linguagem científica nos mostra uma característica, que julgamos essencial para a formação de um cidadão contemporâneo, que é a sua grande capacidade de se ponderar, validar, avaliar, refutar e justificar diferentes hipóteses e pontos de vistas. Dentro desse pressuposto, fornecer aos estudantes a possibilidade de desenvolverem habilidades de argumentação frente a determinadas situações, favorecerá a formação de um cidadão atuante sobre a sua própria aprendizagem ao longo de sua vida, mesmo após não fazer parte do sistema escolar. Concomitantemente, identificamos a argumentação como uma poderosa aliada na promoção das habilidades de articulação dos saberes dos estudantes. De acordo com Jiménez-Aleixandre e Díaz de Bustamante (2003)

“os objetivos do ensino de ciências, como o aprendizado de conceitos e modelos ou o desenvolvimento de competências e habilidades, formam parte da adoção, por parte dos alunos, da cultura científica, transformando as aulas de ciências em uma comunidade onde se produz e se usa o conhecimento”. (p.361, tradução nossa)

A argumentação e a linguagem são elementos amplamente presentes na construção da ciência, sendo largamente utilizadas pelos cientistas em seus trabalhos. Isso ocorre por ambas estarem diretamente ligadas ao fato de a ciência

ser muito mais que a explicação de conceitos e fenômenos ou definição de termos e classificações. Assim, um plano de ensino que promove a argumentação e a linguagem se mostra essencial para a formação individual do estudante, no sentido de alargar horizontes, interpretações e percepção da relação do homem com a natureza e o ambiente que o cerca (MARTINS *et al*, 1999).

“Sabe-se que o conhecimento científico é composto por elementos, tais como leis, teorias, conceitos e princípios” (VILLANI e NASCIMENTO, 2003, p.188). Ela possui uma linguagem própria que foi moldada ao longo dos anos por diversas pessoas, culturas e momentos, históricos, culturais e políticos. A ciência apresentada aos estudantes em sala de aula, que aqui chamaremos de ciência escolar, nem sempre explicita todas essas características do conhecimento científico de forma humanizada. Isso prejudica não só o entendimento dos estudantes dessa rede tão complexa, como não permite que sejam feitas articulações entre os diferentes saberes que os estudantes possuem além de tornar a ciência algo mágico e inteligível apenas por algumas pessoas, comumente chamadas de gênios.

Sutton (1997), em seu trabalho “Ideas sobre las Ciencias e Ideas Sobre el Language”, afirma que há uma tendência criada pela própria escola em se depreciar e ignorar os erros e problemas encontrados pela ciência durante seu processo de construção e que essa tendência, além de prejudicial ao desenvolvimento intelectual dos estudantes, não dá subsídio aos mesmo de entenderem a ciência no âmbito social ou o verdadeiro significado da sua linguagem própria.

Lemke (2006) em seu trabalho intitulado “Investigar para el Futuro de la Educación Científica: Nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir” faz uma abordagem sobre os aspectos que podem e devem ser levados em conta quando se pensa no ensino e aprendizagem de ciências, sugerindo que

“necessitamos prestar mais atenção a aprendizagem que dure toda a vida, a aprendizagem que desmistifique o raciocínio quantitativo, a aprendizagem que fornece pistas para pensar com múltiplas representações em nosso novo mundo multimídia.” (p.6, tradução nossa)

Visualizamos então que a linguagem científica é uma grande aliada aos métodos de estratégia de ensino que objetivam que os estudantes sejam capazes de articular conhecimentos através de argumentos.

Outros estudos mostram que o desenvolvimento da capacidade de argumentação nos estudantes é uma ferramenta bastante eficaz para formação de

um indivíduo dotado de senso crítico, dando excelentes contribuições para os estudantes atuarem sobre o meio onde estão inseridos, mesmo quando não fizerem mais parte do sistema escolar (VILLANI e NASCIMENTO, 2003; SASSERON e CARVALHO, 2008).

Teixeira (2006), em seu artigo intitulado “Fundamentos Teóricos que Envolvem a Concepção de Conceitos Científicos na Construção do Conhecimento da Ciências Naturais”, ressalta a grande importância de se compreender o significado de um conceito científico. Nesse trabalho, ela faz articulações entre os diferentes significados que esse termo pode ter de acordo com o contexto em que está inserido e afirma que “concretamente, é preciso trazer para a sala de aula situações que possibilitem expor o que ele pensa e criar condições para que ele aprenda outros argumentos e formas de analisar fenômenos” (p.129)

A (re)construção da ciência, que almejamos em sala de aula, se assemelha ao desenvolvimento e apropriação de argumentos aos quais passamos desde que internalizamos as primeiras palavras, podendo ser potencialmente desenvolvido dentro de um ambiente que promova interação social com elementos capazes de dar subsídios para o aprendizado (VIGOTSKI, 2000). Linguagem e aprendizagem não podem ser relacionadas de maneira simplificada, principalmente devido ao fato dessa relação ser o ponto de partida para análises acerca do desenvolvimento cognitivo. Assim, acreditamos que, do mesmo modo que a ciência se constrói por meio de mudanças e reestruturações, o argumento também o é. Ou seja, o aprendizado não ocorre de maneira única e imediata, mas pode ocorrer de maneira gradativa, como um espiral, tornando-se mais sofisticado desde que haja conhecimentos anteriores previamente sedimentados além de estímulos à construção de novas ideias.

#### **4. FERRAMENTAS PARA IDENTIFICAÇÃO DO ARGUMENTO EM SALA DE AULA**

“Incluir a capacidade de argumentação nos objetivos do ensino de ciências significa, entre outras coisas: reconhecer as completas interações que tem lugar na aprendizagem, assim como a contribuição das práticas discursivas na construção do conhecimento científico; ter em conta que fazer ciência é também propor e discutir ideias, avaliar alternativas, eleger entre diferentes explicações e ampliar a visão de aprendizagem

das ciências.” (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE e DÍAZ DE BUSTAMANTE, 2003, p. 367, tradução nossa)

Há uma grande variedade de habilidades dos estudantes que evidenciam o desenvolvimento do argumento e do pensamento científico em sala de aula (SASSERON e CARVALHO, 2008). Também há diferentes formas de abordar a construção da argumentação em sala de aula. Para averiguar essa imensa diversidade na evolução dos argumentos dos estudantes, verificaremos a prática das interações discursivas entre o professor, estudantes e conhecimento como uma possibilidade de aumentar a capacidade de observação das possíveis evoluções de potencialidades cognitivas dos estudantes.

Entre outros trabalhos, Sasseron e Carvalho (2011) e Barrelo (2010) por meio da análise do discurso oral dos alunos de uma maneira que se assemelha à proposta por essa pesquisa, analisam a forma como o argumento é construído em sala de aula. Ambos têm a visão voltada diretamente aos alunos e concluem que, após o argumento ser desenvolvido, podemos visualizar determinados padrões. Esses padrões, mesmo não sendo o melhor método de classificação na evolução da argumentação dos alunos de uma sala de aula, mostram como elas ganham coerência de acordo com o desenvolvimento do conteúdo da aula. Um desses padrões é a proposta de Toulmin e tem como principal preocupação:

estabelecer uma interpretação estrutural da argumentação a fim de perceber de que modo sua validade ou invalidade está relacionada dentro do argumento. Seu objetivo era mostrar que nem todos os argumentos podem ser enquadrados na forma “das premissas às conclusões” (SASSERON e CARVALHO, 2011).

Mortimer e Scott (2002), no artigo “Atividade Discursiva nas Salas de Aula de Ciências: Uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino”, fazem uma análise qualitativa das falas do professor em uma aula experimental de ciências dos anos iniciais que se baseia nas mesmas ideias sócio-interacionista que adotamos. Os autores desenvolvem uma estrutura analítica que, nesse projeto, está sendo utilizada como “uma ferramenta para analisar as interações e a produção e significados em salas de aula” (MORTIMER e SCOTT, 2002, p.285). Essas interações se referem, essencialmente, ao papel do professor, contemplando desde suas intenções e ações até métodos de abordagem do conteúdo da aula. As intenções e ações do professor se referem à forma como o professor promove e conduz a estratégia de ensino adotada, tornando o conteúdo apresentado aos

estudantes algo relevante para a sua formação escolar e pessoal, ao passo que os métodos de abordagem comunicativa estão ligados ao modo como o professor produz e usa seu discurso em sala de aula.

#### **4.1. O Padrão de Argumento proposto por Toulmin**

Na área de pesquisa em educação, faz-se necessário o uso de ferramentas de análise adequadas para se estudar o ambiente da sala de aula. Uma dessas ferramentas, que é bastante apropriada a nossa pesquisa, é o padrão de argumento proposto por Toulmin, do inglês Toulmin's Argument Pattern – TAP – (SASSERON, e CARVALHO, 2011; BARRELO, 2010; SASSERON, 2008; SIMON et al, 2006; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE e DÍAZ DE BUSTAMANTE, 2003; VILLANI e NASCIMENTO, 2003). Como dito anteriormente, essa ferramenta tem fundamental relevância em nosso trabalho para se identificar e avaliar a estrutura dos argumentos.

O TAP é composto por vários elementos, sendo dois deles essenciais, para que seja possível a identificação e estruturação de um argumento. Os elementos fundamentais são os **dados(D)** e a **conclusão(C)**. Assim, a partir do momento que o interlocutor, no nosso caso o estudante, recebe um dado ele pode estruturar seu argumento, da maneira mais simples, retornando uma conclusão gerada a partir desse dado que lhe foi disponível. Temos então que os dados são declarações usadas como evidência para apoiar a conclusão.

Claro que visualizar essa estrutura na fala de um estudante não é suficiente para afirmar que houve elaboração de argumento então são inseridas informações adicionais. Inclui-se então um elemento que designa **garantia (W)**, que podem ser entendido como um conjunto de regras ou princípios anteriormente internalizados pelo interlocutor.

Outros que são incluídos são o **conhecimento básico (B)** e o **qualificador (Q)**. O conhecimento básico dá força a garantia e também se trata de um conhecimento prévio, ao passo que o qualificador da maior validade a conclusão.

Um último elemento que pode ser encontrado no TAP é a **refutação (R)** que explicita condições em que a conclusão não se adequa as garantias e conhecimentos básicos exigindo a nova estruturação do argumento.

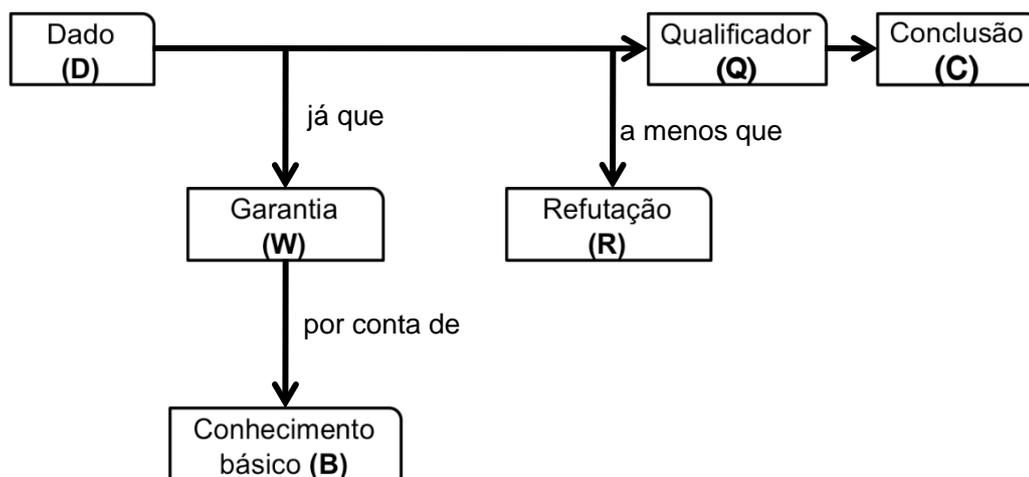


Figura 1 – Padrão de Argumento proposto por Toulmin – TAP

Nas aulas de ciências que promovem argumentação através da interação entre os estudantes esse padrão de argumento pode ser encontrado na fala de um aluno ou na de vários, uma vez que o desenvolvimento da argumentação em sala de aula pode ser um processo coletivo.

#### 4.2. Articulação do TAP: Adequando a ferramenta de análise

O padrão proposto por Toulmin se mostra uma ferramenta poderosíssima para se verificar a estrutura e qualidade do argumento produzido, em nosso caso os possíveis argumentos dos estudantes, no entanto durante leituras posteriores de outros referenciais, ele nos pareceu pouco adequado, ou insuficiente, para se fazer a identificação de um argumento construído coletivamente. Então fizemos algumas aproximações e articulações para que fosse possível fazer análises mais profundas de situações reais de sala de aula.

Tínhamos que um argumento mais simples, de acordo com TAP, deveria conter necessariamente um dado e uma conclusão. Ou seja, a partir de um dado o aluno construiria o argumento chegando a uma determinada conclusão. O dado, como proposto por Toulmin, não aparece isoladamente durante o processo de discussão realizado pelo professor em sala de aula, portanto, devemos também considerar o conhecimento básico outro elemento fundamental para que o aluno possa elaborar um argumento. Sabendo isso, consideramos que, em uma primeira aproximação, o conhecimento básico, associado à garantia, são elementos

utilizados como um **instrumento (I)** pelo professor, para que os alunos sejam capazes de versar sobre o dado e por sua vez possa construir seu argumento, chegando a conclusão. A garantia e o conhecimento básico, de acordo com Toulmin, e com nossa adaptação, são fundamentais para que se promova o desenvolvimento do argumento do estudante, podendo eles ser um conhecimento do estudante, previamente trabalhado e sedimentado, ou um conhecimento recente, apresentado pelo professor ou pelos outros participantes do processo de discussão realizado durante a aula. Temos então que o instrumento, como nós propomos, é algo dinâmico, advindo de outros momentos e/ou outras situações.

Pensando nos objetivos de um professor, que desenvolve sua aula baseado em estratégias que tem o propósito de desenvolver habilidades de argumentação de seus alunos, o argumento final trabalho ao longo da aula, adquire a posição de objetivo daquela aula, assim temos que o dado e a conclusão, de acordo com TAP, seriam como um **objeto (O)**, ou seja, uma investigação proposta pelo professor para que o aluno construa conhecimento por meio das discussões e do desenvolvimento da argumentação.

Ao fazermos tais aproximações, que leva em conta os objetivos do professor em sala de aula, como uma ferramenta de análise, surge a necessidade de considerar a participação e atuação dos estudantes. Dessa forma, caracterizamos os três elementos que estão nortearão nossa pesquisa e análise. Esses elementos são o sujeito, os instrumentos e os objetos e estão intimamente ligados quando se pensa no estudo do desenvolvimento intelectual da argumentos argumentação na sala de aula:

**(S) Sujeito** – Trata-se dos alunos, não de maneira individual e específica, mas da turma como um todo, de maneira coletiva. Eles são fundamentais nesse ponto, uma vez que o que se almeja ao longo da aula é que eles desenvolvam capacidades e habilidades através da argumentação e da interação entre os membros da sala de aula.

**(I) Instrumento** – São as ferramentas utilizadas pelo professor e pelos alunos ao longo da aula que subsidiam a evolução dos argumentos dos estudantes. Em outras palavras, são os conhecimentos abordados em outros momentos e que os alunos já possuem, podendo ser fornecido no momento inicial das discussões realizadas como uma retomada de conhecimento. Também pode ser a metodologia que o professor adota para elaborar sua aula.

**(O) Objeto** – É o conteúdo formal a ser trabalhado, que pode ser apresentado na forma de um problema, sobre o qual o professor almeja que os estudantes construam seu conhecimento.

Seguindo essa nova ferramenta de análise, o professor é fundamental no professor de promoção de discussões entre os estudantes, sendo responsável por agir ativamente ao longo da aula. Ou seja, para que haja vínculo entre esses elementos, são fundamentais as ações do professor, pois ele será o responsável em estabelecer as conexões necessárias para que seja possível desenvolver o argumento dos estudantes a partir do instrumento. Desse modo podemos criar um diagrama que evidencie a relação entre esses elementos.

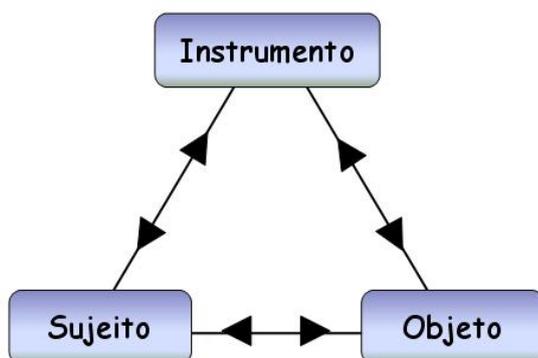


Figura 3 – Representação esquemática da relação entre os elementos de análise. Nessa representação o professor é o responsável pela ligação entre os três elementos.

Pode-se notar a falta de um elemento que designa conclusão ou encerramento do ciclo como um todo, isso ocorre devido à relação entre o instrumento e o objeto. Considera-se que o instrumento representa as ferramentas e conhecimentos dos alunos para a obtenção do objeto. Ou seja, com o auxílio do instrumento é que os alunos desenvolvem argumento para construir o objeto. Como dito, o ciclo não se fecha, mantendo-se como uma espiral, de maneira que a partir do momento que o aluno internaliza o objeto, esse, por sua vez, se torna um instrumento, ou parte de, para se desenvolver um próximo objeto.

## **5. ESTUDO DE UMA SITUAÇÃO DE SALA DE AULA**

Para realização de um estudo de caso pautado no estudo do referencial teórico citado nas seções anteriores, foram registradas em forma de vídeo aulas que fazem parte de uma Sequência Didática – SD – aplicada ao 3º ano do Ensino Médio em uma escola da rede pública de ensino da cidade de São Paulo. Os vídeos tiveram os diálogos dos alunos e do professor transcritos para que fosse possível evidenciar as conclusões e considerações de nossa análise.

A SD é composta de um total de 12 aulas, sendo que todas as aulas serão aplicadas sempre pelo mesmo professor e os registros feitos sempre com a mesma turma de alunos. Todos os nomes apresentados posteriormente serão modificados para manter a privacidade dos estudantes. Durante as aulas, haverá várias atividades que objetivam a promoção e desenvolvimento da argumentação dos estudantes e abordarão um tema de grande relevância para o currículo escolar de física que é a dualidade da luz. Esse tema é parte integrante de uma área de estudos chamada Física Moderna e Contemporânea que, por ter sido apenas recentemente introduzida no currículo escolar, tem gerado muitos estudos em torno de sua aplicabilidade. Dessa forma, estes estudos favorecem a análise a partir de referenciais atuais e das variáveis envolvidas na construção dos argumentos dos estudantes.

Para este estudo, serão analisadas qualitativamente as aulas 11 e 12, ministradas conjuntamente. Essas aulas foram utilizadas anteriormente em um estudo com outro enfoque (BARRELO, 2010) e isso também nos permitirá verificar a pluralidade de processos de ensino e aprendizagem que ocorrem em sala de aula.

Outro aspecto de grande relevância na escolha destas aulas em vídeo como material de base para o presente estudo é a proposta de avaliação de desempenho do estudante adotada pelo professor que difere dos moldes tradicionais nos quais as questões formuladas assumem apenas uma possibilidade de resposta. Esta estratégia permite o desenvolvimento do pensamento científico-investigativo do aluno que, constrói hipóteses originadas da concatenação dos fenômenos presenciados, dos conhecimentos prévios, da discussão mediada pelo docente e do argumento construído durante a aula.

## **5.1. A interpretação da Ciência Sobre o Comportamento da Luz**

Nessa seção nos propomos a apresentar brevemente a Sequência Didática que será utilizada nas aulas que nos servirão como material de análise. Ressaltamos aqui que essa Sequência foi desenvolvida ao longo de um projeto de Mestrado (referencia, 2000).

O assunto predominante a respeito do qual essas aulas da SD serão desenvolvidas é o comportamento que a luz possui em diferentes situações e suas interpretações pela comunidade científica. Por se tratar de um elemento físico de características abstratas à percepção dos estudantes, sendo possível apenas a visualização de sua interação com o meio, a dialética envolvida e mediada pelo professor direcionada ao entendimento dos fenômenos pelo aluno tem grande possibilidade de ser bastante fértil na medida em que fornece elementos necessários e pertinentes ao estudo proposto no presente trabalho.

Uma das principais questões da física está relacionada à natureza da luz. Afirmamos que, nas aulas que analisaremos, em momentos anteriores de sua vida escolar, os alunos tiveram contato com as diferentes características e comportamentos desse elemento tão complexo e ambíguo. Essa afirmação se mostrou bastante clara na leitura da SD, mas também pode ser considerada verdadeira devido a outras frentes da física que são abordadas no currículo do ensino médio em outros momentos da vida escolar do aluno.

Durante as aulas da SD a luz será tratada de maneira microscópica e o objetivo principal das aulas a serem estudada pode ser definido, sucintamente, em interpretar e definir suas propriedades e características de acordo com os resultados obtidos por um experimento que será apresentado em uma aula anterior às aulas que serão gravadas e analisadas.

O experimento utilizado será um interferômetro, (definir interferômetro) conhecido como *interferômetro de Mach-Zehnder* e será apresentado aos alunos de dois modos. O interferômetro *real*, que os alunos poderão ver o aparato montado fisicamente e poderão contato tanto com sua composição física quanto ao resultado que seria interpretado nas aulas subsequentes. Devido a limitações e complexidade do manuseio do experimento real, a segunda etapa consiste em realizar o mesmo experimento com o auxílio de um software de computador. Esse “segundo

experimento” é o interferômetro *virtual*: uma simulação de computador que, de maneira lúdica, representa o comportamento da luz ao longo do seu percurso promovido pelos elementos que compõem o interferômetro. Os alunos terão contato com ambos os experimentos, real e virtual, durante as aulas que antecederão as aulas que serão analisadas.

Após o manuseio dos experimentos, será feita uma discussão acerca dos fenômenos observados pelos alunos e em seguida eles farão um pequeno questionário que servirá como um exercício de síntese do conteúdo que eles discutirão.

### **5.1.1. O Uso do TAP para Caracterizar os Objetivos da Aula**

Com o estudo da SD, é possível perceber que a aula teria dois momentos distintos. De forma a facilitar o processo de análise das aulas escolhidas, utilizamos o TAP de maneira distinta da apresentada nos referenciais estudados.

Os objetivos das aulas apontados pela SD era caracterizar os diferentes aspectos da natureza da luz e 4 das diversas possíveis interpretações da comunidade científica acerca desses fenômenos (PESSOA, 2003). Assim construímos dois argumentos elaborados, de acordo com a estrutura do TAP, de forma a explicitar os objetivos das aulas.

#### Argumento baseado no TAP #1

- (D) – Apenas uma característica da luz não explica todos os resultados observados;
- (C) – Definem-se características à luz de acordo com o que se observa da sua interação;
- (W) – Imagens obtidas pelo Interferômetro;
- (B) – A luz pode ser onda ou partícula;

#### Argumento baseado no TAP #2

- (D) – A ciência é uma construção humana e podem dar diferentes explicações ao mesmo fenômeno;
- (C) – Cada “frente científica” interpreta os fenômenos relacionados à luz de uma maneira diferente;

- (W) – Diferentes interpretações são “aceitas” desde que tenham coerência e possam ser generalizadas com relação a outros fenômenos;
- (B) – Há diferentes interpretações sobre a natureza da luz;

Podemos representar os argumentos #1 e #2 acima na forma de um esquema:

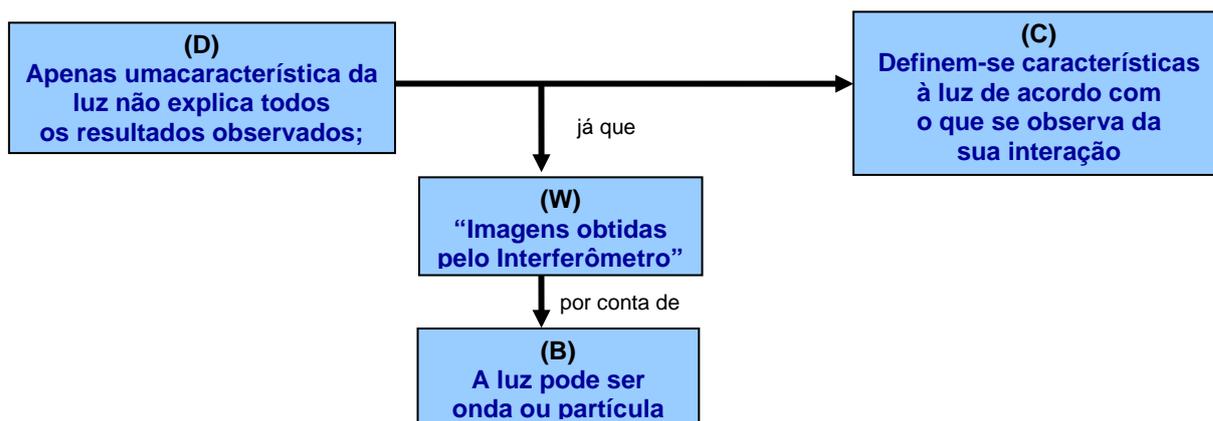


Figura 4 – Representação do argumento elaborado de acordo TAP#1.

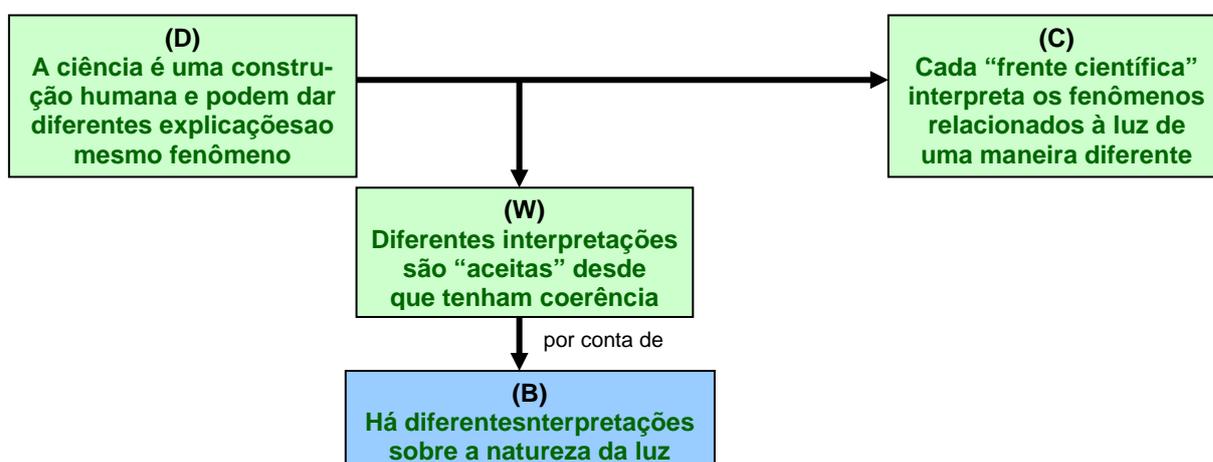


Figura 5 – Representação do argumento elaborado de acordo com TAP#2.

É evidente que não se espera dos estudantes que construam seus argumentos idênticos aos apresentados acima. No entanto, almeja-se que eles saibam versar sobre o assunto da aula de forma condizente com o que é esperado. Nesse ponto o professor é essencial para direcionar e promover as discussões que

surgiram no decorrer das aulas e estabelecer vínculos e relações entre os argumentos e ideias que os alunos poderão apresentar.

## **5.2. Analisando as Aulas SD: Resultados e Discussão de uma situação real**

Novamente afirmamos que, nas aulas analisadas, os alunos já possuem o conhecimento prévio de que a luz apresentava comportamento ondulatório e, devido a esse comportamento, interagia com o meio de diferentes formas apresentando diferentes fenômenos. Esses diferentes fenômenos foram estudados anteriormente e são denominados de acordo com as suas propriedades e características como, por exemplo, a reflexão, refração, difração e interferência (aqui chamaremos de termos *científicos* os termos que representam um comportamento da interação da luz com o meio, pois esses termos são conhecidos pela comunidade científica). É importante ressaltar nesse ponto que as características ondulatórias da luz se assemelham bastante ao comportamento das ondas mecânicas, que, geralmente, faz parte da ementa do curso de Física do 2º ano do Ensino Médio, validando a nossa afirmação feita anteriormente de que eles já possuíam conhecimentos acerca do tema. Da mesma forma, os alunos também sabiam que a luz apresentava características corpusculares e, nessa situação, a “luz corpuscular” é denominada fóton.

Foi possível perceber que as aulas analisadas estão divididas em duas partes distintas. Na primeira parte, o professor estabelece alguns dos seus objetivos com os alunos de forma a recordar o que já foi discutido em aulas anteriores para dar sequência ao seu plano de aula e chegar às conclusões pretendidas na segunda parte acerca do assunto principal da aula. O professor pretende que os alunos construam conhecimento sobre o conteúdo abordado, para isso ele fornece recursos que permitem aos alunos solidificarem as bases conceituais estudadas anteriormente a fim de sustentar as novas discussões.

A seguir estão organizados, em duas seções distintas (seções 5.2.1 e 5.2.2), os turnos das aulas que evidenciam o objetivo do professor em cada uma das partes da aula mencionada acima, bem como o seu progresso com o desenvolvimento da turma.

### 5.2.1. Primeiro Momento da Aula: Organização de conceitos

O professor começa a aula retomando os resultados das experiências, real e virtual, realizada nas últimas aulas. Basicamente, os resultados eram figuras que apresentam um padrão de interferência. O professor incita os alunos a pensarem sobre o que estavam observando e organiza os apontamentos dados pelos mesmos.

Turno	Falas transcritas	Breve análise/Observações
26	Professor: É isso. Ao invés de ver várias figuras, veria um círculo. Aí, agora a pergunta... Ronaldo! Alguém consegue me explicar por que isso? [inaudível] Mas por quê? Dá pra explicar por quê?	Professor retoma os resultados que, nesse caso, são as figuras geradas pelo interferômetro.
27	Pedro: [inaudível] Eu consigo explicar o que é, mas porquê eu não sei.	
28	Professor: Não, nós não chegamos neste ponto ainda. [refere-se à explicação do que é o fenômeno] (07:57)	
29	Lucas: [quase inaudível, tentando explicar o que está acontecendo] é igual aquela experiência que a gente batia o dedo na água e fazia umas ondas, elas se aumentavam, aumentava não, elas ficavam juntas [entrelaça os dedos das mãos] só que eu esqueci o nome do fenômeno	Aluno faz a associação da imagem com elementos da física ondulatória.
30	Professor: interferência de ondas?	O professor classifica o que o aluno tentou dizer, mas com terminologia científico para dar validade ao que foi dito e situar os outros alunos da turma.
31	Lucas: É, acho que é. Só que faz mile e anos, tá ligado.	
32	Professor: Pessoal, a gente tá dizendo aqui oh... A gente tá observando nesse ponto a interferência das ondas, certo? E a gente enxerga aqueles pontos coloridos quando a interferência é construtiva. O que significa isso? As duas frentes de onda que estão se encontrando, estão na mesma fase, então elas se somam e você vê o ponto claro. Quando elas estão em fases opostas, a gente vê o que? A interferência é destrutiva, elas se anulam, não é isso? O que acontece desse ponto pra esse é uma inversão dessas fases, tá?	Explica o fenômeno apontado pelo aluno, pois apesar da falta de conceito formal na fala do aluno, era o que o professor esperava ouvir para dar continuação a aula.

No turno 29, Lucas faz uma associação que pode dar a explicação para forma da imagem gerada pelo experimento. Podemos notar que a imagem é um elemento que evidencia o instrumento que, nesse caso, é o interferômetro de Mach-Zehnder. O sujeito/aluno faz um apontamento e, por intermédio do professor, evidencia uma característica relevante que promove a relação do que se está discutindo com o que já havia sido discutido em outro momento. Nesse ponto já é possível perceber que o professor está sendo o intermediador do processo da construção do argumento, pois, por meio de perguntas o sujeito é direcionado a refletir sobre o problema em discussão.

Turno	Falas transcritas	Breve Análise/Observações
38	Professor: Isso. E aí o que vai ta acontecendo? Vamos supor que a fase 1 tá vindo pra cá e a 2 pra cá, certo? [mostra no quadro] Nesse caso aqui, eu vou pegar a 1 deste, né? E vai interferir com a outra que ta aqui, não é isso? Então o que tá acontecendo é que ela tá pegando os lados simétricos, tudo bem? Bom, aí a gente mudou pra fóton, como vocês bem responderam na última aula, o que acontece com o padrão da figura? O resultado.	Organização do primeiro elemento do instrumento e início do desenvolvimento do segundo.
39	Lucas: (10:00) Igual, mas pontinhos.	Luz CORPÚSCULO.

Nesse segundo momento (turno 38 e 39) o professor muda as variáveis envolvidas no experimento. Como o interferômetro de Mach-Zehnder é uma espécie de caixa preta, onde só se tem o resultado final (que é a imagem) cabe a elaboração de esquemas e modelos a partir do que se já conhece para se chegar a conclusões.

Turno	Falas transcritas	Breve Análise/Observações
45	Professor: Vamos chamar esse de 1 e esse de 2.	
46	Daniel: Tá. O 2 é de fóton e o de cá onda	
47	Professor: O que eles têm de semelhante?	Professor quer expor os diferentes caminhos que se pode chegar a um mesmo objeto.
48	Daniel: O desenho...	
49	Professor: A imagem? Tá... E o que vai ter de diferente?	
50	Daniel: É como se forma.	
51	Professor: É o que?	
52	Lucas: Gradativamente, professor, conforme os fótons vão chegando. (11:25)	
53	Professor: dessa maneira [aponta para uma das imagens], a formação, ela é instantânea, né? E nessa aqui [aponta a outra imagem] ele vai se formando conforme vai acontecendo a chegada das partículas.	Classificação do segundo elemento do instrumento. (luz corpúsculo)

Do turno 45 ao 53, verificamos que, após o professor lançar uma nova questão, os alunos já tinham conhecimentos pré-concebidos sobre o comportamento das variáveis envolvidas no experimento, assim, suas questões, só fizeram com que os alunos retomassem os seus saberes de maneira organizada para que fosse possível dar continuidade aos objetivos da aula.

Vemos que, com o auxílio do professor, o sujeito demonstra que já possui os instrumentos necessários para se chegar ao objeto desejado. Ao passo que o quadro a seguir, que nos mostra os turnos 66 ao 69, evidencia que após os instrumentos estarem expostos, o professor “fecha” um primeiro ciclo moldando o objeto que será o instrumento do segundo momento da aula.

Turno	Falas transcritas	Breve Análise/Observações
66	Lucas: Enquanto que na outra figura como tem um detector ele impede a passagem de um dos caminhos de chegar no anteparo, então só tem um caminho que o fóton pode passar. Por isso, ele não forma a figura. (12:52)	
67	Professor: Tá. Então, nesse caso, não tem interferência e aqui a gente tem interferência, não é isso? Bom, agora o seguinte, o que a gente veio conversando ao longo do ano inteirinho é que a física pode explicar as coisas de duas maneiras, ou como onda ou como partícula.	Professor evidencia o instrumento que consiste no comportamento dual da luz.
68	Beatriz: A luz.	
69	Professor: Não, as coisas, no geral. Pra luz, em particular, nós chegamos numa encruzilhada. Nós chegamos numa encruzilhada agora A Bia, se eu não me engano na aula passada, no finalzinho da aula, colocou exatamente qual era o nosso problema. Como é que eu explico, se eu pensar que a luz é uma partícula e o fóton é uma partícula, como é que eu explico a interferência pra um único fóton? Então, é isso que a mecânica quântica vai tentar conversar com a gente	O ciclo se completa com o objeto “a mecânica quântica e suas interpretações”.

Sinteticamente podemos escrever um novo quadro que representa o ciclo da primeira etapa da aula (fig 2.) onde o sujeito continua sendo a turma de alunos, o instrumento é o Interferômetro de Mach-Zehnder, que serve de ponto de partida para a discussão da aula evidenciando as características ondulatórias e corpusculares da luz, e o objeto são as diferentes interpretações dada pela comunidade científica através da mecânica quântica.

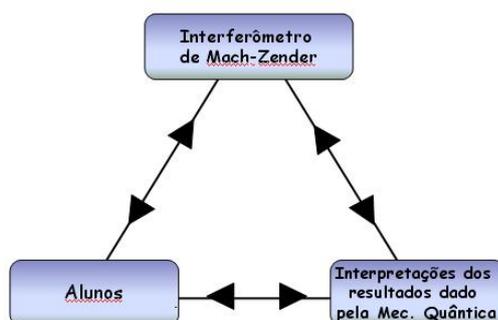


Figura 6 - Representação esquemática dos elementos de análise que ocorreram durante o primeiro momento da aula

Dessa maneira, é possível notar claramente que o professor utilizou conhecimentos aprendidos anteriormente pelos alunos, retomados com o instrumento, para chegar ao ponto principal da aula discutido na seção a seguir.

### 5.2.2. Segundo Momento da Aula: Das hipóteses à conclusão

Estruturadas as bases conceituais necessárias para discutir e elaborar o próximo objeto (primeira parte da aula) é possível notar a sequenciação das ideias discutidas naquela aula. No entanto, o objeto do ciclo anterior, que são “as diferentes interpretações dadas pela mecânica quântica”, torna-se instrumento de estudo nesse novo momento, onde agora os alunos têm esse novo elemento para desenvolver através da discussão. Essa “transformação” do objeto em instrumento pode ser observada nos turnos 69 acima e, mais claramente, no turno 71, a seguir:

Turno	Falas transcritas	Breve Análise/Observações
71	Professor: Não, um único. Como é que um fóton interfere com ele mesmo. [inaudível, vários alunos falam ao mesmo tempo] Não, não, perai. Pessoal, diferente do que eles tão dizendo aqui, não é quando a gente tem assim, ah, eu tenho a luz interagindo com outra coisa, aí você tá aumentando as variáveis. Nós estamos pensando assim, olha... Foi isso que a Bia discutiu aqui na última aula. Como é que eu explico interferência para um único fóton? Ele com ele mesmo. Na nossa figurinha lá, se eu lançar apenas um único fóton, entendeu? Diferente do que a gente tinha no real, que a gente manda um feixe, a gente tá mandando milhões ao mesmo tempo e aí eu posso continuar pensando em bolinhas colidindo uma com a outra, né? Agora não, eu tenho um único. E nesse único eu continuo tendo interferência.	O professor mostra a necessidade de explicações “mais concretas” para os fenômenos conhecidos pelos alunos. Uma vez que a mecânica quântica foi apontada no turno anterior, fica claro que os elementos que os sujeitos/alunos possuem precisam ser trabalhados a fim de se chegar a novas interpretações e conclusões.

De acordo com a proposta do professor, e do próprio instrumento a ser trabalhado, espera-se que apareçam ao longo da discussão as diferentes interpretações da mecânica quântica a respeito da natureza da luz. Nesse ponto o papel do professor é fundamental para incitar os alunos a elaborarem hipóteses e argumentarem acerca das observações e resultados dados pelos experimentos.

Turno	Falas transcritas	Breve Análise/Observações
99	Professor: Tinha também. Vamos pensar o seguinte, olhando aí pro quadrinho de vocês, tá? Existem várias interpretações pra essa situação, tá? A mecânica quântica apresenta quatro em particular. Elas são as quatro mais discutidas. Quatro possíveis pensamentos pra gente tentar entender a natureza da luz.	Para dar rumo e chegar objetivo da aula, o professor esclarece, parcialmente, aos alunos o que estão estudando.

No turno 99 o professor dá uma visão simplificada, mas direta, do seu propósito com a discussão. Isso promove que o sujeito crie relações menos limitadas e desprendidas de uma única resposta, além de dar, indiretamente, sustentação para desenvolver o próximo objeto.

Esse novo objeto são as 4 interpretações dada pela comunidade científicas, acerca do comportamento da luz e dos resultados do experimento de Mach-Zehnder, que são as seguintes interpretações:

- 1 – Ondulatória: A luz é uma onda;
- 2 – Corpuscular: A luz é uma partícula;
- 3 – Dualista realista: A luz é uma partícula com uma onda associada a ela;
- 4 – Complementaridade: A luz pode ser corpúsculo ou onda;

Do turno 105 ao 113, fica evidente o papel fundamental de orientar as discussões que o professor exerce junto com o sujeito/alunos para a elaboração do objeto.

Turno	Falas transcritas	Breve Análise/Observações
105	Professor: Já tava com a caneta pronta... Vamos pensar antes da gente olhar lá o que ta escrito. A gente tem uma interpretação que recebe o nome de ondulatória. Segundo essa interpretação a luz é?	A interpretação ondulatória da luz foi o instrumento da “outra etapa”, mas agora ela compõe um dos itens do objeto que está sendo trabalhado.
106	Alunos: Onda.	
107	Professor: A gente tem uma interpretação que é a corpuscular.	Assim como a interpretação ondulatória, a interpretação corpuscular também foi instrumento em outro momento.
108	Lucas: Partícula? Os fótons?	
109	Professor: São fótons? Fóton é uma partícula de luz? Existe uma interpretação... Vou pular pra ultima... Dualista.	Nesse ponto fica evidente a necessidade do professor no papel de intermediador entre o conteúdo/conceito e os alunos.
110	Bruna: Ora como onda e como partícula.	
111	Beatriz: Onda e Partícula.	
112	Lucas: É onda e partícula?	
113	Professor: Que ela pode ser as duas coisas ao mesmo tempo? É uma partícula que é associada com uma onda ou uma onda com uma partícula...	

As interpretações 1 e 2 já estão bem estabelecidas, como mostram as respostas dadas pelos alunos nos turnos 106 e 108, pois foram trabalhadas no início da aula e em diferentes momentos da formação do aluno, portanto, não se fez necessário um aprofundamento nelas. Ao mesmo tempo, as interpretações 3 e 4 precisam ser trabalhadas para mostrar mais claramente que a ciência permite diferentes conclusões sobre um mesmo fenômeno, ou seja, lapidar o objeto trabalhado na aula.

A partir do turno 113, os alunos são confrontados e induzidos a elaborar argumentos de acordo com o que já conhecem para compreenderem as

interpretações quânticas e, fomentado pelo professor, inicia-se o levantamento de uma série de hipóteses e testes acerca do novo instrumento que se está trabalhando. Lembramos, nesse ponto, que esse novo instrumento foi o objeto do primeiro momento dessa aula. Os alunos criam relações entre os elementos que foram evidenciados pelo professor para descrever as outras interpretações quânticas sobre o comportamento da luz.

A partir do turno 133, como vemos abaixo, o aluno Lucas, propõe uma possibilidade que, como vemos nos turnos posteriores, se desenvolve nas falas dos outros alunos. Vitor, no turno 140 tenta aprimorar a hipótese lançada por Lucas, mas não consegue concluir o argumento, no entanto, nos turnos 150 e 152, a aluna Bruna, após orientações do professor, consegue dar certo formalismo ao argumento e, inclusive, usa a terminologia correta para a interpretação da Complementaridade. Essa sequência, dos turnos 133 ao 152, deixa evidente que o argumento científico não foi construído individualmente, mas sim de maneira coletiva. Ou seja, os alunos ampliaram suas hipóteses a partir de hipóteses anteriores dadas por outros alunos e pela orientação ativa do professor.

<b>Turno</b>	<b>Falas transcritas</b>	<b>Breve Análise/Observações</b>
133	Lucas: E se eu falar que a luz é partícula com fatores ondulatórios ou é onda com fator de partícula?	Aluno questiona sobre a possibilidade do comportamento da luz.
134	Professor: Aí nesse caso, você acha que vai ta dentro de qual dessas interpretações?	O professor tentando organizar a hipótese do aluno com a terminologia correta.
135	Lucas: Então, mas assim, no meu raciocínio ela segue um caminho, mas só que o que complementa ela é o outro.	
136	Professor: Dá pra encaixar, não dá? Dentro de uma dessas interpretações. Fala aí, Karina.	
137	Karina: Não sei.	
138	Vitor: Posso tentar?	
139	Professor: Pode.	
140	Vitor: Tipo... microscopicamente é uma partícula, macroscopicamente ela é uma onda	Tentativa do aluno de organizar os conhecimentos adquiridos ao longo da discussão.
141	Professor: Ta. Segundo o Vitor, se a gente olhar lá no microscópio... Microscópio não, se olhar no mundo dos micro, né? Se for pensar nela lá, enquanto natureza mesmo, na sua formação ela é?	Sistematização dos apontamentos dos alunos.
142	Vitor: Partícula.	
143	Professor: Partícula. Mas se a gente observar de fora, no macroscópico, é isso? Aí ela é onda. Pode ser isso?	
144	Beatriz: 21:48 depende de como se olha.	
145	Professor: Pra você isso é complementaridade?	
146	Beatriz: É?	

147	Vitor: Sim.	
148	Bruna: Pra mim não é.	
149	Professor: Pra você é o que isso?	
150	Bruna: Porque aí ela ta sendo duas coisas ao mesmo tempo. Complementaridade é quando ela ta sendo ora uma coisa ora outra.	Explicação da interpretação quântica da complementaridade.
151	Vitor: Então...	
152	Bruna: Não. Porque o que eu to falando... No micro... Olha, no mesmo momento quando você analisa no micro ela é partícula e no macro ela é onda. Você ta pensando no mesmo momento, então na mesma coisa ela ta sendo duas coisas ao mesmo tempo, no mesmo momento ela ta sendo duas coisas ao mesmo tempo. Mas pra ser complementar no momento "x" ela ta sendo uma coisa e no momento "y" ela ta sendo outra, entendeu?	Explicação da interpretação quântica da complementaridade com formalismo e garantia.

Para concluir o objeto dessa segunda etapa da aula, o professor retoma alguns dados que foram discutidos recentemente para organizar o que os alunos tinham apontado ao longo da discussão e que se mostram relevante para que seja possível caracterizar a próxima, e última, interpretação quântica acerca sobre o comportamento da luz que é a interpretação dualista realista. Vemos no turno 175 que, para organizar os conhecimentos dos alunos ele reinicia a discussão fazendo os alunos restabelecerem a definição sobre o que é e como ocorre a interferência da luz, que é o resultado dado pelo experimento utilizado.

Turno	Falas transcritas	Observações
175	Professor: Vamos pra linha de baixo. Pra cada uma dessas interpretações, como é que a gente, como é que a gente explica a experiência do interferômetro? Supondo que a gente... Vamos explicar o interferômetro ideal, já que nem todo mundo conseguiu ver no real. Como é que a gente explica a figura? Essa figura 1 que ta ali. Se é uma onda, como é que a gente pode explicar a interferência?	O professor tenta ressaltar os apontamentos mais importantes feito pelos alunos para facilitar o entendimento dos mesmos sobre o que está sendo discutido.

A interpretação dualista realista exige que seja compreendido que a luz possui duas características simultâneas, logo ela possui tanto o comportamento ondulatório como o corpuscular. A pergunta realizada pelo professor no turno 175 se refere ao comportamento ondulatório da luz, bem como a pergunta realizada no turno 186, que orienta o pensamento do aluno e confronta o seu raciocínio com uma refutação.

Turno	Falas transcritas	Observações
186	Professor: E como partícula? Como é que a gente explica isso? Alguém que não falou ainda... Felipe, Priscila, Talita, John... Como é que eu explico essa interferência se for	O professor retoma, através de perguntas, as variáveis importantes a solução do problema.

partícula?

Devido a complexidade de vincular as respostas à interpretação, os alunos, apesar de conseguirem argumentar acerca da interferência de ondas e de fótons, não conseguem estabelecer relações entre os fenômenos ressaltados pelo professor com a terminologia científica correta para a interpretação dualista realista, entretanto, o professor condensa as idéias dos alunos, após um intervalo de discussões, fornecendo a definição dessa última interpretação, como mostra o turno 205.

Turno	Falas transcritas	Observações
205	Professor: É... Dualista-Realista vocês falaram que a luz era as duas coisas ao mesmo tempo. A interferência acaba sendo o quê? Como é que eu explico a interferência dualista? E aí, pessoal? Pra última interpretação vocês disseram que a luz era as duas coisas são mesmo tempo, onda e partícula.	O professor insere na discussão a terminologia científica correta pautada nos apontamentos realizados pelos alunos, mas para sedimentar o argumento dos mesmos, ele coloca uma questão frente ao novo conhecimento adquirido.

A organização final feita pelo professor mostra-se útil para o encerramento do segundo objeto. No entanto, apenas a classificação do conceito científico discutido pode não ser um elemento eficaz para a sedimentação do argumento científico que se deseja que os alunos adquiram. Assim, seguindo o conhecimento recém adquirido pelos alunos, o professor insere uma questão específica ao contexto da discussão, sendo que a resposta a essa questão está nas hipóteses e conclusões obtidas durante a aula. Os alunos então finalizam a discussão em um processo de soluções, utilizando as terminologias científicas corretas e, conseqüentemente, fazendo as significações corretas.

Depois de realizada toda a discussão sobre o tema, podemos fazer um novo esquema como o da figura 6, mas considerando os dois momentos das aulas.

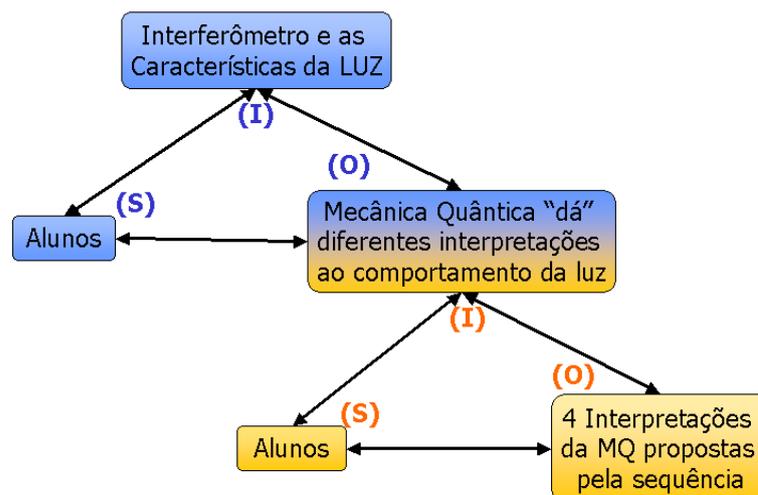


Figura 7 - Representação esquemática da evolução dos objetivos das aulas analisadas.

## 6. CONSIDERAÇÕES

Existem diversas outras interações que ocorrem dentro de uma sala de aula além da interação verbal que está sendo analisada prioritariamente nesse projeto. No entanto partimos do pressuposto de que o discurso verbal promove o desenvolvimento do argumento do aluno de maneira coletiva. É notável também que a principal ferramenta em favor do professor é o conhecimento prévio dos alunos que, quando trabalhado de maneira adequada, ajuda o aluno a criar relações entre o que ele está estudando com o que ele já teve contato em outros momentos da sua vida escolar.

As aproximações e articulações feitas a partir do Padrão de Argumento proposto por Toulmin nos permitiram evidenciar com clareza a forma que o argumento dos alunos foi construído em sala de aula e da maneira coletiva em que isso ocorreu. Ou seja, o argumento foi construído com a contribuição de diversos alunos e as ações tomadas pelo professor estavam sempre apoiadas sobre o que chamamos de instrumento, tornando-se um elemento essencial para que os alunos pudessem estruturar objeto, que por sua vez se tornava o objetivo da aula.

Durante a análise da situação de sala de aula, além de um novo grupo de dados, fornecido pelo professor, vimos que o desenvolvimento da aula necessitou de conhecimento anteriores dos alunos e da postura ativa do professor. O trabalho de articulação entre os dados fornecidos e o conhecimento básico exigido para a

elaboração do argumento dos alunos, também foi favorecido pelo fato de que a aula possuía um problema com grande número de variáveis envolvidas, exigindo a atuação investigativa dos alunos ao longo do processo de discussão realizado junto ao professor. Essa pluralidade de ações e interações observadas em sala de aula foi condensada no que denominamos instrumento. No entanto, ressaltamos que esse elemento é muito mais amplo e dinâmico do que mostramos nesse relato, assim continuaremos a lapidar esse elemento em nossa pesquisa, de forma que seja possível identificar as suas ramificações.

Como dito anteriormente, o processo de argumentação e aprendizagem dos alunos ocorre de maneira espiral. Esse pressuposto, baseado em fundamentos sócio-interacionistas, foi fundamental para que pudéssemos estruturar nosso método de análise e concluirmos que um ambiente onde os alunos são expostos, de forma a não permanecerem passivos diante do conteúdo estudado, pode ser criado um professor atuante que incita e promove a construção e elaboração de argumentos, tornando o processo de ensino e aprendizagem dos estudantes algo dinâmico e coerente com o que se espera da formação dos estudantes.

## **7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- AZEVEDO, M.C.P.S. **Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula.** In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Thomson Learning, p. 19-33, 2004.
- BARRELO, N. **Argumentação no discurso oral e escrito de alunos do ensino médio em uma sequência didática de Física Moderna.** Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. Orientador: Anna Maria Pessoa de Carvalho. São Paulo, 2010.
- BRAVO, B.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.P. ¿Salmones o sardinas? Una unidad para favorecer el uso de pruebas y la argumentación em ecologia. **Alambique – Didáctica de las Ciencias Experimentales**, n.63, 18-25, 2010.
- BORGES, A.T., Novos rumos para o laboratório escolar de ciências, **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.19, n.3, p.291-313, 2002.
- CARVALHO, A.M.P., **Las prácticas experimentales em el proceso de enculturación científica**, In: QUINTANILLA, M., Adúriz-Bravo, A. (eds.). Enseñar ciencias en el nuevo milenio: Retos y propuestas, Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile, p.73-90, 2006.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.P., DÍAZ DE BUSTAMANTE, J. Discursso de Aula y Argumentación em la Clase de Ciencias: Cuestiones Teóricas y Metodológicas. **Enseñaza de las Ciencias**, v.21, n.3, p.359-370, 2003.

- LEMKE, J.L. Aprender A Hablar Ciencia. Paidós, 1997.
- LEMKE, J.L. Investigar para el Futuro de la Educación Científica: Nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir. **Enseñaza de las Ciencias**, v.24, n.1, p.5-12, 2006.
- MARTINS, I.; OGBORN, J.; KRESS, G. Explicando uma explicação. **Ensaio – Pesquisa em Educação e Ciências**, v.1, n.1, p.1-14, 1999.
- MACHADO, V.F.; SASSERON, L.H. As Interações Discursivas no Ensino de Física: A promoção da discussão pelo professor e a alfabetização científica dos alunos. (No Prelo)
- MORTIMET, 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, p. 283-306, 2002.
- PESSOA JR, O. **Conceitos de Física Quântica**. São Paulo: Livraria da Física, 2003.
- SASSERON, L.H., **Alfabetização Científica no Ensino Fundamental: Estrutura e Indicadores Deste Processo em Sala de Aula**. 2008, 265p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- SASSERON, L.H. e CARVALHO, A.M.P. Almejando a Alfabetização Científica no Ensino Fundamental: A Proposição e a Procura de Indicadores no Processo. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.13, n.3, p. 333-352, 2008.
- \_\_\_\_\_, Construindo argumentação na sala de aula: A presença do ciclo argumentativo, os indicadores de Alfabetização Científica e o padrão Toulmin, **Ciência & Educação**, 2011. (no prelo)
- SIMON, S.; ERDURAN, S.; OSBORNE, J. Learning to Teach Argumentation: Research and development in the science classroom. *International Journal of Science Education*, v.28, n.2, p.253-260, 2006.
- SUTTON, C. Ideas Sobre la Ciencia e Ideas Sobre el Lenguaje, **Alambique – Didáctica de las Ciencias Experimentales – Lenguaje y Comunicación**, n.12, 8-32, 1997.
- TEIXEIRA, F. M. Fundamentos Teóricos que Envolvem a Concepção de Conceitos Científicos na Construção do Conhecimento das Ciências Naturais, **Ensaio Pesquisa em Educação**, v.8, n.2, 2008.
- VILLANI, C. E. P. e NASCIMENTO, S. S. A argumentação e o Ensino de Ciências: Uma Atividade Experimental no Laboratório Didático do Ensino Médio. **Investigações em Ensino de Ciências – V8(3)**, pp. 187-209, 2003.
- VIGOTSKI, L.S., *Pensamento e Linguagem*. 2ª Ed. São Paulo: Martins Fontes, 2000.