

Instituto de Química – Instituto de Ciências Biológicas
Instituto de Física – Faculdade de Educação
Universidade de São Paulo

A Imaginação Científica como Componente do Entendimento: Subsídios para o Ensino de Física

Ivã Gurgel

Orientador: Prof. Dr. Maurício Pietrocola

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Física, ao Instituto de Química, ao Instituto de Biociências e à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Maurício Pietrocola - FEUSP

Prof. Dr. Cristiano Mattos - IFUSP

Prof. Dr. Arden Zylbersztajn - UFSC

São Paulo
2006

FICHA CATALOGRÁFICA
Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação
do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Gurgel, Ivã

A imaginação científica como componente do entendimento:
subsídios para o ensino de física . São Paulo, 2006.

Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo.
Instituto de Física e Faculdade de Educação.

Orientador: Prof. Maurício Pietrocola

Área de Concentração: Ensino de Ciências

Unitermos: 1. Física; 2. Ensino; 3. Filosofia (imaginação); 4.
Epistemologia; 5. Ciência

USP/IF/SBI-078/2006

“A coisa mais bela que o homem pode experimentar é o mistério. É esta a emoção fundamental que está na raiz de toda ciência e arte. O homem que desconhece esse encanto, incapaz de sentir admiração e estupefação, já está, por assim dizer, morto, e tem os olhos extintos.”

Albert Einstein

Durante os quase dois anos de realização deste trabalho, muitas pessoas estiveram presentes em minha vida e, sem dúvida, deixaram contribuições que se refletem na dissertação apresenta a seguir.

Primeiramente, gostaria de agradecer ao meu orientador, *chef* e grande amigo, Maurício Pietrocola, pelas orientações no trabalho e, muitas vezes, na vida. Por respeitar e confiar em minhas idéias, por me apoiar em decisões e atitudes pouco ortodoxas, por suportar meu jeito e humor (ou mau-humor!) demasiadamente expressivos e por diversas vezes me socorrer quando não tinha para onde correr!

Ao meu pai, Armando Gurgel, que me ensinou desde cedo o prazer da leitura e o valor do conhecimento, quando passava tardes inteiras comigo vasculhando livrarias, contando histórias e discutindo os acontecimentos políticos/sociais de nossa época.

À minha mãe, Maria de Lourdes, que sempre serviu para mim como um exemplo de pessoa forte, determinada, capaz de mudar o mundo se necessário. Isso me mostrou o valor de uma atitude, que muitas vezes transcende o significado de qualquer palavra.

À minha segunda mãe, Vera Lúcia, que até hoje cuida de mim com o maior zelo e cuidado possíveis.

Aos meus irmãos, Fabíola, André, Tatiana e Sabrina, cada um genial à sua maneira, por me apoiarem incondicionalmente nesse difícil caminho que resolvi percorrer.

Devo agradecer fortemente aos professores do Instituto de Física, Manoel Roberto Robilotta, Luis Carlos de Menezes, Maria Regina Kawamura, Mikiya Muramatsu, Jesuína Lopes Pacca, Alberto Villani, João Zanetic, Suzana Salém Vasconcelos, Nelson Fiedler-Ferrara e Cristiano Mattos, pelas contribuições em minha formação. Desde o início da graduação, até o término deste mestrado, o debate de idéias nos cursos ministrados, e nas diversas conversas pessoais, foram determinantes para a visão sobre pesquisa e ensino que adquiri.

Além dos professores, muitos amigos do Instituto de Física foram importantes durante a realização deste trabalho. Agradeço aos colegas Esdras, Glauco, Anne, Cristina, Gisele, Roseline, Breno, Jackeline, Betão, Fernanda, André e, especialmente, Soninha, Renata, Lúgia e Luciana, pelos momentos de diálogo acerca das questões educacionais e pelas horas de papo furado no corredor e na cantina. No mesmo instituto, conheci dois grandes amigos que não podem ser

esquecidos, Farah e Chico, que estão ao meu lado desde o início da minha graduação.

Uma pessoa do Instituto de Física que merece destaque é a colega Camila, secretária da pós-graduação, que sempre realizou um ótimo trabalho, mesmo quando eu deixava para resolver as coisas de última hora.

Durante a minha graduação em Física, um segundo local se tornou importante em minha formação. No Departamento de História fiz dois grandes amigos que me ensinaram muito, Rodrigo e Erik, a quem eu agradeço as horas de discussão sobre as ciências humanas, que configurou em quase um curso particular nesta área.

Uma contribuição muito especial foi dada pelos professores Osvaldo Frotta Pessoa Jr. e Anna Maria Pessoa de Carvalho. Além de terem sido meus professores em cursos de graduação e pós-graduação, participaram da banca de qualificação e fizeram críticas importantes para o desenvolvimento desta pesquisa.

Gostaria de destacar o papel que o professor Michel Paty, meu avô intelectual, teve na realização deste trabalho. Desde o início, ele se dispôs a discutir as questões filosóficas relacionadas ao meu tema de pesquisa, me ensinando a conciliar originalidade e rigor no desenvolvimento de um trabalho acadêmico.

Durante os últimos anos um lugar se tornou mais que uma casa para mim. Agradeço aos colegas do LaPEF, Carla, Luciana, Alex, Daniela, Jackson, Cristina, João, Luís Paulo, Thaís, Maria Lúcia, Carlos Jr., Talita, Renata, Francisco, Jorge, Valéria, Cândida, Inês, Danusa, pelas horas de conversas e trabalho. Entre eles, gostaria de destacar a dupla de mineiros, Estevam e Max, dois picaretas que sempre tornaram o dia-dia mais interessante.

Algumas pessoas merecem agradecimentos muito mais que especiais.

Meu irmão mais velho, Guilherme Brockington, uma pessoa genial, verdadeira, única. Sua presença sempre me serviu como um guia para me tornar alguém melhor.

Meu irmão mais novo, Leonardo Matteo, mesmo a milhares de quilômetros, ainda é uma das pessoas mais presentes em minha vida e continua me ensinando a olhar o mundo e os acontecimentos de uma forma diferente.

Minhas amigas Thaís Forato e Beatriz, que em pouco tempo deixaram marcas dentro de mim que nunca serão apagadas.

Minha eterna amiga Lúcia Helena, uma pessoa de sentimentos valiosos, que sempre terá meu carinho, admiração e respeito.

Minha *Petite* Marcília, amiga que nunca saiu do meu lado, mesmo no momento em que conviver comigo se tornou a tarefa mais ingrata do mundo e, ainda assim, conseguiu me ensinar a sorrir novamente.

Meu grande amigo Waldmir, o carioca mais sério deste país, uma pessoa que faz qualquer um crer que este mundo ainda vale a pena.

Meu companheiro de bebedeira e ops! (censurado) Roger, um amigo que reúne todas as qualidades que esperamos de alguém, na dose certa!

Por último, agradeço à CAPES, pelo apoio financeiro a esta pesquisa.

Aos meus pais, Armando, Maria de Lourdes e Vera Lúcia.

Resumo:

Este trabalho tem como objetivo discutir o papel da imaginação científica no ensino de física. Para isso, partimos de uma reflexão epistemológica com o intuito de caracterizar o processo imaginativo na atividade científica para, em um segundo momento, estudar sua relevância em atividades de sala de aula.

O estudo teórico foi realizado em duas etapas. Primeiramente, discutimos o papel da imaginação nos sistemas clássicos de conhecimento, o empirismo e o racionalismo. Verificou-se que, nestas filosofias, o papel da imaginação é bastante reduzido ou mesmo negado. Devido a isso, a discussão teórica foi complementada com um estudo de referenciais filosóficos contemporâneos e com uma análise histórica do pensamento de Albert Einstein, para tornar possível a apresentação de uma visão de construção do conhecimento científico que considere e valorize o papel da imaginação.

A análise epistemológica termina com a elaboração de três etapas que caracterizam o processo imaginativo na ciência e constituem categorias de análise para o estudo da imaginação em salas de aula.

No segundo momento da pesquisa, buscamos demonstrar que o processo de pensamento, definido através de referenciais teóricos, se reflete nas reflexões de alunos do ensino médio durante a realização de atividades didáticas, mostrando a viabilidade do referencial proposto.

Por último, realizamos uma breve reflexão sobre as estratégias de ensino que possibilitam o uso da imaginação científica.

Abstract:

The goal of this work is to discuss the role of the scientific imagination in Physics Teaching. This work begins with an epistemological reflection to characterize the imaginative process in the scientific work to, in a second moment, study its relevance for classroom activities.

The theoretical study is composed of two parts. Firstly, we have discussed the role of the imagination in the classical systems of knowledge: the empiricism and realism. It was possible to verify that, in these systems of knowledge, the role of the imagination is reduced or even denied. Because of this, we have used contemporary theoretical frameworks and a historical analysis of Albert Einstein's thoughts to present one view of the scientific knowledge construction which considers and valorizes the role of the imagination.

The theoretical study ends with the elaboration of three steps that characterize the imaginative process in science. These steps are also analysis categories to study the imagination inside the classes.

In the second part of the research, we have demonstrated that the thinking process, defined by theoretical frameworks, is found in high-school students thoughts during the didactic activities. It shows that the theoretical framework proposed is viable.

Finally, we have reflected about the teaching strategies that make the use of scientific imagination possible.

“O homem erudito é um descobridor de fatos que já existem – mas o homem sábio é um criador de valores que não existem e que ele faz existir”.

Albert Einstein

SUMÁRIO:

1 – IMAGINAÇÃO E ENSINO: INTRODUÇÃO	12
1.1 – CRIANDO UM PROBLEMA PARA O ENSINO.....	12
1.2 - IMAGINANDO UMA SOLUÇÃO.	18
1.3 – SISTEMATIZANDO A PESQUISA	23
2 - IMAGINAÇÃO E CONHECIMENTO: UM POUCO DE HISTÓRIA.	25
2.1 – A IMAGINAÇÃO COMO TEMA FILOSÓFICO.	25
2.2 – A IMAGINAÇÃO NAS FILOSOFIAS EMPÍRICO-INDUTIVISTAS: BACON E STUART MILL.	27
2.3 – A IMAGINAÇÃO NAS FILOSOFIAS RACIONALISTAS MODERNAS. DESCARTES E ESPINOSA.	33
2.4 – O SISTEMA DE CONHECIMENTO DA <i>ENCYCLOPÉDIE</i> : DIDEROT E D’ALEMBERT ..	45
3 – A FILOSOFIA DA CRIAÇÃO CIENTÍFICA.	52
3.1 - RACIONALIDADE E IMAGINAÇÃO SIMBÓLICA	52
3.2 – EINSTEIN: FILÓSOFO E CIENTISTA.	59
3.3 – EINSTEIN E A SUA FORMAÇÃO.	60
3.4 – EINSTEIN E O PENSAMENTO FILOSÓFICO.	62
3.5. – CONSTRUINDO UMA DEFINIÇÃO PARA O PROCESSO DE IMAGINAÇÃO CRIADORA	71
4 – METODOLOGIA: OBTENÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS NA SALA DE AULA.	74
4.1 – CARACTERIZAÇÃO GERAL DAS PESQUISAS EDUCACIONAIS.....	74
4.2 - CARACTERIZAÇÃO DESTA PESQUISA.	76
4.3 – O USO DA IMAGINAÇÃO EM ATIVIDADES DE ENSINO DE FÍSICA MODERNA.	81
4.4 – A IMAGINAÇÃO NOS DISCURSOS DOS ALUNOS.	89
4.5 – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS: AULA 1.	91
4.6 – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS: AULA 2.	100
4.7 - APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS: AULA 3.....	102
5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	110
6 - REFERÊNCIAS	113
ANEXO 1 – TRANSCRIÇÃO DA AULA INVENTANDO UM MODELO PARA A CAIXA-PRETA 1.....	126
ANEXO 2 – TRANSCRIÇÃO DA AULA INVENTANDO UM MODELO PARA A CAIXA-PRETA 2.....	132
ANEXO 3 – TRANSCRIÇÃO DA AULA DESCOBERTA DO NÚCLEO ATÔMICO.	134
ANEXO 4 - NORMAS PARA TRANSCRIÇÃO	139

1 – IMAGINAÇÃO E ENSINO: INTRODUÇÃO.

“Os simples têm alguma coisa mais que os doutores, que costumam se perder na busca de leis muito gerais: têm a intuição do individual. Mas essa intuição, por si só, não é suficiente. Os simples descobrem sua verdade, talvez mais certa que a dos doutores da igreja, mas, depois, dissipam-na em atos impulsivos. O que fazer? Dar-lhes a ciência? Seria fácil demais ou muito difícil. Além disso, qual ciência?”

Umberto Eco – O Nome da Rosa.

1.1 – Criando um Problema para o Ensino

Professores sempre se indagam sobre a falta de eficiência de suas aulas, principalmente quando se percebe que ao final de um curso, ou ao final de um tema abordado nele, pouco conhecimento foi adquirido pelos alunos e verifica-se o aspecto burocrático de suas explicações ao se referirem a algum fenômeno do mundo. É possível constatar que os conceitos aprendidos, ou melhor, os conceitos não aprendidos, têm pouco significado para os alunos. Esses conceitos quase nunca se relacionam com o mundo em que eles vivem e os alunos raramente conseguem aplicá-los em situações intrigantes. Com isso, gera-se um ensino não apenas ineficiente, mas principalmente inadequado para qualquer indivíduo, pois as principais habilidades a serem desenvolvidas para formá-lo com a capacidade de viver e se relacionar de uma forma melhor com o meio ficam longe de se tornarem possíveis.

Claramente, a constatação desta realidade não é uma novidade para os educadores. Gérard Fourez chega a afirmar a existência de uma generalizada *Crise no Ensino de Ciências* (Fourez, 2003, p.1).

Para modificar essa situação à qual o ensino se encontra, as atuais pesquisas apontam para a necessidade de uma alfabetização e letramento científicos (Yore et. al., 2003; Fourez, 1994). As reformas curriculares ocorridas nos anos noventa em países como Austrália, Canadá, Nova Zelândia, Inglaterra e Estados Unidos, buscaram estabelecer um objetivo claro para o ensino de ciências. Isso fez com que se promovesse uma definição padrão para letramento científico como:

“(...) as aptidões e hábitos de pensamento requeridos para construir conhecimentos da ciência, para aplicar estas grandes idéias em problemas reais” (Yore et. al., 2003, p.690, tradução livre)“.

É fundamental notar que nesta perspectiva de ensino fica clara a necessidade de valorização do raciocínio, em detrimento da mera acumulação de conteúdos conceituais. Assim, o objetivo educacional a ser alcançado é *instrumentalizar* os alunos com “ferramentas” intelectuais que os permitam refletir cientificamente.

Para se opor à visão de acumulação de conteúdos científicos, exemplificada pelo perfil enciclopedista, foi introduzida no ensino de ciências a noção de aculturação científica (Carvalho, 2004, p.3).

“Um ensino que vise à aculturação científica deve ser tal que leve os estudantes a construir o seu conteúdo conceitual participando do processo de construção e dando a oportunidade de aprenderem a argumentar e exercitar a razão, em vez de fornecer respostas definitivas ou impor-lhes seus próprios pontos de vista transmitindo uma visão fechada das ciências” (Carvalho, 2004, p.3, grifos nossos)

Se aceitamos o atual direcionamento dado ao ensino, como forma de levar os alunos, por meio da ciência, a argumentar e utilizar um pensamento racional, a dificuldade se torna saber como esse tipo de educação pode se tornar uma realidade nas salas de aula. Um dos principais caminhos metodológicos apontado por estas pesquisas é a valorização do ensino da linguagem tipicamente utilizada na ciência, pois esta é necessária para o exercício do pensamento científico (Yore et. al., 2003, p.695). Para isso, os alunos devem aprender a enunciar conteúdos conceituais através da fala e da escrita, e também serem hábeis em interpretar

tabelas, gráficos e equações. Podemos considerar clara a necessidade destas habilidades, pois muitos trabalhos teóricos, como os de Jean Piaget, Levi Vygotsky e Noan Chomsky, demonstraram há alguns anos a forte relação entre a elaboração do pensamento e a linguagem. No entanto, devemos tomar cuidado para não reduzirmos o raciocínio à aprendizagem de uma linguagem, pois o conhecimento de uma determinada forma de enunciação não garante que o indivíduo esteja utilizando esta linguagem como meio de reflexão. Com isso, apesar do correto direcionamento dado por estas pesquisas ao valorizarem o papel da linguagem na constituição de um pensamento adequado às formas de pensamento científico, o desafio de construir estratégias que levem os alunos à reflexão ainda permanece.

No início dos anos 80, Posner e colaboradores elaboraram uma importante estratégia de ensino que valoriza o papel ativo do sujeito na elaboração do conhecimento e que ficou conhecida como *modelo de mudança conceitual* (Posner et. al., 1982). Apesar deste modelo se basear no uso do raciocínio individual como meio para a aprendizagem, através da resolução de situações de conflito cognitivo, muitos educadores apontaram que os aspectos subjetivos que levam o indivíduo à verdadeira reflexão, que incluem principalmente fatores motivacionais e afetivos (Laukenmann et. al. 2003 p.490; Villani e Cabral, 1997, p.46), não eram considerados pelo modelo, que reduzia seus procedimentos aos critérios puramente cognitivos (Bastos, 2004, p.15; Duit e Tregust, 2003, p.679).

Outra estratégia importante, ainda mais antiga, desenvolvida nos anos 60 e 70 foi o ensino por descoberta. Esta metodologia se baseia nas idéias de Jean Piaget e, em seu desenvolvimento, se opunha fortemente às formas de ensino por transmissão e memorização. Com isso, estabeleceu-se uma forma de ensino que valorizava preponderantemente o papel do aluno na construção do conhecimento. No entanto, verificou-se que quando os alunos buscam construir conhecimentos formais baseados apenas em seu próprio trabalho, em geral, eles acabavam adquirindo conhecimentos dispersos e tinham dificuldades em construir hipóteses e de verificá-las (Campanário et. al. 1999).

Neste momento, nos cabe questionar quais as causas de continuarmos a ter uma educação inadequada nas escolas e quais são os empecilhos existentes à elaboração de novas metodologias de ensino. Poderíamos enumerar diversos fatores, que incluem questões políticas, sociais, culturais, econômicas e possivelmente outras, mas nos restringindo a uma análise da realidade da sala de

aula, um dos principais fatores apontados por muitas pesquisas é a presença de concepções inadequadas acerca da natureza do fazer científico (Nascimento, 2004; Praia et. al. 2002; Fernández et. al., 2002, Gil Perez et al, 2001; Matthews, 1994a; Lederman, 1992). Um elemento curioso é que inicialmente estas pesquisas ressaltavam a necessidade dos alunos terem uma concepção adequada da ciência para aprender. Posteriormente, foi apontado que para mudar as concepções dos alunos, claramente é preciso que os professores partilhem desta visão, algo que não era verdadeiro, pois foi constatado que os professores, em geral, têm uma postura empirista ingênua quando refletem sobre os processos de aquisição do conhecimento. No entanto, pesquisas recentes têm apontado para a grande necessidade de uma reflexão sobre as concepções dos próprios pesquisadores em ensino, que na sua maioria fazem parte do movimento construtivista (Laburú e Arruda, 2002; Laburú et. al. 2001, Matthews 2000, 1994; Laburú e Silva, 2000; Pietrocola, 1999; Gil Pérez, 1999; Aguiar Jr. 1998; Ogborn, 1997).

O construtivismo, vale lembrar, se baseia nos estudos em cognição que destacam o papel ativo do sujeito nas construções, visto que, para a aprendizagem de uma representação ou conceito, é necessário que esta se vincule com as noções que já estão presentes na mente do indivíduo (Bastos et al. 2004 p.9-13; Moreira, 1999, p.14-16). O que os autores têm mostrado é que uma hiper valorização do papel do sujeito na construção do conhecimento pode levar a uma postura relativista e idealista, algo que é representativo nas idéias de Von der Glasersfeld, que considera que o conhecimento reside na mente do sujeito cognoscente e não tem qualquer relação com uma existência exterior (Aguiar Jr., 1998, p.2)

“Se nossos conceitos são derivados por abstração da experiência, não há base para acreditar que eles possam captar nada que exista além da nossa existência”(Glasersfeld apud Aguiar Jr., 1998, p.2)

Os educadores críticos a essa visão consideram que, ao adotar uma postura relativista, os objetivos educacionais se perdem, pois isto significa aceitar que qualquer forma de conhecimento é aceitável e não haveria motivos para se ensinar as ciências e seus procedimentos. Com isso, os autores apontam para a necessidade de uma postura realista no ensino, considerando que é importante deixar claro que apesar da ciência se valer de teorias abstratas, criadas

hipoteticamente e com papel ativo do indivíduo, estas devem de alguma forma apreender a realidade (Matthews, 1994a, p.152).

Gil Pérez et. al. (1999) irá apontar que fundamentar a crítica ao construtivismo nas idéias de Glaserfeld é um erro, pois este autor apresenta uma concepção radical do construtivismo e não representa bem a posição adotada pelos construtivistas educacionais. No entanto, a crítica à limitação existente na tentativa de fundamentar as teorias de aprendizagem em aspectos que consideram apenas o sujeito e o meio em que ele está inserido não deixa de ter validade. Por isso, destaco o argumento de Matthews (2000) sobre a falta de uma reflexão epistemológica nas propostas de muitos construtivistas.

“De certa feita, quando questionei um proeminente construtivista sobre questões epistemológicas, ele disse: “os construtivistas não estão realmente preocupados com isto, eles querem um ensino mais efetivo” (...) Os aspectos semânticos/psicológicos e epistemológicos são freqüentemente, e erroneamente, fundidos. Porém, explicar como idéias significativas são geradas, como conceitos são formados, ou como teorias são aprendidas, não significa explicar a exatidão das idéias, dos conceitos ou das teorias. Uma teoria da aprendizagem não é epistemologia: os mecanismos pelo quais se aprende o senso e o contra-senso são os mesmos.” (Matthews, 2000).

Nosso objetivo não é invalidar as premissas teóricas utilizadas nas abordagens construtivistas, mas apenas deixar claro que, a estas, é necessário vincular reflexões de caráter epistemológico, visto que o conhecimento e raciocínios que buscamos ensinar têm a pretensão de adquirir o adjetivo de científicos e, de alguma maneira, devem representar a realidade natural. Neste sentido, a importância dada por esses autores à epistemologia se deve à possibilidade desta auxiliar na compreensão da natureza da ciência e nas formas que esta utiliza para construir conhecimentos, sem se restringir aos aspectos individuais do pensamento.

No entanto, encontramos um problema quando tentamos caracterizar o conhecimento produzido, estabelecido e aceito pelas ciências, em especial, pela Física. Vemos que a definição científica de um conceito, que foi previamente validada pela experimentação, se dá em sua relação lógica com a estrutura teórica

que o contém (Pietrocola, 2003; Robilotta, 1988, Bunge, 1974). Constantemente definimos energia através da capacidade de gerar trabalho, ou definimos força como o produto da massa pela aceleração. Podemos perceber que recaímos em definições circulares, pois somente definimos um conceito em função da sua relação com outros. Esta relação é delimitada pela estrutura da teoria na qual os conceitos estão inseridos (Bunge, 1974). A racionalidade científica, com base na matemática, passa a ser vista como uma forma refinada de estabelecermos essa cadeia de relações e isso nos obriga a considerar que *o sentido físico dos conceitos físicos é indissociável de sua forma matemática* (Paty, 2002, p.2, tradução livre).

Neste momento chegamos a uma encruzilhada. Se buscarmos fundamentar objetivamente o pensamento científico, à maneira que os cientistas trabalham quando este conhecimento já está sedimentado, voltaremos ao ensino tradicional das formulações matemáticas, como é feito tradicionalmente e, neste caso, desprezamos o papel heurístico do sujeito nas construções. Com isso, tiramos dele a possibilidade de utilizar o conhecimento adquirido para interpretar o mundo exterior presente à sua volta. No entanto, se consideramos o papel do sujeito na construção do conhecimento, entramos numa zona de instabilidade pois, como observa Robilotta:

“Ir além do formalismo, no ensino de física, é importante porque é isso que estabelece uma relação rica entre o mundo dos símbolos e um mundo formado por coisas. (...) Existe um problema sério associado à transcendência do formalismo, qual seja, o de que ela envolve necessariamente a interpretação de resultados matemáticos. (...) Interpretações, em geral, envolvem julgamentos subjetivos por parte de quem as faz e, por isso, não são únicas.”
(Robilotta, 1985, p.4, grifos nossos).

Isso nos leva à questão de como ligar a dimensão subjetiva necessária à construção e reflexão individuais com elementos que possibilitem constituir conhecimentos e pensamentos de caráter científico. Em outras palavras:

“Particularmente, a Educação em Ciências tem experimentado essa dicotomia com maior intensidade, pois a aprendizagem de um conhecimento bem estabelecido parece exigir competências ortogonais à criação de algo original; aquilo que no primeiro caso

representaria excelência (a fidelidade na reprodução), no segundo seria sinônimo de mediocridade” (Arruda et. al., 2004, p.195).

Consideramos que uma possível forma de superar essa dicotomia seria buscar refletir sobre a ciência em seus momentos de criação, pois lá podemos encontrar pistas de como as motivações individuais puderam se transformar em teorias consideradas científicas. Com isso, buscaremos compreender como a imaginação pode ser compreendida como um fundamento importante para a elaboração do conhecimento científico.

1.2 - Imaginando uma Solução.

Gostaria de iniciar esta seção com uma reflexão que pode ser considerada bastante ampla e uma questão que também pode ser vista como muito prolixa, mas que, ao meu ver, podem ser um ponto de partida interessante para a discussão que irei realizar. Como podemos definir o ser humano, ou qual aspecto pôde ser considerado fundamental para sua sobrevivência?

Se tentássemos responder a esta questão refletindo sobre qualquer outro animal, certamente seríamos obrigados a descrever sua maneira de se relacionar com o meio e mostrar como o desenvolvimento de determinadas características físicas garantiu sua sobrevivência como espécie. No entanto, no caso do ser humano, o que foi fundamental para preservar sua existência não foi apenas o desenvolvimento de suas características físicas, mas principalmente a possibilidade de estabelecer um pensamento simbólico. Com isso, o ser humano pôde fazer o que nenhum outro animal fez, transcender sua própria existência, e dos limites espaciais delimitado pelo seu corpo, estabelecendo diferentes maneiras de se relacionar com o mundo através do pensar. Assim, ele cria representações e relações entre elementos simbólicos de forma que o mundo possa ter mais sentido. O pensador Jacob Bronowski, que tem no âmago de seu trabalho discutir o conhecimento através de um olhar sobre a natureza humana, afirma:

“Mas é de importância fundamental indagarmos as características que os outros animais não possuem e que deram aos seres humanos as aptidões realmente especiais (...) [essas são] a capacidade de emitir sentenças cognitivas (o que nenhum outro animal pode fazer) e, conseqüentemente, a capacidade de exercitar

o conhecimento e a imaginação” (Bronowski, 1985, p.11, grifos nossos)

Não é fácil delimitar o momento, na sua trajetória evolutiva, em que o homem começou a exercitar esse tipo de pensamento. Embora ainda existam muitas discussões entre os arqueólogos, é bastante provável que este processo tenha começado há cerca de 2,5 milhões de anos, quando os instrumentos de pedra fizeram sua aparição. Com isso, pode-se identificar uma primeira manifestação da criatividade humana quando foi dada uma utilidade a um elemento da natureza, transformando-a em uma ferramenta que permitiu estender nossas habilidades manuais e agir sobre o meio de uma forma diferente. Algum tempo depois, há cerca de 1,7 milhões de anos, já são encontrados artefatos de pedras mais sofisticados, chamados na arqueologia de "machados de mão". Finalmente, há 600 mil anos, quando ocorre um rápido avanço no tamanho do cérebro, percebe-se uma grande evolução nos machados de mão e assim já se tem bem constituída o que se pode chamar de uma "cultura material". Mas é somente a partir de 50 mil anos atrás que o homem passa a ter um avanço acelerado em seu desenvolvimento cultural (Klein e Edgar, 2002, p.21-22), algo que claramente podemos atribuir ao desenvolvimento de sua capacidade de pensar e criar livremente e, além disso, transmitir o significado destas criações para os indivíduos que partilham desta mesma cultura.

“Após o período de 50 mil anos, a evolução anatômica cessou, enquanto a revolução comportamental se acelerou de forma acentuada. Pela primeira vez havia desabrochado entre os seres humanos a capacidade para a produção de cultura, baseada numa quase infinita aptidão para inovar” (Klein e Edgar, 2002, p.19, grifos nossos)

É muito interessante verificar que na mitologia grega encontramos uma bela descrição que se assemelha ao processo relatado anteriormente. De acordo com a lenda, Epimeteu é destinado a distribuir as características físicas entre os animais. Com isso, ele dá a uns força, a outros a capacidade de se locomover rapidamente, a outros a possibilidade de se camuflar e assim por diante. No entanto, ele se esquece de atribuir um aspecto físico que garanta a sobrevivência ao homem¹, o que obriga seu irmão, Prometeu, a buscar algum elemento além do corpo físico que

¹ A gênese de seu nome, Epimeteu, indica que ele é aquele que somente pensa depois de tomar uma atitude, o que justifica seu esquecimento. Em contraposição a Prometeu, que é aquele que pensa antes e dá soluções antecipadas.

possibilite ao homem viver. A solução encontrada por ele é roubar o fogo do Olimpo que era de propriedade dos Deuses. O ponto interessante do relato mítico é que o fogo, que se torna a possibilidade da sobrevivência do homem, na verdade simboliza o conhecimento, que se torna fundamental para sua existência.

Com o estabelecimento do pensamento abstrato, gradualmente o homem foi constituindo uma linguagem simbólica que permitiu que seu pensamento se tornasse cada vez mais abstrato e desenvolvido, tanto na capacidade de construir e simbolizar ferramentas mais sofisticadas, quanto ao criar símbolos que não apenas representassem “coisas” pertencentes à realidade. Essa forma de pensamento passou a constituir verdadeiras reflexões, a ponto de permitir ao homem questionar sua própria existência. Assim, Bronowski afirma que é a enorme capacidade do homem de *produzir* conhecimentos abstratos que melhor o define.

“Por meio de imagens reconstruímos acontecimentos que não se manifestam a nossos sentidos – e assim guardamos o passado e criamos o futuro, um futuro que ainda não existe, e que talvez não venha a existir daquela forma. Por contraste, a ausência de idéias simbólicas, ou seu caráter rudimentar, separa o animal do passado e do futuro, aprisionando-o no presente. De todas as distinções entre o homem e o animal, o dom característico que nos faz humanos, é a capacidade de usar imagens simbólicas: o dom da imaginação”
(Bronowski, 1977, p.25, grifos nossos)

Bronowski ainda busca deixar claro que a imaginação é algo natural a todos os seres humanos, pois, como ele argumenta, muitas vezes somos tentados a pensar que a imaginação somente se manifesta em mentes muito criativas, como as dos artistas, dos poetas e dos cientistas (Bronowski, 1977, p.23). No entanto, ele mostra que o mesmo dom necessário nestas atividades se manifesta em crianças naturalmente, quando elas brincam, pois, em geral, estas atividades envolvem situações imaginárias diversas, como um casamento, o exercício de uma profissão, ou mesmo simplesmente juntar duas cadeiras para construir uma casa ou manobrar um trem (Bronowski, 1978, p.39). Devemos notar que, mesmo em uma brincadeira infantil, a imaginação atua criativamente, pois esta não se resume a uma abstração de algo já conhecido ou vivenciado. Além disso, através da construção de relações entre diversos significados, podemos pensar em coisas que vão muito além da nossa percepção, como naves espaciais ou monstros terríveis.

No entanto, por mais que seja fácil aceitar que a capacidade de imaginar foi e é um elemento fundamental para a constituição e desenvolvimento do homem, mesmo hoje, é comum verificarmos que ela é vista como um pensamento de segunda classe, na medida que não deve estar presente nem pode ser o fundamento dos bons ou verdadeiros raciocínios. Assim, é comum ligarmos a imaginação somente à fantasia, nos remetendo à arte, e, conseqüentemente, qualquer atividade que se destine à construção de um conhecimento verdadeiro, seja na produção científica, seja na educação, acaba evitando-a².

“Muitas pessoas pensam que o raciocínio, e portanto a ciência, é uma atividade distinta da imaginação – uma falácia que devemos desprezar. A criança que descobre, antes dos dez anos, que pode produzir imagens na sua mente e manipulá-las está trilhando o caminho que leva à imaginação e também ao raciocínio” (Bronowski, 1978, p.38)

Com isso, Bronowski considera que a imaginação é fundamental para a produção de *entendimento* do indivíduo, mesmo quando este tem como objetivo a compreensão da ciência e do mundo físico representado por ela através de um conhecimento simbólico já constituído. Para ele, é necessário que o ser acompanhe os procedimentos que levaram à descoberta e desta forma *recrie* os significados que busca entender (Bronowski; 1978, p.40-41; 1983, p.28). Somente assim, o leigo poderá ter uma postura ativa perante os conhecimentos que aprende e deixará de se surpreender com as descobertas científicas como se fosse um espectador *do lado de fora* (Bronowski, 1978, p.41).

Através deste processo, o autor traça um interessante paralelo entre ciência e arte. A segunda é sempre vista como algo prazeroso a quem a pratica. No entanto, a ciência é sempre vista como algo árido. Contudo, Bronowski considera que qualquer atividade criativa, que seja precedida de imaginação, é necessariamente uma atividade prazerosa. Esta permite ao indivíduo uma visão mais ampla e nova do mundo, que somente tem significado pelo fato de a criação ter partido de uma curiosidade individual que o leva ao caminho das descobertas.

“Se a ciência é uma forma de imaginação, se toda a experiência é um tipo de jogo, então a ciência não pode ser árida. E, no entanto, muitas pessoas julgam que sim; a arte é divertida, mas a ciência é monótona, é outra falácia comum” (Bronowski, 1983, p.36)

² No capítulo 2 veremos mais em detalhe como isso aconteceu, voltado para a análise da imaginação nos sistemas de conhecimento.

Outro autor importante que deixa claro o papel que a imaginação desempenha na ciência é Gerald Holton. Através de diversos estudos históricos, se remetendo de Galileu a Einstein, ele mostra como somente a livre criação da mente permitiu que o cientista compreendesse determinado fenômeno através de sua curiosidade, especulação e motivações individuais. O autor demonstra que, mesmo considerando os aspectos subjetivos presentes no ato de imaginar, foi possível que se construísse as leis e os princípios que regem a natureza (Holton, 1996; 1979).

Finalmente, devemos nos perguntar se a imaginação pode servir de princípio para o ensino. Sobre isso, Pietrocola esclarece:

“A ciência pode ser fonte de prazer, caso possa ser concebida como atividade criadora. A imaginação deve ser pensada como principal fonte de criatividade. Explorar esse potencial nas aulas de Ciências deveria ser atributo essencial e não periférico. A curiosidade é o motor da vontade de conhecer que coloca nossa imaginação em marcha. Assim, a curiosidade, a imaginação e a criatividade deveriam ser consideradas como base de um ensino que possa resultar em prazer” (Pietrocola, 2004, p.133).

No entanto, percebemos que a imaginação é algo muito pouco considerado no ambiente escolar, principalmente nas aulas de ciências. Além disso, mesmo no âmbito das pesquisas educacionais que buscam novas estratégias de ensino, encontramos raros materiais que versam sobre o papel da imaginação no ensino, tanto do ponto de vista teórico, como do ponto de vista prático. Estes poucos estudos que manifestam algo sobre a imaginação ou a criatividade podem ser considerados ainda como bastante preliminares³, pois neles pouco se discute a natureza do pensamento criativo. Em um editorial do *International Journal of Science Education*⁴, Mike Watts e Steve Alsop fazem uma chamada para artigos que discutam as dimensões afetivas do ensino e que, entre outros pontos, reflitam sobre a *curiosidade*, a *solução de problemas* e a *criatividade* como componentes do ensino. No entanto, no número especial publicado em novembro de 2003, não houve nenhum artigo sobre este tema. Isso demonstra claramente que, apesar da importância deste assunto, ele ainda se constitui em um campo pouco explorado.

³ Apenas como exemplo dos estudos citados anteriormente podemos considerar: Paula e Borges (2004); Carvalho e Zanetic (2004); Custódio e Resende (2003); Hu e Adey (2002); Glass (2002).

⁴ *International Journal of Science Education*, Vol.22, n.12, 2000, p.1219-1220

Com isso, continuamos a formar alunos que são personagens que o escritor João Guimarães Rosa chamaria de seres *Imaginânicos*, isto é, pessoas desprovidas de imaginação e, para o autor, sem alma, sem existência⁵

1.3 – Sistematizando a Pesquisa

Inicialmente, buscamos deixar claro que são necessárias novas formas de pensarmos o conhecimento que possibilitem aos sujeitos uma construção e entendimento individual, mas que, ao mesmo tempo, possam ser caracterizados como raciocínios científicos. Este ponto é importante, pois se não fosse assim, não estaríamos ensinando procedimentos relativos à ciência e somente promovendo reflexões dispersas. Consideramos também que a imaginação pode ser considerada como elemento fundamental para a compreensão do indivíduo e, conseqüentemente, para sua educação. No entanto, não demos nenhuma definição clara de como a imaginação atua na construção do saber científico. Isto se deve pelo fato de verificarmos que existe uma profusão enorme de idéias que mais atrapalham que ajudam a compreender o processo criador. Isso levou este estudo a ter dois objetivos principais:

1 – Caracterizar o *processo* vinculado à imaginação, como atividade de pensamento criador na ciência, de uma forma que possibilite uma análise de situações didáticas em que se busca verificar o papel deste tipo de pensamento.

2 – Avaliar se o processo caracterizado do ponto de vista teórico se reflete nas estratégias de resolução dos alunos em uma atividade de ensino para a escola média, para mostrar a viabilidade do referencial proposto.

Para isso, esta dissertação passará pelas seguintes etapas:

1 – Apresentação histórica de como a imaginação foi caracterizada nos diferentes sistemas filosóficos, buscando justificar porque até hoje ela tem pouco prestígio como base do conhecimento científico.

⁵ Termo não existente na língua oficial usado no conto *Reminiscção* para caracterizar certos personagens que vêem a morte de Romão. In: Rosa, J. G. (1967) *Tutaméia: Terceiras Histórias*. Rio de Janeiro: José Olympo, 1968.

2 – Análise das idéias de Einstein sobre seu processo criativo para fundamentar a definição do processo de imaginação defendida por este trabalho.

3 – Análise de duas atividades didáticas em que se valoriza os processos de construção do conhecimento pelo aluno, buscando verificar se o pensamento imaginativo, como caracterizado pelo trabalho, é empregado por eles.

4 – Discussão geral acerca da possível metodologia empregada para um ensino que possa levar o aluno ao uso da imaginação.

2 - IMAGINAÇÃO E CONHECIMENTO: UM POUCO DE HISTÓRIA.

“Um verdadeiro realista, se é incrédulo, encontra sempre em si a força e faculdade de não crer mesmo no milagre e, se este último se apresenta como um fato incontestável, duvidará de seus sentidos em vez mesmo de admitir o fato. Se o admitir, será como um fato natural, mas desconhecido dele até então”

Fiódor Dostoiévski – Os Irmãos Karamázov.

2.1 – A Imaginação como Tema Filosófico.

Neste capítulo, discutiremos como as duas principais correntes filosóficas, o empirismo e o racionalismo clássicos, consideraram o papel que a imaginação deveria desempenhar nos momentos de busca dos verdadeiros entendimentos. É importante observar desde início, que não apresentaremos o que poderia ser visto como uma *evolução histórica linear* de uma única noção de imaginação, mas, ao contrário, buscaremos justamente expor como a imaginação foi tomada de diferentes formas e como recebeu diferentes funções de acordo com cada filósofo ou pensador desde o período moderno. Muitas vezes, seu papel foi reduzido a outras faculdades do pensamento, como a razão ou a memória, ou até mesmo foi negada, tornando claro porque até hoje encontramos diferentes definições para o ato de imaginar. Este ponto é importante, pois verificaremos que a imaginação pode adquirir dois sentidos principais. O primeiro, consiste em uma concepção que relega à imaginação o papel de reprodução das sensações e experiências passadas através da lembrança de elementos vividos anteriormente, realizando esta atividade ao formar uma imagem representativa sobre eles. O segundo, que será mais valorizado neste trabalho, consiste na capacidade de criação de novos significados que não se reduzem a outras experiências ou percepções, o que não significa que não possa depender, em alguma medida, destas, e que opera na busca de apreender uma realidade que não se apresenta de imediato a nós.

Os autores explorados a seguir foram selecionados não apenas por terem feito considerações importantes sobre a imaginação, mas, principalmente, por terem buscado criar sistemas completos de conhecimento em que se discute o papel desempenhado por cada função mental na aquisição do “verdadeiro” saber. A preferência por autores ditos “clássicos” se deve ao fato de os autores mais recentes, que utilizam uma abordagem puramente lógica ou que utilizam uma metodologia sociológica, não buscarem fazer uma sistematização dos processos vinculados à obtenção do conhecimento, devido aos fins que seus estudos se destinam. Assim, optamos por esse caminho pois esses autores, ao tentarem prescrever como o indivíduo deve proceder para obter conhecimento, criaram uma tradição que influencia nossa visão de ciência até hoje. Conseqüentemente, sempre que buscamos entender por quais meios ou procedimentos o ser humano adquire conhecimento, acabamos por nos inserir nesta tradição. Com isso, este capítulo tem o objetivo de não ser apenas uma retrospectiva histórica, mas, principalmente, a busca de elementos que permitam uma reflexão sobre como essas visões podem estar presentes em nossos discursos até hoje.

A seleção inicial dos autores também se deu por influência de outros estudos que buscavam analisar a imaginação da mesma forma. Entre eles, gostaria de destacar a introdução feita por Jeanne Bernis em seu estudo *L’Imagination*, que consiste em um breve olhar histórico sobre a noção de imaginação e que nos serviu como ponto de partida para a escrita deste capítulo.

Vale ainda notar que o objetivo de nosso estudo não é contribuir para a compreensão do sistema filosófico de cada autor que será abordado, como fazem diversos estudos em filosofia. Isso implicaria uma longa análise histórica de cada um deles. Assim, ao contrário, a partir do entendimento da obra de cada um desses autores, destacamos sua atribuição para a imaginação.

Por último, é importante discutir um aspecto interessante da imaginação como tema filosófico. Ela não é um tema considerado em si, pois entender diretamente como a imaginação ocorre na mente implicaria em estudos com base nos processos neurobiológicos e psico-cognitivos para entender a estrutura que permite a consciência criar. Consideramos que essa não é uma abordagem impossível, visto que autores que trabalham com Filosofia da Mente, como o francês Jean Pierre Changeux e o português Antônio Damásio, têm dado contribuições que podem ser vistas como os primeiros estudos neste sentido. No entanto, para este trabalho, é mais conveniente abordar a imaginação como um tema filosófico “transversal”, em que ela é vista como uma faculdade do

pensamento e é analisada em sua relação com outros temas da filosofia do conhecimento, como as possibilidades e limites de um pensamento racional, ou as formas de acessarmos o mundo como uma totalidade inteligível.

2. 2 – A Imaginação nas Filosofias Empírico-Indutivistas: Bacon e Stuart Mill.

Nesta e nas seções seguintes não abordaremos os autores em uma exata ordem cronológica, pois, para a organização desta apresentação história, julgamos conveniente em alguns momentos romper com a linha do tempo para aproximarmos esses autores pelas características de seus pensamentos.

Iniciaremos nosso estudo pelos autores que são denominados na filosofia de *indutivistas* e *empiristas*. Partimos destas escolas de pensamento por considerar que estas filosofias do conhecimento são as que mais claramente se opõem às possibilidades da imaginação atuar como ato criador. Esta tradição poderia nos remeter à antiguidade, mais exatamente a Aristóteles. No entanto, é mais interessante partir das considerações feitas por Francis Bacon, pois nestas encontramos as primeiras reflexões direcionadas à produção do conhecimento do que posteriormente foi chamada de ciência moderna.

Bacon elabora sua obra como uma forte crítica aos procedimentos e conhecimentos elaborados pelos “antigos”, que são tanto os filósofos da antiguidade, como Platão ou Aristóteles, como seus representantes na idade média. O próprio título de sua principal obra, na qual nos basearemos, demonstra essa crítica. O *Novum Organum*, de 1620, contrapõe-se ao *Organon* aristotélico (Andrade, 1979, p.XXI). Nesta obra, ele faz críticas aos dois métodos vigentes na construção do saber até então. Ele desconsiderará os “idealistas”, por um lado, por buscarem em suas próprias razões os fundamentos do conhecimento e, ao mesmo tempo, criticará os “empiristas”⁶ por apenas fazerem experiências desorganizadas que não permitem chegar à conclusão alguma. Essa concepção é muita bem resumida da seguinte forma:

“Os que se dedicaram às ciências foram ou empíricos ou dogmáticos. Os empíricos, à maneira das formigas, acumulam e usam as provisões; os racionalistas, à maneira das aranhas, de si

⁶ A escola denominada por Bacon de Empirista é na verdade formada pelos que hoje são conhecidos como Alquimistas.

mesmos extraem o que lhes serve para a teia. A abelha representa a posição intermediária: recolhe a matéria-prima das flores do jardim e do campo e com seus próprios recursos a transforma e digerê (Bacon, 1620, p.63).

No entanto, a atividade intelectual para Bacon deve se resumir ao planejamento e organização adequados dos experimentos. Ele reduz completamente o que poderíamos considerar o papel ativo do pensamento e, conseqüentemente, a possibilidade da imaginação atuar. Bacon considera que nossas mentes podem estar ocupadas pelo que ele denomina *ídolos*, que seriam elementos que nos guiarão ao engano. Ele classifica os ídolos em quatro tipos: *da tribo*, que seriam as falsas percepções que a própria natureza humana permite ao distorcer as sensações; *da caverna*, que viriam das influências culturais que cada indivíduo recebe; *do foro*, que advêm do fato das idéias dependerem das palavras, sendo que as palavras exercem um papel negativo na mente ao impor sobre estas idéias que não vêm da natureza; *do teatro*, que viriam da credulidade que damos a outros princípios já estabelecidos e que deveriam ser criticados.

“O intelecto humano se deixa abalar no mais alto grau pelas coisas que súbita e simultaneamente se apresentam e ferem a mente e ao mesmo tempo costumam tomar e inflar a imaginação” (Bacon, 1620, p.24, grifos nossos)

Assim, todo e qualquer conhecimento deve provir da experiência bem realizada. Para tornar isso possível, ele elabora seus métodos de obtenção de conhecimento a partir da constituição das tábuas de investigação (que hoje chamaríamos de tabelas de organização). Primeiramente temos as tábuas de presença ou afirmação, onde são colocadas todas as instâncias em que um fenômeno ocorre; posteriormente formulamos as tábuas de negação, que seriam os momentos em que de forma alguma percebemos a ocorrência do fenômeno e, por último, as tabulas de graduações e comparações, em que deveríamos verificar as variações que podem ocorrer no fenômeno e observar possíveis relações. Além disso, Bacon enumera vários procedimentos pelos quais deveríamos proceder para realizarmos os experimentos adequadamente e para evitarmos cair em *falácias dos sentidos* (Bacon, 1620, p.25).

Assim, Bacon nega qualquer conhecimento que não provém diretamente do método experimental, que ele chama de conhecimentos antecipados, justamente

para mostrar que estes são abstrações prematuras, pois é melhor *dividir em partes a natureza que traduzi-la em abstrações* (Bacon, 1620, p.26)

“Só há e só pode haver duas vias para a investigação e para a descoberta da verdade. Uma, que consiste no saltar-se das sensações e das coisas particulares aos axiomas mais gerais e, a seguir, descobrirem-se os axiomas intermediários a partir desses princípios e de sua inamovível verdade. Esta é a que ora se segue. A outra, que recolhe os axiomas dos dados dos sentidos e particulares, ascendendo contínua e gradualmente até alcançar, em último lugar, os princípios de máxima generalidade. Este é o verdadeiro caminho, porém ainda não instaurado” (Bacon, 1620, p.16)

Mesmo quando se trata de invenções práticas, como os instrumentos ou ferramentas, por mais que Bacon considere estas como invenções dos homens, estas só são possíveis à medida que a natureza revela algumas de suas partes, sendo que muitas delas não poderiam ser imaginadas por ninguém antes de suas criações.

Um último aspecto interessante do sistema baconiano é sua classificação para as faculdades da mente. Na obra *De Dignitate et Augmentis Scientiarum* (1621) ele atribui três bases ao seu esquema, memória, imaginação e razão. No entanto, ele aloca a história na categoria de memória, a filosofia na razão e a poesia na imaginação (Burke, 2000, p.93-94).

“A divisão mais exata que nós podemos fazer das ciências feitas pelos homens se tira da consideração das três faculdades da alma humana, que é a sede própria da ciência. A história se relaciona à memória, a poesia à imaginação e a filosofia à razão. Por poesia nós entendemos aqui como uma história de fingimento e de fábulas” (Bacon, 1621, p.100-101, tradução livre).

É interessante notar que a imaginação se relaciona à poesia por justamente esta ser a arte de fingimento que não reproduz a realidade.

Bacon somente considera o papel da imaginação nas “ciências” quando discute a astrologia, a alquimia e outros conhecimentos semelhantes. Ele afirma que por estas “ciências” terem muito de imaginação (Bacon, 1621, p.113), elas produzem teorias monstruosas.

As idéias indutivistas terão uma nova elaboração pouco mais de duzentos anos depois com o filósofo John Stuart Mill (1806 – 1873). Mill é um filósofo que

não se preocupa apenas com as ciências naturais, mas também elabora trabalhos que visam discutir a sociologia e a moral. Quando ele elabora seu sistema de conhecimento, pretende que este se estenda para estas áreas, devendo contemplar tanto os estudos sobre a natureza, quanto os estudos sobre os homens.

Na sua obra *Sistema de Lógica Indutiva e Dedutiva*, o autor busca fundamentar a possibilidade de uma ciência que se baseie em inferências a partir dos dados experimentais, algo semelhante a Bacon. Para isso, ele parte do princípio que o pensamento trabalha sobre representações atomizadas, estanques, para através delas estabelecer uma lógica de proposições gerais que seriam associações entre estas representações dos fenômenos. Assim, ele elabora quatro leis de associação que a mente faz dos fatos.

“A primeira afirma que dois fenômenos semelhantes tendem a serem pensados juntos (lei da semelhança); a segunda diz que fenômenos experimentados ou concebidos em contigüidade íntima (simultaneamente ou em sucessão imediata) tendem a ser pensados conjuntamente (lei da contigüidade); a terceira (lei da repetição) estabelece que as associações produzidas por contigüidade tornam-se mais certas e mais rápidas pelo efeito da repetição; finalmente, a quarta lei (lei da associação inseparável) afirma que, quando dois fenômenos são encontrados sempre juntos e jamais separados, dá-se entre eles uma associação muitíssimo forte, de tal forma que não somente se concebem como inseparáveis as idéias desses fenômenos, como também as coisas por eles representadas” (Giannotti, 1979, p.74-75)

É interessante notar que, diferentemente de Bacon, Mill aceita que o pensamento opera com representações abstratas, e que estas dependem da mente. Na obra de Mill, encontramos um certo “psicologismo”, pois na verdade ele parte de suas concepções sobre como a mente faz associações para fundamentar as regras para a indução. No entanto, ele afirma que estas representações somente têm validade na medida em que se baseiam e reproduzem puramente as experiências. Para ele qualquer conhecimento que não tenha como base os dados sensíveis deve ser desconsiderado pela ciência. Assim, Mill define o conhecimento como um mero conjunto de dados vindos da experiência.

“(...) pode-se definir a indução como: a operação de descobrir e provar proposições gerais. É verdade que, como já vimos, o

procedimento de constatar indiretamente fatos individuais é tão verdadeiramente indutivo quanto aquele pelo qual estabelecemos verdades gerais. Mas não é uma espécie diferente de indução e sim uma forma do mesmo procedimento, já que, de um lado, o geral é apenas coleção de particulares (...)” (Mill, 1843, p.165, grifos nossos)

No Livro III do *Sistema de Lógica*⁷, denominado *Da Indução*, Mill apresenta uma interessante resposta ao filósofo William Whewell (1794-1866) sobre algumas de suas considerações feitas sobre o processo de conhecer. Whewell chama de coligação de fatos a operação que permite reunir a multidão de observações em uma única proposição (Mill, 1843, p.171). No entanto, para Whewell, este processo envolve um papel destacado da mente que insere elementos que não estavam nos fatos.

“Os fatos particulares não são simplesmente reunidos, mas há um novo elemento acrescentado à combinação por meio do verdadeiro ato de pensar pelo qual são reunidos (...) Quando os gregos, depois de observarem durante muito tempo os movimentos dos planetas, julgaram que esses movimentos deveriam ser corretamente considerados como produzidos pelo movimento de uma roda que girava no interior de uma outra roda, essas rodas eram criações de suas mentes, acrescentadas aos fatos que perceberam através dos sentidos (...) Os fatos conhecidos, mas isolados e desconexos, até que o descobridor fornece de seu próprio depósito um princípio de conexão. As pérolas estão lá, mas não formarão o colar até que alguém providencie o fio” (Whewell apud Mill, 1843, p. 171, grifos nossos)

Percebemos que nas considerações de Whewell a imaginação, em seu sentido criador, está presente em destaque no processo de conhecer, mesmo que ele não utilize este termo. No entanto, Mill, ao responder às idéias de Whewell, considera a necessidade de um conhecimento abstrato que permita a compreensão dos fatos. Contudo, nega completamente a possibilidade dessa abstração ser uma atividade criadora da mente. Em sua resposta, ele utiliza o exemplo da descoberta das órbitas elípticas de Kepler para afirmar:

“É verdade que para estas operações simplesmente descritivas, assim como para as falsas operações indutivas, exigia-se uma

⁷ O que Mill chama de lógica pode ser entendido de uma forma mais ampla, considerando o conhecimento em geral.

concepção mental. A concepção de uma elipse deve ter-se apresentado à mente de Kepler antes que ele pudesse identificar a órbita planetária com ela. De acordo com o Dr Whewell, a concepção era algo acrescentado aos fatos. Ele se expressa como se Kepler tivesse colocado alguma coisa nos fatos pela sua maneira de concebê-los. Mas Kepler não fez tal coisa. A elipse estava nos fatos antes que a reconhecesse, exatamente como a ilha era uma ilha antes que alguém tivesse navegado em sua volta. Kepler não colocou o que concebera nos fatos, mas viu isso neles. (...) Ninguém jamais contestou que para raciocinar sobre alguma coisa devemos ter uma concepção dela, ou que, quando incluímos uma grande quantidade de objetos sob uma expressão geral, está implícita na expressão uma concepção de algo comum a esses objetos. Mas daí não se segue de maneira nenhuma que a concepção é necessariamente pré-existente ou construída pela mente com seus próprios materiais" (Mill, 1843, p.172-173, grifos nossos)

Assim fica claro que dentro da doutrina da Indução, a imaginação não pode desempenhar papel algum na obtenção do conhecimento, que deve ser reduzido à organização dos fatos particulares e mesmo os conceitos auxiliares a essa organização somente podem ser abduzidos diretamente dos dados.

Finalmente, é importante lembrar que as filosofias do conhecimento empírico-indutivistas permaneceram fortes até quase metade do século XX. Claramente devemos considerar que houve um avanço enorme em relação ao que poderíamos chamar de um empirismo ingênuo. Um importante movimento filosófico denominado de *Empirismo-Lógico* foi muito influente no início do século passado. Neste sistema de conhecimento, buscava-se fundamentar a ciência em proposições teóricas, logicamente estruturadas através de postulados e princípios a partir dos quais poderíamos deduzir conceitos. Os conceitos abstratos teriam que se relacionar aos conceitos empíricos, que seriam verificados no "solo" da experiência (Feigl, 1970). Apesar do claro papel da lógica abstrata no processo, podemos afirmar que ainda persiste a tentativa de fundamentar a ciência em proposições claramente verificáveis na experiência, sendo assim, livres de qualquer criação ou verificação subjetiva.

Com o avanço de novas teorias, como a Relatividade e a Mecânica Quântica, que deixavam claro o papel da imaginação e outros aspectos subjetivos durante a elaboração do conhecimento, se tornou difícil sustentar a visão que

negava o papel criativo da mente no fazer científico. Esse problema é parcialmente resolvido com o empirista-lógico Hans Reichenbach, em sua obra *Experience and Prediction* (1938). Ele procurou distinguir dois momentos da atividade do cientista. O Primeiro, denominado contexto da descoberta, seria o momento da criação das idéias e proposições. O segundo, denominado contexto da justificação, seria o momento que o cientista apresenta suas idéias de forma sistemática. Com isso, ele afirma que somente o segundo momento deveria ser o objeto das análises da filosofia da ciência. Na justificação o conhecimento deixa de ter os atributos subjetivos, inclusive os elementos relativos ao processo criativo, e pode ser caracterizado e avaliado através da descrição lógico-analítica. O primeiro momento, da descoberta, deveria ser relegado aos estudos em psicologia, sociologia ou história da ciência. A influência de suas idéias fez com que a imaginação e o processo criativo, em um sentido mais amplo, não fossem considerados como elementos de análise da Filosofia da Ciência, sendo um tema pouco explorado ainda hoje.

2.3 – A Imaginação nas Filosofias Racionalistas Modernas⁸. Descartes e Espinosa.

Neste momento passaremos a discutir o papel que a imaginação desempenha na filosofia cartesiana. René Descartes (1596-1650) foi sem dúvida um dos principais filósofos do conhecimento que a história testemunhou e é de se notar que até hoje suas idéias ainda influenciam não somente filósofos, mas também pesquisadores em ciências humanas e educadores. Embora sua filosofia percorra outros temas, como as paixões e a moral, um importante objetivo de Descartes como filósofo foi constituir um conjunto de regras que guiassem os indivíduos ao conhecimento verdadeiro, buscando assim, constituir um método. Ele, em suas diversas considerações, não ignora o papel da imaginação no exercício do pensamento, como podemos notar na enunciação de sua *XIIª Regra para a Orientação do Espírito*:

“Enfim, temos de utilizar todos os recursos do entendimento, da imaginação, dos sentidos e da memória, seja para ter uma intuição clara das proposições simples, seja para pôr entre as coisas que

⁸ É importante notar que tomamos aqui como moderno o período histórico que compreende os séculos XVI, XVII e XVIII,

procuramos e aquelas que sabemos uma ligação adequada que permita reconhecê-las, seja para encontrar as coisas que devem ser comparadas entre si, sem desprezar nenhum recurso da indústria humana". (Descartes, 1628, p.73)

No entanto, não podemos nos apegar muito à definição anterior, pois ao buscar determinar o lugar exato da imaginação em seu sistema de conhecimento, ele em um momento atribui um papel negativo a ela, em outro, faz com que ela se submeta às verdadeiras formas de entendimento, que discutiremos mais à frente.

Para compreendermos porque a imaginação tem dois fins distintos para Descartes, é importante considerarmos a separação que ele faz entre corpo e alma. Para ele, é a alma que nos torna verdadeiramente humanos e nos distingue dos animais, sendo que nela residiria toda forma de conhecimento verdadeiro. Para provar estes princípios, Descartes escreve sua obra *Meditações Metafísicas* (1641), com o objetivo de demonstrar aos filósofos e teólogos que é possível conceber essa separação e, ao mesmo tempo, provar a existência de Deus através da existência da alma distinta do corpo. Não iremos aqui reproduzir os argumentos ou razões que justificam esta distinção, mas é importante notar que toda vez que Descartes faz referência ao entendimento verdadeiro, isso ocorre como algo que se dá na alma e não pode ocorrer através de um processo que dependa fundamentalmente do corpo.

"Assim, como não concebemos que o corpo pense de maneira alguma, temos razão de crer que todos os tipos de pensamentos que existem em nós pertencem à alma" (Descartes, 1649, p.29)

No entanto, embora todo pensamento ocorra na alma, é possível que estes sofram influência do corpo por via dos sentidos. Com isso, Descartes considera que sempre devemos duvidar dos sentidos e nem mesmo podemos considerar a existência de algo somente através de sua percepção. Ele comenta que sua experiência pessoal o levou a concluir que:

"Entretanto, mais tarde, várias experiências arruinaram pouco a pouco todo crédito que eu dera aos sentidos. Pois várias vezes observei que torres, que de longe me haviam parecido redondas, de perto me pareciam ser quadradas" (Descartes, 1641, p.115)

E aqui já podemos apontar porque, em uma primeira instância, ele atribui um papel completamente negativo à imaginação. Se, já a princípio, devemos duvidar completamente das nossas experiências, quando estas estimulam a

imaginação, esse processo, ligado nesta esfera ao corpo, somente pode nos induzir à criação de falsidades. É importante notar que, por Descartes estabelecer que a imaginação é um processo corporal, ele relega a esta o papel de reprodutora das imagens vindas das sensações. Com isso, o autor considera que o intelecto, ao se esforçar em reproduzir imagens passadas, pode se enganar nesta tentativa e estabelecer conhecimento em bases falsas.

“O entendimento pode, de fato, ser movido pela imaginação ou, ao contrário, atuar sobre ela; assim também, a imaginação pode atuar sobre os sentidos deles, ou, ao contrário, eles podem atuar sobre ela pintando-lhe as imagens dos corpos; por outro lado, a memória, pelo menos a que é corporal e semelhante à lembrança dos bichos brutos, não é em nada distinta da imaginação. Daí se conclui com certeza que, se o entendimento se ocupa com o que nada tem de corporal ou de semelhante ao corporal, ele não pode ser ajudado pelas faculdades de que acabamos de falar, mas, ao contrário, para que nelas não encontre empecilho, cumpre afastar os sentidos e despojar tanto quanto possível à imaginação de qualquer impressão distinta. Se, de outro lado, o entendimento se propõe examinar um objeto que pode ser relacionado com um corpo, é a idéia desse objeto que se deve formar o mais distintamente possível na imaginação; para fazê-lo com mais comodidade deve-se mostrar aos sentidos externos o próprio objeto que essa idéia representará” (Descartes, 1628, p.80-81)

Para explicar essa relação entre imaginação e sentidos externos, Descartes se propõe a fazer uma análise fisiológica do corpo humano a fim de identificar a causa dessa relação. Para ele, o fluxo sanguíneo permite que relacionemos o que sentimos nas diversas partes do corpo com o cérebro, onde se dá a percepção. O cérebro teria uma ligação privilegiada, pois estaria em uma linha reta que viria a partir do coração. Todo o sangue que não fosse para o cérebro devido à sua limitação espacial (nele os nervos são vistos como estreitos caminhos onde o sangue fluiria) passaria a caminhar pelo corpo. Assim, todas nossas percepções seriam dependentes do movimento do sangue, que carrega o que é denominado por Descartes de *Espírito Animal*⁹. Com isso, quando percebêssemos um objeto presente no exterior, este estimularia, por exemplo, os nervos óticos, que fariam

⁹ Na fisiologia cartesiana, os Espíritos Animais adquirem uma função semelhante aos impulsos elétricos nervosos atuais, ao transmitir informações sensoriais. Descartes também explora este aspecto em outra obra, o *Tratado sobre o Homem*

com que o espírito animal corresse para os nervos trazendo a percepção. No entanto, essa função corporal não implica que conhecemos os objetos em si, mas apenas percebemos poucos estímulos provocados por eles. Além disso, a alma pode indevidamente agir sobre o corpo e provocar mudanças no fluxo sanguíneo através de suas paixões¹⁰. Com isso, o sangue ou espírito animal ao se agitar poderia provocar sensações que produziriam na mente imagens semelhantes às das percepções, explicando com este mecanismo como se dá o sonho ou a fantasia, que seriam atributos da imaginação do corpo.

“[as imaginações] procedem unicamente de que os espíritos, sendo agitados diversamente e encontrando as marcas de diferentes impressões que ocorreram antes no cérebro, encaminham-se fortuitamente por determinados poros e não outros. Tais são as ilusões de nossos sonhos, e também os devaneios que temos amiúde quando estamos despertos e nosso pensamento vagueia, indiferentemente, sem se aplicar em si mesmo” (Descartes, 1649, p.43)

Com isso, o pensamento deve sempre estar em vigilância sobre as imagens que atuam nele, para que nelas elementos providos de falsas percepções ou imaginações fantasiosas não atuem.

“Porque não há nada que se possa acrescentar à pura luz da razão sem a obscurecer de alguma forma” (Descartes, 1628, p.21)

Neste momento podemos nos perguntar quais seriam os fundamentos do verdadeiro conhecimento. Para Descartes há somente dois atos a admitir, a intuição e a dedução. Assim, a imaginação somente pode atuar como faculdade auxiliar do verdadeiro conhecimento, quando esta se reduz a estas duas formas de pensar.

A intuição cartesiana difere completamente da noção comum que temos desta. Em sua definição, ele considera que a intuição nos permite a visão clara dos objetos e nos possibilita apreender o conhecimento como uma totalidade. No entanto, a visão desta totalidade somente deve se constituir baseada em princípios que o espírito possa reconhecer como verdadeiros.

¹⁰ As paixões, para Descartes, são funções da alma e conseqüentemente fazem parte do pensamento, mas que diferentemente de suas vontades, são *causadas, alimentadas ou fortalecidas por algum movimento do espírito [animal]* (Descartes, 1649, p.47)

“Por intuição entendo não a confiança instável dada pelos sentidos ou o juízo enganador de uma imaginação com más construções, mas o conceito que a inteligência pura e atenta forma com tanta facilidade e clareza que não fica absolutamente nenhuma dúvida sobre o que compreendemos”.(Descartes, 1628, p.13-14)

Para isso, nunca devemos partir de uma totalidade complexa para buscar, através da intuição intelectual, o entendimento desta totalidade. Devemos partir do processo contrário, temos que reduzir o complexo às suas partes mais simples, de modo que o espírito possa reconhecer o verdadeiro.

“Cumpre observar, em segundo lugar, que há somente um pequeno número de naturezas puras e simples que possamos ver por intuição à primeira vista e em si mesma, sem dependência de nenhuma outra” (Descartes, 1628, p.34)

É importante notar que a organização do mundo não é algo que deva ser criado pelo homem, mas aqui existe um princípio metafísico no qual Descartes se apóia que é a existência de uma organização natural do mundo. Para ele, a natureza organizada desta maneira como algo criado por Deus. Assim, quando a alma encontra a organização do mundo exterior, na verdade ela revela uma organização feita divinamente e isto somente é possível *pelo fato de Deus não ser um enganador* (Descartes, 1641, p.121). Assim, a imaginação não pode ser concebida em seu papel criador, mas somente pode ser considerada em um papel que a reduz à reprodução de uma criação preestabelecida e que já foi reconhecida como verdadeira pela intuição.

“E, para tornar isso muito manifesto, assinalo primeiramente a diferença que existe entre a imaginação e a pura intelecção ou concepção. Por exemplo, quando imagino um triângulo, não o concebo somente como uma figura composta e compreendida por três linhas, mas além disso, considero essas três linhas como presentes pela força e pela aplicação interior do meu espírito; e é a isso propriamente que chamo de imaginar. Que, se quero pensar num quiliógono, concebo na verdade que é uma figura composta de mil lados tão facilmente quanto concebo que um triângulo é uma figura composta por três lados somente; mas não posso imaginar os mil lados de um quiliógono, como faço com os três de um triângulo, nem por assim dizer, olhá-los como presentes com os olhos de meu

espírito. E embora, seguindo o costume que tenho de servir-me sempre de minha imaginação, quando penso nas coisas corporais, aconteça que, concebendo uma quiliógono, eu me represente confusamente alguma figura (...)" (Descartes, 1641, p.110).

Assim, Descartes somente considera o papel da imaginação na intuição quando esta trabalha com elementos que na verdade são reproduções fiéis de figuras concebidas na realidade. Aqui encontramos um ponto importante para nossa análise. O filósofo por considerar a imaginação como reprodutora de imagens visíveis, reduz seu papel na produção do verdadeiro conhecimento. Mas devemos perceber um aspecto interessante na concepção de intuição que Descartes apresenta. Para o autor, o verdadeiro intelecto não apreende a realidade através de uma imagem visual pois, como já consideramos, isto é algo que nos remete às propriedades extensivas do corpo que é apreendida pelos sentidos e que, no geral, nos engana. No entanto, a intuição deve operar como um esforço em apreender a realidade como uma totalidade, através das idéias do espírito que não se reduzem às imagens da percepção. Isso faz com que este aspecto seja muito próximo de uma das características da imaginação como ato de criação, que consiste na busca de criar, através do pensamento, conhecimentos que apreendem e organizem a realidade. A diferença fundamental é que a intuição cartesiana não é criativa, pois a realidade é previamente organizada por Deus, mas, se consideramos que podemos acessar a realidade através de nossa capacidade de organizar as percepções dando um sentido a elas, a imaginação pode ser elemento complementar à intuição cartesiana.

O último ponto referente à imaginação que devemos considerar na obra de Descartes é sua possível relação com a dedução, segunda faculdade que nos possibilita obter o conhecimento verdadeiro. A dedução, diferentemente da intuição, é o movimento pelo qual podemos obter verdades a partir de outros princípios, sendo que este movimento deve ser contínuo e sem nenhuma interrupção do pensamento *que vê nitidamente por intuição cada coisa em particular* (Descartes, 1628, p.15). A idéia de movimento é interessante, pois justamente ela demonstra que, diferentemente da intuição, a dedução não é um conhecimento imediato, isto é, que se apresenta como uma visão atual ao pensamento, mas, ao contrário, acaba sendo dependente da memória, que é obrigada a guardar exatamente os passos dados durante a demonstração para que a dedução não seja conduzida ao erro. Assim, a imaginação pode auxiliar a memória, quando ela ajuda na percepção

dos procedimentos realizados na dedução, a tal ponto que eles possam ser visto como uma totalidade.

“É por isso que eu as percorrerei certo número de vezes com uma espécie de movimento contínuo da imaginação que vê de uma só vez cada objeto em particular ao mesmo tempo em que passa para os outros, até que tenha aprendido a passar da primeira relação para a última com rapidez bastante para que, sem deixar quase nenhuma função à memória, pareça-me ver o todo ao mesmo tempo por intuição” (Descartes, 1628, p.40)

No entanto, aqui temos novamente que a imaginação de forma alguma desempenha um papel criador, mas somente é considerada como uma forma de visualização de algo guardado na memória.

Outro autor que também é tratado como um importante filósofo da linha racionalista é Baruch de Espinosa (1632 – 1677). A obra de Descartes influencia bastante o pensamento deste autor, tanto na valorização do racionalismo, muito presente no século XVII, quanto no objetivo de sua obra. Como em Descartes, Espinosa busca estabelecer um método que nos permita conhecer o saber verdadeiro e, a partir deste, não somente ter bons pensamentos, mas também poder agir com uma postura adequada na sociedade (Chauí, 1973).

Podemos notar a influência de Descartes sobre Espinosa através de uma de suas obras, os *Princípios da Filosofia Cartesiana* (1663) que ele escreve devido a um curso ministrado para um aluno particular. Apesar de notarmos muitas semelhanças na estrutura e no objetivo das obras desses autores, isso não livrará Espinosa de ser um forte crítico do sistema filosófico do *celebríssimo Descartes*, como ele mesmo declara em um tom jocoso. Desta forma, iremos perceber diferenças marcantes nas obras destes dois autores quanto às formas de aquisição do verdadeiro conhecimento.

Duas obras são fundamentais para a compreensão do pensamento de Espinosa. A primeira, o *Tratado da Correção do Intelecto*, também é chamada de *Tratado da Reforma do Entendimento*, e foi escrita em 1661 mas fica inacabada. Na mesma época, o autor inicia a escrita de sua principal obra, a *Ética*, mas que somente é finalizada em 1675. A primeira obra já demonstra suas diferenças em relação ao sistema cartesiano. Descartes, como vimos, justifica o verdadeiro conhecimento, que é dado na alma, pela existência de Deus. Espinosa também irá considerar que o verdadeiro conhecimento nos leva à união com Deus, pois este

verdadeiro saber depende do conhecimento do *Todo*, e assim só pode residir na alma, que são as idéias. No entanto, por rejeitar a doutrina que separa corpo e alma, Espinosa considerará que a busca do verdadeiro conhecimento deve iniciar-se pela análise dos modos de percepção que o ser humano possui por sua própria constituição natural, para mostrar como, a partir destes, podemos chegar ao conhecimento do *Todo*, isto é, de Deus. Somente após conceber a existência de Deus através da análise das formas de percepção, Espinosa considerará como deduzir o verdadeiro conhecimento (Teixeira, 2001, p.10-11). A diferença fundamental é que, para Descartes, Deus já está estabelecido *a priori* e nele já reside o verdadeiro conhecimento em uma alma pré-estabelecida (material). Já em Espinosa, é necessário percorrermos um caminho inicial para provar a possibilidade de atingirmos o *Todo* através das sensações, para, então, dele tirarmos o conhecimento verdadeiro, que também residirá na alma, mas esta, por ser constituída de idéias presentes no mundo exterior, é mutável. Isso tudo faz com que para Espinosa o ponto de partida para alcançar o verdadeiro conhecimento não seja nem as idéias verdadeiras postas na alma (racionalismo puro), nem os conteúdos da experiência (empirismo), mas a análise do que nos é realmente dado, isto é, o conteúdo da consciência que veio de nossa interação com o mundo. Assim, a reflexão deve partir da análise de como os conteúdos de nossas mentes foram percebidos por nós (Teixeira, 2001, p.10-11) e, através disso, corrigir o intelecto ao escolher o melhor modo de percepção.

“Posto isso, dedicar-me-ei à primeira coisa que se deve fazer, ou seja, corrigir o intelecto, tornando-o apto a compreender as coisas do modo que é preciso a fim de conseguir o nosso intento. Para tanto, exige a ordem, que naturalmente temos, que aqui resuma todos os modos de perceber usados por mim até agora para afirmar ou negar alguma coisa sem dúvida, com o intuito de escolher o melhor de todos e começar ao mesmo tempo a conhecer as minhas forças e a minha natureza, a qual desejo aperfeiçoar.

Se olho com cuidado, podem reduzir-se todos a quatro principais.

I – Existe uma perfeição que temos por ouvir ou outro qualquer sinal que chamam “convencional” (ad placitum: arbitrário)

II – Existe uma percepção originária da experiência vaga, isto é, da experiência não determinada pelo intelecto, só se dizendo tal porque

ocorre por acaso e não vemos nenhuma outra experiência que a contradiga, e por isso fica como irrecusável entre nós.

III – Existe uma percepção na qual a essência de uma coisa é tirada de outra, mas não adequadamente, o que acontece quando induzimos de algum efeito a causa ou quando se conclui de um universal que sempre é acompanhado de certa propriedade.

IV – Por último, existe uma percepção em que a coisa é percebida por sua essência unicamente ou por sua causa própria” (Espinosa, 1661, p.48-49)

Estabelecendo as quatro formas de percepção do intelecto, o autor analisa cada uma delas para escolher a melhor. Considerando que o conhecimento busca a essência objetiva das coisas (Espinosa, 1661, p.51), isto é, a verdade além das aparências e da duração limitada no tempo, Espinosa considera que somente o quarto meio de percepção apreende a essência da realidade. Embora isso não seja claro na citação anterior, em outros momentos ele aceitará que do terceiro meio de percepção também podemos tirar verdades. No entanto, existe uma diferença grande entre o terceiro e o quarto meios, pois, no terceiro, a verdade é deduzida de outras afirmações, e, por mais que a dedução gere algo verdadeiro, não apreende a realidade em sua essência.

Neste momento é importante esclarecer algo fundamental da filosofia de Espinosa. Para ele:

“(...) conhecer a realidade é conhecer o todo. Só conhecemos a parte a partir do todo ou integrada no todo. Toda vez que não ligamos ao todo qualquer noção, ela se transforma em abstração. Abstrair é querer compreender a parte sem o todo. Ou melhor, é atribuir realidade ao que é parcial, ao que não explica por si, nem existe por si. Daí vêm todos os equívocos das filosofias que não a do próprio Espinosa”(Teixeira, 2001, p.11).

É interessante notar, que diferentemente do sentido que damos hoje, abstrair no sentido original da palavra latina *abstrahere*, significa justamente, *considerar isoladamente um ou mais elementos de um todo; separar, apartar* (Ferreira, 1975, p.13). Ele determinará que a faculdade da mente responsável pelo verdadeiro conhecimento, isto é, o conhecimento da totalidade é a *intuição intelectual*, como em Descartes. Além disso, as abstrações que não podem compreender a realidade poderão vir ou das sensações e imaginações, que seriam

faculdades relativas aos dois primeiros modos de percepção apresentados anteriormente, que viriam e conduziriam ao erro.

O problema que Espinosa se coloca para a busca de seu método é de como separar as verdadeiras idéias, que existem na totalidade dos fatos, das falsas idéias, que ele chama de “ficções” ou “representações que provem do fingir”, considerando que ambas estão presentes na alma. Sua resposta será que devemos evitar qualquer conhecimento que tenha como base uma abstração, ou, melhor dizendo, qualquer conhecimento que parta de uma idéia solta e que se origine da imaginação.

“Assim, pois, distinguimos a idéia verdadeira e as outras percepções, mostrando que as idéias fictícias, as falsas e as outras têm sua origem na imaginação, isto é, em certas sensações fortuitas e, por assim dizer, soltas, que não nascem da própria potência da mente, mas de causas exteriores, conforme o corpo, em sonhos ou acordado, recebe vários movimentos. Ou, se preferir, toma-se aqui por imaginação o que se quiser contanto que seja algo diverso do intelecto e onde a alma seja paciente; tanto faz que tomes o que quiseres, desde que saibamos que é alguma coisa vaga e da qual a alma sofre, sabendo ao mesmo tempo como, pelo intelecto, nos livramos dela”.(Espinosa, 1661, p.64)

Assim, a solução prévia dada no *Tratado da Correção do Intelecto*, é a de separarmos pela análise reflexiva das nossas idéias, as que provêm da intelecção (ou intuição intelectual) das que provêm da imaginação.

No entanto, somente na *Ética*, ele desenvolve claramente as conseqüências destas premissas que ainda ficam difusas no *Tratado*. Nesta obra ele faz o caminho inverso do desenvolvido na anterior, pois nela, ele parte de Deus, no livro I, para demonstrar a possibilidade de extrairmos de sua totalidade o verdadeiro conhecimento, para nos livros II e III, que serão mais importantes para este trabalho, mostrar a natureza da alma humana e as suas afecções. Devemos ainda notar que a ética é escrita de um modo semelhante a um tratado geométrico, pois ela é estrutura em proposições demonstrações axiomas etc, o que de certa forma torna difícil sua leitura.

O autor inicialmente define uma idéia como um conceito da alma, visto que esta é algo pensante. É importante verificar que ele define alma desta maneira, pois a noção de conceito implica, para ele, uma postura ativa do ato de pensar, algo

necessário ao conhecimento da verdade (Espinosa, 1675, p.137). Em contraposição, temos às afecções, que colocam a alma em uma função passiva em relação aos objetos exteriores, quando destes, ela forma uma imagem. No *Escólito da Proposição XVII* ele afirma:

“(...) chamaremos imagens das coisas as afecções do corpo humano cujas idéias nos representam os corpos exteriores como presentes, embora elas não reproduzam a configuração exata das coisas. E quando a alma contempla os corpos por esse processo, diremos que ela imagina” (Espinosa, 1675, p.152)

O autor chega a afirmar que a imaginação em si não é um problema, mas somente quando consideramos que as coisas imaginadas têm uma existência real. Assim, é possível afirmar que para Espinosa o mal da imaginação é quando o sujeito deixa de ter consciência de sua natureza e busca fundar em suas proposições o conhecimento, desviando assim o indivíduo do método correto.

É ainda importante notar que para Espinosa a imaginação se relaciona fortemente com a memória e, mais precisamente, com as lembranças, pois as imaginações dependem das afecções que o corpo humano sofreu. Como elas colocam a alma em uma postura passiva, elas não podem ser claras e distintas, mas somente confusas (Espinosa, 1675, p.157, Proposição XXVIII). Isso ocorre pois muitas vezes o ser humano sofre diversas afecções em um curto período de tempo sem ter nenhum tipo de controle sobre elas, não podendo, assim, distinguir a verdade entre elas. No *Escólito I da Proposição XL* temos:

“Uma vez que assim é, é evidente que a alma humana poderá imaginar, ao mesmo tempo, distintamente, tantos corpos quantas imagens se podem formar simultaneamente no seu próprio corpo. Mas, logo que as imagens se confundem inteiramente no corpo, a alma também imaginará todos os corpos confusamente, sem qualquer distinção entre si, e os abrangerá como que sob um só atributo, a saber, a atributo de ser, de coisa etc” (Espinosa, 1675, p.163).

Espinosa passará no *Livro III* a apresentar os atributos da alma humana que provêm de nossas afecções. Ela fará uma distinção entre *ações* e *paixões* da alma, algo semelhante a Descartes. Nas ações somos ativos, isto é, somos a causa adequada que de algo que provêm clara e distintamente de nossa natureza. No entanto, quando somos passivos, isto é, não temos o controle das afecções que

sensibilizam nosso corpo, somos tomados por paixões. Vale notar que Espinosa deixa claro que nossas paixões dependem das idéias que formamos na alma, pois sem estas não seríamos compelidos a ter qualquer tipo de ação, correta ou não. De acordo com o Corolário da Proposição I temos:

“Daí se segue que a alma está sujeita a um número de paixões tanto maior quanto maior é o número de idéias inadequadas que tem; e ao contrário, é tanto mais ativa quanto mais idéias adequadas têm”
(Espinosa, 1675, p.179)

Considerando, que em nossas paixões somos levados a *perseverar* em nós as causas pelas quais somos afetados, isso faz como que exista no homem um esforço indefinido para dar existência à estas causas. Neste momento, o ser humano passa a imaginar o mais quanto pode as coisas que julga serem essas causas. Tendo isso estabelecido, Espinosa buscará explicar todos os sentimentos como conseqüências da imaginação, como o amor, o ódio, a alegria, a tristeza etc. Das proposições XII a LIX ele mostrará como a imaginação é a causa destes diversos sentimentos. Apenas como exemplo podemos citar.

“Proposição XIX

Aquele que imagina que aquilo que ama é destruído ficará triste, se, ao contrário, imagina que aquilo que ama é conservado, alegrar-se-á. (...)

Proposição XXII

Se imaginamos que alguém afeta de alegria a coisa que amamos, seremos afetados de amor para ele. Se, ao contrário, imaginamos que ele a afeta de tristeza, seremos ao contrário, afetados de ódio por ele.(...)

Proposição XXXV (...)

Se alguém imagina que a coisa amada se une a outro pelo mesmo laço de amizade ou por um laço mais estreito ainda que aquele com que ele a fruía sozinho, será afetado de ódio para com a coisa amada e invejará o outro” (Espinosa, 1675, p.185-213)

Após mostrar a causa destes sentimentos, isto é, a imaginação, nas seções seguintes, o filósofo buscará explicar em mais detalhes o que são cada uma destas paixões. Um ponto interessante nestas conclusões de Espinosa é que novamente

temos a concepção de imaginação como um esforço de reprodução de algo significativo para nós, esforço que acaba nos levando ao erro.

Apesar de Descartes e Espinosa rejeitarem a imaginação como princípio de obtenção do conhecimento, devemos notar que eles dão à intuição um papel de destaque no momento de apreensão do real como uma totalidade. Veremos que este princípio sintético, isto é, de busca de organização de uma realidade apresentada de modo fragmentado, será um dos principais atributos da imaginação científica.

2.4 – O Sistema de Conhecimento da *Encyclopédie*: Diderot e D'Alembert

Os dois autores que serão discutidos nesta seção poderiam, a princípio, serem incluídos na anterior, pois são autores do período moderno, apesar de haver quase um século de diferença em relação aos anteriores, mas principalmente por serem filósofos que são considerados racionalistas. No entanto, optei em dedicar uma seção à parte para eles devido à natureza da obra que publicaram e que será o objeto das considerações adiante.

Jean Le Rond d'Alembert (1717-1783) e Dennis Diderot (1713-1784) editaram uma das mais importantes obras da história, que marcou o *Iluminismo*, a *Enciclopédia ou Dicionário Raciocinado das Ciências das Artes e dos Ofícios por uma Sociedade de Letrados*, que, por motivos óbvios, ficou conhecida apenas como Enciclopédia e sua publicação se estendeu de 1751 até 1780 (Paty, 1998, p.183).

A idéia de enciclopédia vem do grego *enkyklopaideia*, que se refere a um conjunto organizado de saberes (Andrade e Neto, 1989, p.11), termo que foi colocado em circulação na idade média pelos *Humanistas*¹¹. Apesar de, na época, já existirem alguns primeiros dicionários, as enciclopédias modernas têm origem na Inglaterra no século XVIII. Em 1728, é editada por Efraim Chambers a primeira obra completa intitulada *Cyclopaedia, or an Universal Dictionary of Arts and Sciences*. Com a publicação desta obra, um livreiro e tipógrafo francês, André François Le Breton, consegue em 1745 os direitos para a tradução desta para a língua francesa. Para isso, ele encarrega Diderot para o trabalho, mas este acaba se distanciando

¹¹ O termo Humanista aparece na idade média para designar uma nova corrente de "homens de letras" que se distinguiram dos escolásticos. Muitos deles eram leigos, isto é, não vinham nem ensinavam uma corrente filosófica baseada na teologia (Burke, 2000, p.28)

da idéia original e organizando uma nova enciclopédia, publicando seu primeiro volume em 1751.

O objetivo dos autores era sistematizar todo o conhecimento da época para torná-lo disponível a todos os homens. É interessante notar que se buscava não apenas informar aos homens os conhecimentos, mas permitir a eles a reflexão necessária a todo ser, com o objetivo deste traçar o caminho correto à sua vida.

"Havia da parte dos Enciclopedistas a inabalável certeza de que a difusão universal dos conhecimentos e das técnicas viria a acarretar a liberação do homem, concorrendo para a sua progressiva felicidade neste mundo" (Andrade e Neto, 1989, p.13)

No *Discurso Preliminar* da Enciclopédia, escrito por d'Alembert, mas atribuído aos dois autores, estes buscam fazer uma organização sistemática dos conhecimentos, discutindo as características e especificidade de cada ciência e arte¹². Primeiramente, eles dividem os conhecimentos em *diretos* e *refletidos*, sendo os diretos os que recebemos pelos sentidos, independente de nossa "vontade", e os refletidos os que dependem da iniciativa do homem em entender algo que nos é dado pelos sentidos. Devemos deixar claro que, para os autores, todo conhecimento se inicia a partir dos dados dos sentidos. No entanto, quando o homem é impelido por uma necessidade prática ou pela curiosidade individual de entender, este passa a elaborar os conhecimentos refletidos. Dessa dupla relação com a natureza, se constitui a Física. Apesar da valorização dada aos dados dos sentidos que são considerados como algo inquestionável, estes filósofos irão se caracterizar como racionalistas ao afirmar que todo conhecimento depende da organização destes dados, trabalho que é feito com um papel ativo da mente, que deve encontrar uma unidade nas inferências vindas da experiência, buscando estabelecer a ordem através de um princípio que simplifica a diversidade em algo singular.

"O conhecimento ou a descoberta dessas relações é quase sempre o único objetivo que nos é permitido atingir e o único, por conseguinte, que deveríamos nos propor. Não é portanto através de hipóteses vagas e arbitrarias que podemos esperar conhecer a natureza: é através do estudo refletido dos fenômenos, através da comparação que faremos entre uns e outros, através das artes de

¹² É válido notar que o termo artes utilizado pelos autores inclui não apenas as "belas artes", como a pintura, poesia etc, mas as artes mecânicas, que seriam mais próximas do que hoje chamaríamos de construções artesanais, isto é, a construção de objetos materiais através de uma técnica específica.

reduzir, tanto quanto possível, um grande número de fenômenos a um único que possa ser considerado seu princípio" (Diderot e d'Alembert, 1751, p.31)

Os autores irão atribuir um papel muito especial à matemática, como auxiliar do pensamento no processo de abstração. Assim, essa ciência viria da máxima reflexão, que despojaria a matéria dos corpos, para apenas considerar seu "fantasma", isto é, sua forma, constituindo, assim, a geometria. A partir desta, viria a aritmética e a álgebra, ao aprofundar os estudos das relações de variáveis. Após esse processo contínuo de reflexão, o "espírito" deveria reencontrar o sentido das proposições ao voltar a se referir à realidade.

"Mas tal é a marcha do espírito em suas pesquisas: após ter generalizado suas percepções até o ponto de não poder decompô-la mais, volta em seguida para trás, recompõe, novamente, essas mesmas percepções e com elas forma, pouco a pouco e gradativamente, os seres reais que são o objeto imediato e direto de nossas sensações. Estes seres, imediatamente relativos a nossas necessidades, são também os que mais nos importa estudar; as abstrações matemáticas nos facilitam seu conhecimento, mas somente são úteis enquanto a elas não nos limitarmos" (Diderot e d'Alembert, 1751, p.31)

Os autores estabelecem, com isso, a racionalidade como o fundamento da ciência e, em particular, da Física, quando esta organiza e relaciona os fatos da experiência na formulação de seus princípios. No entanto, os autores consideram que existe uma segunda forma de conhecimentos refletidos que não dependem apenas da razão, mas que fazem apelo à imaginação, este corpo de conhecimento formará as *belas artes*.

"Como a primeira operação da reflexão consiste em aproximar e unir as noções diretas, tivemos de começar, neste discurso, por encarar a reflexão por esse lado e percorrer as diferentes ciências que dela resultam. Mas as noções formadas pela combinação das idéias primitivas não são as únicas de que nosso espírito é capaz. Há uma outra espécie de conhecimentos refletidos, de que devemos falar agora. Consistem eles nas idéias que nós mesmos formulamos ao imaginar e compor seres semelhantes aos que são os objetos de

nossas idéias diretas. É o que se chama imitação da Natureza, tão conhecida pelos Antigos". (Diderot e d'Alembert, 1751, p.41).

A partir deste princípio de imitação da Natureza que, na verdade, é a imitação das sensações que mais nos impressionaram e sensibilizaram, se constitui a três formas de arte, a poesia, a pintura e a música, que têm a liberdade de criar livremente suas obras, mas com o objetivo de reproduzir as sensações que mais nos marcaram e promover os sentimentos que foram mais importantes para nós.

Os autores ainda consideram a importância do homem "localizar" sua existência em relação ao espaço e o tempo, isto é, conhecer como seus hábitos foram formados e como determinados fatores ocorreram em função de outros. Com isso, eles estabelecem a função da memória como registro dos fatos ocorridos. Assim, eles atribuem três categorias como forma do pensamento atuar.

"A reflexão é de dois tipos, já o observamos; ou raciocina sobre os objetos das idéias diretas ou as imita. Assim, a memória, a razão propriamente dita e a imaginação são as três diferentes maneiras pelas quais nossa alma opera sobre os objetos de seus pensamentos. Não consideramos aqui a imaginação como a faculdade que possuímos de nos representar os objetos, porque essa faculdade não é outra coisa senão a própria memória dos objetos sensíveis (...) Tomamos a imaginação num sentido mais nobre e mais preciso, como talento de criar imitando." (Diderot e d'Alembert, 1751, p.51, grifos nossos)

Estas três faculdades da mente formam a base do sistema disciplinar de conhecimento. A memória está ligada à História; a razão à Filosofia, e a Imaginação à Poesia. Devemos notar, que esta divisão se baseia no sistema de Francis Bacon, mas com uma pequena diferença, no sistema baconiano, a imaginação vem antes da razão. Sobre isso, os autores esclarecem:

"Se colocamos a razão antes da imaginação, esta ordem parece-nos bem fundamentada e conforme ao progresso natural das operações do espírito: a imaginação é a faculdade criadora do espírito, antes de pensar em criar, começa por raciocinar sobre o que vê e o que conhece". (Diderot e d'Alembert, 1751, p.51)

Os autores ainda justificam que, na imaginação, a razão se une à memória, pois ela sempre cria com base nos elementos que foram alvo de nossos sentidos e, conseqüentemente, guardados em nossa mente.

Diderot e d'Alembert, diferentemente dos filósofos precedentes, valorizam a imaginação como forma de pensamento criador, e fazem uma interessante descrição desta ao considerá-la como uma forma de raciocínio e não a reduzindo à capacidade de reprodução das sensações. No entanto, eles buscam limitá-la às artes. Em um certo momento, os autores chegam a considerar que a imaginação pode atuar no conhecimento científico, dando como exemplo a geometria. No entanto, eles afirmam que esta é um tipo de imaginação diferente do poeta, menos inventiva e mais analítica.

Devemos notar que a obra desses autores é pouco propositiva como sistema de conhecimento. Na verdade, ela se baseia fundamentalmente nas filosofias apresentadas anteriormente, principalmente no empirismo de Bacon e no racionalismo de Descartes. Contudo, a Enciclopédia tem um valor histórico muito importante, pois ela sintetiza e cristaliza uma determinada forma de pensarmos o conhecimento que irá influenciar profundamente as gerações posteriores. Assim, fica claro que o iluminismo é o período em que a separação entre ciência e imaginação se estabelece.

Para finalizar essa seção, apresento o sistema figurado de conhecimento de Diderot e d'Alembert:

3 – A FILOSOFIA DA CRIAÇÃO CIENTÍFICA.

“O Diretor: Vamos aos fatos, meus senhores, vamos aos fatos! Isso são discussões.

O Pai: Exatamente! Mas um fato é como um saco: vazio, não fica de pé. Para que fique de pé, é preciso pôr-lhe dentro a razão e o sentimento que o determinam (...).”

Luigi Pirandello – Seis Personagens à Procura de um Autor.

3. 1 - Racionalidade e Imaginação Simbólica.

No capítulo anterior vimos que a imaginação goza de pouco prestígio nos principais sistemas de conhecimento elaborados desde o início do período moderno. Devemos então, neste momento, nos perguntar se é possível uma definição de imaginação como um processo de pensamento que contemple as exigências de um raciocínio científico ou, colocando a questão de outra forma, se é possível que a imaginação cumpra as exigências de um pensamento racional, que é um dos valores fundamentais do pensamento científico.

Uma das possíveis definições para a imaginação é a *criação de objetos em um sistema simbólico* (Granger, 1998, p.7). O pensamento humano se constitui fundamentalmente na capacidade de gerarmos representações mentais para os elementos do mundo, habilitando-nos a nos relacionar com este não somente através dos sentidos, mas também através de construções simbólicas (Bronowski, 1978). Isto permite que o ser humano trabalhe sobre estas bases e desenvolva um pensamento conceitual à medida que consegue *operacionalizar* estes elementos, isto é, consegue estabelecer *relações* entre eles, fazendo com que a partir destas imagens simbólicas, em um sistema mais elaborado, possa estabelecer, de forma lógica, relações que nos permitem gerar afirmações sobre o mundo.

A imaginação como criação simbólica é geralmente vinculada à imaginação nas artes. Em uma primeira aproximação, estas buscam criar novas representações para o mundo com o objetivo de sensibilizar a pessoa que as apreciam através de *composições* de elementos significantes, seja através de cores, nas artes plásticas; de palavras, na literatura; ou de sons, na música. No caso das ciências, estes elementos simbólicos criam representações que são fundamentais para a descrição do mundo e servem como apoio ao pensamento, dando sentido à realidade e permitindo a construção de idéias conceituais mais elaboradas. Podemos definir a noção de imaginário como esse campo que configura as possibilidades de representação e que leva em conta as formas pessoais (subjetivas) de apreender o mundo perceptível. (Laplantine e Trindade, 1996; Durand, 1994). Com isso, a base do entendimento não é relegada a uma representação direta da realidade, mas a uma forma de representação individual desta.

“O domínio do imaginário é constituído pelo conjunto de representações que exorbitam do limite colocado pelas constatações da experiência e pelos encadeamentos dedutivos que as autorizam”
(Patlagean, 1993, p.291)

O imaginário definido como o *campo de representações sobre o qual o pensamento operará* determina a primeira forma de descrevermos a imaginação, que construindo um campo simbólico, age sempre definindo novas representações, mas com base nos elementos simbólicos já existentes. Devemos notar que este processo difere muito de uma abstração indutiva, pois nesta, o conhecimento conceitual é uma representação direta da realidade. No caso proposto por este trabalho, a imaginação opera em organizações sucessivas dos sentidos simbólicos, sendo que os novos significados advêm de uma nova composição, estabelecida através de relações entre as representações que formam o imaginário. Este aspecto é particularmente importante, pois quando consideramos um processo indutivo, o processo de aquisição de conhecimento deve partir de um contato o mais objetivo possível com a realidade, de forma a garantir uma relação entre esta e o pensamento. No entanto, no processo imaginativo, por este depender fundamentalmente da capacidade de compor novos elementos simbólicos, para esta composição é mais importante que o pensamento parta de uma pluralidade de percepções subjetivas, em que o individuo tem uma representação própria para um determinado setor da realidade, constituindo, através da criação, uma unidade entre elas. Com isso, o imaginário se torna importante, pois este permite que o

pensamento opere sobre uma diversidade de representações constituídas na mente e não se reduza às percepções imediatas da realidade.

Contudo, a imaginação para ser denominada científica, por mais que seja um ato bastante complexo e de grande subjetividade por estar relacionada com a construção simbólica mental do indivíduo, não pode ser uma atividade puramente livre, isto é, desvinculada dos objetivos da ciência. As novas idéias, quando compostas, devem ser condicionadas a uma construção racional. Neste sentido, a consideração da imaginação depender das construções simbólicas da mente, isto é, do imaginário, não compromete os compromissos racionais da atividade científica. Visto que:

“A razão encontra-se no imaginário e no sentido da lógica interna, que não é contrária ao real, mas que, como um caleidoscópio, recria, reconstrói, reordena e reestrutura, criando uma outra lógica que desafia a lógica formal. Nesse sentido, o imaginário é um processo cognitivo no qual a afetividade está contida, traduzindo uma maneira específica de perceber o mundo, de alterar a ordem da realidade”
(Laplatine e Trindade, 1996, p.79).

A formulação racional¹³ envolve uma estrutura que relaciona os elementos conceituais. A evolução da ciência descrita por Bachelard na forma de evolução de *perfis epistemológicos* (Bachelard, 1940) considera que a ciência progride ao se estabelecer novos padrões de racionalidade. A cada ruptura epistemológica de uma noção científica, há um processo de reorganização desta em direção a uma maior racionalização, que, no limite, estabelece o ultra-racionalismo, em que há um aprofundamento das relações que um conceito estabelece com outros. Quando atuamos através da imaginação, as formulações que esta constrói devem ser racionalmente relacionadas com os outros conceitos científicos, isto é, sempre que formulamos novas proposições, os conceitos nela definidos devem ser inseridos na teia de relações que uma estrutura teórica define. Em muitos casos, para a inserção

¹³ Considerando as diferentes teorias da racionalidade, podemos atribuir quatro dimensões a esta, a conceitual, a dedutiva, a indutiva e a crítica (Costa, 2001). No entanto, neste trabalho, para a discussão acerca da imaginação, tomamos a racionalidade em sua dimensão conceitual, que consiste na capacidade, necessária ao entendimento nas ciências empíricas, de organização de conceitos pela mente no processo de formação de leis, princípios, modelos etc, com o objetivo de estabelecer relações entre estes e outros conceitos que forem julgados convenientes para a descrição de um fenômeno.

de um novo conceito, é necessário reorganizar essa estrutura, constituindo uma *nova racionalidade*, no sentido proposto por Bachelard.

Bachelard ainda considerará que a racionalidade da ciência não é algo absoluto, e apresentará a noção de *racionalismos regionais* (Bachelard, 1949). Para o autor, quando buscamos estabelecer padrões racionais muito amplos, que se aplicam indiscriminadamente a qualquer setor da realidade, recaímos a um idealismo, pois quando o pensamento se aplica a proposições demasiadamente gerais, este deixa de considerar elementos específicos da realidade ao qual ele se aplica. Com isso, apesar do pensamento dispor de estruturas racionais que diferem entre si, por se aplicarem a uma “regionalidade”, no sentido de uma forma de pensamento que se aplica a um setor determinado da realidade, esta é a forma mais adequada de apreender o mundo exterior.

“(...) o racionalismo é uma filosofia que não tem começo; é da ordem do recomeço. Quando o definimos em uma de suas operações, há muito que ele já recomeçou. Ele é a consciência de uma ciência retificada, de uma ciência que carrega a marca da ação humana, da ação refletida, operosa, normalizante. O racionalismo só tem a considerar o universo como tema de progresso humano, em termos de progresso de conhecimento” (Bachelard, 1949, p.144).

Com isso, a racionalidade não é um sistema de regras fechadas que, de uma forma preestabelecida ao entendimento individual, define o significado das idéias presentes em uma teoria. Na criação, ao mesmo tempo em que novos significados simbólicos são criados, novos padrões racionais que os definirão também deverão ser estabelecidos. No entanto, a racionalidade não deixa de ter regras próprias, mas que podem ser retificadas. A imaginação na ciência trabalha assim, em alguma medida, guiada pelas regras da racionalidade no momento de constituição de novos conceitos. Com isso, a *fecundidade* das idéias simbólicas, isto é, a capacidade de serem relacionáveis na forma de modelos racionalizados, é a principal característica da imaginação científica.

Neste sentido, o filósofo Gilles-Gaston Granger, em uma importante obra sobre a razão irá considerar:

“A razão evolui no sentido de que o ideal de ordem e o processo de construção dos novos conceitos variam ao longo da história. Assim progride a razão matemática que, longe de ser um corpo fechado de princípios, é imaginação regulada, mas criadora.” (Granger, 1955, p.71, grifos meus)

Com isso, devemos deixar clara a presença deste duplo aspecto inerente à imaginação característica da ciência. Se por um lado, a imaginação, de uma forma geral, consiste na criação de elementos simbólicos através da composição de representações presentes no imaginário do indivíduo que cria, quando consideramos a ciência, as regras que regulam esta operação de composição são baseadas na racionalidade. Isso faz com que ele tenha um papel importante, pois ela é por natureza a forma de pensamento que busca estabelecer regras organizadoras do pensamento conceitual.

Podemos encontrar forte apoio às idéias precedentes na obra do filósofo Michel Paty. Em sua atual pesquisa, ele busca compreender como novas idéias são criadas com o objetivo de elaborar uma *Filosofia da Criação Científica* (Paty, 2006; p.503). No entanto, diferentemente de outros filósofos do século XX, ele não abandonará a perspectiva do conhecimento racional para pensar as construções da ciência, e buscará deixar claro que:

“Tudo mostra, com efeito, que o pensamento criativo de novas idéias não escapa, numa parte bem significativa, do campo do pensamento racional” (Paty, 2005a, p.2)

No entanto, para dar ao ato criativo uma dimensão racional, ele dará uma nova definição a esta, que a distinga da lógica, e que possa dar conta das construções e modificações ocorridas nas formas de pensamento da ciência com o passar do tempo, isto é, que dê conta da historicidade das idéias. (Paty,2005c)

“A razão é mais complexa do que a lógica, pois ela opera de maneira não tão precisamente definida e sobre objetos que não são definidos de maneira exata e unívoca como os objetos de um raciocínio lógico. A razão é complexa, ela não se reduz à lógica, mas sabemos por experiência (...) que sem ela não teríamos conhecimentos seguros e

objetivos (...) e nem poderíamos comunicar os nossos conhecimentos a outros”(Paty, 2005b, p.7)

A racionalidade, mesmo vista em um sentido mais amplo e aberta a mais possibilidades, não deixa de ser o fundamento que possibilita a compreensão do mundo exterior. Somente ela que torna o mundo inteligível, pois, segundo Paty, a inteligibilidade é *a apropriação pela razão, nos pensamento singulares, de tal elemento de conhecimento [da realidade]* (Paty, 2005c, p.371), sendo que é o fato do mundo ser inteligível que permite que a ciência exista como forma de sua descrição.

O estabelecimento de uma nova definição de racionalidade, como *função do pensamento que integra os conhecimentos* (Paty, 2006, p.504; 2005, p.11), esta deverá unir a mesma à intuição para tornar possível a criação na ciência.

“Esse trabalho de criação se utiliza do raciocínio (que não encerra apenas dedução, mas também é construtivo ao constituir objetos) tanto quanto da intuição, termo pelo qual designamos aqui uma percepção (intelectual) sintética de um complexo de conceitos. Acrescentamos ainda que o raciocínio, mais explícito, e a intuição, concebida neste sentido, não são dois modos de pensamento em oposição, já que na escolha de seus caminhos o raciocínio é freqüentemente guiado pela intuição”(Paty, 2005, p.9)

Podemos notar que Paty, assim como Descartes e Espinosa, utiliza o termo intuição de modo diferente do sentido comum, como sendo a capacidade de apreender, através do pensamento, o mundo em suas diferentes partes como um todo integrado. É importante notar que esta forma de compreensão através do pensamento *precisa* se distinguir da lógica, pois esta somente nos permite um entendimento *analítico* das questões científicas. No entanto, para compreensão através da imaginação, que busca formar uma representação simbólica clara dos problemas apresentados, é necessário que o pensamento opere sinteticamente, isto é, buscando uma unidade na totalidade dos elementos da percepção.

“A intuição física, sem a qual não haveria atividade criativa na pesquisa, é essencialmente uma atitude em relação à experiência (mas a experiência já clareada pela razão), e constitui como uma

compreensão em profundidade desta (...) por exprimir sinteticamente o conteúdo’ (Paty, 1993, p.458)

Com isso percebemos que Paty unifica a racionalidade à intuição para fundamentar a possibilidade do conhecimento apreender de forma sintética a realidade. Assim, podemos considerar através das idéias de Paty que a construção do conhecimento se dá através de uma *intuição racional*.

No entanto, para “sintetizar” esta discussão, devemos esclarecer a possível relação das idéias de Paty com a discussão feita no início desta seção. A intuição racional, durante o ato criativo, busca formar uma representação sintética do complexo de percepções com o objetivo de integrar e dar significado a uma parcela da realidade. No entanto, essa faculdade da mente seria muito restrita se operasse somente sobre a percepção imediata da realidade. Com isso, no momento da criação, podemos fazer apelo a outras representações que transcendem as constatações determinadas naquele momento pela experiência sensível. Assim, podemos fazer apelo a diversos elementos simbólicos presentes na mente por um contato anterior com a realidade percebida. Estes elementos foram definimos anteriormente como compondo o imaginário, que acaba por ter a principal função de dar subsídios ao pensamento imaginativo quando este opera como uma intuição racional na construção de novas teorias, conceitos etc, que dão significado a uma realidade.

Com isso, temos que a imaginação opera sobre três bases. O imaginário, que se constitui das idéias formadas por uma forma subjetiva de percepção da realidade; a racionalidade, que estabelece regras que organizam estas idéias e a intuição, que aliada à racionalidade, busca uma compreensão sintética das percepções que compõem o imaginário.

Para terminar esta seção, apresentaremos uma descrição feita por Paty da descoberta do princípio de relatividade por Einstein, que resume bem suas idéias:

“O fio de uma racionalidade direta já não parece suficiente, aqui, para guiar sozinho o movimento do pensamento: a dificuldade era de fato um obstáculo real, que demandava, para que se seguisse adiante, um verdadeiro salto conceitual (...) O obstáculo que se erguia perante o pensamento pode ser visto como um nó de

conceitos imbricados, no qual nada permite à primeira vista a identificação dos fios que possibilitam a resolução do novelo embaraçado. Somente um tipo de apreensão sintética imediata, mais intuitiva do que analítica, deu a ver, de súbito, depois de várias semanas de esforços infrutíferos, uma via de saída, os fios a serem puxados (...) depois do momento de intuição sintética que abriu o caminho, e a reconstrução das grandezas no percurso desse caminho a partir de então balizado” (Paty, 2005a, p.6-8)

Com isso, passaremos à análise da descrição feita por Einstein de seu processo criativo, com o objetivo de mostrar, através de um exemplo histórico, como as noções discutidas anteriormente podem ser aplicadas à forma do pensamento criativo.

3.2 – Einstein: Filósofo e Cientista.

Albert Einstein se tornou um famoso cientista devido, principalmente, à criação das Teorias da Relatividade, publicadas nos anos de 1905 e 1915. Parte da importância atribuída a essas teorias está no fato de elas terem modificado conceitos fundamentais da Física, o Espaço e o Tempo, marcando assim uma clara ruptura na forma de pensar da época. No entanto, inicialmente elas não foram completamente aceitas pela comunidade científica. Isso ocorreu pois, por mais que ela fosse matematicamente coerente e resolvesse problemas legítimos da ciência da época, ela é uma teoria extremamente abstrata, e sua formulação dependia da aceitação de princípios que não poderiam ser verificados diretamente na realidade através de um método experimental. No entanto, como o passar do tempo, as primeiras evidências experimentais previstas pela teoria foram verificadas. Podemos destacar um importante experimento, feito pela comitiva liderada por Arthur S. Eddington, em 1919, em que se verificou o desvio da luz pela gravidade numa quantidade consistente com a teoria de Einstein, dando um forte indicativo da validade de suas idéias. No entanto, a importância prática da teoria ficou clara quando a Física de Altas Energias se desenvolveu, o que tornou obrigatória as

correções relativísticas nos fenômenos envolvendo as colisões de partículas sub-atômicas.

Considerando que, invariavelmente, os princípios de uma teoria não podem ser inferidos diretamente de resultados experimentais, e que somente suas conseqüências podem ser confrontadas com o conhecimento empírico, como entender a maneira pela qual Einstein criou sua teoria? O objetivo da próxima seção será responder a essa pergunta.

Devo indicar que Einstein é um referencial interessante para a compreensão de como o pensamento científico cria, não somente porque ele foi uma pessoa que elaborou uma teoria bastante abstrata sem o apelo direto à experimentação, mas também porque ele foi um cientista que elaborou muitas reflexões sobre sua atividade e, inclusive, buscou compreender seu próprio ato criativo, fornecendo relatos muito interessantes para nosso trabalho. É importante ainda ressaltar que Einstein tinha um bom conhecimento da filosofia e epistemologia de sua época, o que torna suas reflexões verdadeiros trabalhos filosóficos, mesmo que estas não constituam um sistema completo de conhecimento.

3. 3 – Einstein e a sua Formação.

É interessante partimos de uma breve apresentação da visão de Einstein sobre sua própria formação, pois nela encontramos a motivação de sua "filosofia da livre criação". Ele, ao relatar em sua autobiografia um dos principais episódios de sua formação afirmará:

“Quando eu era um jovem razoavelmente precoce, fiquei impressionado com a futilidade das esperanças e dos esforços que atormentam incansavelmente os homens durante toda a sua vida. Além disso, muito cedo percebi a crueldade dessa busca, que naquele tempo era mais cuidadosamente disfarçada pela hipocrisia e por palavras brilhantes. Todos estavam condenados a participar dessa busca pela mera existência dos seus próprios estômagos. O

estômago talvez se saciasse com essa participação, mas não o homem, na medida em que é um ser pensante e dotado de sentimento. A primeira válvula de escape era a religião, implantada nas crianças pela máquina educadora tradicional. Assim – embora fosse filho de pais absolutamente não religiosos (judeus) – entreguei-me a uma religiosidade profunda, que terminou abruptamente quando tinha apenas doze anos. A leitura de livros científicos populares convenceu-me de que a maioria das histórias da Bíblia não podia ser real. A consequência disso foi uma orgia positivamente fanática de livre-pensamento, combinada com a impressão de que a juventude é decididamente enganada pelo Estado, com mentiras; foi uma descoberta esmagadora. Essa experiência fez com que passasse a desconfiar de todo tipo de autoridade (...) (Einstein, 1949, p.14-15, grifos meus)

Além da clara crítica à religião como dogma, o contexto político da época, a Alemanha do início do século XX, fez com que Einstein criasse um forte valor em relação à liberdade, não apenas a liberdade física, mas principalmente à liberdade de pensamento. Devido a essa concepção, Einstein será um grande crítico dos métodos de instrução que buscam “domesticar” o pensamento do indivíduo, impondo-lhe idéias estabelecidas. Para ele:

“Não basta ensinar ao homem uma especialidade. Porque se tornará assim uma máquina utilizável, mas não uma personalidade (...) [e, assim] ele se assemelhará, com seus conhecimentos profissionais, mais a um cão ensinado do que a uma criatura harmoniosamente desenvolvida”(Einstein, 1953, p.29)

Assim, a educação para Einstein não tem a função de apenas ensinar conteúdos específicos de cada área do saber, teórico ou profissional, mas sobretudo estimular o pensamento livre. Ao refletir sobre sua própria educação ele observa:

“O problema era que, como estudantes, éramos obrigados a acumular essas noções em nossas mentes para os exames. Esse tipo de coerção tinha (para mim) um efeito frustrante. Depois de ter passado nos exames finais, passei um ano inteiro durante o qual

qualquer consideração sobre problemas científicos me era extremamente desagradável. Porém, devo dizer que na Suíça essa coerção era bem mais branda do que em outros países, onde a verdadeira criação científica é completamente sufocada (...) Na verdade, é quase um milagre que os métodos modernos de instrução não tenham exterminado completamente a sagrada sede de saber, pois essa planta frágil da curiosidade científica necessita, além de estímulo, especialmente de liberdade, sem ela, fenece e morre" (Einstein, 1949, p.25-26, grifos nossos)

Quando Einstein reflete sobre os motivos que leva alguém à pesquisa, seja o cientista profissional, seja o estudante, ele considerará que esta atividade não provém apenas da curiosidade de conhecer e formar uma imagem do próprio mundo, mas além disso, consiste na vontade de *evasão do cotidiano* (Einstein, 1953, p.138), isto é, na possibilidade da construção de uma nova realidade.

3. 4 – Einstein e o Pensamento Filosófico.

No capítulo anterior, apresentamos algumas das principais correntes de pensamento que contribuíram para a Teoria do Conhecimento. Como já mencionado anteriormente, Einstein tem consciência dos debates entre os partidários dessas correntes (Einstein, 1953, p. 44-50), e buscará deixar claro que suas concepções sobre o conhecimento diferem dos autores que o precederam, tanto os empiristas, quanto os racionalistas, principalmente quanto às possibilidades de fundamentarmos o pensamento em uma atividade mental livre. Ao considerar as posições de Hume e Kant, ele declarará:

“Penso, que é preciso ainda superar esta posição. Os conceitos que aparecem em nosso pensamento e em nossas expressões lingüísticas são – do ponto de vista lógico – puras criações do espírito e não podem provir indutivamente de experiências sensíveis. Isto não é tão simples de admitir porque unimos conceitos certos e ligações conceptuais (proposições) com as experiências sensíveis,

tão profundamente habituados que perdemos a consciência do abismo lógico insuperável entre o mundo do sensível e do conceptual e hipotético” (Einstein, 1953, p.48).

Apesar de propor um livre pensamento, Einstein buscará deixar claro que suas idéias diferem do idealismo (Einstein, 1953, p.49), pois ele não abandona uma postura realista (Einstein, 1936, p.9). Para compreender sua posição, devemos considerar como ele vê a própria natureza dos conceitos científicos elaborados pelo pensamento.

Einstein considera que a ciência é uma forma de pensamento que opera com as mesmas bases que o pensamento comum. No entanto, a ciência é um processo refinado deste pensar. (Einstein, 1956, p.63). Os conceitos da ciência também são extraídos da nossa relação com o mundo sensível (experiências sensoriais) que precisam ser organizadas em nossa mente para tornar o mundo compreensível. No entanto, para Einstein, o pensamento para ser constituído, não basta que representações do mundo vindas destas experiências se detenham em nossa memória, mesmo que nestas exista alguma seqüência que ligue sua recorrência. Ele define o ato de pensar como a construção de conceitos que são os elementos de *organização do pensamento* (Einstein, 1949, p.17), Essas construções não são apenas representações diretas do exterior, mas elementos que fazem dos dados da experiência um todo organizado.

“O fato de a totalidade de nossas experiências sensoriais ser tal que é possível pô-las em ordem por meio do pensamento (operações com conceitos, a criação e uso de relações fundamentais definidas entre eles, e a coordenação das experiências sensoriais, com esse conceitos) é por si só assombroso, mas constitui algo que jamais compreenderemos. Podemos dizer que o “eterno mistério do mundo é sua compreensibilidade” (...) Ao falar aqui de compreensibilidade, estamos usando o termo em seu sentido mais modesto. Ele implica: a produção de algum tipo de ordem entre impressões sensoriais, sendo essa ordem produzida pela criação de conceitos gerais, pelas relações entre esses conceitos e por relações entre os conceitos e as experiências sensoriais, relações estas que são determinadas de todas as maneiras possíveis. É nesse sentido que o mundo de

nossas experiências sensoriais é compreensível. O fato dele ser compreensível é um milagre.” (Einstein, 1956, p.56).

Ao criar os primeiros conceitos que estão proximamente relacionados com o mundo sensível, o cientista já começa a trabalhar com categorias de objetos e não mais com o mundo sensível em si (Einstein chama estes conceitos de *conceitos primários*). Apesar de ter criado arbitrariamente conceitos para o mundo, esta primeira elaboração ainda é insuficiente do ponto de vista lógico, pois são pouco relacionáveis racionalmente uns com os outros. Torna-se necessário a criação de conceitos mais abstratos, que Einstein designa de *conceitos secundários*, e que têm a vantagem de poderem ser mais bem relacionados através da lógica, mas que são categorias que têm seus significados mais distantes das representações da realidade. Os conceitos primários devem ser deduzidos logicamente dos conceitos secundários. O valor da relação lógica está em tornar a totalidade da experiência um todo compreensível. Para o cientista, a simplicidade lógica deve ser critério de cientificidade, pois nela se encontra a possibilidade de tornarmos o mundo inteligível a nós, pois quanto mais simples a lógica de relações, mais facilmente se poderá organizar um número grande de dados sensoriais. No entanto, a relação dos conceitos operados pela lógica com o mundo sensível não é simples. Einstein alerta para a impossibilidade de relacionarmos logicamente os conceitos fundamentais com o mundo experimental.

“Um adepto das teorias da abstração ou indução poderia chamar nossas camadas de “graus de abstração”; não considero justificável, porém, esconder o quanto os conceitos são logicamente independentes das experiências sensoriais” (Einstein, 1956, p.68).

A relação entre conceitos e o mundo sensível é um aspecto importante no pensamento filosófico de Einstein. Sua concepção de não haver uma relação lógica entre estes elementos e a experiência significa que não podemos relacioná-los através de regras claras e objetivas.¹⁴ Ele considerará que a relação entre o “mundo racional” e o “mundo sensorial” é feita através da intuição, mesmo que essa não possa ser considerada uma categoria objetiva ou “científica”.

¹⁴ A tentativa de estabelecer relações diretas entre conceitos teóricos e conceitos da experiência foi um dos ideais do positivismo lógico, doutrina filosófica importante no final do século XIX e na primeira metade do século XX.

“A conexão dos conceitos básicos do pensamento comum com os complexos de experiências sensoriais só pode ser compreendida de modo intuitivo, não se prestando a uma determinação cientificamente lógica” (Einstein, 1956, p.66).

Um dos elementos mais importantes da cientificidade, como já apontado neste trabalho, se vinculará principalmente pela coerência lógica que os conceitos apresentam entre si quando operam internamente no pensamento. O estabelecimento de uma teoria se baseia então no estabelecimento de uma lógica científica, que seria a busca de uma *perfeição interna da teoria* (Einstein, 1949, p.22). Einstein aponta que os estabelecimentos dessas regras são mutáveis, contudo, é o estabelecimento delas que torna a ciência possível.

“O essencial é o objetivo de representar a multiplicidade de conceitos e proposições próximos da experiência como teoremas, logicamente deduzidos e pertencentes a uma base, o mais estrita possível, de conceitos e relações fundamentais, que possam, eles próprios, ser livremente escolhidos (axiomas). Essa liberdade de escolha, porém, é de um tipo especial; não é nada similar à de um escritor de ficção. Assemelha-se, antes, à de um homem empenhado em resolver uma charada bem formulada. Ele pode, sem dúvida, propor qualquer palavra como solução; mas há apenas uma que resolve realmente a charada em todas as suas formas. É um efeito da fé que a natureza – tal como é perceptível a nossos cinco sentidos – assumo o caráter de uma charada igualmente bem construída” (Einstein, 1956, p.68).

A “resolução de charadas” vai ser fundamental para a concepção de imaginação de Einstein. Ele afirma que nosso pensamento é um jogo livre de conceitos (Einstein, 1949, p.14), havendo uma distinção entre a atividade sensória das impressões e a produção dos conceitos. Segundo ele, o ato de “pensar” põe em jogo além das imagens resultantes das impressões dos sentidos, os conceitos. No entanto, a livre criação considerada por Einstein é de um tipo especial, pois o autor irá considerar que somente uma resposta serve como solução. Com isso, a imaginação adquire um aspecto objetivo, pois apesar do pensamento operar sem restrições cognitivas, ele é guiado a uma resposta que se torna a mais adequada para a apreensão de um fenômeno.

“Mas para Einstein, o mundo é efetivamente concebível, as leis que o físico lhe atribui – ainda que os conceitos que elas implicam sejam criações livres – não são puras convenções. E foi aparentemente o sucesso da sua experiência de investigador que o levou a juntar à intuição a criação conceptual livre como elemento indispensável ao progresso do conhecimento” (Merleau-Ponty, 1993, p,46).

Com isso, esta livre criação de conceitos passa a ter um significado especial quando Einstein considera que é somente através dela que nos orientamos na realidade. Assim, o realismo proclamado por Einstein é na verdade um abandono do realismo clássico, que busca uma correspondência entre construção simbólica e realidade, em prol de uma visão em que o conhecimento não é uma cópia da realidade, mas sim um caminho de acesso a ela.

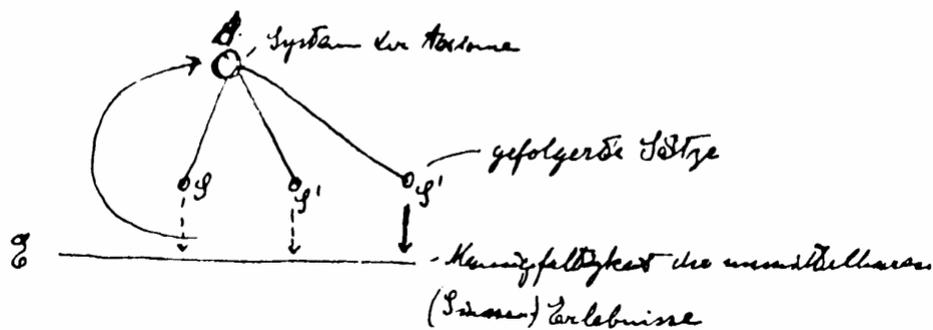
“É isto que queremos dizer quando associamos uma “existência real” ao objeto corpóreo. A legitimidade desta associação repousa unicamente sobre o fato de que, com o auxílio de tais conceitos e das relações mentalmente estabelecidas entre eles, podemos nos orientar por entre o emaranhado de sensações. É por este motivo que estes conceitos e relações – embora livres definições do pensamento – parecem-nos mais firmes e imutáveis que a experiência sensível única, cujo caráter nunca poderemos com segurança deixar de atribuir à ilusão ou a alucinação. Por outro lado, conceitos e relações, em particular o estabelecimento de objetos reais ou mesmo de um “mundo real”, só são justificáveis na medida em que estão associados a experiências sensíveis entre as quais criam associações mentais”(Einstein, 1936, p.9)

Com isso, o que garante a ontologia dos conceitos não é a correspondência direta com a realidade, mas o fato de as idéias elaboradas nos orientarem corretamente nela. Em uma analogia simples, poderíamos afirmar que os conceitos são como um “mapa mental”, que nos permite caminhar sobre uma realidade que permanecerá oculta e escura aos nossos olhos. O sucesso está em que apesar deste mapa ser algo bem diferente da realidade, as novas teorias sempre estabelecem caminhos mais precisos e bem delimitados. Neste sentido, ele irá dar um papel especial à matemática, pois ela estrutura e direciona o acesso à realidade

(Einstein, 1936, 1921), e quando a imaginação se submete às suas proposições, as organizações criadas por ela podem ser legitimadas como conhecimentos verdadeiros (1953).

Einstein, ao escrever uma carta a um amigo, Maurice Solovine, em 7 de maio de 1952, apresenta uma descrição sobre seu processo de criação científica, nos seguintes termos:

"(...) No que concerne à questão epistemológica, você me compreendeu radicalmente mal. Eu provavelmente me exprimi mal. Eu vejo as coisas, esquematicamente, da seguinte forma:



A: Sistemas de Axiomas.

S: Proposições Deduzidas.

E: Variedade das Experiências Imediatas.

As E (experiências imediatas) nos são dadas.

A são os axiomas, de onde nós tiramos as conclusões.

Psicologicamente os A se repousam sobre as E. Mas não existe nenhum caminho lógico conduzindo das E aos A, mas somente uma conexão intuitiva (psicológica), que é sempre “até a nova ordem”.

A partir dos A, são deduzidos por via lógica as afirmações particulares S, que podem pretender a ser exatas.

Os S são colocados em relação com as E (verificação pela experiência). Este procedimento, a ser visto de perto, pertence igualmente à esfera da extralógica (intuitiva), porque a relação entre as noções apresentadas em S e as experiências imediatas E não são de natureza lógica.

Mas essa relação entre os S e as E, é (pragmaticamente) muito menos incerta que a relação entre as A e as E. (Por exemplo, a noção cachorro e as experiências imediatas correspondentes.) Se uma tal correspondência não pudesse ser obtida com uma grande segurança (bem que ela não seja logicamente mantida), a maquinaria lógica seria sem nenhum valor para a “compreensão da realidade” (exemplo, a teologia).

A quinta-essência de tudo isso é a conexão eternamente problemática entre o mundo das idéias e aquele que pode ser experimentado (experiências imediatas dos sentidos).

O trabalho para o volume jubileu de de Broglie será traduzido em francês pelos colegas de lá. Mas o conteúdo será para as pessoas uma heresia da pior espécie. Eu só posso lhe enviar quando ele estiver impresso.

Nós estamos muito bem. Mas minha capacidade de trabalho já diminuiu sensivelmente. Mas isso também tem seu lado bom.

De todo coração A. E.” (Einstein, 1952, p.43, tradução livre)

O passo mais importante, que devemos notar aqui, é o salto que há do plano da experiência sensível, para o plano das premissas. Essa é a criação subjetiva do ser, em que ele pode representar sinteticamente as idéias, isto é, o

momento em que elas se tornam organizadas pelo pensamento, em que as experiências inicialmente desconexas são apreendidas conjuntamente formando uma totalidade única. Esta é uma visão imediata (Paty 2001a), a partir da qual se pode reconstituir logicamente as razões, mas que repousa sobre as experiências anteriores do pensamento.

“(...) Se o senhor quer estudar em qualquer dos físicos teóricos os métodos que emprega, sugiro-lhe firmar-se neste princípio básico: não dê crédito algum ao que ele diz, mas julgue aquilo que produziu! Porque o criador tem esta característica: as produções de sua imaginação se impõem a ele, tão indispensáveis, tão naturais, que não pode considerá-las como imagem do espírito, mas as conhece como realidade evidentes”(Einstein, 1953, p. 145)

Em uma carta direcionada ao psicólogo Jaques Hadamard, Einstein responderá sobre como opera seu pensamento, principalmente em seu ato de compreensão de algo novo.

“As palavras e a linguagem, escritas e faladas, não parecem representar o menor papel no mecanismo de meu pensamento. As entidades psicológicas que servem de elemento ao pensamento são certos signos ou umas imagens mais ou menos claras, que podem “à vontade” ser reproduzidas e combinadas.

Existe naturalmente uma certa relação entre esses elementos e os conceitos lógicos em jogo. É igualmente claro que o desejo de chegar finalmente a esses conceitos logicamente ligados é a base emocional desse jogo pouco vago sobre os elementos das quais eu falei. Mas do ponto de vista psicológico, esse jogo combinatório parece ser uma característica essencial do pensamento produtor – haveria alguma passagem anterior à construção lógica em palavras ou outros gêneros de signos que nós não possamos comunicar a outro.

Os elementos que eu venho de mencionar são, no meu caso, de tipo visual e, por vezes, motor. As palavras ou outros signos convencionais só vêm a ser procurados com dificuldade em um estado secundário, onde o jogo de associações em questão é suficientemente estabelecido e pode ser reproduzido à vontade.

Após isso que acabei de dizer, o jogo sobre os elementos mencionados visa ser análogo à certas conexões lógicas que nós procuramos” (Einstein, apud Hadamard, 1945, p.82-83, tradução livre, grifos nossos)

Nesta carta é interessante notar o papel do pensamento não conceitual como base prévia à conceitualização, em que imagens ou signos mais gerais são a base do entendimento¹⁵ que buscará, em um segundo momento, uma formulação formal do pensamento. Aqui também é interessante notar o papel que Einstein dá à vontade emocional necessária ao processo de construção das idéias, vontade que consiste em obter um entendimento individual de uma realidade que se apresenta fragmentada.

Em relação ao processo criativo, o pensamento de Einstein diz respeito ao fato de a construção do conhecimento não depende das questões puramente intelectuais, mas também dos pensamentos diários que devem ser organizados. Em uma carta à Michele Besso, datada em 15 de junho de 1950, ele irá considerar:

“Quanto à minha afirmação que a distinção entre experiência sensível e alucinação é puramente hipotética (convencional) e que ela pertence a uma categoria criada por nós, sem conteúdo lógico que lhe seja próprio, e baseada somente sobre a oportunidade, ela só é uma banalidade. Eu a mencionei para mostrar que a livre escolha dos elementos construtivos inteligíveis, colocados livremente e impossíveis de deduzir empiricamente, não começa na ciência propriamente dita, mas ela pertence à vida intelectual de todos os dias” (Einstein e Besso, 1903-1955, p.449, tradução livre).

O valor que ele atribui às reflexões diárias o leva a considerar que a construção do conhecimento não depende somente das relações de conceitos formais da ciência, mas das percepções diárias que o indivíduo adquire por sua vivência. Isso é interessante porque demonstra, mais uma vez, que a base da criação na ciência pode depender de pensamentos que seriam considerados pensamento “comuns” e, portanto, desprovidos de caráter científico. No entanto, estes são as bases do que, em uma construção mais elaborada, passará a ser visto como um conteúdo científico.

¹⁵ Elementos que definimos como imaginário na primeira seção deste capítulo.

3.5. – Construindo uma Definição para o Processo de Imaginação Criadora.

Neste momento buscaremos, a partir das reflexões apresentadas anteriormente, estabelecer uma definição sucinta da imaginação como ato criador do pensamento científico.

Inicialmente, tentamos deixar clara a importância de uma concepção de imaginação que não se restringisse a uma mera reprodução mental de dados sensoriais, em detrimento a uma visão de imaginação como ato criador que busca explicar a realidade existente além dos elementos da percepção. No entanto, percebemos com as diferentes correntes filosóficas apresentadas anteriormente e, em especial, com Einstein, que devemos ser cuidadosos em não recairmos em um idealismo, isto é, na crença da capacidade da mente em produzir por si mesma esquemas conceituais sem referência forte ao mundo exterior. Com isso, consideramos que a imaginação, mesmo que concebida como uma atividade de criação livre, não pode transcender a interação do indivíduo com a realidade que busca explicar. Assim estabelecemos que a imaginação deve partir de uma relação do sujeito com o exterior, sendo que as primeiras percepções mentais que ele adquire através da intuição, formam a base de representações imaginárias que o pensamento operará. Ainda é importante salientar que estas representações, não se resumem apenas a elementos conceituais. Elas integram também imagens simbólicas mais amplas que advêm não apenas de uma interação imediata com o exterior, mas também de percepções semelhantes oriundas da vivência do indivíduo que, no entanto, ainda não estão organizadas em sua mente.

Um segundo ponto importante e fundamental para a caracterização da imaginação científica como ato criativo, é a vinculação das representações mentais com uma estrutura que dará significado à totalidade fragmentada de percepções. Nesse processo a criação é orientada pela racionalidade na busca de uma apreensão sintética da realidade apresentada à nossa mente. Einstein apresenta este momento da imaginação como um “salto criativo”, em que o indivíduo torna a realidade, até então obscura e desconexa, inteligível. Esse tipo de apreensão da realidade pelo pensamento é muito próximo da intuição cartesiana e espinosiana, que também tem a função de conceber pela mente o mundo como uma totalidade.

Por último, após o pensamento formar uma representação completa de uma realidade exterior, este pode verificar se as conseqüências deduzidas a partir desta construção teórica podem ser evidenciadas através de um contato com este

mundo, se a representação conceitual criada serve como guia para a orientação nesta realidade, Em outras palavras, trata-se de verificar se suas idéias refletem, em alguma medida, as percepções que se tem do mundo exterior.

A partir da discussão teórica inicial e da análise do pensamento de Einstein, propomos três momentos ou etapas fundamentais para o processo pelo qual o pensamento procede na tentativa de apreender, através do ato criador, a realidade exterior que nos é dada.

1 – **Percepção Intuitiva da Realidade:** O pensamento deve partir de uma interação do indivíduo com a realidade a ser explicada. No entanto, esta interação depende mais de uma percepção subjetiva (como indivíduo singular) e pode fazer referência a outras percepções e representações que ele existem previamente formuladas, mais do que a busca de elementos objetivos presentes na realidade.

2 – **Salto Criativo que liga as Percepções aos Conhecimentos Gerais:** Este salto consiste na vinculação da diversidade percebida com um corpo de conhecimentos gerais que podem ser axiomas, leis, princípios etc, Estes podem estar sendo construídos pela primeira vez, como ocorre em geral no fazer científico, ou podem ser a reconstrução individual de conhecimentos gerais já estabelecidos pela ciência, mas que pela primeira vez são relacionados às percepções do próprio indivíduo e que tem a função de organizar estas percepções.

3 – **Deduções e Verificações:** A partir do conhecimento construído, verifica-se como deles podemos deduzir as conseqüências que devem ser verificadas na realidade através da sua relação com os fatos conhecidos e através da verificação de novos fatos.

Consideramos que a união destes três momentos forma uma descrição geral do pensamento criativo e destacamos que essa capacidade traduz-se no que definimos como Imaginação Científica.

Finalmente, é importante considerar que essa categorização do processo de imaginação, como qualquer outra categorização, é limitada e, em alguma medida, arbitrária, mas que busca-se ser fiel aos referencias teóricos discutidos. No entanto, ela permitirá refletir e analisar em situações/episódios de ensino a importância da imaginação como *faculdade da mente*.

Ainda devemos deixar claro que estas são apenas categorias de análise e de forma alguma constituem um método para a utilização da imaginação, pois como aponta Paty:

“(...) dispor de um método de invenção (...) seria (...) o fim da idéia mesma de criação”(Paty, 2001b, p.102, tradução livre)

Com isso passaremos às análises do processo de imaginação no ensino. Buscaremos verificar se estas três etapas se refletem nas estratégias de pensamento utilizadas pelos alunos durante a realização de duas atividades didáticas.

4 – METODOLOGIA: OBTENÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS NA SALA DE AULA.

“Andrea – Não. Por que o senhor quer que eu entenda? É muito difícil (...)

Galileu – Mas eu quero que também você entenda. É para que se entendam estas coisas que eu trabalho e compro livros caros em lugar de pagar o leiteiro

Andrea – Mas eu vejo que o Sol de noite não está onde estava de manhã. Quer dizer que ele não pode estar parado! Nunca e jamais

Galileu – Você vê! O que é que você vê? Você não vê nada! Você arregala o olho, e arregalar o olho não é ver (...)”

Bertolt Brecht – A vida de Galileu

4.1 – Caracterização Geral das Pesquisas Educacionais.

Caracterizar metodologicamente uma pesquisa educacional não é uma tarefa fácil. Inicialmente, nas décadas de 50 e 60, as pesquisas realizadas buscavam obter correlações objetivas entre o processo de ensino e aprendizagem, e, de modo geral, analisavam o produto final do ensino dado, verificando se este foi eficaz através de testes que demonstrassem a quantidade de conhecimento adquirido. Em alguns casos, formulava-se uma hipótese sobre a causa do fracasso dos alunos, como, por exemplo, a falta de um conhecimento prévio, e verificava-se se a hipótese estava correta através de um levantamento do perfil dos alunos, observando a quantidade deles que tinham a deficiência causadora das dificuldades escolares. Neste tipo de pesquisa, as análises quantitativas, isto é, as correlações estatísticas, prevaleciam como metodologia de estudo. Neste sentido, esses estudos se inspiravam nos procedimentos das ciências

naturais, que influenciaram não apenas as pesquisas em educação, mas as ciências humanas como um todo.

"Assim, tal como naquelas ciências [físicas e naturais], o fenômeno educacional foi estudado por muito tempo como se pudesse ser isolado, como se faz com um fenômeno físico, para uma análise acurada, se possível feita em um laboratório, onde as variáveis que o compõem pudessem também ser isoladas, a fim de se constatar a influência que cada uma delas exerceria sobre o fenômeno em questão" (Lüdke e André, 1986, p.3)

Com o desenvolvimento das pesquisas educacionais nos anos 70 e 80, o problema a ser resolvido deixou de ser a relação entre condições iniciais em que os alunos ingressavam nos cursos, com o resultado final do processo, isto é, a aprendizagem. Não bastava identificar e tentar eliminar dificuldades de aprendizagem isoladas, mas sim entender o *processo* pelo qual o aluno passa para adquirir o conhecimento desejado (Carvalho, 2005, p.30). Em uma analogia que pode ser considerada típica deste trabalho, se tornou necessário desvendar os mecanismos internos da dinâmica da sala de aula e tornar transparente a caixa-preta que é metodologia de ensino utilizadas por professores.

Com isso, percebeu-se que as estruturas metodológicas que estes estudos utilizavam até então são bastante limitadas para o processo que se busca investigar, que pela natureza de uma dinâmica, pode ser considerado um processo de grande complexidade, por existir muitas variáveis correlacionadas. A partir de então, as abordagens qualitativas, inspiradas principalmente na etnografia antropológica, se tornaram de grande interesse para os educadores, pois esta pode ser considerada como a melhor forma de se apreender uma realidade social em sua complexidade.

"É interessante e até gratificante notar que a frustração com tipologias massificantes e teorias sumamente abstratas tem levado muitas pessoas a procurar na antropologia e, em particular, no método etnográfico uma nova solução para seu dilema profissional - um tipo de elo perdido que ajudaria a fechar a lacuna entre a teoria e a realidade. (...) E - melhor ainda - com sua ênfase no cotidiano e no subjetivo, parece uma técnica ao alcance de praticamente todo mundo, uma técnica investigativa, enfim, inteligível para combater os males da quantificação" (Fonseca, 1999, p.58)

No entanto, apesar de correto este direcionamento, podemos verificar que duas críticas se tornaram importantes atualmente. A primeira, feita principalmente pelos antropólogos, é direcionada à má utilização da metodologia etnográfica (Duarte, 2002; Fonseca, 1999). Os pesquisadores dessa área argumentam que, muitas vezes, essa metodologia somente é utilizada para justificar a singularidade da realidade estudada, acabando por desprezar sua *representatividade* e *relações* com o contexto social dado, fazendo com que o estudo não contribua para um conhecimento geral das estruturas sociais e se torne apenas um relato individual de uma situação (Fonseca, 1999). A segunda se refere às limitações que esta metodologia tem ao discutir os fenômenos escolares (Carvalho, 2005), pois as questões educacionais têm objetivos diferentes dos estudos etnográficos e isso traz importantes mudanças no procedimento realizado, tanto na relação entre a teoria e os dados, quanto na obtenção, seleção a análise destes.

4.2 - Caracterização Desta Pesquisa.

4.2.1 - Em relação aos objetivos.

Esta dissertação se vincula às pesquisas que buscam, sob diferentes olhares, caracterizar elementos importantes da dinâmica existente na sala de aula, pois nosso objetivo neste momento é verificar se o modelo de atividade apresentada a seguir permite ao aluno o uso da imaginação, na forma definida neste trabalho, para resolvê-la. Apesar das considerações anteriores, para esse tipo de pesquisa a metodologia conveniente a ser utilizada não deixa de ser a pesquisa qualitativa (Keeves, 1998; Carvalho, 2005), visto que buscaremos identificar o procedimento pelo qual o aluno passou para realizar a atividade, e não o produto final construído através desta. O uso do método qualitativo para esta pesquisa encontra apoio também nas idéias de Erickson (1998), que afirma que a pesquisa qualitativa em educação é especialmente apropriada quando se quer:

“- *detalhadas informações sobre implementação;*

- *identificar as nuances do entendimento subjetivo que motiva vários participantes no cenário*

- *identificar e entender mudanças ocorridas com o tempo*" (Erickson, 1998, p.1155, grifos nossos, tradução livre).

Claramente não temos como acessar diretamente o conteúdo presente no pensamento do aluno durante a aula e, assim, avaliar objetivamente como a imaginação atua em seu pensamento ao realizar a atividade. Consideramos que a melhor forma de contornar essa situação é utilizar os momentos em que os alunos refletem sobre seu próprio processo de criação. Com isso, nosso estudo verificará a imaginação nas reflexões metacognitivas. O termo *metacognição*, cunhado por J. H. Flavell, se refere a uma "cognição da cognição" (Davis et. al., 2005). Devemos apenas ser cuidadosos, pois este termo deve ser bem entendido. Neste caso, admitimos-no como *processo cognitivo* ou mesmo como *estratégia de pensamento* (Davis et. al., 2005; White, 1998), ao invés do conteúdo cognitivo sobre o qual o pensamento opera.

"Pode-se, assim dizer que metacognição é a atividade mental por meio da qual outros processos mentais se tornam alvo de reflexão" (Davis et. al. 2005, p.211)

Com isso, o processo de imaginação deverá ser *inferido* a partir das falas dos alunos, pois, como aponta White:

"Metacognição é uma atividade mental. A presença pode ser inferida, mas não observada diretamente. As pesquisas, portanto, devem estar atentas para a validade e confiança dos instrumentos e observações" (White, 1998, p.1211, tradução livre)

Com isso, buscaremos apontar, a seguir, como minimizar os problemas de interpretação durante a obtenção e análise dos dados.

4.2.2 - Em relação ao Objeto de Estudo.

Nosso objeto de estudo é, como já apontado anteriormente, a sala de aula e sua dinâmica. Não podemos caracterizar esta pesquisa como uma *pesquisa ação*, pois a atividade elaborada não foi pensada em relação aos problemas e práticas existentes em uma escola determinada ou para um professor específico. No entanto, ela não deixa de ser uma pesquisa participativa, no sentido de haver uma intervenção em sala de aula

através de uma atividade planejada. Astolfi (1993) elabora três "paradigmas" para delinear os tipos de pesquisa educacionais que têm como objeto a sala de aula:

1 - Pesquisas de Viabilidade (Pragmáticas): Estas pesquisas buscam verificar a viabilidade de uma inovação previamente planejada e a situação de sala de aula é controlada. Com isso, o resultado é a *possibilidade* desta inovação, através da hipótese elaborada.

2 - Pesquisas de Significação (Hermenêuticas): Estas pesquisas buscam analisar, através de registros das aulas, situações complexas, com o objetivo de caracterizar os acontecimentos desta aula. Neste caso, não dispomos de uma teoria para explicar as situações e as hipóteses não podem ser diretamente refutadas, como no caso anterior, mas podem ser consideradas como um "diagnóstico" que demonstra a emergência de novas interpretações para as situações escolares.

3 - Pesquisas de Regularidades (Nomotéticas): Estas buscam caracterizar elementos do processo educativo de forma que os resultados das metodologias possam ser replicados. Para isso é necessário o conhecimento de uma "regra" que demonstre a viabilidade da proposta.

Astolfi ainda discutirá que as pesquisas educacionais podem ser divididas em dois momentos, o primeiro destinado à inovação, quando o primeiro paradigma prevalece, e as pesquisas de generalização, quando o segundo e terceiro paradigmas se destacam.

Este trabalho se vincula às pesquisas de inovação, pois se busca fundamentalmente mostrar a possibilidade da imaginação criativa atuar como elemento importante na resolução de atividades. É importante esclarecer que a inovação não está na metodologia das atividades propostas, mas sim na proposta teórica apresentada no trabalho. Um ponto importante está no fato de nestas pesquisas prevalecer a validade do caso proposto, ao mostrar a viabilidade de uma situação construída através de pressuposições teóricas, ao invés do estudo detalhado de uma realidade pré-existente às premissas do educador, como ocorre em outros tipos de pesquisa. Neste sentido, podemos definir este tipo de pesquisa como um estudo de caso *controlado*. No entanto, para que o estudo não se resuma a uma constatação isolada, é necessário que a situação seja representativa e dê ênfase à integridade do sistema sob investigação (Keeves, 1998, p.1143).

4.2.3 - Em Relação aos Procedimentos.

Durante os últimos anos, as pesquisas realizadas no Laboratório de Pesquisa em Ensino de Física da Faculdade de Educação – USP, sob coordenação da Prof^a Anna Maria Pessoa de Carvalho, constituíram uma forma bastante própria de realizar suas pesquisas, principalmente quanto à obtenção e análise dos dados. Neste sentido, os procedimentos realizados se distanciaram dos métodos qualitativos de orientação etnográfica. Sobre essas diferenças, Carvalho (2005) aponta:

1 – A sala de aula também é um ambiente natural de pesquisa e os dados coletados são predominantemente descritivos, no entanto, o pesquisador não é o principal meio de colher os dados, pois os vídeos serão o principal elemento para a análise.

2 – Diferentemente da pesquisa etnográfica, a preocupação com o produto é tão grande quanto a preocupação com o processo, pois somente existe ensino se existir aprendizagem.

3 – As pesquisas não obedecem a um processo indutivo, pois os pesquisadores sobre o ensino elaboram hipóteses a serem verificadas e há uma interação entre os dados e teorias. Quando o professor é o pesquisador, as questões podem surgir do fenômeno estudado, mas ainda é necessária uma interação com a teoria.

A autora ainda aponta que para a realização da pesquisa, devemos tomar cuidados especiais com o planejamento da filmagem para não perdemos informações importantes da dinâmica ocorrida na aula (Carvalho, 2005, p.33). Embora a filmagem não possa contemplar todos os acontecimentos da aula, esta se torna vantajosa, por dar ao pesquisador a oportunidade de rever os dados obtidos quantas vezes for necessário. Para este trabalho, isto é particularmente relevante, pois a análise dos dados é feita através das categorias previamente construídas, o que torna a relação entre teoria e dados particularmente rica, tornando possível rever a leitura feita pelo pesquisador e também podendo submeter esta leitura à crítica de outros estudiosos.

Para este trabalho, foram realizadas filmagens de três aulas em que duas atividades foram aplicadas. No entanto, estas gravações em si não formam um corpo de dados que possam ser estudados. Para isso, é necessário verificar nas aulas as situações em que os acontecimentos relevantes ocorreram (Carvalho, 2005, p.35, Erickson, 1998, p.1165). Para isso, selecionamos “episódios de ensino” (Carvalho, 2005; Carvalho et al,

1993;), isto é, “*momentos extraídos de uma aula, onde fica evidente uma situação que queremos investigar*” (Carvalho, 2005, p.35, tradução livre).

Nos anexos 1, 2 e 3 apresentamos a transcrição completa das aulas. Mas para a análise realizada, apresentamos somente extratos dos episódios de ensino selecionados. Nas transcrições buscou-se ser totalmente fiel à fala dos alunos e, também, se tentou estar atento aos gestos e entonações, pois estes podem revelar elementos importantes para a análise (Carvalho, 2005, p.36; Capecchi, 2004, p.100). No entanto, embora não exista acordo entre pesquisadores sobre isso, fizemos pequenas correções de português, somente quando percebemos que isso não alterava o sentido da fala nem atrapalhava a interpretação das entonações do locutor.

Para a apresentação na transcrição, cada episódio é dividido em turnos, isto é, como em um episódio é comum que mais de uma pessoa fale, ou mesmo uma fala seja interrompida várias vezes, dividimos o texto nestas interrupções. A cada início de enunciação um novo turno é iniciado (Galembeck, 1997, p.55). Com isso, os dados serão apresentados da seguinte forma:

Tempo	Turno	Participante: Fala do Participante (1)	(1) Gestos ou Acontecimentos Relevantes
-------	-------	---	---

O item da primeira coluna indica o tempo percorrido desde o início da aula, quando determinado turno se inicia. Para a transcrição utilizamos o relógio do aparelho de DVD como referência. A segunda coluna indica o turno que a fala aconteceu, sendo numerados a partir de 1, no início da aula. A terceira coluna indica em negrito quem está enunciando e após, em letra normal, a fala do participante. Finalmente, na quarta coluna, apresentamos possíveis gestos ou acontecimentos que podem esclarecer a fala transcrita na coluna três. Vale ainda notar que quando um gesto ocorre em um determinado momento da fala, inserimos a notação entre parênteses (1), para indicar o momento da ocorrência do gesto. Como podem ocorrer mais de um acontecimento durante a mesma fala, estes também são numerados. Nas transcrições, utilizamos as normas definidas por Preti (1997) que serão apresentadas no anexo 4. Apenas gostaria de especificar que o uso de negrito nas transcrições é um destaque feito pelo pesquisador para ressaltar algo relevante na fala.

4.3 – O Uso da Imaginação em Atividades de Ensino de Física Moderna.

4.3.1 - Ensino de Física Moderna: O Projeto Escola Pública.

Há pelo menos uma década, educadores brasileiros e estrangeiros vêm discutindo a importância do ensino de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio (Brockington, 2005, Terrazzan, 1992). No entanto, essa foi uma realidade que pouco se concretizou até hoje, devido a diversos problemas. Dentre as principais dificuldades, podemos destacar:

1 – O difícil formalismo presente em teorias como a Mecânica Quântica e a Relatividade.

2 – A escassez de experiências de fácil execução que permitam auxiliar o ensino destas teorias.

Por estas dificuldades e por estas teorias terem características epistemológicas bastante diferentes dos conceitos denominados clássicos (Fischler e Lichtfeldt, 1992), ao pensar na inserção destas novas idéias é necessário não apenas uma reestruturação curricular em termos de conteúdo, mas, principalmente, uma renovação nas metodologias de ensino, para tornar possível a sobrevivência destes saberes como saberes escolares (Brockington, 2005)

Devido à existência destas questões, foi criado em 2002 o projeto *Atualização dos Currículos de Física do Ensino Médio: A Transposição das Teorias Modernas e Contemporâneas para a Sala de Aula*, coordenado atualmente pelo professor Maurício Pietrocola, da Faculdade de Educação – USP.

O Projeto é idealizado por dois grupos de pessoas, os pós-graduandos, que elaboram as seqüências didáticas e buscam analisar sua adequação à sala de aula, e os professores da escola pública, que apóiam a elaboração das atividades e as aplicam em suas escolas. O projeto conta atualmente com uma pós-doutoranda, quatro mestrandos, e seis professores da rede pública, além de outros colaboradores pontuais e do coordenador.

Duas seqüências de ensino foram elaboradas e são aplicadas pelos professores. A primeira realizada teve como tema a Mecânica Quântica ou, mais precisamente, o Ensino da Dualidade Onda-Partícula. Esta seqüência foi construída pelo então mestrando Guilherme Brockington, que finalizou sua dissertação no segundo semestre de 2005. A segunda delas tem como tema a Física das Partículas Elementares e foi elaborada pelo mestrando Maxwell Roger Siqueira, que deve terminar seu trabalho neste segundo semestre de 2006. Apresentaremos abaixo a estrutura dos cursos idealizados.

1 – Dualidade Onda-Partícula:

Bloco 1 - Modelos no Cotidiano e na Física

Bloco 2 - Ondas e Partículas

Bloco 3 - Introdução às Propriedades Magnéticas e Elétricas da Matéria

Bloco 4 - Breve Discussão Sobre Campos: Elétrico, Magnético e Gravitacional

Bloco 5 - O Campo Eletromagnético e a Indução Eletrostática

Bloco 6 - Ondas Mecânicas e a Luz Como Onda Eléctromagnética

Bloco 7 - Luz: Cor e Visão

Bloco 8 - Espectroscopia

Bloco 9 - O Modelo Atômico de Bohr

Bloco 10 - O Efeito Fotoelétrico

Bloco 11 - Dualidade Onda Partícula

2 – Física de Partículas:

Bloco 1 - Raio X e Outras Radiações

Bloco 2 - Ordem de Grandezas e Modelos Atômicos

Bloco 3 - A Interação Forte

Bloco 4 - A Interação Fraca

Bloco 5 - Partículas e Antipartículas

Bloco 6 - Os campos Quantizados

Bloco 7 - As Famílias das Partículas

Para uma apresentação e análise detalhadas destes cursos, recomendamos a leitura das dissertações de mestrado de Brockington (2005) e Siqueira (2006), em que eles detalham as atividades que compõem cada bloco. No entanto, é importante para esse trabalho discutir a natureza destes cursos.

Por consistirem de cursos voltados para as questões da Física do mundo microscópico, as seqüências didáticas não se restringiram à apresentação dos conceitos físicos ligados a esse mundo. Em muitos momentos, se valorizou a discussão sobre as formas de acessarmos esta realidade não observável, e buscou-se salientar o limite que existe em descrevê-la através de idéias clássicas. Com isso, elementos epistemológicos que fundamentam estas discussões passaram a também se constituir como conteúdos presentes nestes cursos, pois estes foram considerados imprescindíveis para que o aluno compreendesse a natureza dos conceitos estudados e o seu papel na descrição dos fenômenos quânticos.

Para a elaboração das diversas atividades que compõem cada bloco, foram elaboradas novas metodologias de ensino que buscavam valorizar os processos de construção de conhecimento de diferentes formas, através de *problemas abertos, investigações, analogias teóricas e experimentais* etc.

Muitas das atividades envolvem a participação ativa do aluno e a manipulação dos elementos que compõem os experimentos. No entanto, a realização das atividades sempre são precedidas de um questionamento inicial que guia o trabalho do aluno na busca de respostas às problematizações propostas. Isso é particularmente importante, pois isto que fará com que a atividade seja um trabalho de investigação, como aponta Azevedo:

“Para que uma atividade possa ser considerada uma atividade de investigação, a ação do aluno não deve se limitar apenas ao trabalho de manipulação ou observação, ele deve também conter características de um trabalho científico: o aluno deve refletir, discutir, relatar, o que dará ao seu trabalho as características de uma investigação científica” (Azevedo, 2004, p.21)

Devido às dificuldades particulares da Física Moderna, estas atividades não se encerram nas verificações observáveis, mas para a compreensão dos conceitos envolvidos, o aluno deve ser levado a pensar sobre a presença de entidades não aparentes que podem explicar os fenômenos.

Com isso, selecionamos duas atividades em que as investigações dos alunos constituem na busca de uma explicação para algo que não é observável. Analisaremos o papel da imaginação nestas atividades. Devemos deixar claro que elas não foram planejadas com esse fim. Este ponto é importante, pois demonstra que o caso analisado não é um dado pré-construído para se articular ao referencial teórico que queremos. Além desse aspecto, é importante esclarecer que desejamos verificar se o “tipo” processo criativo que o aluno passa se assemelha ao processo discutido no capítulo anterior desta dissertação, pois isso não pode ser inferido apenas através da apresentação e análise das características da atividade.

Por último, devemos destacar que a restrição e escolha das atividades também se deram por uma questão metodológica, pois foram as atividades em que a filmagem obtida pode revelar dados sobre o processo de reflexão dos alunos para sua resolução. Em outras atividades, muitas vezes os alunos não expressam suas formas de pensamento e, com isso, não obtemos qualquer tipo de dado objetivo para análise.

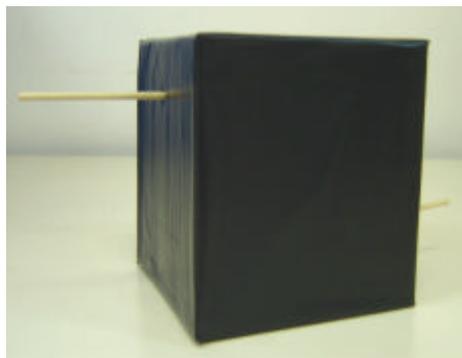
4.3.2 – Apresentação das Atividades.

4.3.2.1 – Atividade 1 – Inventando um Modelo para Caixa-Preta.

Esta atividade, denominada *Inventando um modelo para a caixa-preta*, inicia o primeiro bloco do curso de Dualidade Onda-Partícula e tem como objetivo mostrar o papel que os modelos desempenham ao representarem a realidade que é não diretamente perceptível por nós. Ela tem duração de uma aula e é dividida em dois momentos:

Atividade	Momentos	Tempo Estimado
1. Inventando um modelo para a caixa preta	Os alunos observam e manuseiam uma caixa preta com mecanismo de transmissão de movimento.	20 min
	Os alunos devem tentar explicar o mecanismo de funcionamento da caixa preta através de um esquema e de texto escrito	30 min

Para a realização da atividade, é necessária a construção prévia de uma *caixa-preta*. Esta consiste em uma pequena caixa que esconde um mecanismo interno que não pode ser visto pelos alunos. Normalmente, para as aulas dadas pelos professores do projeto, ela é desenvolvida através de um sistema interno que liga duas ou três hastes que saem da caixa. Quando movimentamos uma das hastes, a(s) outra(s) se movimenta(m) necessariamente.



Demonstração da montagem do mecanismo interno da caixa que os alunos deverão explicar sem vê-lo, somente através dos movimentos das hastes que saem para a parte exterior.

Com isso, o professor inicia a aula pedindo aos alunos que descrevam o mecanismo interno da caixa e representem este mecanismo com um desenho. Após este primeiro momento, os alunos, que poderão fazer a atividade em grupo, deverão apresentar o mecanismo inventado por eles, buscando deixar claro por que este mecanismo é uma boa solução para o problema. É importante destacar que, para a atividade ser realizada com sucesso, o professor deve encaminhar em diferentes momentos três perguntas principais aos alunos (Brockington, 2005, p.4 anexo):

1 – Faça uma representação (desenho) do que se encontra dentro desta caixa-preta, de maneira que explique coerentemente o que ocorre com os pedacinhos de madeira.

2 – É possível ver “dentro” da caixa-preta?

3 – Se você não pode vê-la por dentro, como pode descrever o que havia lá?

Devemos notar que apesar de a atividade se chamar *Inventando um Modelo para a Caixa-Preta*, a princípio, quando o professor encaminha atividade, em nenhum momento ele diz explicitamente que o mecanismo a ser descrito deve ser inventado, criado ou imaginado. Isso é importante, pois veremos que a necessidade do uso da imaginação parte das manifestações dos próprios alunos espontaneamente, mostrando que o dado não foi induzido pela fala do professor. Este dado somente é estimulado quando o professor faz a terceira pergunta, pois neste momento os alunos devem refletir sobre como realizaram a atividade. Ainda devemos considerar que, para a realização da atividade, é importante o professor ressaltar a necessidade da coerência da explicação dada pelos alunos. Isso é particularmente relevante, pois evita que os alunos recaiam em brincadeiras quando percebem que a atividade não tem uma resposta fechada.

4.3.2.2 – Atividade 2 – Descoberta do Núcleo Atômico.

A segunda atividade analisada é denominada *Descoberta do Núcleo Atômico*, e se baseia na experiência de Rutherford sobre a existência do núcleo atômico. Ela faz parte do segundo bloco de atividades do curso de Física de Partículas, que discute as ordens de grandezas vinculadas ao mundo atômico e sub-atômico e apresenta os primeiros modelos de átomos elaborados no início do século XX. A atividade consiste em uma analogia com a experiência de Rutherford de 1911, na qual foram atiradas partículas alfa sobre um átomo e observado as trajetórias destas. Através deste resultado, Rutherford determinou que deveria existir um núcleo atômico carregado positivamente e elétrons em uma região fora deste.

A atividade, que busca se inspirar nesta experiência, tem como objetivo estudar a forma de um objeto que não pode ser visto. Para isso, ele é encoberto por uma chapa de madeira. Os alunos deverão descobrir sua forma atirando pequenas bolinhas e verificando suas trajetórias após colidir com este. Através deste processo, eles deverão fazer uma representação (desenho) do objeto invisível.

O quadro abaixo apresenta os momentos da atividade e o tempo destinado:

Atividade	Momentos	Tempo Estimado
2.Descoberta do Núcleo Atômico	Alunos atiram as bolinhas que representam partículas em um objeto escondido sob uma placa e buscam determinar seu formato	30 min
	Os alunos desenham a forma do objeto que está abaixo da placa	20 min

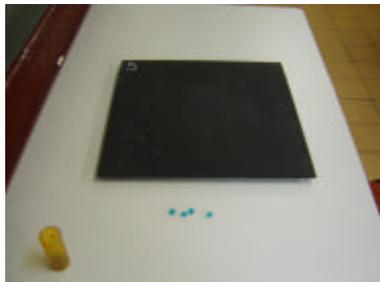
Para a realização da atividade, o grupo tem montado um material que consiste em uma placa de madeira de aproximadamente 1 m², na qual são colados pedaços de isopor que formam uma figura geométrica que pode ser regular ou não. Por exemplo, pode-se formar um quadrado ou círculo. Para a solução não ser demasiado simples, é interessante que formas compostas, como triângulos colados simetricamente, ou semi-círculos colados paralelamente, componham as figuras abaixo da placa. Com isso, ao atirarem as bolinhas por baixo desta, os alunos poderão inferir o formato da figura escondida através da trajetória das mesmas.





Alguns exemplos de figuras utilizadas no projeto

Um elemento importante é que esse material esteja em cima de uma mesa ou mesmo no chão, de modo que os alunos não consigam olhar por baixo da placa. Nas versões atuais dessa atividade, a placa e a figura de isopor colada abaixo dela têm sido pintada de preto, pois dificulta a visão direta da figura.



Placas dispostas na posição para a realização da atividade.

Para a realização da atividade o professor deve encaminhar três momentos.

1 – Pedir que os alunos atirem as bolinhas e verifiquem o que ocorre com elas.

2 – Recomendar que eles marquem, em uma folha colocada sobre a placa a trajetória que a bolinha percorreu.

3 – Baseados nestas inferências, os alunos devem fazer uma representação da figura existente abaixo da placa.

4.3.2.3 – Sobre as Atividades:

Finalmente, é importante destacar que as atividades analisadas seguem uma estrutura que permite ao aluno.

1 – Ter a curiosidade estimulada, pois fica claro ao aluno durante a execução que a solução depende fundamentalmente de sua capacidade de inventar mecanismos ou formas de objetos que expliquem as observações feitas por eles.

2 – Formular hipóteses livremente, visto que não há nenhuma indicação de qual caminho percorrer para resolver o desafio proposto;

3 – Fornece dados à percepção. Permite tanto ao aluno considerá-los como ponto de partida para sua criação, algo importante para constituir uma criação que permita ser uma descrição da realidade não observável, como também servirem como verificação das “deduções” ou conseqüências tiradas do mecanismo/objeto imaginado.

4.4 – A Imaginação nos Discursos dos Alunos.

É necessária uma breve discussão sobre como a imaginação pode aparecer nas falas dos alunos. Devido às claras limitações metodológicas já citadas, não podemos acessar diretamente o conteúdo das mentes dos alunos e, conseqüentemente, avaliar suas habilidades em relação ao ato criativo. Para diminuir a subjetividade interpretativa da

análise, buscaremos avaliar a imaginação no discurso dos alunos de duas maneiras. Assim teremos a oportunidade de estudar os dados através de mais de uma referência.

1 – **Nas manifestações metacognitivas:** Buscaremos identificar se os alunos manifestam explicitamente o uso da imaginação para a execução da atividade e ainda verificar se a estrutura de pensamento utilizada por eles se assemelha às 3 etapas inferidas através da análise dos relatos de Einstein e descritas na seção 3.5, a saber:

– *Percepção Intuitiva da Realidade*

– *Salto Criativo que liga as Percepções aos Conhecimentos Gerais*

– *Deduções e Verificações*

2 – **Nos Gêneros de Discursos elaborados pelos Alunos:** Buscaremos identificar o que Sutton (2003, 1997) chama de uma linguagem interpretativa. Este autor analisa a linguagem utilizada pelos cientistas durante as primeiras comunicações de suas obras, em que os cientistas ainda não conhecem precisamente as entidades que formam o sistema a ser explicado, e mostrará que a linguagem utilizada é caracterizada pelo uso de uma linguagem imprecisa e interpretativa, em que as relações analógicas com outros objetos que não fazem parte do sistema são grandes. Assim, ele vai caracterizar essa linguagem da seguinte forma:

“- é claramente o produto de uma pessoa que está dizendo: Eu penso que... ou Me parece que...

“Comecei a pensar se não podia existir um movimento, como se fora, em um círculo”. *William Harvey, sobre o sangue, 1628*

“Não se escapa ao nosso conhecimento que o emparelhamento que temos postulado sugere imediatamente um possível mecanismo de cópia do material genético”. *James Watson e Francis Crick, sobre o DNA, 1953*

- é analógico ou metafórico: É como um.. ou É como se..., ou Podemos pensar sobre ele como...

- é provisório, impreciso no princípio, e flexível para tentar captar a mesma idéia de diferentes maneiras

Quando a usamos para comunicar parece que estamos:

Persuadindo a outros sobre um novo ponto de vista, construindo uma nova comunidade de pensamento" (Sutton, 1997, p.14, tradução livre, grifos meus)

Sutton ainda considera que esse tipo de linguagem, que demonstra a incerteza no emprego das palavras ao explicar um processo que não é bem conhecido, é uma fala característica de um pensamento em elaboração.

Considerado que os indivíduos, em seu processo criativo, buscam refletir sobre elementos e relação que eles não conhecem, podemos considerar que quando eles tentarem expor suas idéias, esse tipo de linguagem deve ser predominante em seus discursos. Com isso, quando percebemos que as falas dos alunos apresentam as características da linguagem interpretativa, iremos considerar estes elementos como indicativos do uso da imaginação criativa.

4.5 – Apresentação e Análise dos Dados: Aula 1.

4.5.1 – Breve Descrição da Aula.

A aula foi realizada no Colégio de Aplicação da Faculdade de Educação – USP, em São Paulo, em março de 2006, com o professor Nelson Teixeira. Ela contava com cerca de 30 alunos do terceiro ano do ensino médio que cursam o período diurno. O professor iniciou a aula dividindo os alunos em seis grupos e dando a cada grupo uma “caixa-preta”. A seguir ele pediu que os alunos buscassem descrever o mecanismo interno da caixa e fizessem um desenho representando este mecanismo. Essa primeira etapa durou cerca de 15 minutos. Após isso, os desenhos foram colados na lousa e foi pedido para que um membro de cada grupo fosse até à frente da turma para explicar o mecanismo de sua caixa e argumentar porque este é um bom mecanismo. A aula termina com o professor indagando aos alunos as estratégias que eles utilizaram para resolver a atividade. A duração total da aula foi de 40 minutos.

4.5.2 – As estratégias de resolução dos alunos: As manifestações Metacognitivas.

As falas que serão apresentadas a seguir não seguem uma seqüência temporal, mas elas foram selecionadas de modo a deixar clara a verificação das etapas de criação do mecanismo oculto.

Inicialmente, podemos notar que o papel da imaginação já aparece explicitamente na fala de um aluno:

19:56	36	Aluno 4: Nosso desenho está assim... a gente imaginou que existem dois elásticos aqui dentro, que estão cruzados, em forma de X (1)... Um deles está preso na extremidade de cada um desses palitinhos, sabe aqueles elásticos de roupa, que é bem fininho, não é elástico da amarrar dinheiro, é um elástico bem fininho (2), que tá preso em cada uma dessas pontas das extremidades e o outro só tá, tipo, encaixado mais ou menos no meio e no centro tem um, não sei o quê, um preguinho, um palitinho que deixa os dois fixos	(1) Aluno 4 faz um movimento com a mão simbolizando um X no centro da caixa. (2) Aluno 4 faz um movimento de vai-vêm com a mão como se estivesse segurando um elástico.
-------	----	---	--

O Professor ainda complementa:

20:43	39	Professor: Vocês estão imaginando então que está fazendo um X, é isso? (1) Tá, tem dois elásticos aí fazendo um X e esses elásticos tão indo nos pauzinhos aonde?	(1) Aluno 4 faz que sim com a cabeça.
-------	----	---	---------------------------------------

Este dado, apesar de, a princípio, parecer um pouco óbvio, é relevante, pois ele demonstra que os alunos adquiriram a consciência da necessidade do uso da imaginação neste processo e que sem ela a atividade não poderia ser resolvida. No entanto, para este estudo não basta isto, devemos verificar se a imaginação segue o modelo por nós apresentado, ou se os alunos simplesmente “imaginam” o que quiserem livremente.

Podemos notar a presença da primeira etapa, a *Percepção Intuitiva da Realidade*, em diversas manifestações dos alunos. Nas manifestações do Aluno 2, que representa o primeiro grupo encontramos:

14:58	10	Aluno2: E gente viu que ela vai pra lá (1). Provavelmente, a gente pensou que tivesse uma alavanca, uma madeira.	(1) Aluno indica a posição do movimento da haste da caixa.
-------	----	--	--

Nesta fala do aluno, ele manifesta a interação com a caixa através da visão, no entanto, é claro na sua fala que sua visão somente lhe permite uma inferência indireta, quando ele manifesta “*Provavelmente, a gente pensou que tivesse*”. Além disso, ele ainda complementa:

15: 26	12	Aluno 2: A gente percebeu que se a gente puxasse ela vinha pra cá (1). Então teria uma madeira , que se você puxasse essa, essa aqui empurraria outra madeirinha (2) e pra isso a gente ia usar um sistema de elástico, pra puxar essa e essa ser empurrada (2), porque essa fica assim, entendeu?	(1) Aluno 2 indica a posição do movimento da haste da caixa. (2) Aluno 2 indica um mecanismo com a mão que liga o movimento das duas hastes
--------	----	--	---

Aqui o aluno manifesta claramente que a verificação causal “*Se a gente puxasse... Então teria...*” depende de uma percepção que não é óbvia à primeira vista, mas que proveio de uma apreensão hipotética da realidade, neste caso, a caixa.

Passamos agora para o Aluno 1 que representa o segundo grupo.

16:02	14	Aluno 1: A gente percebeu basicamente a mesma coisa que eles (1), só que a gente fez um desenho meio diferente. Isso porque tinha um palitinho aqui , um eixo (2)	(1) Aluno 1 indica desenho do Grupo 1. (2) Aluno 1 aponta desenho de seu grupo na lousa.
-------	----	--	---

Aqui, como no caso anterior, o aluno diz explicitamente que a verificação do grupo dependeu de uma percepção. Ao mesmo tempo ele reconhece que apesar das semelhanças com o grupo anterior, a percepção deles permitiu uma inferência diferente no momento de criar a representação, pois eles deram atenção para um outro elemento que o grupo anterior não tinha percebido, isto é, a existência de outro palitinho.

16:18	16	Aluno 1: Aqui no centro (1), tem um palito ou alguma coisa do gênero e tinha esse pauzinho (2) que ligava esse de um palito à outro palito e quando você puxava um o outro (3) e tinha um elástico, porque você puxava	(1) Aluno 1 aponta o centro da caixa (2) Aluno aponta para desenho da lousa (3) Mostra o movimento das
-------	----	--	--

		ele voltava, ele ia e voltava, então tinha um elasticozinho aqui (4) só que em vez de assim, a gente achou que estava assim , talvez, que sabe?	hastes com a mão. (4) Mostra no desenho a posição do elástico.
--	--	--	---

Neste trecho fica claro a consciência dos alunos que as inferências tiradas por eles em relação à caixa são suposições e não podem ser tomadas como uma realidade objetiva, isso é claro pelo início da fala “*tem um palito ou alguma coisa do gênero...*” e pela conclusão “*a gente achou que estava assim...*”

A aluna 3, que representa o terceiro grupo, ainda acrescenta:

17:28	22	Aluno 3: É a gente... A gente fez assim. A caixa, ela tinha que ter alguma coisa que voltasse, daí tem um pauzinho aqui e esse pauzinho, ele se move, porque quando a gente puxa, ele sai reto, daí ele volta pra sair reto (1)	(1) Aluno 3 aponta o desenho.
-------	----	---	-------------------------------

Um aspecto que é importante, mas ainda não foi ressaltado, é que as percepções, por mais que sejam subjetivas não transcendem uma interação clara com a realidade (a caixa). Isso é claro na importância que a aluna 3 dá à manipulação da caixa na realização da atividade, que pode ser completada com a fala seguinte:

18:16	26	Aluno 3: Quando a gente puxa aqui , daí tem um negocinho atrelado aqui (1) e esse aqui vem pra cá e esse pra cá (2) e eles saem retos pra cá .	(1) Aluno 3 aponta o centro da caixa (2) Aluno 3 aponta as hastes.
-------	----	--	---

Nas falas dos alunos fica claro que eles têm consciência que suas percepções são inferências que vão além dos observáveis. Podemos notar isso na estrutura de suas frases, que, em geral, utilizam os verbos no modo imperfeito, indicando que elas têm um caráter subjetivo e não são verificações objetivas.

É ainda importante observar que é manifestada pelos alunos a necessidade de uma pluralidade de percepções para poder formar uma representação do mecanismo da caixa.

30:29	104	Aluno 4: Professor! Eu acho que também foi assim, não foi só observando o fato dos palitinhos se moverem, pelo menos o nosso grupo escutou, assim, o barulhinho que tinha dentro, viu na caixinha se tinha alguma parte que era dura, se tinha, entendeu, a gente tava tentando perceber outros detalhes, não só fazer assim (1) então a gente deduzir, a gente tentou também....	(1) Aluna faz o movimento das hastes da caixinha com a mão.
30:55	105	Professor: Tá, então esse grupo aqui além de usar os conhecimentos prévios e observar o que acontecia no movimento, tentou usar os outros sentidos, não é isso? Observar o formato, sentir o barulho, não é isso, perceber o barulhos, que fazia ou não, não é isso, usou os outros sentidos para tentar fazer uma aproximação.	

A fala do aluno, que é reforçada pelo professor, mostra claramente que por eles terem consciência que a representação da realidade depende de uma inferência não objetiva desta. Com isso, eles buscam utilizar o máximo de percepções possíveis.

Buscaremos agora identificar o segundo momento importante para a construção de uma idéia através da imaginação científica, o *Salto Criativo que liga as Percepções aos Conhecimentos Gerais*.

Nas falas iniciais dos alunos é difícil identificar este momento, visto que quando eles estão explicando suas representações eles já estão justificando suas idéias. No entanto, no momento em que eles discutem as estratégias para a resolução do problema, um importante diálogo se estabelece entre o professor e um dos alunos da classe. O professor questiona como o aluno resolveu a atividade, então o aluno responde:

29:40	98	Aluno 12: Com o conhecimento que a gente já tem de outras experiências	
29:47	99	Professor: Pessoal, vamos ouvir.	
29:48	100	Aluno 12: Como a gente já fez outras experiências antes, experiências da mecânica, trabalhando com elásticos, mesmo na parte da frente, a gente não vê (1), tipo, já sabe o resultado final, ver o palitinho se movendo, digamos a gente já conhecia trabalhando com outras coisa, roldanas, mais ou menos isso.	(1) Faz um gesto com a mão, como se quisesse impedir de ver algo
30:05	101	Professor: Você já conhece outros experimentos que utilizou o mecanismo de movimentação, é isso (1), daí vocês	(1) Aluno 12 concorda com a cabeça

		concluíam já, já trabalharam com roldana, né. Então você partiam dos conhecimentos prévios que vocês já tinham e vocês conseguiram concluir	
--	--	---	--

Esse diálogo é interessante porque deixa claro que a totalidade de percepções que os alunos adquiriram ao manipular a caixinha somente ganhou significado quando os alunos conseguiram vincular conhecimentos teóricos já existentes. É importante deixar claro que para fazer isso, eles deram preferência a outros conhecimentos que eles julgavam confiáveis, e não qualquer concepção pessoal. A fala aluno 12 ainda é reforçada por outro aluno:

30:22	102	(Inaudível)	Aluno 3 manifesta algo inaudível.
30:28	103	Professor: Pensando também na experiência do ano passado, usando elástico.	Professor reproduz a fala do aluno 3. Aluno 4 se manifesta.

Finalmente, iremos analisar a última etapa do processo criativo, as *Deduções e Verificações*.

Podemos notar que explicitamente os alunos manifestam o papel da dedução em suas falas.

27:34	82	Professor: Se a gente não consegue ver, né aluno 9, se a gente não consegue ver o que tem dentro da caixa, como é que vocês fizeram para descrever o que tem?	
27:56	83	Aluno não identificado: Eu deduzi.	
27:58	84	Professor: Por dedução	
28:00	85	(Inaudível)	Alunos conversam entre si
28:10	86	Professor: Fala mais alto	
28:12	87	(Inaudível)	Alunos conversam entre si
28:31	88	Professor: Agora, deixa o aluno 9 falar.	
28:34	89	Aluno 9: Eu só falei que, quando a gente observou o que acontece, nós deduzimos o que tava ali (1)	(1) Aponta o desenho.
28:42	90	Professor: A partir do que vocês observaram que tava acontecendo, vocês deduziram como é que deveria ser a parte interna?	
28:49	91	Aluno 9: É.	
28:50	92	Professor: É isso?	
28:51	93	Aluno 9: É	

No entanto, devemos notar que na fala do estudante ele afirma que a dedução foi o que permitiu ele saber o que tinha dentro da caixa. Em sua fala a dedução inclui o que chamamos de *salto criativo*, pois a forma como ele expressa *eu deduzi*, está na verdade querendo afirmar que ele conseguiu chegar em um modelo coerente com as observações. No entanto, considero que a fala não deixa de ser relevante, pois não deixa de considerar que a representação criada por eles deveria explicar os fatos particulares.

Em outras diversas falas, muitas que já foram apresentadas anteriormente e para não tornar a análise enfadonha não reproduziremos novamente aqui, encontramos indícios da verificação de hipóteses.

15: 26	12	Aluno 2: A gente percebeu que se a gente puxasse ela vinha pra cá (1). Então teria uma madeira, que se você puxasse essa, essa aqui empurraria outra madeirinha (2) e pra isso a gente ia usar um sistema de elástico, pra puxar essa e essa ser empurrada (2), porque essa fica assim, entendeu?	(1) Aluno 2 indica a posição do movimento da haste da caixa. (2) Aluno 2 indica um mecanismo com a mão que liga o movimento das duas hastes
--------	----	---	---

Nesta fala podemos perceber a verificação das idéias através da própria linguagem dos alunos, nos usos dos conectivos *Se* e *Então*.

16:18	16	Aluno 1: Aqui no centro (1), tem um palito ou alguma coisa do gênero e tinha esse pauzinho (2) que ligava esse de um palito à outro palito e quando você puxava um o outro (3) e tinha um elástico, porque você puxava ele voltava , ele ia e voltava, então tinha um elásticozinho aqui (4) só que em vez de assim, a gente achou que estava assim, talvez, que sabe?	(1) Aluno 1 aponta o centro da caixa (2) Aluno aponta para desenho da lousa (3) Mostra o movimento das hastes com a mão. (4) Mostra no desenho a posição do elástico.
-------	----	--	--

Nesta fala, identificamos a verificação e conclusão do aluno na frase *“porque você puxava e ele voltava”*

Assim verificamos que os três momentos definidos como fundamentais no processo criativo ocorrem durante a aula, pois os alunos partem de uma percepção subjetiva do objeto, buscando criar uma pluralidade de concepções deste, formulando hipóteses diversas sobre sua constituição. Em um segundo momento, eles criam uma explicação para seu funcionamento, em que o papel da imaginação é destacado por eles

na busca da criação de uma representação sintética do mecanismo interno à caixa, em que eles ligam suas concepções aos seus conhecimentos prévios e conseguem dar um sentido claro ao mecanismo criado por eles. Para isso eles relacionam as percepções com outros elementos conhecidos, seja através de roldanas, seja através de elásticos. Após este momento, eles verificam se o mecanismo criado representa bem os movimentos da caixa, discutindo com o professor como cada elemento se relaciona aos movimentos das hastes considerados por eles.

4.5.3 – A Linguagem Interpretativa nas Manifestações dos Alunos.

Embora já tenhamos feito isso parcialmente na seção anterior, buscaremos agora verificar mais alguns elementos da estrutura lingüística adotada em muitas falas para demonstrar a ocorrência da imaginação. Como apontado anteriormente, buscaremos identificar aspectos de uma linguagem interpretativa e provisória.

Para não tornar a análise exaustiva, iremos apresentar apenas uma fala de cada aluno que revele aspectos interessantes para análise.

A fala do aluno 2 percebemos claramente a caráter provisório das idéias por ele apresentadas

14:58	10	Aluno2: E gente viu que ela vai pra lá (1). Provavelmente , a gente pensou que tivesse uma alavanca, uma madeira.	(1) Aluno indica a posição do movimento da haste da caixa.
-------	----	--	--

O fato de o aluno indicar explicitamente o termo “*Provavelmente...*” já é um indicativo forte e claro para a verificação da provisoriidade. Além disso, o tempo verbal que utiliza quando enuncia “*tivesse...*” também reforça esta idéia.

17:14	18	Aluno 1: Tem um grampo aqui, que deve ser, provavelmente quem sabe, talvez , pra segurar o elástico (1)	(1) Aluno 1 aponta a lateral da caixa.
-------	----	---	--

Na fala do aluno 1 é ainda mais claro, pois ele mesmo busca salientar a dúvida em sua fala. No aluno 3 verificamos a dificuldade de expressar o elemento da sua imaginação através da falta de palavras para designar claramente seu pensamento.

18:16	26	Aluno 3: Quando a gente puxa aqui, daí tem um negocinho atrelado aqui (1) e esse aqui vem pra cá e esse pra cá (2) e eles saem retos pra cá.	(1) Aluno 3 aponta o centro da caixa (2) Aluno 3 aponta as hastes.
-------	----	--	---

Além disso, na fala do próprio professor encontramos indícios de uma linguagem interpretativa.

18:26	27	Professor: Como se fosse uma roldana, é isso?	
-------	----	--	--

O Professor, ao reproduzir a fala de um aluno, mais uma vez declara.

21:37	46	(Inaudível)	Aluno 5 explica o desenho
22:05	47	Professor: Como se fosse uma gangorra, é isso? E o elástico está aonde?	Aluno 5 faz que sim com a cabeça.

Por fim, na fala do aluno 4 verificamos mais uma vez a necessidade de utilizar termos que somente são uma aproximação para descrever o que está dentro da caixa.

19:56	36	Aluno 4: Nosso desenho está assim, a gente imaginou que existem dois elásticos aqui dentro, que estão cruzados, em forma de X (1), um deles está preso na extremidade de cada um desses palitinhos, sabe aqueles elásticos de roupa, que é bem fininho, não é elástico da amarrar dinheiro, é um elástico bem fininho (2), que tá preso em cada uma dessas pontas das extremidades e o outro só tá, tipo, encaixado mais ou menos no meio e no centro tem um, não sei o quê, um preguinho, um palitinho que deixa os dois fixos	(1) Aluno 4 faz um movimento com a mão simbolizando um X no centro da caixa. (2) Aluno 4 faz um movimento de vai-vê com a mão como se estivesse segurando um elástico.
-------	----	---	---

Através da análise da linguagem, podemos deixar mais claro que as inferências que eles constroem são fruto de um pensamento que está se constituindo, e que, em

alguma medida, demonstra o esforço em se imaginar os elementos presentes internamente à caixa.

4.6 – Apresentação e Análise dos Dados: Aula 2.

4.6.1 – Breve descrição da Aula:

A aula foi realizada na Escola Estadual Esli Garcia, localizada no centro de Arujá-SP, em março de 2005, com o professor João Freitas. A turma cursava o terceiro colegial no período noturno e contava com cerca de 40 alunos. É importante destacar que foi pedida a autorização para a filmagem da aula, ficando claro o compromisso de somente ser utilizada para fins de pesquisa. Ela seguiu com a mesma dinâmica da anterior. O professor iniciou a aula separando os alunos em oito grupos e deu a eles uma caixa-preta para realizarem a atividade, pedindo que eles descrevessem o mecanismo interno da caixa. No entanto, somente havia disponível uma caixa-preta, que deveria passar pelos grupos aos poucos. Isso fez com que a primeira parte da aula, em que os alunos manipulam a caixa e fazem conjecturas sobre ela, durasse praticamente todo o período. As partes finais foram bastante suprimidas e, devido à falta de tempo, o professor optou em fazer uma discussão geral sobre a atividade. Isso gerou dificuldades na análise, pois a parte final da atividade é aquela na qual os alunos se expressam mais intensamente. Apesar desse problema, optamos em fazer uma análise simplificada da aula, ao invés de desconsiderá-la como dado para a pesquisa. No entanto, não apresentarei a análise das manifestações lingüísticas, pois não houve dados para isso.

4.6.2 – As estratégias de resolução dos alunos: As manifestações Metacognitivas.

Devido às limitações apontadas anteriormente, vamos apenas destacar um episódio de ensino. Ele consiste na reflexão do professor em conjunto com os alunos sobre a resolução da atividade. Inicialmente ele questiona se os alunos podem ver dentro da caixa:

32:07	4	Professor: O que vocês fizeram hoje? Foi apresentado um probleminha pra vocês. Uma caixa fechada aí. Conforme a gente mexia lá um dos lados do canudo, a gente observava que tipo de movimento dos outros dois canudos... Pedi que vocês tentassem, através de um esqueminha, através de um desenho, com palavras né... tentassem explicar o que tem lá dentro, como funciona. Alguém conseguiu ver o que tinha lá dentro?	
32:33	5	Alunos: NAO!	
32:33	6	Professor: Não, não dá pra ver, nem eu consegui ver. Até no canudinho de cima, teve gente que tentou ver, não, simplesmente não dá pra ver, é uma caixa lacrada. E o que que vocês fizeram...pra justificar, o que vocês fizeram na verdade?	
32:51	7	Alunos: Chutamos né, imaginamos	

É importante notar que os alunos manifestam claramente o papel da imaginação da resolução do processo. Apesar de não podermos fazer uma análise mais detalhada do processo imaginativo, como na análise da aula anterior, há um diálogo bastante interessante do professor com um aluno:

32:53	8	Professor: Imaginaram, chutaram o que mais.	
32:56	9	Aluno 1: Eu não chutei não	
32:58	10	Professor: Você não chutou... O que que/Primeiro, o que seria um chute na verdade.	
33:05	11	Aluno 2: Imaginando, e aí vai.	
33:09	12	Professor: Mas isso que vocês fizeram, foi exatamente um chute.	
33:11	13	Alunos: Não, mais ou menos	
33:13	14	Professor: Por que não? Por que mais ou menos?	
33:15	15	Alunos: ((Inaudível))	
33:20	16	Professor: Péra aí, fala um por vez...Fala (1).	(1) Professor aponta para aluno 3.
33:23	17	Aluno 3: A gente pensou...Foi pensando na lógica... ((Inaudível))	
33:29	18	Professor: Oh, olha o que ela falou lá, né. Você raciocinou, você imaginou, você pensou através da lógica do movimento Então não foi totalmente um chute, né. Tudo bem...Você sabe o que tem lá dentro, não! Mas você tentou o quê, usar a lógica pra observar o movimento, tá certo. Na próxima aula...Na próxima aula eu vou dar uma	

		<p>olhadinha nos esqueminhas que vocês fizeram e gente vai tentar discutir um pouco mais...Fica o desafio aí...Quem conseguir montar uma caixinha dessa pode ta trazendo pra gente, e em seguida, eu vou ta passando um texto pra vocês e a gente vai tentar entender por quê a gente fez esta aula. Então não falem na aula de segunda, porque senão esta atividade vai ficar solta e gente não vai saber porque a gente fez. A gente vai ver o que essa caixinha tem a ver com a aula de física. Então não falem.</p>	
--	--	---	--

Nesta parte é interessante notar que os alunos manifestam que o “chute” dado por eles não é algo aleatório, algo que já consideramos como elemento importante para a imaginação científica. Assim, vemos que há uma certa semelhança entre a noção declarada pelos alunos e o salto criativo descrito por Einstein e considerado como a segunda etapa importante para a constituição da imaginação científica, que mostra que a criação é um processo guiado, e não opera aleatoriamente.

4.7 - Apresentação e Análise dos Dados: Aula 3.

4.7.1 – Breve Descrição da Aula.

A aula foi ministrada pelo professor Wellington Batista de Sousa, na Escola Estadual Miguel Munhoz Filho, em setembro de 2005. A turma contava com cerca de 20 alunos e teve duração de 45 minutos. O Professor iniciou a aula com uma apresentação da atividade baseada na experiência de Rutherford, que durou cerca de 15 minutos. Após isso, durante cerca de 25 minutos os alunos, divididos em 5 grupos, manipularam a atividade para sua resolução. Como na aula anterior, não houve uma apresentação de cada grupo para a sala. Isso fez com que o momento em que os alunos debatem com a turma suas estratégias de resolução fosse suprimido. No entanto, durante a realização da atividade, a filmagem acompanhou dois grupos, o que tornou possível a análise de suas estratégias de resolução.

Um segundo problema ocorreu com a filmagem. Em alguns momentos a gravação perde completamente o áudio, fazendo com que algumas falas sejam perdidas. Apesar

disso não prejudicar o sentido total da análise, veremos que o número de falas fica reduzido em relação à primeira aula analisada.

4.7.2 – As estratégias de resolução dos alunos: As manifestações Metacognitivas.

Primeiramente é importante verificar que, durante a realização da atividade, ao tentar explicar suas idéias, um dos alunos manifesta explicitamente o uso da imaginação da seguinte forma:

20:06	25	Aluno 3: Presta a atenção... Imagine que esse quadrado... Imagine que a tábua está assim (1)	(1) Aluno faz um giro de 45 graus na placa de madeira para indicar que a figura abaixo dela deve estar naquela posição.
-------	----	---	---

Esse dado não deixa de ser importante, pois demonstra que os alunos percebem a necessidade de sua capacidade criativa para a resolução. No entanto, como já salientamos diversas vezes, é importante verificar se o processo que os alunos passam é semelhante ao processo imaginativo defendido neste trabalho.

Com isso, partiremos para a análise do primeiro momento, a *percepção intuitiva da realidade*.

Esse momento é fácil de perceber, pois durante cerca de mais de dez minutos os alunos atiram as bolinhas incessantemente para verificar as possíveis trajetórias destas, e é claro para eles que esse processo somente permite que eles tenham inferências indiretas dos objetos que eles procuram formar a representação. Com isso, eles percebem a necessidade de se atirar as bolinhas diversas vezes para formar uma imagem do objeto escondido abaixo da placa.

19:00	8	Aluno 3: Joga mais. Joga aqui (1)	(1) Aluno 3 aponta para parte lateral da placa.
-------	---	--	---

A necessidade de que é necessária uma série de percepções para formar a imagem ainda é reforçada pela fala do professor:

22:57	34	Professor: Gente, deixa eu dar uma sugestão pra você, ó. Já que você tão jogando e a bolinha ta voltando. Porque vocês não marcam aqui (1), de leve, como é que ela ta indo, como é que ela ta voltando. Porque depois de vocês fazerem vários testes, vocês vão ter idéia de como é a superfície.... se você joga várias vezes você sabe como é.	(1) Professor aponta para o papel que os alunos colocaram em cima da tábua.
-------	----	---	---

Sobre esta primeira etapa de resolução temos poucas falas diretas sobre a forma como os alunos constituíram suas percepções. No entanto, o modo como eles realizaram a atividade inicialmente, em que eles buscaram fazer todos os testes possíveis com as bolinhas, marcando as trajetórias de várias maneiras, indicam que eles buscam, como dissemos, uma pluralidade de percepções para buscar constituir a figura do objeto que eles devem representar.

Além disso, é interessante notar que os alunos passam a querer “refinar” suas percepções, mesmo que seja claro que ele não terá um contato direto com a figura a ser representada.

18:15	2	Aluno 1: Então tá, deixo ver bem onde que ta ((Inaudível))	Alunos do Grupo interrompem.
18:23	3	Aluno 1: Aqui ela passa direto aqui.	

Esta fala é interessante porque mostra o momento em que, após o aluno jogar diversas vezes a bolinha, este começa a buscar uma ordem em suas impressões, pois ele quer verificar, da maneira mais precisa possível, o caminho percorrido por cada bolinha.

O segundo momento, o *salto criativo*, como já afirmamos, é um dos momentos mais difíceis de ser identificado através da fala dos alunos. E, neste caso, eles precisam ligar suas percepções não aos conhecimentos sobre física que eles tem, algo que ocorreu na atividade anterior. Nesta atividade eles devem vincular suas percepções às formas geométricas que eles conhecem, pois será na constituição desta representação geométrica que consistirá a criação. Neste sentido podemos verificar:

20:01	22	Aluno 5: É um quadrado assim, ó (1)	(1) Aluno 5 faz um movimento com a mão semelhante ao do aluno 3 no turno 19
20:03	23	Aluno 3: Então! (1)	(1) Aluno 3 é enfático.
20:04	24	Aluno 4: É isso que a gente tá falando.	

A espontaneidade da fala, que é difícil de ser demonstrada na transcrição, é interessante, pois indica o momento em que o aluno chega a uma formulação da forma geométrica existente abaixo da placa. Mas independente da fala representar o momento da criação da representação, o importante é notar que através das inferências vindas através das trajetórias das bolinhas, os alunos conseguiram construir uma representação sintética do objeto escondido abaixo da placa, isto é, eles conseguiram criar uma representação que os permitiu compreender e organizar as percepções que eles tiveram ao atirar as bolinhas, elemento que consideramos como importante para caracterização da imaginação científica.

Em outras falas temos:

32:42	61	Aluno 6: Redondo, eu acho que é redondo (1)	Aluno é bastante enfático em sua fala.
32:45	62	Aluno 7: Redondo assim (1)	(1) Aluno 7 faz um movimento acima da placa para indicar que o formato abaixo é redondo.

Um ponto interessante, é que os alunos têm consciência que esta é uma criação subjetiva, baseada em algumas percepções, e que consiste em uma representação hipotética do que está abaixo da placa.

34:43	70	Aluno 6: Professor aí, já de scobrimos (1)	(1) Aluno 6 mostra o desenho para o professor.
35:02	71	Aluno 6: Nos achamos que era uma coisa meio arredondada.	Aluna é interrompida.
35:22	72	Professor: Então.	
35:24	73	Aluno 6: Nos achamos que era meio arredondada e aqui passava diretoe aqui e dá essa figura (1)	Alunos mostram o desenho redondo com os dois caminhos retos perpendiculares.
35:28	74	Professor: Essa figura	
35:30	75	Aluno 6: É	
35:34	76	Aluno 8: Não é exatamente ela, mas é alguma coisa do tipo.	

O último aspecto importante para nós são as *deduções e verificações*. Um trio de alunos discute qual formato deveria estar abaixo e chegam à idéia de que deveria ser um quadrado com o eixo de simetria girado a 45° em relação à placa de madeira que também é quadrada (claramente os alunos não explicam sua representação desta maneira). Como um dos alunos não está de acordo, um deles faz a seguinte verificação.

20:06	25	Aluno 3: Presta a atenção... Imagine que esse quadrado... Imagine que a tábua está assim (1)	(1) Aluno 3 faz um giro de 45 graus na placa de madeira para indicar que a figura abaixo também é um quadrado e que ela deve estar na posição que a placa de madeira que esconde o objeto agora se apresenta.
20:12	26	Aluno 4: Então ta, fazemos assim...	
20:14	27	Aluno 5: Fazemos assim.	
20:16	28	Aluno 3: Jogando aqui ó (1)	(1) Aluno 3 ao invés de jogar a bolinha por baixo da tábua, joga a bolinha na própria tábua que foi girada e que, de acordo com o aluno, deve estar na mesma posição do objeto escondido, para mostrar que a trajetória é igual à que a bolinha fazia antes, mostrando que aquela é a posição da figura que está abaixo.
20:20	29	((Inaudível))	Aluno 3 joga a bolinha várias vezes para mostrar o comportamento desta

			quando bate na tábua que serve como modelo para o objeto escondido.
20:34	30	Aluno 3: Então, entendeu?	

Aqui fica claro que, para demonstrar ao colega que sua representação está correta, o aluno, sabendo a posição do quadrado abaixo, faz uma simulação com a placa de madeira, mostrando que ao colocar esta na posição da figura, o efeito é o mesmo.

Algo semelhante ocorre com o outro grupo de alunos. Este grupo discutia que o formato deveria ser redondo. Para mostrar isso ao colega, um aluno considera:

32:31	59	Aluno 7: Ô, ela bate e volta assim.	(1) Aluno 7 pega um pequeno pote de plástico redondo e começa a atirar a bolinha nele para mostrar que o efeito é o mesmo.
32:39	60	Aluno 8: Mas a forma que volta parece uma coisa redonda.	

É interessante notar que este grupo também busca testar sua representação em um objeto “real” para verificar se a trajetória é semelhante à que ocorre quando eles atiram a bolinha por baixo da placa.

Para finalizar apresento uma fala em que os alunos manifestam o aspecto dedutivo de seu processo criativo:

	78	Aluno 6: Isso é quando a gente marcou as bolinhas, quando elas batiam	
35:56	79	Professor: Então vocês deduziram	
36:13	80	Aluno 6: Isso, e outra, e nós deduzimos que tinha uma parte quadrada que aqui ela passava direto e aqui e aqui (1)	(1) Aluno busca indicar que nas laterais não há figura.

Aqui, como ocorreu na aula anterior, quando os alunos manifestam sua “dedução”, eles querem expressar que eles chegaram a uma resposta (criação da representação do objeto abaixo da placa) que satisfazia bem as verificações que eles fizeram. Devemos deixar claro que, embora seja interessante a fala dos alunos por, em alguma medida, representar o processo criativo, a dedução que eles manifestam é diferente de uma dedução formal, que se baseia em conseqüências de um princípio considerado válido.

Com isso, podemos considerar que os três momentos definidos pelo trabalho ocorrem no processo de resolução dos alunos. Embora as falas sejam restritas, foi possível perceber que os alunos partiram de uma interação com o objeto que eles teriam que representar. Esta foi claramente uma interação subjetiva, pois os alunos não podiam ver o objeto, e eles buscaram uma série de percepções deste através das bolinhas que eles atiraram. Este foi o ponto de partida que permitiu aos alunos criar uma representação do objeto ao ligarem suas percepções a uma forma geométrica determinada, que explicava os movimentos das bolinhas. Por último, um dos aspectos mais claro, foi a necessidade dos alunos verificarem que o formato que eles criaram reproduzia bem as trajetórias, ao utilizarem outros objetos do mesmo formato.

4.7.3 – A Linguagem Interpretativa nas Manifestações dos Alunos.

Iremos agora analisar as estruturas das falas dos alunos para verificar se eles indicam o uso da imaginação através de elementos que caracterizem a linguagem provisória.

Não iremos reproduzir todas as falas já apresentadas para, novamente, não tornar a análise exaustiva. Com isso, iremos considerar a fala de três alunos diferentes que demonstram os aspectos relevantes para essa fase da análise.

32:02	57	Aluno 7: Eu acho que ela é assim ó (1) Se você olhar ela bate e volta assim (2)	(1) Aluno 7 faz um movimento com a mão mostrando um círculo. (2) Aluno mostra o movimento da bolinha para indicar que a figura abaixo deve ser arredondada.
-------	----	--	--

Aqui temos que o termo *eu acho*, demonstra um aspecto importante da linguagem interpretativa, pois é clara a relação de incerteza em relação ao objeto. Em outra fala temos:

32:39	60	Aluno 8: Mas a forma que volta parece uma coisa redonda.	
-------	----	--	--

Novamente temos que o termo *parece* indica que a inferência é somente uma interpretação do que se busca explicar. Por último temos:

35:02	71	Aluno 6: Nos achamos que era uma coisa meio arredondada.	Aluna é interrompida.
-------	----	---	-----------------------

Neste último exemplo, além do termo *achamos*, o emprego do verbo no passado, *era*, indica o caráter provisório da inferência.

Apesar dos poucos exemplos que dispomos, há claros indícios do emprego de uma linguagem que reflete um pensamento incerto, que caracteriza o processo de criação.

5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS:

“Se sendo, há-de que vem um pé-de-vento, sem razão, e arre se comparece uma porca com ninhada de pintos, se não fôr uma galinha puxando barrigada de leitões. Tudo errado, remedante, sem contemplação... O senhor imaginalmente percebe?”

João Guimarães Rosa – Grande Sertão:
Veredas.

No início deste trabalho, buscamos ressaltar a importância de uma educação que valorizasse, além dos conteúdos conceituais, as formas de pensamento e raciocínios existentes nas ciências. No entanto, uma das maiores dificuldades que podemos encontrar, quando nos inserimos nesta perspectiva de ensino, é saber como caracterizar as diferentes dimensões do pensar científico. No caso deste trabalho, apresentamos a limitação existente na literatura em discutir o processo de criação na ciência. Com isso, passamos a uma análise teórica sobre a imaginação que visou constituir um quadro teórico que nos permitisse compreender o processo imaginativo. Para isso, chegamos a um modelo bastante restrito do processo criativo, que atribuiu à imaginação o papel fundamental de criação de representações que expliquem uma parcela do mundo percebido. Poderíamos considerar outras facetas do fazer científico que envolvem habilidades criativas, como a capacidade de elaborar procedimentos experimentais para testar hipóteses, ou a capacidade de lidar com problemas de ciência, tecnologia e sociedade. No entanto, considerando que um dos objetivos mais importantes da ciência é a capacidade de criar modelos explicativos para situações que, para serem entendidas, não podem ser reduzidas às nossas percepções, esse trabalho optou em valorizar essa faceta do saber científico em detrimento às outras.

Para fundamentar a discussão teórica acerca da imaginação, realizamos um estudo sobre o pensamento de Einstein e apresentamos sua descrição de como ele criou suas idéias. A partir disso, foi apresentada uma caracterização do processo de criação que resumiu este processo em três momentos principais, *percepção intuitiva da realidade*,

salto criativo que lga as percepções aos conhecimentos gerais e as deduções e verificações.

O passo mais importante foi verificar que esta estrutura de pensamento se reflete, em alguma medida, nas estratégias de resolução que os alunos passam ao resolver uma atividade que, como verificamos, faz apelo ao uso da imaginação. Esse ponto foi fundamental, pois o trabalho de caracterização da imaginação foi realizado com uma base demasiadamente teórica em relação às discussões de ensino. Com isso, a verificação de que o processo descrito ocorre nas reflexões dos alunos se tornou um resultado de grande relevância para este trabalho, por mostrar a possibilidade e, em alguma medida, a validade da imaginação atuar criativamente da forma pré-estabelecida pelos referenciais teóricos. Com isso, consideramos que o caminho teórico traçado pelo trabalho, por mais que possa ser ainda muito aperfeiçoado, considerando a dificuldade do tema tratado, mostrou-se como uma perspectiva pertinente para futuras discussões sobre a imaginação criadora, se mostrando um bom referencial para a compreensão do processo de imaginação e para o estudo deste em sala de aula.

Uma segunda questão importante que foi pouco explorada nesta pesquisa, mas que é relevante para as discussões em ensino de uma forma geral, é discutir a forma de se ensinar que possibilita levar o aluno ao uso da imaginação. Devido à grande limitação dos dados apresentados no trabalho, ainda não é possível discutir em detalhes um perfil de atividade didática que faça com que o aluno exercite sua capacidade de imaginar. Este seria o resultado mais importante para um trabalho que busca a melhoria do ensino. No entanto, seria necessário um estudo mais detalhado de diversas atividades para verificar, com exatidão, quais proporcionam o uso da imaginação e, através disso, compreender quais as características dessas atividades que tornaram isso possível. Contudo, é possível discutir, em linhas gerais, quais elementos as atividades estudadas apresentaram e que nos apareceu relevantes no momento dos alunos realizarem seu trabalho.

Primeiramente devemos notar que o objetivo de ambas as atividades é criar uma representação para algo que não é percebido pelos alunos. Articulando isso à discussão teórica, podemos notar que esse é um aspecto claramente importante para o uso da imaginação, pois esta se constitui fundamentalmente na capacidade de criar idéias que representem de forma sintética a realidade que, a princípio, não se apresenta de forma organizada a nós.

O segundo elemento importante é considerar que as atividades fornecem alguns dados à percepção, que são o ponto de partida para a resolução do problema. Isso é importante, pois essas percepções permitem que a criação seja um salto criativo guiado. Assim, a representação concebida através da imaginação tem o compromisso de organizar e explicar as percepções que os alunos tiveram ao manipularem a atividade.

Por fim, estes mesmos dados poderão auxiliar os alunos em suas deduções e verificações, pois é importante que os alunos possam testar os limites de suas criações.

Estas ainda são idéias preliminares que buscam entrelaçar uma discussão teórica com considerações didáticas. Do ponto de vista deste pesquisador, essa é uma forma conveniente de se pensar inovações. No entanto, quando um mesmo trabalho se dispõe a articular áreas específicas como a epistemologia e a didática, os resultados dificilmente são conclusivos e encerram uma discussão. Isso ocorre pois justamente quando partimos de uma articulação que se justifica por uma falta de referências sobre determinado tema, isso mostra que este é somente o início de um longo debate.

6 - REFERÊNCIAS:

- ABREU, R. G. et. al. (2005) **Contextualização e Tecnologias em Livros Didáticos de Biologia e Química**. In: Investigações em Ensino de Ciências, vol.10, n.3, 2005.
- AGUIAR Jr., O. (1998) **O Papel do Construtivismo na Pesquisa em Ensino de Ciências**. In: Investigações em Ensino de Ciências, vol.3, n.2, 1998.
- ANDRADE, J. A. R. (1979) **Bacon: Vida e Obra**. In: Pensadores. São Paulo: Abril Cultural, 1979.
- ANDRADE, J. A. R. e Neto, J. C. M. (1989) **Apresentação ao Discurso Preliminar da Enciclopédia**. In: DIDEROT, D. e D'ALEMBERT, J. Discurso Preliminar da Enciclopédia. São Paulo: Ed. UNESP, 1989.
- ALSOP, S. e WATTS, M. (2003) **Science Education and Affect**. In: International Journal of Science Education (Editorial), vol.25, n.9, 2003
- ARRUDA, S. M. et. al. (2004) **Da Aprendizagem Significativa à Aprendizagem Satisfatória na Educação em Ciências**. In: Caderno Brasileiro de Ensino de Física, vol.21, n.2, 2004.
- ARRUDA, S. M. e VILLANI A. M. (1994) **Mudança Conceitual no Ensino de Ciências**. In: Cadernos Catarinense de Ensino de Física. Florianópolis, vol 11, n.2, ago 1994.
- ASTOLFI, J. P. (1997) **Mots-Clés de la Didactique des Sciences**. Paris: De Boek, 1997
- ASTOLFI, J. P. (1993) **Trois Paradigmes pour les Recherches en Didactique**. In: Revue Française de Pédagogie, n,103, 1993.
- ASTOLFI, J. P. e DEVELAY, M. (1989) **A Didáticas das Ciências**. Campinas: Papyrus, 1994.
- AYER, A. (1975) **As Questões Centrais da Filosofia**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1975.
- AZEVEDO, M. C. S. (2004) **Ensino por Investigação: Problematizando as Atividades**. In: CARVALHO, A. M. P.(org) Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Thomson, 2004.

- BACHELARD, G. (1949) **O Racionalismo Aplicado**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1977.
- BACHELARD, G. (1940) **A Filosofia do Não**. In: Pensadores. São Paulo: Abril Cultural, 1978.
- BACHELARD, G. (1938) **A Formação do Espírito Científico**. Rio de Janeiro: Ed. Contraponto, 1996.
- BACON, F. (1621) **De Dignitate et Augmentis Scientiarum**. In: CRESSON, A. Francis Bacon, Sa Vie, Son Oevre, Sa Philosophie. Paris: Press Universitaire France, 1956
- BACON, F. (1620) **Novum Organum**. In: Pensadores. São Paulo: Abril Cultural, 1979.
- BASTOS, F. et. al. (2004) **Da Necessidade de uma Pluralidade de Interpretações acerca do Processo de Ensino e Aprendizagem em Ciências**. In: Nardi, R. (org) Pesquisas em Ensino de Ciências. São Paulo: Escrituras, 2004.
- BASTOS, F. (1998) **Construtivismo e Ensino de Ciências**. In: NARDI, R.(org) Questões atuais no ensino de ciências. São Paulo: Editora Escrituras, 1998.
- BERNIS, J. (1954) **L'Imagination**. Paris: Presses Universitaires, 1954.
- BROCKINGTON, G. (2005) **A Realidade Escondida: A Dualidade Onda-Partícula para Estudantes de Ensino Médio**. São Paulo: Dissertação de Mestrado IFUSP, 2005.
- BRONOWSKI, J. (1985) **As Origens do Conhecimento e da Imaginação** Brasília: Editora UnB, 1997.
- BRONOWSKI, J. (1983) **Arte e Conhecimento: Ver, Imaginar, Criar**. São Paulo: Martins Fontes, 1983.
- BRONOWSKI, J. (1978) **O Olho Visionário: Ensaio Sobre Arte, Literatura e Ciência**. Brasília: Editora UnB, 1998.
- BRONOWSKI, J. (1977) **Um Sentido do Futuro**. Brasília: Editora UnB, 1977.
- BRUGGER, W. (1969) **Dicionário de Filosofia**. São Paulo: Editora Herder, 1969.
- BUNGE, M. (1974) **Teoria e Realidade**. São Paulo: Perspectiva, 1974.
- BURKE, P. (2000) **Uma História Social do Conhecimento: De Gutenberg a Diderot**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2003.

- CAMPANARIO, J. M. et. al. **Cómo Enseñar Ciencias? Principales Tendências y Propuestas.** In: Enseñanza de las Ciencias, vol 17, n.2, 1999.
- CAPECCHI, M. C. V. M. (2004) **Aspectos da Cultura Científica em Atividades de Experimentação nas Aulas de Física.** São Paulo: Tese de Doutorado, 2004.
- CARVALHO, A. M. P. (2005) **Introduzindo os Alunos no Universo das Ciências.** In: Educação Científica: O que Pensam os Cientistas. Brasília: UNESCO, 2005.
- CARVALHO, A. M. P. (2005) **Metodología de Investigación en Enseñanza de Física: Una Propuesta para Estudiar Procesos de Enseñanza y Aprendizaje.** In: Revista de Enseñanza de la Física vol.18, n.1, 2005.
- CARVALHO, A. M. P. (2004) **Critérios Estruturantes para o Ensino das Ciências.** In: CARVALHO, A. M. P.(org) Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Thomson, 2004.
- CARVALHO, A. M. P.(org) (1999) **Termodinâmica: um ensino por investigação.** São Paulo: FEUSP, 1999.
- CARVALHO, A. M. P. et. al. (1993) **A História da Ciência, a Psicogênese e a Resolução de Problemas na Construção do Conhecimento em Sala de Aula.** In: Revista da Faculdade de Educação, vol.19, n.2, 1993.
- CASTRO, R. S. (1993) **História e Epistemologia da Ciência.** São Paulo: FEUSP, 1993
- CHAUÍ, M. (1973) **Espinosa: Vida e Obra.** In: Pensadores. São Paulo: Abril Cultural, 1979.
- CHEVALLARD, Yves. (1985) **La Transposición Didáctica.** Buenos Aires: Aique, 1991
- CHIAROTTINO, Z. R. (1980) **A Teoria de Jean Piaget e a Educação.** In: PENTEADO, W.N.A.(org) Psicologia e ensino. São Paulo: Papelivros, 1980.
- COSTA, N. (1999) **O Conhecimento Científico.** São Paulo: Editora Humanitas, 1999.
- CUPANI, A. e PIETROCOLA, M. (2002) **A Relevância da Epistemologia de Mario Bunge para o Ensino de Ciências.** In: Cadernos Brasileiro de Ensino de Física. Florianópolis, vol 19, n.1, edição especial, 2002.
- CUSTÓDIO, J. F. e RESENDE Jr., M. (2003) **As Dimensões da Imaginação Científica.** In: Atas do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Bauru, 2003

- CUSTÓDIO, J. F. e PIETROCOLA, M. (2002) "**Princípios de conservação e construção de modelos por estudantes do ensino médio**", In: Atas VIII EPEF (Encontro de Pesquisa em Ensino de Física). Águas de Lindóia: SBF, 2002.
- DAVIS, C. et. al. (2005) **Metacognição e Sucesso Escolar: Articulando Teoria e Prática**. In: Cadernos de Pesquisa, vol.35, n.125, 2005
- DESCARTES, R. (1649) **As Paixões da Alma**. São Paulo: Martins Fontes, 2005.
- DESCARTES, R. (1644) **Princípios de Filosofia**. São Paulo: Rideel, 2005.
- DESCARTES, R. (1641) **Meditações Metafísicas**. São Paulo: Martins Fontes, 2005
- DESCARTES, R. (1637) **Discurso do Método**. São Paulo: Martins Fontes, 2003.
- DESCARTES, R. (1628) **Regras para a Direção do Espírito**. São Paulo: Martins Fontes, 2003.
- DIDEROT, D. e D'ALEMBERT, J. (1751) **Discurso Preliminar da Enciclopédia**. São Paulo: Ed. UNESP, 1989.
- DUARTE, R. (2002) **Pesquisa Qualitativa: Reflexões sobre o Trabalho de Campo**. In: Cadernos de Pesquisa, n.115, 2002.
- DUIT, R. e TREAGUST, D. (2003) **Conceptual Change: A Powerful Framework for Improving Science Teaching and Learning**. In: International Journal of Science Education, vol.25, n.6, 2003.
- DURAND, G. (1994) **O Imaginário**. Rio de Janeiro: DIFEL, 2001.
- DURAND, G. (1980) **As Estruturas Antropológicas do Imaginário**. Lisboa: Editorial Presença, 1989.
- DUTRA, L. H. A. (2005) **Oposições Filosóficas**. Santa Catarina: Ed. da UFSC, 2005.
- EINSTEIN, A. (1956) **Escritos da Maturidade**. Rio de Janeiro: Editora nova Fronteira, 1994.
- EINSTEIN, A. (1953) **Como Vejo o Mundo**. Rio de Janeiro: Editora nova Fronteira, 1981.
- EINSTEIN, A. (1952) **Lettres à Maurica Solovine**. Paris: Gauthier-Villars, 1956.
- EINSTEIN, A. (1949) **Notas Autobiográficas**. Rio de Janeiro: Editora nova Fronteira, 1982.

- EINSTEIN, A. (1936) **Física e Realidade**. In: Revista Brasileira de Ensino de Física, vol.28, n.1, 2006.
- EINSTEIN, A. (1926) **Geometria no Euclídea y Física**. In: Scientiae Studia, vol.3, n.4, 2005.
- EINSTEIN, A. (1921) **Geometria e Experiência**. In: Scientiae Studia, vol.3, n.4, 2005.
- EINSTEIN, A. **Indução e Dedução na Física**. In: Scientiae Studia, vol.3, n.4, 2005.
- EINSTEIN, A. e BESSO, M. (1903-1955) **Correspondance**. Paris: Hermann, 1972.
- ERICKSON, F. (1998) **Qualitative Research Methods for Science Education**. In: International Handbook of Science Education. Boston/London: Kluwer Academic Publishers, 1998.
- ERICKSON, F. (1989) **Metodos Cualitativos de Investigacion sobre la Enseñaza**. In: Wittrock, M. C. (org) La Investigación de la Enseñanza. Barcelona: Ediciones Paidos, 1989.
- ESPINOSA, B. (1675) **Ética**. In: Pensadores. São Paulo: Abril Cultural, 1979
- ESPINOSA, B. (1661) **Tratado da Correção do Intelecto**. In: Pensadores. São Paulo: Abril Cultural, 1979
- FEIGL, H. (1970) **A Visão Ortodoxa das Teorias Científicas**. In: Scientiae Studia, vol.2, n.2, 2004
- FERNÁNDEZ, I. et. al. (2002) **Visiones Deformadas de la Ciencia Transmitidas por la Enseñaza**. In: Enseñanza de las Ciências, vol.20, n.3, 2002
- FISCHLER, H. e LICHTFELDT, M. (1992) **Modern Physics and Students' Conceptions**, Journal of Science Education, London, v. 14, n. 2, p. 181-190, Apr./June 1992.
- FONSECA, C. (1999) **Quando cada Caso NÃO é um Caso**. In: Revista Brasileira de Educação, n.10, 1999.
- FOUREZ, G. (2003) **Crise no Ensino de Ciências**. In: Investigações em Ensino de Ciências, vol.8, n.2, 2003.
- FOUREZ, G. (1994) **Alphabétisation Scientifique et Technique**. Bruxelles: De Boeck, 1994.

- FREIRE Jr., O. et al. (1995) **Introducing Quantum Physics in Secondary School**, Proceedings of Third International History, Philosophy and Science Teaching Conference, Minneapolis, v.1, p. 412-419, 1995.
- GALEMBECK, P. T. (1997) **O Turno Conversacional**. In: PRETI, D. (org) *Análise de Textos Oraís*. São Paulo: Humanitas, 1997.
- GIANNOTTI, J. A. (1979) **Stuart Mill: Vida e Obra**. In: *Pensadores*. São Paulo: Abril Cultural, 1979.
- GIL-PÉREZ, D. et. al. (2001) **Para uma Imagem não Deformada do Trabalho Científico**. In: *Ciência e Educação*, vol7, n.2, 2001.
- GIL-PÉREZ, D. et al. (1999) **Puede Hablarse de Consenso Constructivista en la Educación Científica?** In: *Enseñaza da las ciencias*. Vol.17, n.3. 1999.
- GIL-PÉREZ, D. (1994) **Relaciones entre Conocimiento Escolar y Conocimiento Científico**. In: *Investigación en la Escuela*, vol. 23, 1994.
- GIL-PÉREZ, D. et. al. (1992) **Questionando a Didática de Resolução de Problemas: Elaboração de um Modelo Alternativo**. In: *Cadernos Catarinense de Ensino de Física*. Florianópolis, vol 9, n.1, abr 1992.
- GIRCOREANO, J. P. e PACCA, J. L. (2001) **O Ensino de Óptica na Perspectiva de Compreender a Luz e a Visão**. In: *Cadernos Catarinense de Ensino de Física*. Florianópolis, vol 18, n.1, abr 2001.
- GLAS, E. (2002) **Klein's Model of Mathematical Creativity**. In: *Science & Education*, vol.11, p.95-104, 2002.
- GONÇALVES M. E. R. (1997) **As Atividades de Conhecimento Físico na Formação do Professor das Séries Iniciais**. São Paulo: Tese de Doutorado FEUSP. 1997.
- GONZÁLEZ, J. P. C. E MIRANDA, R. P. (2005) **Análisis de la Transposición Didáctica de los Conceptos Calor y Temperatura en los Libros de Texto para la Enseñanza de la Química**. In: *Técne, Episteme e Didaxis*, n.17, 2005
- GRANGER, G. G. (1998a) **O Irracional**. São Paulo: Ed. UNESP, 2002.
- GRANGER, G. G. (1998b) **Imaginação Poética, Imaginação Científica**. In: *Discurso*. n.29. São Paulo: Discurso Editorial, 1998.
- GRANGER, G. G. (1955) **A Razão**. Lisboa: Edições 70, 1985

- GURGEL, I. (2004) **Modelos e Explicações: A Construção da Realidade e suas Bases Emocionais**. Monografia. São Paulo: Instituto de Física, 2004.
- GURGEL, I e PIETROCOLA, M. (2006a) **Modelos e Realidade: Um Estudo Acerca das Explicações do Calor no Século XVIII**. In: Atas do X Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física. Londrina, 2006a.
- GURGEL, I. e PIETROCOLA, M. (2006b) **A Imaginação Científica: A Construção do Conhecimento sob o Olhar de Albert Einstein**. In: Atas do V Encontro de História e Filosofia da Ciência da AFHIC, Florianópolis, 2006b.
- GURGEL, I. e PIETROCOLA, M. (2005) **O Papel dos Modelos no Entendimento dos Alunos**. In: Atas do V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Bauru, 2005.
- GURGEL, I e PIETROCOLA, M. (2004) **A Imaginação Científica: Aspectos da Construção do Conhecimento na Perspectiva da Criação Subjetiva**. In: Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física. Jaboticatubas, 2004.
- GURGEL, I. e PIETROCOLA, M. (2003) **Quem Matou o Calórico: Uma Investigação Epistemológica sobre o Término de um Modelo**. In: Atas II Congresso Luso-Brasileiro de História da Ciência. Rio de Janeiro, 2003.
- HADAMARD, J. (1945) **Essai sur la Psychologie de l'Invention dans le Domaine Mathématique**. Paris: Gauthier-Villars, 1959
- HEMPEL, C. G. **Explicação Científica**. In: Filosofia da ciência. MORGENBESSER, S. (org). São Paulo: Cultrix, 1979.
- HOLTON, G. (1996) **A Cultura Científica e seus Inimigos**. Lisboa: Gradiva, 1998
- HOLTON, G. (1979) **A Imaginação Científica**. Rio de Janeiro: Zahar, 1979.
- HU, W. e ADEY, P. A. (2003) **Scientific Creativity Test for Secondary School Students**. In: International Journal of Science Education, vol.24, n.4, 2003
- KANT, I. (1790a) **Critique de la Faculté de Juger**. Paris: Aubier, 1995.
- KANT, I. (1790b) **Realidade e Existência: Lições de Metafísica**. São Paulo: Paulus, 2005
- KANT, I. (1788) **Crítica da Razão Prática**. São Paulo: Martins Fontes, 2002.
- KANT, I. (1781) **Crítica da Razão Pura**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2001.

- KEEVES, J. (1998) **Methods and Processes in Research in Science Education**. In: International Handbook of Science Education. Boston/London: Kluwer Academic Publishers, 1998.
- KLEIN, R. G. e EDGAR, B. (2002) **O Despertar da Cultura**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2004
- KUHN, T. (1974) **A Estrutura das Revoluções Científicas**. São Paulo: Editora perspectiva, 1992.
- LABURÚ, C. E. e CARVALHO, M. (2005) **Educação Científica: Controvérsias Construtivistas e Pluralismo Metodológico**. Londrina: EDUEL, 2005.
- LABURÚ, C. E. e ARRUDA, S. M. (2002) **Reflexões Críticas sobre as Estratégias Instrucionais Construtivistas na Educação Científica**. In: Revista Brasileira de Ensino de Física, vol.24, n.4, 2002.
- LABURÚ, C. E. et. al. (2001) **Controvérsias Construtivistas**. In: Caderno Catarinense de Ensino de Física, vol.18, n.2, 2001.
- LABURÚ, C. E. e SILVA, M. R. (2000) **Do Relativismo no Ensino de Física ao Objetivismo na Física**. In: Investigações em Ensino de Ciências, vol.5, n.2, 2000.
- LAPLATINE, F. e TRINDADE, L. (1996) **O que é Imaginário**. São Paulo: Brasiliense, 2003.
- LAUKENMANN, M. et.al. (2003) **An Investigation of the influence of emotional factors on learning in physics education**. In: International Journal of Science Education, vol.25, n.4, 2003.
- LEBRUN, G. (1970) **Kant e o Fim da Metafísica**. São Paulo: Martins Fontes, 2002
- LEDERMAN, N. (1992) **Student's and Teacher's Conceptions of the Nature of Science: A Review of the Research**. In: Journal of Research in Science Teaching, vol.29, n.4, 1992.
- LÜDKE, M. e ANDRÉ, M. E. D. A. (1986) **Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.
- MATTHEWS, M. (2000) **Construtivismo e o Ensino de Ciências: Uma Avaliação**. In: Cadernos Catarinense de Ensino de Física, vol.17, n.3, 2000.

- MATTHEWS, M. (1994a) **Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science**. London: Routledge, 1994a.
- MATTHEWS, M. (1994b) **Historia, Filosofia y Enseñanza de las Ciencias: La Aproximación Actual**. In: Enseñanza de las Ciências, vol.12, n.2, 1994b.
- MAZZOTTI, A. J. e GEWANDSZNAJDER, F. (1998) **O Método nas Ciências Naturais e Sociais: Pesquisa Quantitativa e Qualitativa**. São Paulo: Ed. Pioneira, 1999
- MERLEAU-PONTY, J. Einstein, (1993) **Einstein**. Lisboa: Instituto Piaget, 1993.
- MERLEAU-PONTY, J. (1974) **Leçons Sur la Genèse des Théories Physiques**. Paris: Vrin, 1974.
- MILL, J. S. (1843) **Sistema de Lógica Dedutiva e Indutiva**. In: Pensadores. São Paulo: Abril Cultural, 1979.
- MOREIRA, E. F. (2005) **Ensino por Investigação: Ensinando e Aprendendo Cultura da Ciência**. São Paulo: Dissertação de Mestrado FEUSP, 2005
- MOREIRA, M. A. (1999) **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 2004.
- MOREIRA, M. A. e SILVEIRA, F. L. (1993) **Instrumentos de Pesquisa em Ensino e Aprendizagem: A Entrevista Clínica e a Validação de Testes de Papel e Lápis**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1993.
- MORTIMER, E. F. (2000) **Linguagem e Formação de Conceitos no Ensino de Ciências**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006
- NASCIMENTO, T. G. e Martins, I. (2005) **O Texto de Genética no Livro Didático de Ciências: Uma Análise Retórica Crítica**. In: Investigações em Ensino de Ciências, vol.10, n.2, 2005.
- NASCIMENTO, V. B. (2004) **A Natureza do Conhecimento Científico e o Ensino de Ciências**. In: CARVALHO, A. M. P..(org). Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Thomson, 2004.
- OSTERMANN, F. (1996) **A Epistemologia de Kuhn**. In: Cadernos Catarinense de Ensino de Física. Florianópolis, vol 13, n.3, dez 1996.
- OGBORN, J. (1997) **Constructivist Metaphors of Learning Science**. In: Science & Education, vol.6, n.3, 1997.
- PASCAL, G. (1977) **Compreender Kant**. Petrópolis: Ed. Vozes, 2005

- PATLAGEAN, E. (1993) **A História do Imaginário**. In: Le Goff, J.(org) A História Nova. São Paulo: Martins Fontes, 1993.
- PATY, M. (2006) **A Reflexividade da Ciência e o Brasil**. In: Pietrocola, M. Freire Jr., O. (orgs) Filosofia, Ciência e História. São Paulo: Discurso Editorial, 2006.
- PATY, M. (2005a) **Inteligibilidade Racional e Historicidade**. In: Estudos Avançados, vol.19, n.54, 2005a
- PATY, M. (2005b) **A Teoria da Relatividade de Einstein como Exemplo de Criação Científica**. In: Anais do III Encontro da Rede Paranaense de Pesquisa em História e Filosofia da Ciência. Curitiba, 2005b.
- PATY, M. (2005c) **A Ciência como Conhecimento em Movimento** In: Anais do III Encontro da Rede Paranaense de Pesquisa em História e Filosofia da Ciência. Curitiba, 2005c.
- PATY, M. (2004) **Nouveauté et Emergence dans la Quête des Fondements**. In: Principia, 2004.
- PATY, M. (2003a) **La Physique du XX Siècle**. Les Ulis: EDP Sciences, 2003a
- PATY, M. (2003b) **A Ciência e as Idas e Voltas do Pensamento Comum**. In: Scientiae Studia, vol.1, n.1, 2003.
- PATY, M. (2002) **Des Fondements vers l'avant. Sur la Rationalité des Mathématiques et des Sciences Formalisées**. In: Colloque International "Aperçus Philosophiques en Logique et en Mathématiques. Nancy, 2002.
- PATY, M. (2001a) **A Criação Científica Segundo Poincaré e Einstein**. In: Estudos Avançados, 15, n.41, São Paulo: EDUSP, 2001c.
- PATY, M. (2001b) **Les concepts de la Physique: Contenus Rationnels et Construcions dans l'Histoire**. In: Principia: Florianópolis, vol.5, n.1, 2001b
- PATY, M. (2001c) **Créer, Représeter, Comprendre: Création Artistique et Creación Scientifique**.In: Videira, A. A. P.(org) A cultura da física: contribuições em homenagem a Amélia Império Hamburger. São Paulo: Ed. Livraria da Física, 2001c.
- PATY, M. (2001d) **La Pensée Créatrice et la Relativité d'Einstein**. In: Science et Avenir Hors-Série, n.126, 2001d.

- PATY, M. **Les Trois Stades du Principe de Relativité.** In: Revue des Questions Scientifiques, n.170 (2), 1999.
- PATY, M. (1998) **D'Alembert.** São Paulo: Estação Liberdade, 2005.
- PATY, M. (1993) **Einstein Philosophe.** Paris: PUF, 1993.
- PATY, M. (1992) **La Dimension Philosophique du Travail Scientifique (Decouverte e Interpretation).** In: Philosophique: Université de Besançon, n.1, p.25-67, 1992.
- PATY, M. (1989) **Interprétation et Construction dans lê Rapport des Mathématiques à la Physique.** In: Fundamenta Scientiae vol.10, n.1, 1989
- PATY, M. (1988) **A Matéria Roubada.** São Paulo: EDUSP, 1995.
- PAULA, H. e BORGES, A. (2004) **A Compreensão dos Estudantes sobre o Papel da Imaginação na Produção das Ciências.** In: Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física. Jaboticatubas, 2004.
- PENTEADO, W.N.A.(org) (1980) **Psicologia e ensino.** São Paulo: Papelivros, 1980.
- PIETROCOLA, M. (2004) **Curiosidade e Imaginação.** In: CARVALHO, A. M. P..(org). Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Thomson, 2004.
- PIETROCOLA, M. (2003) **A História e a Epistemologia no Ensino das Ciências: dos Processos aos Modelos de Realidade na Educação Científica.** In: A Ciência em Perspectiva. Rio de Janeiro: MAST-SBHC, 2003.
- PIETROCOLA, M. (2001) **Construção e Realidade: O Papel do Conhecimento Físico no Entendimento do Mundo.** In: PIETROCOLA, M.(org). Ensino de Física – Conteúdo, Metodologia e Epistemologia numa Concepção Integradora. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001.
- PIETROCOLA, M. (1999) **Construção e Realidade: O Realismo Científico de Mario Bunge e o Ensino Através dos Modelos.** In: Investigações em Ensino de Ciências, vol.4., n.3, 1999.
- PINHEIRO, T. (2003) **Sentimento de Realidade, Afetividade e Cognição no Ensino de Ciências.** Florianópolis: Tese de Doutorado UFSC, 2003.
- PLASTINO, C. (1995) **Realismo e Anti-realismo Acerca da Ciência.** São Paulo: Tese de Doutorado, 1995.

- POSNER, G. J., STRIKE, K. A., HEWSON, P. W. e GERTZOG, W. A. (1982) **An Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change**. In: Science & Education, vol.66, n.2, pp211, 1982.
- POZO, J. I. (2003) **Aquisição de Conhecimento**. São Paulo: Artmed, 2005
- PRAIA, J.F. (2002) **Problema, Teoria e Observação: Para uma Reorientação Epistemológica da Educação em Ciência**. In: Ciência & Educação, vol.8, n.1, 2002.
- PRETI, D. (org) (1997) **O Discurso Oral Culto**. São Paulo: Humanitas, 1997
- REICHENBACH, H. (1938) **Experience and Prediction**. Chicago: University of Chicago Press, 1938.
- ROBILLOTA, M. (1988) **O Cinza, o Preto e o Branco – Da Relevância da História da Ciência no Ensino de Física**. In: Cadernos Catarinense de Ensino de Física. Florianópolis, vol.5, número especial, 1988.
- ROBILLOTA, M. (1985) **Construção e Realidade no Ensino de Física**. Monografia, São Paulo: IFUSP, 1985.
- SIQUEIRA, M. R. (2006) **Do Visível ao Indivisível: Uma Proposta de Ensino de Física de Partículas Elementares para a Educação Básica**. São Paulo: Dissertação de Mestrado IFUSP, 2006.
- SILVA, F. L. (2001-2002) **A Liberdade de Imaginar**. In: Literatura e Sociedade, n.6, p.240-253, 2001-2002.
- SILVA, H. L. (1990) **A Imaginação em Kant e Husserl**. São Paulo: Tese de Doutorado-USP, 1990.
- SUTTON, C. (2003) **Los Profesores de Ciencias como Profesores de Lenguaje**. In: In: Enseñaza da las Ciencias. Vol.21, n.1. 2003.
- SUTTON, C. (1997) **Ideas sobre la Ciencia e Ideas sobre el Lenguaje**. In: Alambique Didactica de las Ciencias Experimentales, n.12, 1997.
- TEIXEIRA, L. (2001) **A Doutrina dos Modos de Percepção e o Conceito de Abstração na Filosofia de Espinosa**. São Paulo: Ed. UNESP, 2001

- TERRAZZAN, E. A. (1992) **A inserção da Física Moderna e Contemporânea no ensino de física na escola de 2 grau.** In: Cadernos Catarinense de Ensino de Física. Florianópolis, vol.9, n.3, 1992.
- THOUARD, D. (2001) **Kant.** Rio de Janeiro: Estação Liberdade, 2004.
- VILLANI A. M. et al. (1997) **Filosofia da Ciência, História da Ciência e Psicanálise: Analogias para o Ensino de Ciências.** In: Cadernos Catarinense de Ensino de Física. Florianópolis, vol 14, n.1, abr 1997.
- VILLANI, A. e CABRAL, T. (1997) **Mudança Conceitual, Subjetividade e Psicanálise.** In: Investigações em Ensino de Ciências, vol.2, n.1, 1997.
- WHITE, R. (1998) **Decisions and Problems in Research on Metacognition.** In: International Handbook of Science Education. Boston/London: Kluwer Academic Publishers, 1998.
- YORE, L. et. al. (2003) **Examining the Literacy Component of Science Literacy: 25 Years of Language Arts and Science Research.** In: International Journal of Science Education, vol.25, n.6, 2003.
- ZYLBERSTAJN, A. (1998) **“Resolução de Problemas: Uma Perspectiva Kuhniana”**, VI EPEF (Encontro de Pesquisa em Ensino de Física), Florianópolis, Sociedade Brasileira de Física, 1998.

ANEXO 1 – TRANSCRIÇÃO DA AULA INVENTANDO UM MODELO PARA A CAIXA-PRETA 1.

Tempo	Turno	Fala	Gestos e Acontecimentos
0:00	1	(Inaudível)	Alunos separados em seis grupos manipulam a “caixa-preta”, fazem conjecturas sobre ela e desenham seu mecanismo interno. Professor dá orientações aos grupos.
9:35	2	(Inaudível)	Aluno 1 inicia a colagem dos desenhos feitos pelos seis grupos representando o mecanismo da “caixa-preta” na lousa.
14:21	3	Professor: Tudo bem pessoal, de quem é a figura 1. Vamos lá pessoal, atenção agora, tá bom, tá bom, quem é o grupo da figura 1	
14:32	4	Alunos do Grupo 1 É nossa	
14:33	5	Professor: Quem explica?	
14:32	6	Alunos do Grupo 1: O aluno 2 (1), você falou!	(1) Alunos do Grupo 1 apontam para o aluno 2
14:36	7	Professor: Então vai lá. Explica o mecanismo lá (1)	(1) Professor aponta para lousa indicando que o aluno 2 deve ir até lá explicar o mecanismo do desenho desenvolvido pelo grupo
14: 45	8	(Ruídos apenas)	Aluno2 se levanta e vai até a lousa.
14:52	9	(Inaudível)	Aluno 2 inicia a explicação
14:58	10	Aluno2: E gente viu que ela vai pra lá (1). Provavelmente, a gente pensou que tivesse uma alavanca, uma madeira.	(1) Aluno indica a posição do movimento da haste da caixa.
15:08	11	(Ruídos)	Aluno 2 pára a explicação devido ao barulho
15: 26	12	Aluno 2: A gente percebeu que se a gente puxasse ela vinha pra cá (1). Então teria uma madeira, que se você puxasse essa, essa aqui empurraria outra madeirinha (2) e pra isso a gente ia usar um sistema de elástico, pra puxar essa e essa ser empurrada (2), porque essa fica assim, entendeu?	(1) Aluno 2 indica a posição do movimento da haste da caixa. (2) Aluno 2 indica um mecanismo com a mão que liga o movimento das duas hastes
15:54	13	Professor: Grupo 2.	Aluno 2 vai para seu lugar e Aluno 1 se levanta e vai até a lousa.
16:02	14	Aluno 1: A gente percebeu basicamente a mesma coisa que eles (1), só que a gente fez um desenho meio diferente. Isso porque tinha um palitinho aqui, um eixo (2)	(1) Aluno 1 indica desenho do Grupo 1. (2) Aluno 1 aponta desenho na lousa.
16:15	15	Professor: Mostra na caixinha.	
16:18	16	Aluno 1: Aqui no centro (1), tem um palito ou alguma coisa do gênero e tinha esse pauzinho (2) que ligava esse de um palito à	(1) Aluno 1 aponta o centro da caixa (2) Aluno aponta para

		outro palito e quando você puxava um o outro (3) e tinha um elástico, porque você puxava ele voltava, ele ia e voltava, então tinha um elásticozinho aqui (4) só que em vez de assim, a gente achou que estava assim, talvez, que sabe?	desenho da lousa (3) Mostra o movimento das hastes com a mão. (4) Mostra no desenho a posição do elástico.
16:47	17	(Inaudível)	Aluno 1 pára a explicação
17:14	18	Aluno 1: Tem um grampo aqui, que deve ser, provavelmente quem sabe, talvez, pra segurar o elástico (1)	(1) Aluno 1 aponta a lateral da caixa.
17:21	19	Professor: É isso?	
17:22	20	Aluno 1: Só isso.	
17:23	21	Professor: Obrigado, deixa a caixinha aí. Grupo 3. Quem é o 3	Aluno 1 vai se sentar.
17:28	22	Aluno 3: É a gente... A gente fez assim. A caixa, ela tinha que ter alguma coisa que voltasse, daí tem um pauzinho aqui e esse pauzinho, ele se move, porque quando a gente puxa, ele sai reto, daí ele volta pra sair reto (1)	(1) Aluno 3 aponta o desenho.
17:58	23	Professor: Então tem dois. Tem o eixo no meio e tem dois pauzinhos presos no eixo do meio, é isso?	
18:05	24	Aluno 3: É, porque...(inaudível)	
18:12	25	Professor: Mostra na caixa pro pessoal, o desenho não está muito visível.	
18:16	26	Aluno 3: Quando a gente puxa aqui, daí tem um negocinho atrelado aqui (1) e esse aqui vem pra cá e esse pra cá (2) e eles saem retos pra cá.	(1) Aluno 3 aponta o centro da caixa (2) Aluno 3 aponta as hastes.
18:26	27	Professor: Como se fosse uma roldana, é isso?	
18:28	28	Aluno 3: É, e aqui tem que ter alguma coisa que se movimenta porque eles saem retos, 90 graus, porque se não tivesse nada aqui, com esse movimento eles não iam sair desse jeito (1)	(1) Aluno 3 aponta os movimentos das hastes da caixa.
18:42	29	Professor: Por que volta?	
18:44	30	Aluno 3: Boa pergunta.	
18:46	31	Professor: Como é que o modelo de vocês explica voltar? O grupo pode ajudar viu!	
18:51	32	(Inaudível)	Discussão entre o grupo.
19:08	33	Professor: Isso o grupo não tinha achado antes.	
19:11	34	Aluno 3: É a gente tava vendo agora isso.	Sala começa a fazer barulho.
19:23	35	Professor: Não, tudo bem, eu só queria saber. É isso? Figura 5, não, figura 4, de quem é a figura 4? (1) De vocês, então vai lá (2)	(1) Membros do grupo 4 se manifestam (2) Aluno 4 se levanta e vai até a lousa.
19:56	36	Aluno 4: Nosso desenho está assim, a gente imaginou que existem dois elásticos aqui dentro, que estão cruzados, em forma de X (1), um deles está preso na extremidade de cada um desses palitinhos, sabe aqueles	(1) Aluno 4 faz um movimento com a mão simbolizando um X no centro da caixa. (2) Aluno 4 faz um

		elásticos de roupa, que é bem fininho, não é elástico da amarrar dinheiro, é um elástico bem fininho (2), que tá preso em cada uma dessas pontas das extremidades e o outro só tá, tipo, encaixado mais ou menos no meio e no centro tem um, não sei o quê, um preguinho, um palitinho que deixa os dois fixos	movimento de vai-vêm com a mão como se estivesse segurando um elástico.
20:32	37	Professor: O elástico ou o pauzinho?	
20:33	38	Aluno 4: Não, não, o pauzinho, os dois elásticos dão tipo uma volta nele pra se manterem fixos não ficar sambando assim (1)	(1) Faz um movimento como se a caixa estivesse quebrando.
20:43	39	Professor: Vocês estão imaginando então que está fazendo um X, é isso? (1) Tá, tem dois elásticos aí fazendo um X e esses elásticos tão indo nos pauzinhos aonde?	(1) Aluno 4 faz que sim com a cabeça.
20:50	40	Aluno 4: Então, um elástico prende na extremidade de cada pauzinho, bem no finalzinho dele e o outro também, só que o outro não está só encaixado, não tem esse furo para poder amarrar (1), ele só tá encaixado, ele se move esse elástico, o outro não.	(1) Aluno 4 faz um movimento como se estivesse amarrando o elástico.
21:12	41	Professor: Tá, mas aí você consegue explicar com o elástico o fato dele estar voltando, mas como você explica que quando você mexe em uma madeira a outra mexe também?	
21:19	42	Aluno 4: Então, porque eles tão ligados	
21:20	43	Professor: O elástico?	
21:21	44	Aluno 4: O elástico é o mesmo pros dois e eles estão presos no meio.	
21:25	45	Professor: Tá, Grupo 5	Aluno 4 vai se sentar e dois alunos, 5 e 6 vão até a lousa.
21:37	46	(Inaudível)	Aluno 5 explica o desenho
22:05	47	Professor: Como se fosse uma gangorra, é isso? E o elástico está aonde?	Aluno 5 faz que sim com a cabeça.
22:08	48	(Inaudível)	Aluno 5 aponta posição do elástico no desenho.
22:13	49	Professor: Aonde emenda o pauzinho com o eixo que você tem no meio, é isso?	Aluno 5 faz que sim com a cabeça.
22:16	50	Aluno 5: O eixo tá aqui (1) e aqui tem que ter um elástico... (inaudível)	(1) Aluno 5 aponta posição no desenho e faz movimento na vertical.
22:21	51	Professor: O elástico vai preso só na madeirinha, no eixo que você colocou aí pra atravessar, é isso? (1) E como é que você explica ele voltar?	(1) Aluno 5 faz que sim com a cabeça.
22:32	52	Aluno 5: Não sei professor	
22:33	53	Professor: Pelo que você está falando aí... (Incompreensível)	Professor tenta explicar os raciocínios dos alunos.
23:35	54	Professor: Tá, próximo grupo, seis, quem é o seis? Vamos, explica no desenho lá.	
23:41	55	(Inaudível)	Ruídos dispersos na sala.

24:32	56	(Inaudível)	Aluno 7 se levanta e vai até a lousa.
24:36	57	Professor: Você tem dois desenhos aí, por quê?	
24:39	58	Aluno 8: É um antes e um depois?	Risos na sala
24:42		Aluno 7: Então, primeiro a gente mostra que (1) aqui tem o primeiro, aqui a segunda. A gente acha que tem um elástico segurando aqui, e outro aqui (2). Aí tem um outro pauzinho aqui (3), que conforme você puxa, ele deixa o outro vir também.	(1) Risos na sala (2) Aluno 7 aponta para as hastes da caixa. (3) Aluno 7 aponta o centro da caixa no desenho
25:18	59	(Inaudível)	Professor faz uma pergunta.
25:26	60	Aluno 7: É que eu não consigo entender o desenho dele. Não, não é isso (1)	(1) Aluno 7 observa o desenho.
25:32	61	Professor: Tem algum parecido?	
25:33	62	Aluno 7: Acho que....(1)	(1) Aluno 7 aponta para um outro desenho.
25:38	63	Professor: Não vê lá na lousa, que número que é?	
25:41	64	Aluno 7: O dois	
25:42	65	Professor: Parecido com que tá no dois?	
25:43	66	Aluno 7: É, só que tem elástico nos dois, aqui e aqui (1)	(1) Aluno 7 aponta para as hastes da caixa.
25:47	67	Professor: Tá, só que ao invés de um elástico só, vocês acham que tem dois.	
25:49	68	Aluno 7: É	
25:50	69	Professor: Tá, daí explica tanto o movimento de ir, como ele estar voltando? O Grupo quer completar alguma coisa? Não, tá?	
26:05	70	Professor: Pessoal, vocês conseguem ver semelhanças nas explicações dos grupos?	Aluno 7 vai sentar em sua carteira.
26:12	71	Classe: Sim, todos tem elástico, pauzinho...	Manifestações diversas na sala
26:18	72	Professor: Todos tem um elástico, não é isso? Todos acham que tem um pauzinho atravessando e todo mundo acha que tem um eixo central.	Manifestações continuam
26:32	73	(Inaudível)	Professor e alunos emitem opiniões
26:44	74	Professor: Acha que tá sustentando no próprio pauzinho atravessado, é isso?	Professor se refere a um dos desenhos.
26:48	75	Aluno não indentificado: Não, tem os dois pauzinhos, eu acho que tá...	
26:52	76	Professor: Tá, e entre eles só tem o outro pauzinho e o elástico que tá...	
26:55	77	(Inaudível)	
27:00	78	Professor: Tá, muito bem, de semelhante a gente tem o que? Todo mundo achou que tem elástico, pra fazer voltar e todo mundo acha que, os dois pedaços de madeira que dispostam estão ligados por outro pedaço, não é isso? Muito bem. Pergunta dois, a gente consegue ver o que tem aqui dentro.	

27:22	79	Classe: Não.	
27:24	80	Professor: Alguns quiseram tentar como uma luzinha, quebrar foi fácil, né! Mas mesmo quebrado, deu pra gente ver o que tinha dentro da caixa?	
27:32	81	Classe: Não	
27:34	82	Professor: Se a gente não consegue ver, né aluno 9, se a gente não consegue ver o que tem dentro da caixa, como é que vocês fizeram para descrever o que tem?	
27:56	83	Aluno não indentificado: Eu deduzi.	
27:58	84	Professor: Por dedução	
28:00	85	(Inaudível)	Alunos conversam entre si
28:10	86	Professor: Fala mais alto	
28:12	87	(Inaudível)	Alunos conversam entre si
28:31	88	Professor: Agora, deixa o aluno 9 falar.	
28:34	89	Aluno 9: Eu só falei que, quando a gente observou o que acontece, nós deduzimos o que tava ali (1)	(1) Aponta o desenho.
28:42	90	Professor: A partir do que vocês observaram que tava acontecendo, vocês deduziram como é que deveria ser a parte interna?	
28:49	91	Aluno 9: É.	
28:50	92	Professor: É isso?	
28:51	93	Aluno 9: É	
28:52	94	Professor: Outro grupo teve outra percepção, acha que fez outro percurso?	
28:58	95	(Inaudível)	
29:07	96	Professor: Ahn, antes e depois. A idéia do Aluno 10 é desmontar a caixinha. Aí não adianta, você está vendo, a pergunta é, se a gente não consegue ver, como é que a gente consegue descrever o que está acontecendo?	
29:22	97	Professor: E aí classe? Mais alguém tem uma opinião a respeito? Todos vocês descreveram de alguma maneira. Fala aluno 11, quer dizer, desculpe, fala aluno 12.	
29:40	98	Aluno 12: Com o conhecimento que a gente já tem de outras experiências	
29:47	99	Professor: Pessoal, vamos ouvir.	
29:48	100	Aluno 12: Como a gente já fez outras experiências antes, experiências da mecânica, trabalhando com elásticos, mesmo na parte da frente, a gente não vê (1), tipo, já sabe o resultado final, ver o palitinho se movendo, digamos a gente já conhecia trabalhando com outras coisa, roldanas, mais ou menos isso.	(1) Faz um gesto com a mão, como se quisesse impedir de ver algo
30:05	101	Professor: Você já conhece outros experimentos que utilizou o mecanismo de movimentação, é isso (1), daí vocês concluíam já, já trabalharam com roldana, né. Então você partiam dos conhecimentos prévios que vocês já tinham e vocês conseguiram concluir	(1) Aluno 12 concorda com a cabeça

30:22	102	(Inaudível)	Aluno 3 manifesta algo inaudível.
30:28	103	Professor: Pensando também na experiência do ano passado, usando elástico.	Professor reproduz a fala do aluno 3. Aluno 4 se manifesta.
30:29	104	Aluno 4: Professor: Eu acho que também foi assim, não foi só observando o fato dos palitinhos se moverem, pelo menos o nosso grupo escutou, assim, o barulhinho que tinha dentro, viu na caixinha se tinha alguma parte que era dura, se tinha, entendeu, a gente tava tentando perceber outros detalhes, não só fazer assim (1) então a gente deduzir, a gente tentou também....	(1) Aluna faz o movimento das hastes da caixinha com a mão.
30:55	105	Professor: Tá, então esse grupo aqui além de usar os conhecimentos prévios e observar o que acontecia no movimento, tentou usar os outros sentidos, não é isso? Observar o formato, sentir o barulho, não é isso, perceber o barulhos, que fazia ou não, não é isso, usou os outros sentidos para tentar fazer uma aproximação.	
31:15	106	(Inaudível)	Alunos manifestam opiniões
31:23	107	Professor: Perceber então a maneira que eles se deslocavam. Muito bem.	
31:29	108	(Inaudível)	Alunos conversam
31:32	109	Professor: Bom gente, a aula de hoje era justamente para isso, pra gente tentar descrever alguma coisa que a gente percebe, mas a gente não consegue enxergar o que tá lá dentro, não é isso.	
31:47	110	(Inaudível)	Alunos se manifestam
31:48	111	Professor: Não, a gente não vai abrir a caixa	
31:51	112	Ruídos	Alunos se manifestam em protesto.

ANEXO 2 – TRANSCRIÇÃO DA AULA INVENTANDO UM MODELO PARA A CAIXA-PRETA 2.

Tempo	Turno	Fala	Gestos e Acontecimentos
0:00	1	((Inaudível))	Alunos separados em oito grupos manipulam a “caixa-preta”, fazem conjecturas sobre ela e desenham seu mecanismo interno. Professor dá orientações aos grupos.
31:50	2	Professor: Pessoal... presta a atenção aqui por favor.	
32:02	3	Professor: Presta a atenção aqui.	
32:07	4	Professor: O que vocês fizeram hoje? Foi apresentado um probleminha pra vocês. Uma caixa fechada aí. Conforme a gente mexia lá um dos lados do canudo, a gente observava que tipo de movimento dos outros dois canudos... Pedi que vocês tentassem, através de um esqueminha, através de um desenho, com palavras né... tentassem explicar o que tem lá dentro, como funciona. Alguém conseguiu ver o que tinha lá dentro?	
32:33	5	Alunos: NÃO!	
32:33	6	Professor: Não, não dá pra ver, nem eu consegui ver. Até no canudinho de cima, teve gente que tentou ver, não, simplesmente não dá pra ver, é uma caixa lacrada. E o que que vocês fizeram...pra justificar, o que vocês fizeram na verdade?	
32:51	7	Alunos: Chutamos né, imaginamos	
32:53	8	Professor: Imaginaram, chutaram, o que mais.	
32:56	9	Aluno 1: Eu não chutei não	
32:58	10	Professor: Você não chutou... O que que/Primeiro, o que seria um chute na verdade.	
33: 05	11	Aluno 2: Imaginando, e aí vai.	
33:09	12	Professor: Mas isso que vocês fizeram, foi exatamente um chute.	
33:11	13	Alunos: Não, mais ou menos	
33:13	14	Professor: Por que não? Por que mais ou menos?	
33:15	15	Alunos: ((Inaudível))	
33:20	16	Professor: Péra aí, fala um por vez...Fala (1).	(1) Professor aponta para aluno 3.
33:23	17	Aluno 3: A gente pensou...Foi pensando na lógica... ((Inaudível))	
33:29	18	Professor: Oh, olha o que ela falou lá, né. Você raciocinou, você imaginou, você pensou através da lógica do movimento. Então não foi totalmente um chute, né.Tudo bem...Você sabe o que tem lá dentro, não! Mas você tentou o quê, usar a lógica pra observar o	

		<p>movimento, ta certo. Na próxima aula...Na próxima aula eu vou dar uma olhadinha nos esqueminhas que vocês fizeram e gente vai tentar discutir um pouco mais...Fica o desafio aí...Quem conseguir montar uma caixinha dessa pode ta trazendo pra gente, e em seguida, eu vou ta passando um texto pra vocês e a gente vai tentar entender por quê a gente fez esta aula. Então não faltem na aula de segunda, porque senão esta atividade vai ficar solta e gente não vai saber porque a gente fez. A gente vai ver o que essa caixinha tem a ver com a aula de física. Então não faltem.</p>	
--	--	---	--

ANEXO 3 – TRANSCRIÇÃO DA AULA DESCOBERTA DO NÚCLEO ATÔMICO.

Tempo	Turno	Fala	Gestos e Acontecimentos
0:00	1	((Inaudível))	Professor explica a atividade aos alunos que se reúnem em grupos para a realização desta.
18:15	2	Aluno 1: Então tá, deixo ver bem onde que tá ((Inaudível))	Alunos do Grupo interrompem.
18:23	3	Aluno 1: Aqui ela passa direto aqui.	
18:31	4	Aluno 2: Vai anotando.	
18:34	5	Aluno 1: Oh (1)	(1) Aluno 1 mostra o caminho percorrido pela bolinha quando ele joga
18:38	6	((Inaudível))	Alunos atiram várias bolinhas em seqüência verificando os caminhos percorridos.
18:52	7	Aluno 3: Ele bate aqui (1)	(1) Aluno após jogar a bolinha muitas vezes verifica que há um ponto determinado em que a bolinha é desviada. Aluno 4 aponta na placa onde ela acha que a bolinha bate.
19:00	8	Aluno 3: Joga mais. Joga aqui (1)	(1) Aluno 3 aponta para parte lateral da placa.
19:02	9	((Inaudível))	Aluno 4 joga a bolinha
19:05	10	Aluno 3: Viu, pegou nessa aqui.	
19:10	11	Aluno 4: Não pode olhar	
19:12	12	Aluno 5: Não. Que parada doida.	
19:15	13	Aluno 3: É um quadrado	
19:20	14	Aluno 5: É um triângulo que inicia aqui	(1) Aluno 5 faz um movimento com a mão indicando o formato de um triângulo
19:21	15	Aluno 4: Ele viu.	
19:23	16	Aluno 5: Eu não vi.	
19:24	17	Aluno 4: Lógico que viu	
19:25	18	Aluno 5: Não deu pra ver. Eu vi pelo que eu joguei.	
19:26	19	Aluno 3: É um quadrado aqui assim ó (1)	(1) Aluno 3 faz um movimento com a mão indicando o formato de um quadrado
19:29	20	((Inaudível))	Alunos continuam jogando as bolinhas.
19:34	21	Aluno 3: Quer ver, ó, ó... Tá aqui né (1) Imagine, ó, Imagine... (2)	(1) Aluno 3 aponta a placa (2) Aluno 3 é interrompido.
20:01	22	Aluno 5: É um quadrado assim, ó (1)	(1) Aluno 5 faz um movimento com a mão semelhante ao do aluno 3 no turno 19

20:03	23	Aluno 3: Então! (1)	(1) Aluno 3 é enfático.
20:04	24	Aluno 4: É isso que a gente tá falando.	
20:06	25	Aluno 3: Preta a atenção... Imagine que esse quadrado... Imagine que a tábua está assim (1)	(1) Aluno faz um giro de 45 graus na placa de madeira para indicar que a figura abaixo dela deve estar naquela posição.
20:12	26	Aluno 4: Então ta, fazemos assim...	
20:14	27	Aluno 5: Fazemos assim.	
20:16	28	Aluno 3: Jogando aqui ó (1)	(1) Aluno ao invés de jogar a bolinha por baixo da tábua, joga a bolinha na própria tábua que foi girada, para mostrar que a trajetória é igual à que a bolinha fazia antes, mostrando que aquela é a posição da figura que está abaixo.
20:20	29	((Inaudível))	Aluno 3 joga a bolinha várias vezes para mostrar o comportamento desta quando bate na tábua girada.
20:34	30	Aluno 3: Então, entendeu?	
20:42	31	((Inaudível))	Alunos colocam uma folha em branco em cima da tabua posicionando-a na posição que deve ser a figura. Com isso, eles voltam a jogar a bolinha para verificar se o quadrado de papel colocado acima da placa corresponde ao formado existente abaixo da placa.
22:40	32	Aluno 5: Ela está batendo aqui e ela ta fazendo a refração	
22:42	33	((Inaudível))	Alunos continuam jogando as bolinhas.
22:57	34	Professor: Gente, deixa eu dar uma sugestão pra você ó. Já que você tão jogando e a bolinha ta voltando. Porque vocês não marcam aqui (1), de leve, como é que ela ta indo, como é que ela ta voltando. Porque depois de vocês fazerem vários testes, você vão ter idéia de como é a superfície.... se você joga várias vezes você sabe como é.	(1) Professor aponta para o papel que os alunos colocaram em cima da tábua.
23: 22	35	Aluno 3: A gente já tem idéia, porque ela só volta quando a gente joga aqui (1)	(1) Aluno demonstra com o arremesso de uma bolinha.
23:34	36	Professor: Então, vai marcando a trajetória, que depois fica mais fácil de vocês rascunhar.	
23:46	37	((Inaudível))	Professor dá orientação para os alunos marcarem no papel as trajetórias

			feitas pela bolinha.
24:20	38	((Inaudível))	Alunos atiram as bolinhas e fazem as marcações na folha.
24:56	39	Aluno 5: Escreve aí, vai e volta nas laterais (1)	(1) Alunos verificam que quando jogam a bolinha em uma trajetória com 45 graus em relação à lateral ela bate e volta na mesma linha verificando que ali é uma das laterais do quadrado abaixo do quadro.
25:10	40	((Inaudível))	Aluno 3 ajusta a posição da folha que está em cima da tábua para ela ficar na posição exata em relação ao quadrado que eles imaginam estar abaixo.
25:48	41	((Inaudível))	Alunos começar a atirar as bolinhas do lado oposto para verificar se o feito é o mesmo em relação às observações anteriores.
27:01	42	Aluno 3: Então, vou jogar desse lado (1) Então, quer dizer que está nesta posição (2)	(1) Aluno aponta para segunda lateral da placa de madeira. (2) Aluno mostra a posição da folha em cima da placa indicando estar correta
27:20	43		O câmara passa a filmar um segundo grupo. Os alunos do grupo atiram as bolinhas como o grupo anterior
27:40	44	Aluno 6: Aqui ela sempre passa (1)	Aluno 7 indica que no centro da placa há uma parte vazia pela qual a bolinha passa
27:53	45	((Inaudível))	Alunos marcar uma série de trajetórias para mostrar em qual posição a bolinha entre e em qual ela sai.
29:12	46	Aluno 8: O que dá pra entender é que ela é aberta aqui no meio, é só fechada em algumas partes, porque ela passa por um lado, passa por meio e tipo, ela bate em algumas partes.	
29:18	47	Aluno 7: As partes que ela vai reto é sempre na berada.	
29:25	48	Aluno 7: É assim ó (1) quando vai no meio.... só nestas partes ela volta.	Aluno indica com a mão quais as regiões ele considera haver as partes em que há a figura.
29:31	49	Aluno 8: Mas tem uma parte aberta.	

29:53	50	((Inaudível))	Alunos atiram as bolinhas para verificar as regiões em que há preenchimento.
30:05	51	((Inaudível))	Durante um pequeno intervalo de tempo a câmera fica sem áudio
31:29	52	((Inaudível))	Aluno 7 tenta fazer uma verificação mais “direta” tentando colocar a mão embaixo da placa mas não consegue
31:43	53	Professor: Qual é a figura de vocês?	
31:49	54	((Inaudível))	Alunos mostram os traços marcados.
31:51	55	Professor: Mas agora eu quero que vocês reforcem os traços... que você reforcem para formar a figura de vocês	
32:00	56	Alunos do Grupo: A tá.	
32:02	57	Aluno 7: Eu acho que ela é assim ó (1) Se você olhar ela bate e volta assim (2)	(1) Aluno 7 faz um movimento com a mão mostrando um círculo. (2) Aluno mostra o movimento da bolinha para indicar que a figura abaixo deve ser arredondada.
32:27	58	Aluno 6: Joga na ponta.	
32:31	59	Aluno 7: Ó, ela bate e volta assim.	(1) Aluno 7 pega um pequeno pote de plástico redondo e começa a atirar a bolinha nele para mostrar que o efeito é o mesmo.
32:39	60	Aluno 8: Mas a forma que volta parece uma coisa redonda.	
32:42	61	Aluno 6: Redondo, eu acho que é redondo.	Aluno é bastante enfático em sua fala.
32:45	62	Aluno 7: Redondo assim (1)	(1) Aluno 7 faz um movimento acima da placa para indicar que o formato abaixo é redondo.
32:51	63	((Inaudível))	Aluno 6 começa a fazer o desenho com o formato redondo na folha em cima da placa.
32:58	64	Aluno 7: Mas ele é redondo, mas aqui (1) ele é fechado, quer dizer aberto.	(1) Aluno 7 aponta para o centro do círculo.
33:04	65	Aluno 6: Cadê uma borracha.	
33:22	66	Aluno 8: Mas aqui passou direto	(1) Aluno 8 indica que tem uma segunda abertura.
33:28	67	Aluno 8: Ó, passou de novo. Ela é aberta assim também (1)	(1) Aluno indica com a mão o caminho percorrido pela bolinha mostrando que aquela região deve ser aberta.
34:04	68	Aluno 7: Então, ela é redonda aqui, e aberta aqui e aqui (1)	(1) Aluno 7 indica o formato de uma figura redonda que

			é vazada em dois caminhos retos e perpendiculares entre si.
34:12	69	((Inaudível))	Aluno 6 faz o desenho indicado.
34:43	70	Aluno 6: Professor aí, já descobrimos (1)	(1) Aluno 6 mostra o desenho para o professor.
35:02	71	Aluno 6: Nos achamos que era uma coisa meio arredondada.	Aluna é interrompida.
35:22	72	Professor: Então.	
35:24	73	Aluno 6: Nos achamos que era meio arredondada e aqui passava direto e aqui e dá essa figura (1)	Alunos mostram o desenho redondo com os dois caminhos retos perpendiculares.
35:28	74	Professor: Essa figura	
35:30	75	Aluno 6: E	
35:34	76	Aluno 8: Não é exatamente ela, mas é alguma coisa do tipo.	
35:44	77	Professor: Mas gente... isso que vocês tavam fazendo (1)	(1) Professor aponta para o desenho em que os alunos marcaram as trajetórias das bolinhas
	78	Aluno 6: Isso é quando a gente marcou as bolinhas, quando elas batiam	
35:56	79	Professor: Então vocês deduziram	
36:13	80	Aluno 6: Isso, e outra, e nós deduzimos que tinha uma parte quadrada que aqui ela passava direto e aqui e aqui (1)	(1) Aluno busca indicar que nas laterais não há figura.
	81		Neste momento a câmera perde o áudio até o final da aula.

ANEXO 4 - NORMAS PARA TRANSCRIÇÃO

Ocorrências	Sinais	Exemplificação
Incompreensão de palavras ou segmentos	()	Do nível de renda ¼() Nível de renda nominal ¼
Hipótese do que se ouviu	(hipótese)	(estou) meio preocupado (com o gravador)
Truncamento (havendo homografia, usa-se acento indicativo da tônica e/ou timbre)	/	E comé/ e reinicia
Entonação enfática	Maiúscula	Porque as pessoas TÊM moeda
Prolongamento de vogal e consoante (como s, r)	::podendo aumentar para ::: ou mais	Ao emprestaremos... Éh:::...dinheiro
Silabação	-	Por motivo tran-as-ção
Interrogação	?	E o Banco Central...certo?
Qualquer pausa	...	São três motivos... ou três razões... que fazem com que se retenha moeda... existe uma... retenção
Comentários descritivos transcritor	((minúscula))	((tossiu))
Comentários que quebram a seqüência temática da exposição; desvio temático	- - -	... a demanda de moeda – vamos dar essa notação – demanda de moeda por motivo
Superposição, simultaneidade de vozes	Ligando as Linhas	A. na casa da sua irmã B. sexta-feira
Indicação de que a fala foi tomada ou interrompida em determinado ponto. Não no seu início, por exemplo.	(...)	(...) nós vimos que existem...
Citações literais ou leituras de textos, durante a gravação	“ “	Pedro Lima... ah escreve na ocasião... “O cinema falado em língua estrangeira não precisa de nenhuma baRREIra entre nós”...