

**UNIVERSIDADE LUTERANA DO BRASIL**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**DIRETORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO**

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE  
CIÊNCIAS E MATEMÁTICA



**Uma Proposta para o Uso da História da Física**  
**como Metodologia do Ensino de Física**

**VALÉRIA RODRIGUES GRAÇA BUTLAND**

**Orientador**

**Renato Pires dos Santos**

Canoas

2005

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**UNIVERSIDADE LUTERANA DO BRASIL**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**DIRETORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO**

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO ENSINO DE  
CIÊNCIAS E MATEMÁTICA



**Uma Proposta para o Uso da História da Física**  
**como Metodologia do Ensino de Física**

**VALÉRIA RODRIGUES GRAÇA BUTLAND**

Orientador

Renato Pires dos Santos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós -  
Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da  
Universidade Luterana do Brasil para obtenção do  
título de mestre em Ensino de Ciências e  
Matemática.

Canoas

2005

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais, por toda a confiança em mim depositada, pela partilha de preocupações e angústias e pelo estímulo nas horas de maior necessidade.



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a incansável ajuda, a paciência e o carinho com que me acolheu o meu orientador, Professor Renato, que com seu exemplo de dedicação e atenção a todos os detalhes desta pesquisa seguirei na minha carreira de professora.

À ULBRA, que me permitiu avançar nos estudos e realizar um sonho.

À professora Simone, do Centro de Estatística da ULBRA, que com muita atenção me auxiliou com os testes estatísticos desta pesquisa.

À Escola Estadual Técnica São João Batista, representada pela diretora Maria Teresinha (Nica), pela confiança prestada para a realização deste trabalho.

Às amigas Têre e Cíglia, que muito me ajudaram na busca de material e “utopias realizáveis”, no carinho das conversas pedagógicas que tivemos, por tanta aprendizagem.

À professora Rose, ao confiar seus alunos na realização dos testes e ao me auxiliar a entender como é trabalhoso mudar velhos hábitos dos alunos.

Aos meus alunos e seus pais, que me aceitaram e que me apoiaram nesta luta pela modificação das “velhas” estruturas de ensino.

À Silvia (Mana), que com sua amizade e carinho me presenteou com o abstract.

Ao meu esposo William, que me mostrou que não importam as adversidades, tristezas e decepções, ninguém é capaz de interromper a realização do sonho do outro.

Quero agradecer especialmente aos meus pais, Durval e Amélia, cujo apoio, carinho, confiança e amor, deram sentido a esta busca.

Não existe alguém  
Que nunca teve um professor na vida,  
Assim como não há ninguém  
Que nunca tenha tido um aluno

Se existem analfabetos,  
Provavelmente não é por vontade dos professores  
Se existem letrados,  
É porque um dia tiveram seus professores.  
Se existem Prêmios Nobel,  
É porque alunos superaram seus professores,  
Se existem grandes sábios,  
É porque transcenderam suas funções de professores.

Quanto mais se aprende,  
Mais se quer ensinar.  
Quanto mais se ensina,  
Mais se quer aprender.

Içami Tiba

## RESUMO

Há muitos anos ouvimos falar em História da Física, no entanto, da literatura existente pouco se nos é dada ao entendimento desta ciência, seu corpus, isto é, os conceitos que lhe seriam constituintes. Sabemos apenas o que não deve ser feito. Porém, que indicações são sugeridas para a utilização eficaz deste aspecto, o histórico, para o ensino de Física no Ensino Médio?

Neste trabalho fazemos uma abordagem diferenciada da apresentação de conceitos aos alunos, de modo a favorecer a utilização da história, com seus degraus epistemológicos. A pretensão metodológica é fazer com que os estudantes revivam as mudanças sociais, as necessidades científicas vigentes em cada época e percebam que os paradigmas que os grandes físicos viveram em seu tempo são análogos às visões, aos modos de entendimento do mundo que eles, os alunos, possuem hoje.

A população alvo desta pesquisa foi de estudantes do 1º ano do Ensino Médio. A escolha por essa classe de estudantes deve-se ao fato desses alunos apresentarem menos vícios de aprendizagem que o ensino tradicional dessa disciplina pode vir a acarretar.

A abordagem histórica desta pesquisa compreende quatro períodos: a) As descobertas de Aristóteles; b) A Idade Média e as críticas a Aristóteles; c) As descobertas de Galileu; d) As descobertas de Newton.

O conceito focado foi o da noção de Força, sendo considerados os conhecimentos já adquiridos como pré-saberes, cujos conteúdos se apresentaram de maneira natural, assim como historicamente também os obstáculos epistemológicos vieram à tona.

Com esta abordagem histórica buscou-se demonstrar como a Física pode ser vista como uma evolução do pensamento científico; procurou-se estabelecer uma reconstrução do processo de aprendizagem de Física, fazendo participar o pensamento filosófico de cada período histórico.

Esse processo de ensino teve a duração de cinco meses e avaliou, no que concerne aos alunos, a compreensão do processo histórico, a construção da ciência, as epistemologias, os valores agregados e a relação afetiva com essa disciplina.

Para a pesquisa utilizou-se uma combinação de pesquisa quantitativa e qualitativa.

## **ABSTRACT**

We have heard about History of Physics, but from the existent literature we know just what we shouldn't do, so, how come we accurately use this learning tool?

In this work we have a different approach on the concepts presentation to the students, so that it epistemology steps, having the students revive the social changing, the actual scientific needs in each time and notice that the assumptions lived by the Physics are akin to the views they have today. Our target public was first year high school students and this choice was because these students show less learning vice than the traditional teaching of this subject could bring. Our approach will have four historical phases: a) Aristoteles discoveries; b) The Middle Age and the criticisms to Aristoteles; c) Galileu discoveries; d) Newton discoveries.

The main conceptual focus was the notion of strength and the knowledge known as pre-knowledge as long as History epistemological obstacles were also presented. With this strategy we try to make Physics be seen as an evolution of the scientific thought; taking part in the philosophical period. This teaching process lasted for five months and evaluated by the students, the understanding of the historical process, the science, the aggregated values and the emotional relation with this subject.

## SUMÁRIO

|  |     |
|--|-----|
| INTRODUÇÃO .....   | 11  |
| 1 DELINEAMENTO DA PESQUISA.....  | 14  |
| 1.1 Justificativa .....  | 14  |
| 1.2 Definição e Contextualização do Problema .....   | 18  |
| 1.3 A Importância deste Trabalho para o Ensino da Física .....                               | 20  |
| 1.4 Objetivos da Pesquisa .....  | 21  |
| 1.4.1 Objetivo Geral .....   | 22  |
| 1.4.2 Objetivos Específicos .....  | 22  |
| 2 PRESSUPOSTOS TEÓRICOS DA PESQUISA .....  | 23  |
| 2.1 A Importância da Epistemologia Genética de Piaget e Garcia .....                         | 31  |
| 2.1.1 Etapas da Psicogênese – Fases Históricas .....   | 38  |
| 2.2 A Importância da Teoria de Vygotsky para o Desenvolvimento das Aulas .....               | 45  |
| 2.3 Paralelismo entre Piaget e Vygotsky .....  | 48  |
| 2.4 A Importância das Idéias de Bachelard na Superação de Obstáculos<br>Epistemológicos..... | 51  |
| 2.5 O Trabalho de Pesquisa dos Alunos .....  | 56  |
| 3. METODOLOGIA .....   | 59  |
| 4. ANÁLISE DE DADOS .....  | 70  |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS .....   | 88  |
| CONCLUSÃO .....  | 92  |
| OBRAS CONSULTADAS .....  | 95  |
| APÊNDICES .....  | 101 |
| Apêndice A – Entrevista dos alunos .....   | 102 |

|   |     |
|---|-----|
| Apêndice B – O novo julgamento dos alunos ..... | 106 |
| Apêndice C – Texto trabalhado em aula .....     | 115 |
| <br>  |     |
| ANEXOS .....                                    | 118 |
| Anexo A – Force Concept Inventory .....         | 119 |
| Anexo B – Provas alunos.....                    | 125 |
| <br>  |     |
| GLOSSÁRIO .....                                 | 136 |

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|  |    |
|--|----|
| GRÁFICO 1 – CONCEPÇÕES CIENTÍFICAS ..... | 76 |
| GRÁFICO 2 – CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS..... | 77 |

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| TABELA 1 – CRONOGRAMA DAS AULAS .....                   | 60 |
| TABELA 2 – NOTAS .....                                  | 70 |
| TABELA 3 – COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DO PRÉ-TESTE ..... | 71 |
| TABELA 4 – TESTE DE MANN-WHITNEY .....                  | 76 |
| TABELA 5 – PRÉ-TESTE .....                              | 80 |
| TABELA 6 – PÓS-TESTE .....                              | 20 |



## INTRODUÇÃO

A maior parte de minha trajetória como professora concentrou-se em tentar encontrar uma maneira de ensinar por intermédio da qual os alunos realmente aprendessem e que as minhas aulas não fossem tão chatas e sem qualidade como as que eu tive no meu curso secundário.

Com isso não pretendo recriminar os professores de minha adolescência. Uma coisa me é sabida, e já por algum tempo constatada: a escola em que cursei o secundário não atendia aos meus anseios. Tenho buscado esclarecimento ainda hoje acerca de coisas que acredito deveriam ter sido elucidadas naquele tempo, quase 20 anos atrás. No entanto, o que mais me preocupa é que, a despeito do tempo que passou, pouco foi feito para atenuar o hiato entre aquilo que o aluno busca e o que a escola oferece; do ponto de vista estrutural, poucas foram as modificações realizadas na maioria das escolas.

Sabemos que nosso país passou por mudanças (se contabilizarmos vinte

anos, muita história há para ser contada!), e com ele as pessoas. A sociedade se transforma a cada dia porque cada dia engendra uma nova descoberta, uma nova maneira de se expressar, um novo ritmo que pode vir a alterar toda a sua estrutura. E a escola? A escola permanece alheia a todas estas mudanças que ocorrem a sua volta, alheia na medida mesma em que os professores permanecem, em sua grande maioria, com convicções do início do século passado, ratificando uma educação bancária (FREIRE, 1970).

A educação brasileira tem sido centrada no professor “detentor do conhecimento”, aquele que transmite o conhecimento e que ao mesmo tempo se esquiva de todas as contradições e dos conflitos sociais e ideológicos, ao fazer dos alunos sujeitos individualistas, aptos a calcular algo que eles não fazem a menor idéia do “para quê” e do “porquê”. Essa é a demanda desse professor.

A escola, como único espaço de conhecimento organizado, tem a obrigação de mudar essa concepção de aluno, oportunizando o aprendizado compartilhado com colegas e professores, gerando momentos de reflexão e discussão de temas relevantes para a sua vida de cidadão. Quanto aos professores, cabe a estes o papel de intermediadores, multiplicadores de idéias, capazes de atuar de forma decisiva na vida dos alunos. Não se pode mais permitir que alunos sejam adestrados para o vestibular, esta fantasia de “preparação” tem determinado toda a educação do país, desconhecendo, sobretudo, o público que ela atende; a maioria dos alunos do Ensino Médio no Brasil não presta o vestibular.

Se o desejo dos educadores é formar alunos criativos, críticos e capazes de atuar como verdadeiros cidadãos, deve-se necessariamente repensar a metodologia

utilizada pelos mesmos nas escolas. No que concerne à formação pela Física, e não a formação de físicos, deve-se atentar às dimensões que a disciplina abrange: conceitual, filosófica, histórica. Para tanto é necessário fazer com que os alunos se apaixonem pela Física, reinvesti-la de vida. Assim, se porventura um desses alunos venha a passar uma noite em vigília para o estudo da Física, que esse momento seja prazeroso e não uma obrigação!

Este trabalho é apenas uma tentativa de colaborar para essa mudança, relatando e analisando a formação científica baseada na História da Física, relacionando necessidades passadas com as modernas, solidificando valores e construindo uma forte relação afetiva com essa disciplina, com a certeza de estar valorizando o aluno como pessoa, ao fazer dessa ciência parte integrante da vida dele.

A História da Física, como parte integrante e fundamental das aulas, é o ponto determinante da metodologia a ser ora apresentada; é justamente isso que diferencia as demais metodologias que também abordaram o uso da história. Não se trata, contudo, de uma historicização da Física; Para além disso, trata-se da recriação sobre os fatos, a rediscussão dos motivos pelos quais foram feitas as descobertas, da análise das reais necessidades de tais inventos.

## 1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

### 1.1 JUSTIFICATIVA

Para muitos alunos as aulas de Física são aborrecedoras e desestimulantes; falta qualidade e aprendizado. A Física como é ensinada não se enquadra no momento histórico globalizado de hoje. As informações estão em todos os lugares, cada vez mais rápidas e complexas. Em contrapartida, a metodologia empregada nas escolas está centrada no “formulismo” e no conceitualismo, totalmente desvinculados das informações recebidas pelos alunos fora do contexto escolar.

O ensino de Física tem-se realizado freqüentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significado. Privilegia a teoria e a abstração, desde o primeiro momento, em detrimento de um desenvolvimento gradual da abstração que, pelo menos, parta da prática e de exemplos concretos. Enfatiza a utilização de fórmulas, em situações artificiais, desvinculando a linguagem matemática que essas fórmulas representam de seu significado físico efetivo. Insiste na solução de exercícios repetitivos, pretendendo que o aprendizado ocorra pela automatização ou memorização e não pela construção do conhecimento através das competências adquiridas. Apresenta o conhecimento como um produto acabado, fruto da genialidade de mentes como a de Galileu, Newton ou Einstein, contribuindo para que os alunos concluam que não resta mais nenhum problema significativo a resolver. Além disso, envolve uma lista de conteúdos demasiadamente extensa, que impede o aprofundamento necessário e a instauração de um diálogo construtivo.(PCN, 2000).

O ensino tradicional fez surgir nas escolas uma divisão entre seus estudantes: os “gênios” – que gostam e estudam as ciências com prazer; e os “normais” – categoria na qual cada vez mais estudantes são excluídos.

Este trabalho enfatiza a utilização da História da Física como uma ferramenta para a compreensão, a interpretação e a vivência da Física como uma ciência em construção, cabe aqui ressaltar que não se está falando de estudar exaustivamente a história da Física, utilizando as palavras de Piaget & Garcia (1987, p. 42,43), “A

escolha do material histórico que aqui é considerado (...) permanece em parte arbitrário; (...) a importância dedicada à exposição das idéias de alguns autores, a revisão rápida de alguns outros e as omissões de vários autores “importantes” seriam inadmissíveis numa “história” cujo objetivo fosse a apresentação dos fatos com o máximo rigor na atribuição dos méritos e das prioridades (...) Retivemos, sobretudo, a clareza da exposição, a representatividade em relação a uma época ou uma escola de pensamento e a perdurabilidade das idéias enunciadas.”

O ensino da Física não se dá meramente pela utilização de formulários e pela adaptação dos problemas às fórmulas; muito mais que isso, aprender Física significa recriar a natureza, perceber que sua utilidade está presente em tudo e em todos os dias que se vive.

De fato, os PCN para o Ensino Médio defendem tal utilização da Física:

*Incorporado à cultura e integrado como instrumento tecnológico, esse conhecimento tornou-se indispensável à formação da cidadania contemporânea. Espera-se que o ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação. Para tanto, é essencial que o conhecimento físico seja explicitado como um processo histórico, objeto de contínua transformação e associado às outras formas de expressão e produção humanas. (MEC, 2000)*

O MEC do Ensino Médio (2000) diz o seguinte: “... [buscar] dar significados ao conhecimento escolar, mediante a contextualização, [evitando] a compartimentalização, mediante a interdisciplinaridade, [incentivando] o raciocínio e a capacidade de aprender...”.

De acordo com a Lei nº 9394/96: a) a educação deve cumprir um triplo papel:

econômico, científico e cultural; b) a educação deve ser estruturada sobre quatro alicerces: aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a viver e aprender a aprender. Os pontos principais são:

- aprender a conhecer: o seu fundamento é o prazer do compreender e de descobrir, a fim de garantir esse prazer utilizar-se-á a metodologia da pesquisa.
- aprender a fazer: é o estímulo aos novos saberes, privilegia a vivência da ciência e o seu enriquecimento. Esse estímulo será garantido através de textos elaborados pelo(a) professor(a) e textos extraídos de revistas científicas.
- aprender a viver: é o desenvolvimento das idéias de que os fenômenos não são isolados, é uma realização coletiva do aprendizado. Para garantir esse desenvolvimento será utilizada a metodologia histórica, que é o objetivo central desse trabalho; o aluno revive a história, compreende seus obstáculos e incorpora novas idéias às já existentes.
- aprender a ser: é o desenvolvimento total do aluno. Nessa fase o aluno emite juízos de valores autônomos, decide por si mesmo. Essa fase é natural ao aluno que desenvolveu os aprendizados anteriores, ou seja, é o resultado de um aprendizado feito com bases sólidas.

O PCN enfatiza ainda que o ensino das ciências deva *“compreender as ciências como reconstruções humanas, entendendo como elas se desenvolvem por*

*acumulação, continuidade ou ruptura de paradigmas, relacionando o desenvolvimento científico com as transformações da sociedade.”*

Com base nessas considerações, o objetivo central desse trabalho é a verificação/eficiência da metodologia voltada para a História da Física, resultando no bom aprendizado dessa ciência. Ao descrever a evolução do pensamento científico, bem como possíveis mudanças de paradigmas vividas pelos alunos do primeiro ano do Ensino Médio, analisar-se-á os diálogos e questionamentos que serão transcritos durante as aulas. Serão realizados um pré e um pós-teste, uma entrevista ao final do curso e vários testes durante as aulas para acompanhar e avaliar a evolução das idéias dos alunos.

A História da Física foi o tema escolhido, dado seu caráter polêmico no meio científico. Apesar de muito discutido e de profusa bibliografia, esse tema ainda não se esgotou. Na bibliografia existente são realmente escassos os trabalhos centrados nessa metodologia, poucos são aqueles que demonstram de maneira pormenorizada como se dá a abordagem em sala de aula.

Um outro aspecto que motivou a presente pesquisa foi a riqueza histórica da construção dos conhecimentos, além, é claro, do modo como a humanidade superou conflitos e concepções, exatamente como se quer que os alunos superem. Parte-se, portanto, de um princípio elementar: antes mesmo de a humanidade saber ler e escrever, já se contavam histórias, sendo que os conhecimentos e valores eram transmitidos através dessas histórias. Para a sustentação de minha argumentação, levo em conta a visão bachelardiana sobre mudança conceitual, na qual uma nova idéia científica deve explicar velhas concepções, não as suprimindo nem diminuindo

a sua importância; as “velhas concepções” convivem quase que pacificamente com o estudante, intuindo a utilização dessas de acordo com o que mais o satisfizer circunstancialmente.

O suporte teórico para a elaboração desse trabalho está centrado na teoria de Piaget com suas fases de cognição, em Vygotsky com a interação vivida em sala de aula, em Bachelard pelas razões acima discriminadas e em Demo com os trabalhos de pesquisa dos alunos. Participam de minha argumentação as teorizações de Khun, Mortimer, entre outros.

A proposta de ensino foi feita com base na pesquisa histórica, com visão construtivista sob alguns princípios que achamos de vital importância para a aprendizagem, dado que *“a aprendizagem acontece através do envolvimento ativo do aprendiz na construção do conhecimento”*. (DRIVER, 1989, p. 481), e sendo que *“as idéias prévias e alternativas dos estudantes desempenham um papel fundamental no processo de aprendizagem, já que só é possível aprender com base no que já é conhecido”*. (MORTIMER, 2000, p. 26).

## **1.2 DEFINIÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA**

Este trabalho visou investigar as mudanças comportamentais do aluno tanto na compreensão dos paradigmas e superação de obstáculos, como na percepção afetiva da disciplina, levando em conta as concepções espontâneas e as dificuldades de aprendizagem.

De acordo com Pozo (2002), existe um grande sentimento de fracasso na educação em ciências e cita como exemplo o ingresso dos candidatos nas



universidades, dado o número muito pequeno de estudantes que optam pela carreira de físico.

Na perspectiva de desenvolver metodologias que melhorem o desenvolvimento de potencialidades nos estudantes surge a história das ciências. É importante salientar aos alunos, da parte do(a) professor(a), que as dificuldades por eles encontradas no aprendizado da Física também foram vividas pelos grandes físicos, cada um em sua época, e que essas dificuldades foram superadas. Com o tempo, os alunos também virão a superá-las.

Nos dias atuais, a busca frenética por informações vem se defrontando com o ensino tradicional das escolas, onde o detentor da informação é o professor e o aluno a *tabula rasa* onde se depositam os conhecimentos.

A Física então se torna um grande problema para os alunos, dada a grande diversidade de fatos a interpretar, a levantar e correlacionar. Como poderiam os alunos, que só possuem um amontoado de fórmulas e alguns exemplos a ser seguidos nas resoluções dos exercícios dados pelos professores, compreender a imensa variedade de teorias?

Assiste-se, então, ao desenrolar contínuo de constatações (muitas vezes errôneas do ponto de vista teórico) de fatos que mal foram vistos e muito menos compreendidos e que não passam de variações de composição de fórmulas. A teoria, a formulação do problema e a reflexão sobre a situação apresentada é algo tão distante do aluno que ele passa a recusar a teoria, reduzindo toda a complexidade de uma situação-problema a um mero resultado numérico, não se preocupando sequer com as unidades às quais se referem os resultados obtidos.

Outra questão a ser levantada é a lentidão com que alguns alunos assimilam conteúdos simples (como, por exemplo, sistemas de medidas) ou generalizações. Acredita-se que isso ocorra devido à falta de utilidade para a sua vida cotidiana, à não-compreensão das bases teóricas que gerariam essas generalizações e até mesmo à carga emocional negativa frente à disciplina.

De acordo com Demo (2002), o aluno deve participar, reconstruir, despertar a competência do conhecimento inovador; questionar reconstrutivamente o que é consagrado pela Pesquisa, um dos pontos-chave desta dissertação.

### **1.3 A IMPORTÂNCIA DESTE TRABALHO PARA O ENSINO DA FÍSICA**

Como dito anteriormente, não é recente o tema deste trabalho. Há, porém, uma carência de pesquisas que realmente se dediquem a sua real utilização como metodologia cotidiana aliada às pesquisas históricas, não sendo entendida apenas como um apêndice de final de aula ou uma nota bibliográfica.

Este trabalho enfoca a idéia de que a Física é uma ciência viva, que caminha de modo contínuo e crescente e de acordo com as tecnologias vigentes em cada época.

As observações feitas pelos alunos (vide capítulo 6.3) da presença da Física em suas vidas atestam a sua existência; essas observações demonstram que o olhar dirigido ao saber científico começa se modificar. O que acontece, então, com a Física, que em tão pouco tempo os alunos começam a odiá-la? A resposta a essa pergunta está na metodologia aplicada pelos professores cujo perfil de ensino é bancário (no sentido freireano), onde são depositadas e sacadas fórmulas e

“continhas” para se resolver “historinhas matemáticas” (afinal, quem inventou esse termo tão difundido nas escolas?).

As discussões em sala de aula de assuntos relacionados às tecnologias devem servir para motivar o aluno para o estudo dessa disciplina, fazendo com que o mesmo não a entenda como uma obrigação escolar, mas levando-o a se integrar à cultura moderna, levando-o a resolver situações-problema, reais preferencialmente.

O professor, como agente intermediador de conhecimento, não pode deixar passar em branco as novas descobertas. Diariamente se vêem, nos meios de comunicação fatos novos, tais como: descoberta de um novo planeta, partes cada vez menores dos organismos... E assim a ciência cria novos mundos, cada vez mais ricos e articulados, enquanto alunos se engessam nos bancos das escolas.

De acordo com Henry:

Se quisermos compreender a natureza e as causas dessas mudanças, devemos tentar definir exatamente quais eram as questões fundamentais para os antigos pensadores, as alterações mais significativas que eles operavam quanto a modos de pensar, as modificações mais claras ocorridas em sua organização social, as mudanças de maior alcance em sua prática científica (1997, p.13).

## **1.4 OBJETIVOS DA PESQUISA**

### **1.4.1 Objetivo geral**

Como objetivo geral desse trabalho: a melhoria do processo ensino-aprendizagem; o incentivo ao raciocínio e à revitalização do aprender dada através da contextualização dos conteúdos, da promoção de debates a respeito do desenvolvimento das ciências e ainda da promoção da interdisciplinaridade. Quer-

se, com isso, a melhoria da qualidade do ensino de Física, incorporando a disciplina na prática cotidiana, interligando os conhecimentos físicos com as disciplinas de História, Geografia, Filosofia e Artes, desmistificando o fato de a Física ser difícil e humanizando o seu ensino.

#### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Favorecer um entendimento o mais completo possível da Física por parte dos alunos e sua relação com o cotidiano, a partir da contextualização mais rica de uma época;
- Desenvolver uma proposta de ensino voltada à História da Física, considerando suas rupturas e saltos sejam eles científicos e/ou socioculturais;
- Promover a evolução conceitual dos alunos (MOREIRA e GRECCA, 2000);
- Envolvam atividades que envolvam outras disciplinas, favorecendo a interdisciplinaridade, o aprendizado articulado e contextualizado.

Vale lembrar que não se trata de uma historicização da Física, no sentido de apresentar a história pela história, mas de uma estruturação diferenciada de currículo, de programa, de conteúdos e de abordagem, como será detalhada na metodologia (vide capítulo 3).

## 2 PRESSUPOSTOS TEÓRICOS DA PESQUISA

As idéias do filósofo e ensaísta francês Bachelard auxiliaram sobremaneira a compreensão do material obtido durante a pesquisa. Recorreu-se ao conceito de obstáculos epistemológicos para a pesquisa, que apresenta as ciências como um trabalho de ruptura de hábitos, pensamentos e conhecimentos não-criticados. Em sua obra, Bachelard rompe com a teoria do mecanicismo, onde a realidade é comparada de maneira estrutural a uma máquina. Tal ruptura se opera também nesta pesquisa, na medida em que esta se distânciava de uma técnica formulista (técnica que se baseia na utilização de fórmulas sem a compreensão dos fenômenos ou dos conceitos) comumente utilizada na maioria das escolas.

Sabe-se, todavia, que a utilização de estratégias realmente eficazes no ensino de Física se faz cada dia mais necessária, seja pela demanda tecnológica engendrada por um mundo em constante transformação, seja pelo fato da Física fazer parte do nosso cotidiano e com ela a necessidade de sua fundamental compreensão para o entendimento do mesmo. Porém, a realidade das escolas dita outra sorte de evento, qual seja: o sufocamento das potencialidades criativas dos estudantes em prol de uma educação enciclopédica, onde o conhecimento científico é *“algorítmico, exato, a-histórico, individualista e descontextualizado”*. (GIL-PEREZ,1993)

Um dos pioneiros na proposição de um ensino baseado em uma perspectiva histórica foi Francis Bacon, no séc. XVII. Merton (1984, p.267) relata o protesto de Bacon, que comentava que nenhuma ciência havia sido ensinada segundo o caminho de sua elaboração.

O principal objetivo da metodologia ora apresentada, da utilização da História da Física, é a real compreensão, por parte do aluno, do processo de construção do conhecimento científico, ou seja, a compreensão de um problema, a resolução, a reformulação e a nova resolução. Para Bachelard:

[...] sem dúvida, seria mais simples de ensinar apenas o resultado do produto. Mas o ensino de resultados da ciência não é nunca um ensino científico. Se não se explica a linha de produção espiritual que conduziu ao resultado, pode-se estar seguro que o aluno combinará os resultados com suas imagens familiares. É preciso que ele compreenda. Não se pode reter senão compreendendo. O aluno compreende à sua maneira. Como não lhe damos razões para compreender, ele adiciona ao resultado razões pessoais (1996, p. 69).

Conforme Snyders (1988, p.101), a inserção da História da Física no processo de ensino-aprendizagem “*é o elemento vital na passagem, na explicação pedagógica da ruptura entre a cultura primeira e a cultura elaborada.*” (1988, p.101). Nesse sentido, penso que a História da Física não deve ser utilizada apenas como nota bibliográfica, narração de anedotas ou lendas conhecidas de um ou outro físico. Essa história factual e cronológica não é pertinente ao estudo propriamente dito da Física. Como sinaliza Carr (1985, p.13), essa é a visão de uma historiografia positivista, que estaria à disposição da maioria dos historiadores.

Os positivistas, ansiosos por sustentar sua afirmação da história como ciência, contribuiu com o peso de sua influência para o culto dos fatos [...]. A convicção num núcleo sólido de fatos históricos que existem objetiva e independentemente da interpretação do historiador é uma falácia absurda, mas que é muito difícil de erradicar (CARR, 1985, p. 13-15).

As argumentações de Carr (1985) sobre a História, isto é, sobre as várias histórias, permitem compreender que cada historiador narra os fatos de acordo com sua visão, cultura e interesse. Concluiu-se ainda que “*a função do historiador não é*

*amar o passado ou emancipar-se do passado, mas dominá-lo e entendê-lo como a chave para a compreensão do presente". (CARR,1985, p.25).*

Com sua concepção de "recorrência", Bachelard atribui grande importância à história da ciência. Para ele, a história é recorrente à medida que se esclarece pela finalidade do presente, permitindo um desencadeamento entre sucessivos fatos, compondo uma estrutura lógica ordenada, progressiva e verdadeira. Para Bachelard, *"o historiador da ciência só pode julgar o passado se conhecer o presente. [...] É o presente que ilumina o passado e lhe dá sentido, permitindo-lhe reviver". (apud BARBOSA, 1985, p.112)*

A despeito de ser do conhecimento de todos que a sociedade atual está sendo bombardeada por um dinamismo jamais visto, as aulas de Física ainda se alienam daquela quando reproduzem em seu ensino uma Física estática de fatos e fórmulas alienígenas, ciência de e para gênios, o que acaba por fortalecer a idéia de que a compreensão da Física é para poucos alunos, como também para os físicos. É através da metodologia da História da Física que se pretende a dinamização das aulas. É neste sentido que afirma Schemberg:

A evolução dos conceitos em Física é algo paradoxal e extremamente interessante porque não é retilíneo, mas um verdadeiro ziguezague. Contudo, a ciência vai progredindo, descobrindo novas verdades, e mesmo quando se volta para a idéia que existia antes, não se volta do mesmo modo com que ela havia sido formulada anteriormente (1984, p.52).

Fica claro na posição de Schemberg o caráter dinâmico que a História da Física pode trazer às aulas, dando uma nova imagem a essa disciplina, tão desgastada por ser tão previsível e descontextualizada. Cabe ressaltar nesse momento a posição de Canguilhem (1980. p.59-60) sobre o papel que a história das

ciências deve ter em sala de aula: *“numa pedagogia sem história, um determinado fato científico só encontra espaço no cenário de uma metodologia empirista ou positivista desprovida da riqueza dinâmica contida na história real das ciências”*.

Para Zanetic (1989), existem muitos motivos para a utilização da História da Física no ensino de Física, entre os quais:

i. A recuperação da Física enquanto área do conhecimento que tem muito a contribuir na formação cultural de um cidadão contemporâneo. Ao lado do algoritmo, da aplicação na solução de determinados problemas importantes, a História oferece o aspecto dinâmico de uma área do conhecimento em evolução e/ou mudança.

ii. A História da Física oferece situações exemplares de rica utilização do imaginário, vitais tanto para o cientista quanto para o cidadão contemporâneo.

iii. Uma formação crítica e necessária para a luta pela transformação social passa pela compreensão da construção do conhecimento e não apenas de seus sucessos: Isto traz implícito o propósito de desmistificar e humanizar a prática científica, ao mesmo tempo oferecendo condições para discutir a apropriação do conhecimento pelas classes dominantes (1989, p.126-127).

No entanto, a utilização da história das ciências não é bem aceita por todos. Constam também na literatura críticos e céticos em relação a ela. Entre os críticos pode-se citar Comte, o fundador da filosofia positivista.

Comte recusava o ensino baseado na história, pois para ele o ensino deveria ser feito através de exposição dogmática dos principais resultados das ciências por meio de manuais seguindo uma ordem lógica. Tal pensamento não é de se espantar, uma vez Comte ser o pai do Positivismo. Ele acreditava numa visão linear de fatos, ou seja, que o progresso das ciências nada mais é que uma sucessão progressiva de conhecimentos; em outras palavras, a ciência do passado é inferior a do presente, não havendo, portanto, necessidade de se “perder tempo” com sua



compreensão. Surge daí a demanda pela criação de manuais, isto é, a exposição dogmática dos resultados de problemas inquestionáveis e exatos.

Klein (1972, p.21) usa o termo “pseudo-história” para designar o método no qual são escolhidos os exemplos, conceitos e fatos que levam a entender a Física de trás para frente, ou, apenas, sustentar um certo conceito. Para Whintaker (1979, p.108), essa “quase-história” não teria dimensão social nem desenvolvimento do conhecimento científico.

Também no Brasil existem críticos à história das ciências. Abrantes (1988, p.91), por exemplo, diz que *“o ensino de História das ciências não deve ser misturado com o ensino de Ciências, pois isso tende a reduzir o potencial crítico que essa história pode ter para a formação do indivíduo. Talvez não para o cientista em sua prática”*.

Em Abrantes é perceptível uma espécie de separação clara entre o cientista e o cidadão, onde a história poderia ser o divisor de águas. Na verdade, este é exatamente o ponto em que esta pesquisa pretende chegar. Com sua crítica oposta à teorização corrente deste trabalho, Abrantes encoraja a intenção aqui contemplada de se utilizar a História da Física para a minimização dos problemas educacionais e para a formação do cidadão, pois ela favoreceria a compreensão da sociedade científica moderna, ao mesmo tempo em que proporcionaria aos alunos momentos reflexivos, estimulantes e prazerosos.

Abrantes não é o único a não aprovar a história das ciências. Para Tomas Kuhn, com a inclusão na aula de história das ciências:

[...] o estudante é encorajado a ler clássicos de seu campo, trabalhos nos quais ele pode descobrir outros modos de ver os problemas discutidos em seus textos, mas nos quais ele também encontraria problemas, conceitos e padrões de solução que sua profissão futura há muito descartou e substituiu". (KUHN, 1977, p.229).

Rebatendo essa visão de Kuhn, Siegel comentou:

A sugestão de Kuhn é que estes problemas, conceitos e padrões de solução ferirão o desenvolvimento científico do estudante, desde que eles não sejam problemas e padrões aceitos pelos paradigmas no qual o estudante está sendo doutrinado. Mas isto é uma visão pessimista das capacidades críticas dos estudantes (1977, p.168).

Embora tenha sido mais intenso o debate sobre a utilização de História da ciência no ensino de Física a partir da década de 60 e 70, o seu estudo ainda não está desgastado. Verifica-se que são poucos os artigos que descrevem procedimentos ou relatam experiências da utilização da História da Física no cotidiano da sala de aula.

Em relação às aulas, também não se pode ignorar o estudo das concepções alternativas dos estudantes, desenvolvidas principalmente nas décadas de 70 e 80 do século passado, nas quais aparece Driver como uma das maiores referências. De acordo com Pozo (2002), os estudantes chegam às aulas de ciências com “noções intuitivas”, incompatíveis com os conceitos científicos, e, por isso, chamadas de “concepções alternativas”. Como consequência daquelas pesquisas sobre concepções alternativas, dispõe-se já de um catálogo bastante exaustivo sobre o conteúdo destas representações. (PFUNDT & DUIT, 1994).

As idéias alternativas dos estudantes são encontradas não só nos principiantes, mas também nos alunos de pós-graduação. Essas idéias são fortemente influenciadas pelo contexto sócio-cultural, além de serem resistentes às

mudanças (PACCA & VILLANI, 1990). Assim, as concepções alternativas são partes das construções do conhecimento científico e não devem ser ignoradas.

Logo, *“a construção do conhecimento em sala de aula será fortemente influenciado pela presença de conceitos, visões e crenças, já que o sistema cognitivo é uma totalidade que se conserva nas assimilações e acomodações”*. (PIAGET, 1977, p.37).

Alguns autores revelam que a natureza das concepções alternativas é tão enraizada que se torna praticamente impossível despir o aluno dessas idéias. Com isso, a tendência se fixa no *“evoluir os conhecimentos intuitivos dos estudantes e não em sua mudança”*. (DiSESSA, 1993).

Conforme Radé (2005, p.96):

Mortimer, buscando entender a coexistência simultânea de diferentes visões da realidade num mesmo indivíduo, construiu um modelo para compreender as concepções dos estudantes, dentro de um esquema geral que permitisse relacioná-las e ao mesmo tempo diferenciá-las dos conceitos científicos apreendidos na escola e que denominou Perfil Conceitual. Já foram construídos perfis conceituais em relação a vários conceitos, tais como reações químicas, calor, função, vida, periodicidade, radiação e, mais recentemente, força. (RADÉ, 2005, p. 96)

De acordo com Mortimer (2002), esse modelo, que recebe o nome de “perfil conceitual”, permite entender as idéias dos estudantes não como uma substituição de concepções alternativas por concepções científicas, mas como uma evolução do seu perfil conceitual, no qual as idéias prévias dos estudantes convivem pacificamente com as idéias científicas e seu uso depende do contexto em que tais idéias serão empregadas.

É importante salientar que a “evolução conceitual” não se constitui de maneira continuísta, ou seja, as idéias científicas não são formalizadas uma a uma, de acordo com uma ordem crescente de dificuldade.

Não obstante, é necessário atentar também ao que os historiadores da ciência nomearam de “whiggismo”. Literalmente, “Whig” foi o termo utilizado pelo historiador inglês Herbert Butterfield num de seus livros intitulado “*Whig Interpretation of History*”, onde o termo foi utilizado para designar o Partido Liberal da Inglaterra. Porém, para os historiadores, esse termo tem sido usado para mostrar e julgar cientistas em função de sua contribuição às teorias atuais. (ZANETIC,1989, p.138).

Henry (1997, p.142), por exemplo, diz que o wiggismo é, “do ponto de vista historiográfico em geral, lamentável, [pois] julga a importância de eventos passados à luz dos padrões e preocupações atuais, (...) que se ocupa apenas daqueles acontecimentos passados que obviamente parecem ter conduzido ao atual estado das coisas. Uma ameaça sempre presente, capaz de comprometer o trabalho na história da ciência”.

Como é possível verificar, o “whiggismo” é um conceito que não se pode deixar de lado, pois é uma parte integrante em todos os debates relacionados à História da Física. O próprio fato de se estudar a História da Física traz consigo o whiggismo, pois é desta maneira que se pode compreender “por que e como” a ciência se tornou indispensável para a sociedade atual. (HENRY,1997, p.15).

Para a elaboração de nossa proposta de metodologia de ensino, procuramos referenciais teóricos baseados nos seguintes eixos:

- Desenvolvimento cognitivo: em Piaget & Garcia, na Psicogênese da Física;
- Interações em sala de aula e o papel da linguagem entre professor *versus* aluno ou aluno *versus* aluno: em Vygotsky;
- As diferentes formas de percepção e representação da realidade: em Bachelard, com a noção de Obstáculos Epistemológicos e em Mortimer, com a noção de perfil conceitual;
- Pesquisas históricas: em Pedro Demo com suas idéias de fazer-se e refazer-se pela pesquisa.

## **2.1 A IMPORTÂNCIA DA EPISTEMOLOGIA GENÉTICA DE PIAGET E GARCIA**

Os estudos de Piaget & Garcia (1987), em seu trabalho Epistemologia Genética, defendem a idéia de que existe uma forte relação entre o desenvolvimento cognitivo do indivíduo e o desenvolvimento dos conceitos científicos ao longo da história.

O facto fundamental para a epistemologia das ciências é que o sujeito, partindo de níveis muito baixos, de estruturas pré-lógicas, chegará a normas racionais isomorfas das estruturas das ciências quando do seu nascimento (PIAGET & GARCIA, 1983, p. 20).

Pode-se definir a epistemologia genética piagetiana como o processo de investigação a partir da percepção, da ação e dos sentimentos dos sujeitos pesquisados, buscando analisar os mecanismos profundos de pensamentos através da verificação da estrutura de um certo estado de desenvolvimento ou dos processos de estruturação mental.

A gênese do pensamento científico ocorre desde o nível pré-operatório ou intuitivo (fase Aristotélica, no nosso caso) até o nível operatório (fase Newtoniana), onde as representações usadas pelos alunos são todas solidárias umas com as outras e realizam-se no equilíbrio progressivo da assimilação e da acomodação, pólos de todo o processo de adaptação.

O fator mais importante da formação e da socialização de conceitos acontece através da linguagem. É corrente dizer que o aluno deve se “acostumar” com a linguagem usada nas ciências, pois ela possui uma coleção de termos na maioria das vezes não usuais na vida cotidiana.

O desequilíbrio entre assimilações e acomodações devido ao autocentrismo do sujeito, origina o pré-conceito, que é uma representação egocêntrica, dando origem à fase Aristotélica. Quando predomina a assimilação, a representação egocêntrica se caracteriza pela subjetividade em relação aos processos objetivos e quando predomina a acomodação, a objetividade das representações se sobressai, suprimindo a presença de um sujeito nas interações com o objeto de estudo.

Quando se estabelece o equilíbrio entre assimilação e acomodação, o sujeito constrói os conceitos e, portanto, interage com ele construindo novos conceitos a partir daqueles elaborados anteriormente.

Encontramos, pois, o seguinte processo evolutivo: Quando a acomodação predomina sobre a assimilação, há imitação representativa, e, quando a assimilação predomina sobre a acomodação, há jogo simbólico (Método Clínico Piagetiano: Teoria e Prática, 2004).

Esses processos tornam-se mais claros na fala de Piaget:

Na medida em que há equilíbrio, há representação cognitiva na forma de pré-conceito ou de intuição – formas ainda precárias conquanto um pólo ainda predomina sobre o outro. Nesse caso, a assimilação é direta e sem encaixes hierárquicos enquanto a acomodação ainda é ligada a imagens particulares, imagens-símbolo ‘coladas’ aos objetos. Somente através do equilíbrio cognitivo e do descentramento, que ocorre a partir das abstrações reflexivas estruturando progressivamente o pensamento, é que o sujeito chegará ao nível operatório (Newtoniano); ela é resultante do equilíbrio entre a assimilação e a acomodação generalizada”(APUD, 1946, p.346).

Becker (2001) também afirma que os sujeitos só aprendem e constroem as propriedades dos objetos através de abstrações, ou seja, por assimilação. O sujeito pode ou não estabelecer relações, significados e conceitos. Assim, *“o processo do conhecimento está restrito ao que o sujeito pode retirar, isto é, assimilar, dos observáveis ou dos não observáveis, num determinado momento”*. (BECKER, 2001, p.47).

Logo, pode-se afirmar que a evolução do processo cognitivo depende das abstrações reflexivas, pois é através delas que se transfere para o nível superior o que foi retirado do nível inferior. Piaget chama essa evolução do pensamento de reflexionamento, uma lei de equilíbrio entre diferenciações e integrações, que fazem com que o sujeito transforme idéias simples em possibilidades que até então não tinham sido consideradas. (PIAGET, 1977).

Piaget chama de equilibração cognitiva o regulamento das assimilações e acomodações, ou seja, um processo dinâmico de trocas entre o sujeito e o objeto de estudo. Porém, para que essa situação de equilibração realmente aconteça, é necessário que ocorram ações físicas e/ou mentais para a construção de novas relações. Assim, é fundamental que ocorram atividades mentais relacionadas com as físicas e com o ambiente (interações físicas, mentais e sociais), principalmente

nos primeiros momentos de construção do conhecimento, uma vez que deles dependerão os próximos conhecimentos pelas abstrações reflexivas.

Na visão de Piaget & Garcia (1987), o desenvolvimento cognitivo é o resultado de interações, de “abstrações reflexivas” e de “generalizações por completamento”, que irão se repetir indefinidamente, mais complexas a cada repetição pela incorporação de novas estruturas, fazendo com que os mais elevados conceitos permaneçam “presos” aos conhecimentos mais primitivos e elementares do sujeito.

É importante aqui ressaltar o que se entende por “abstrações reflexivas” e “generalizações por completamento”. As abstrações reflexivas são reorganizações por níveis aos quais se agregam valores que retrocedem, dependendo da situação, até as fases iniciais e primitivas no indivíduo. A abstração reflexiva atua no indivíduo de duas maneiras: a primeira é uma projeção sobre um nível superior daquilo que é colhido num nível inferior e a segunda é a reflexão reconstruindo e reorganizando por extensão o que é transferido por projeção.

As generalizações por completamento são estruturas que mantêm o caráter primitivo na essência, mas são enriquecidas por novos conhecimentos, ou seja, são adicionados sem alteração do que já existia.

A partir dessas colocações, supõe-se que a maioria dos professores possui um interesse reduzido aos estágios elementares em que se encontram seus alunos. Esse interesse está sem dúvida relacionado com a concepção comum de um desenvolvimento linear do conhecimento, que substitui as etapas elementares em



detrimento das precedentes e relaciona somente as últimas etapas e não as primeiras.

Na verdade os estágios sucessivos de construção do saber são seqüenciais, mas no sentido de que cada um é o resultado das possibilidades abertas pelos precedentes e condição necessária para os subseqüentes. Assim, todo conhecimento novo nunca é realmente novo e independente daqueles que o precederam. Ele se torna uma reorganização, um ajuste e uma correção de conhecimentos já assimilados pelo aluno.

A análise cognitiva feita por Piaget & Garcia é de ordem funcional e não estrutural, caracterizando os processos de assimilação das novas concepções e a sua acomodação nas estruturas já desenvolvidas no sujeito.

A intenção dos autores nesta investigação dos mecanismos generalizados não é, de forma alguma, descrever as correspondências termo a termo, e muito menos admitir uma recapitulação da filogênese pela ontogênese, nem mesmo deter-se na evidência de analogias de sucessão, [...]. Os exemplos mais salientes são sem dúvida as explicações sucessivas que as crianças dão da transmissão de movimento, as quais se elaboram em função das operações do seu pensamento e são comparáveis às explicações do «*impetus*», dadas em épocas sucessivas por pensadores diferentes, desde Aristóteles a Buridan e Benedetti (INHELDER, 1987, p.11).

Ainda para Piaget & Garcia, as estruturas cognitivas podem ser comparadas a um organismo cujo estado atual é função não somente do meio ambiente presente, mas de toda a história ontogenética e filogenética. No caso de processos cognitivos, a transmissão cultural influencia diretamente no objeto de conhecimento, impondo-se assim uma análise histórico-crítica. O objetivo que ambos procuram atingir, segundo Piaget & Garcia (1987, p.11);

[...] não é de modo algum estabelecer correspondência entre as sucessões de natureza histórica como as que revelam as análises

psicogenéticas, sublinhando os conteúdos, mas, o que é completamente diferente, mostrar que os mecanismos da passagem de um período histórico ao seguinte são análogos aos da passagem de um estágio psicogenético ao seu sucessor(1987, p.11).

Um ensino de Física realmente voltado para a compreensão de todos deve estar comprometido com o pensamento crítico e com a objetividade. Piaget é bastante claro quando fala do problema da objetividade:

A objetividade, antes de tudo é um processo e não um estado e representa mesmo uma conquista difícil, por aproximações indefinidas, porque deve satisfazer as duas condições seguintes: a primeira é que o sujeito, só conhecendo o real através de suas ações (e não apenas por suas percepções) para que atinja a objetividade passará por uma descentração (...); a segunda condição da objetividade é, portanto, da reconstituição por aproximações, donde uma série de novas coordenações entre os estados possíveis de um mesmo objeto assim como entre os objetos, o que equivale à elaboração de princípios de conservação e de sistemas causais(Piaget, 1983/1970, p. 54-55).

Ou ainda:

[...] por mais matematizado que seja sempre o observável físico nos níveis científicos ele corresponde, apesar disso, a um dado exterior ao sujeito: o que significa dizer que existem objetos, mesmo se as aproximações que permitem acercar-nos deles não os agarram nunca de um modo exaustivo e que, portanto, eles permaneçam no estado de limites(Piaget e Garcia, 1987/1983, p.19).

Em sua teoria, Piaget & Garcia descrevem quatro estágios cognitivos, classificando o conhecimento da criança pelo estudo histórico do pensamento científico. Estabelecem também uma correspondência entre essas quatro fases históricas da Física e as quatro etapas da psicogênese; apresentam ainda o objeto central desses estudos: “mecanismos de passagem“, ou seja, os mecanismos usados para ir de um período histórico para o seguinte, análogos ao de um estágio psicogenético ao seu sucessor.

Piaget (1972) chamou de estágios os cortes que seguem certas características. Assim, resumindo, para que haja estágios é necessário que exista:

- 1- Ordem de sucessão das aquisições. Não se está a falar aqui de cronologia, pois esta é variável, ou seja, muda de acordo com experiências anteriores e com o meio social. Falamos de ordem de conduta, uma característica que não aparece em certo número de indivíduos e depois aparece em outro grupo.
- 2- Caráter integrativo. Uma estrutura construída numa idade faz parte da estrutura da idade seguinte.
- 3- Estrutura de conjunto. É um agrupamento, com características lógicas que determinam leis de totalidade. Essas leis são desdobráveis e podem ser analisadas para que se revelem as operações que elas encobrem.
- 4- Um estágio comporta ao mesmo tempo um nível de preparação e um nível de acabamento. O primeiro é o período de experimentações e o segundo é o equilíbrio cognitivo.
- 5- Processos de formação e formas de equilíbrio. São diferenciações dos graus de estabilidade no acabamento dos estágios.

Conclui-se, portanto, que cada estágio constitui os seus próprios processos de equilíbrio sucessivos em direção ao equilíbrio cognitivo, até o ponto de ser integrado a um novo sistema em formação, e novamente a um outro equilíbrio sempre mais estável e de campo sempre mais extenso (PIAGET, 1972, p.369).

## 2.1.1 Etapas da psicogênese – Fases históricas

As quatro etapas da psicogênese estruturadas por Piaget e Garcia sobre os conceitos físicos compreendem as fases históricas assim divididas:

### 2.1.1.1 Antiguidade – Aristóteles

A Física antiga fazia parte da Filosofia, desenvolvendo-se através de escolas no século VI a.C.; portanto, a Física dessa época tem um caráter sonhador e até mesmo poético, procurando encontrar a harmonia entre o homem e o Universo.

O primeiro filósofo a confrontar essas idéias e destruir aquelas que não possuíam estrutura lógica foi Aristóteles.

Aristóteles introduziu a idéia de repouso e movimento e dividiu o universo em duas partes: *supralunar* e *sublunar*.

Para corpos acima da esfera lunar, ou seja, no universo supralunar somente um tipo de movimento seria possível, o movimento circular, perfeito e eterno. Para corpos na superfície da Terra, ou seja, no Universo sublunar, somente seria possível o movimento retilíneo, uma vez que a terra era o centro do Universo.

Os corpos terrestres eram ainda divididos de acordo com sua natureza: água, terra, fogo e ar. O elemento que preenchia o mundo sublunar e o mundo supralunar foi chamado de éter.

O movimento dos corpos terrestres se dava pela densidade desses corpos, mas também havia um movimento contrário ao da natureza, um movimento forçado,

resultado de uma violência. Uma característica muito importante no mundo Aristotélico era o fato de que um corpo só era movido mediante o uso de uma força, ou seja, se um corpo se move é porque nele se aplica uma força. Nesse contexto não existe a idéia de inércia, pois era inconcebível um corpo em movimento sem o uso de uma força.

As idéias de Aristóteles permaneceram por muitos séculos, pois era a melhor explicação proposta até então e permitia resolver razoavelmente os fenômenos observados (NEVES, 2000). Apenas com Philoponus, no século VI d.C, e mais tarde com Buridan, no século XIV, foi elaborada a idéia de *impetus*. Avicenna escreve a respeito de Aristóteles:

*[...] a força é enfraquecida no projétil de tal forma que a inclinação natural e a ação do atrito torna-se dominante sobre ele e, assim, a força é dissolvida e, conseqüentemente, o projétil passa na direção de sua inclinação natural*(AVICENNA apud NEVES, 2000).

Para Piaget e Garcia (1987) *“uma das características mais importantes da doutrina aristotélica é a necessidade de apelar para um ‘motor’ capaz de ser identificado com a causa do movimento”*. Ambos consideram que *“a distinção já estabelecida entre os movimentos naturais e os movimentos forçados (violentos) conduz, igualmente, a estabelecer uma distinção paralela entre duas espécies de ‘motores’”*. Para tanto, citam Aristóteles que diz que *«... é impossível a uma coisa mover-se, quer a partir de si própria para uma outra quer a partir de uma outra para si própria sem contato; por conseqüência, não existe, evidentemente, intermediário entre aquilo que se move e o que é movido de lugar.”* (ARISTÓTELES apud PIAGET & GARCIA, 1987, p.49)

Baseando-se na psicogênese, pode-se relacionar ainda como característico da fase Aristotélica a predominância de *pseudo-necessidades*, o *animismo*, o *finalismo*, o *primado sensorial*, o *egocentrismo*, a *indiferenciação de conceitos*, a *centração nos atributos* e as contradições além do *motor interno*, citado anteriormente.<sup>1</sup>

Nessa fase, o estudante é capaz de empregar símbolos e signos, mas lhe falta a capacidade de reversibilidade, que é a capacidade de pensar simultaneamente no estado inicial e final de um fenômeno. Para este estudo esse período representa os primeiros pensamentos físicos, os movimentos, ainda que com características ingênuas aos olhos da ciência. Nessa fase é difícil para os alunos articularem a situação presente, passada e futura. Eles não distinguem nesse estágio os dados de um exercício, quais são os espaços iniciais e finais, a velocidade da aceleração. É nessa fase que aparecem as primeiras idéias sobre força, entremeadas à idéia de impulso e velocidade.

### **2.1.1.2 Início da Idade Média**

Para Piaget e Garcia (1987): “O período que nos ocupa caracteriza-se por profundas discussões a propósito do método da ciência. (...) A amplitude e a profundidade das suas reflexões é tal que se pode dizer que a *metodologia* da ciência, até o século XIX, pouco acrescentou. Para ilustrar bem o fundamento desta afirmação, poderíamos dar inúmeros exemplos, mas basta fazer referência à obra de A.C. Crombie, *Robert Grosseteste and the Origins of Experimental Science, 1100-1700* (1971), onde se encontrarão textos surpreendentes de Grosseteste e dos seus continuadores, Alberto, *O Grande*, Roger Bacon, Pierre de Maricourt,

---

<sup>1</sup> Para os termos em itálico deve ser consultado Glossário.

Witello, etc., a propósito da Física; em especial, o papel da indução, a natureza experimental desta ciência, a interação entre as hipóteses e a dedução e a tendência para a matematização.” (TRUESDALL apud NEVES, 2000, p.10)

Nesta perspectiva, a escolástica representa um avanço considerável face à metodologia de Aristóteles ao retomar alguns aspectos do pensamento de Platão, alternando a oposição entre estes dois autores com a busca de uma síntese.

Faz parte deste período o início da passagem dos atributos às relações, diferenciação parcial dos conceitos e a introdução da medida por comparações.

### **2.1.1.3 Fim da Idade Média – Buridan**

Essa fase inicia-se com a teoria do *impetus*. As primeiras idéias foram feitas por Philoponus, e mais tarde, cerca de oito séculos depois, Buridan formulou sua própria teoria sobre o *impetus*, desconhecendo as contribuições de Philoponus. Para Buridan, *impetus* é uma força transmitida de um motor a um corpo que seria posto em movimento; este, deveria se conservar no infinito. Para se medir a força do *impetus* que gerava o movimento era necessário se observar a velocidade e a quantidade de matéria do corpo em questão.

Buridan caracteriza uma nova fase na psicogênese de Piaget, pois superou o obstáculo epistemológico de Aristóteles, utilizando sistemas de medidas e relacionando-as.

Podemos citar as principais características do *impetus* de Buridan:

- Quanto maior é a velocidade com a qual o motor move o corpo, maior será o *impetus* imprimido ao corpo em movimento;
- Quanto maior é a matéria do corpo movido, mais intenso será o *impetus* recebido por ele;
- O *impetus* é qualquer coisa cuja natureza é permanente e não é corrompido pela resistência que lhe oferece o meio.

A contribuição de Galileu para a Física é valiosa, a contar do reconhecimento da grandeza aceleração que embasará mais tarde o conceito Newtoniano de força (NEVES, 2000).

Ainda na fase medieval surgem os ideais renascentistas, surgem os físicos que começaram a primeira grande Revolução Científica (KHUN, 1971), por exemplo, Copérnico, que acreditava que a terra não era o centro do Universo; em contrapartida, falharam as suas previsões. Foi Kepler quem formulou as Leis que regem os movimentos dos corpos celestes, com suas órbitas elípticas em torno do sol.

Embora Galileu pertença à terceira fase psicogenética proposta por Piaget, ele não raro se deixou levar pelas idéias de sua época (Aristotélicas) e usou-as para explicar certos fenômenos (exemplo das marés), o que reafirma não só a dificuldade de superação de obstáculos epistemológicos, mas também o convívio pacífico entre idéias de diferentes fases no mesmo indivíduo, se alternando para explicações ora do cotidiano ora de percepções científicas.



Podemos ainda citar como características desse período as *relações*, a *diferenciação dos conceitos* e o *uso da medida*.<sup>2</sup>

Resolveu-se aqui englobar as fases II e III, por serem muito sutis as diferenças entre elas, muitas vezes se entremeando. Uma outra questão que se impôs para a reflexão sobre esta fusão deu-se através do fato da necessidade de se constatar nos estudantes o início da passagem dos atributos às relações. Como verificar o início dessa passagem?

Essa fase que se denomina Medieval compreende as fases II e III de Piaget. Nesse estágio o aluno é capaz de diferenciar o inicial do final e imagina situações com base em desenhos e esquemas (empíricos). Esse período se constitui nesta pesquisa pelos pensamentos de Buridan e Galileu. Nele surgem tentativas de conceituar impulso através da idéia de que um corpo só se movimenta com a atuação de uma força.

#### **2.1.1.4 Renascimento – Newton**

*A história da Física, das elaborações tardo-escolásticas, da teoria do impetus até as límpidas páginas dos Principia de Newton, é a história de uma profunda revolução conceitual que leva a uma modificação profunda nas noções de movimento, massa, peso, inércia, gravidade, força e aceleração. Trata-se de um novo método e de uma nova concepção geral de universo físico. Trata-se também, de novos modos de determinar os fins, os trabalhos e objetivos do conhecimento da natureza*(ROSSI apud NEVES, 2000, p.15).

Essas são as palavras de Paolo Rossi na obra *La nascita della scienza moderna in Europa* (apud NEVES, 2000), reafirmando a revolução causada pelas idéias de Newton.

---

<sup>2</sup> Para os termos em itálico deve ser consultado o Glossário.

Newton lançou nos seus *Principia* conceitos nunca antes imaginados, incluindo o de “força”, formalizando neles o termo no sentido hoje empregado. Após esses conceitos, Newton formulou as suas três leis.

É importante observar que a fórmula  $F = m.a$  tal como utilizada hoje, não foi escrita por Newton.

A moderna fórmula da força, foi escrita pela primeira vez em 1747 por Euler Truesdell em seu livro *Essay in history of mechanics*. (...) Ele coloca que aquilo que hoje acreditamos como ‘Sistema Newtoniano’ é fruto da Física desenvolvida por Bernoulli, D’Alembert e Euler (NEVES, 2000, p.15).

Uma consideração importante a ser feita é que nenhum dos físicos citados elaborou uma teoria relativa ao atrito. As idéias sobre atrito já eram conhecidas, mas as técnicas de resolução de problemas dessa natureza não, ou seja, a Física era concebida num mundo ideal, onde não existia dissipação.

Como características do desenvolvimento cognitivo dessa fase, pode-se arrolar as transformações, as explicações causais e a estruturação dos conceitos num sistema.

Nessa fase o aluno é capaz de raciocinar somente sobre hipóteses. É a fase de abstração completa. O aluno articula os dados dos problemas e os relaciona em seu devido tempo, utilizando-se dos conceitos físicos de modo relativamente natural. Surgem aplicações no cotidiano de alguns conceitos físicos estudados.

Com essa breve passagem pelos estágios histórico-cognitivos, quer-se demonstrar que os alunos possuem, em suas concepções alternativas, comportamentos muito parecidos com aqueles citados nas três fases históricas.

Todavia, os professores parecem ignorar o caráter evolutivo e histórico da Física e continuam a impor uma educação castradora, formulista e não dinâmica. Talvez alguns professores estejam tais como seus alunos na fase Aristotélica, uma falha que certamente estaria na formação acadêmica destes mesmos professores.

Assim, o desenvolvimento do conhecimento está sempre em evolução, em um equilibrar progressivo, passando de um estágio de menor equilíbrio para um outro superior. De um modo geral, um indivíduo é impulsionado a essa ação por uma necessidade. De acordo com Piaget (1975, p.14) *“... como bem mostrou Claparède, uma necessidade é sempre a manifestação de um desequilíbrio. Ela existe quando qualquer coisa em nós ou fora de nós [...] se modificou, tratando-se então de um reajustamento da conduta em função desta mudança”*.

Como se pode perceber, nos estágios propostos por Piaget & Garcia, a necessidade de cada época transformou o seu próprio modo de pensar, as suas categorias. É nesse tipo de pensamento histórico que se baseia o presente estudo.

## **2.2 A IMPORTÂNCIA DA TEORIA DE VYGOTSKY PARA O DESENVOLVIMENTO DAS AULAS**

Para esta pesquisa, as idéias de Vygotsky sobre a formação de conceitos e a relação entre conceitos científicos e concepções alternativas fornecem uma visão importante e ampla que não se pode desconsiderar. O pensamento de Vygotsky auxiliou no entendimento das interações sociais e o papel da linguagem em sala de aula.

A teoria de Vygotsky é uma teoria sócio-interacionista, ou seja, as estruturas do pensamento do ser humano se originam nas interações sociais e se manifestam através da fala. Segundo Gaspar (1994, p.16), *“esse processo se estabelece a partir de uma base biológica, de uma idéia central, a mediação, e de duas raízes, uma filogenética, ligada à história social da humanidade e outra ontogenética, ligada ao próprio indivíduo”*. Já para Bruner (1984, p. 96), Vygotsky apresentaria uma teorização *“em que o desenvolvimento é uma responsabilidade coletiva e a linguagem uma das maiores ferramentas da humanidade”*.

Para Vygotsky os conceitos começam a ser formados na precocidade da infância e se fixam na adolescência. Nesse “tempo de espera”, algumas “idéias” fazem o papel dos conceitos que são mutáveis e provisórios. Os verdadeiros conceitos são criados culturalmente e são transmitidos por gerações através dos seus símbolos. *“O novo e significativo uso da palavra, a sua utilização como um meio para a formação de conceitos é a causa psicológica imediata da transformação radical, que passa o processo intelectual no limiar da adolescência”* (VYGOTSKY, 1987, p.51).

Vygotsky ainda mapeou uma trajetória genética do desenvolvimento do pensamento conceitual em três estágios. O primeiro estágio é o de aglomerados, onde a criança demonstra relações vagas e subjetivas. O segundo estágio é aquele em que o pensamento se dá por complexos, no qual as crianças já são capazes de fazer associações objetivas, porém concretas. Esse estágio ainda é subdividido em 5 fases: associativa, coleções, em cadeia, complexo difuso e o pseudoconceito. É na fase do pseudoconceito que se estabelece a estreita relação entre o pensamento por complexo da criança e o pensamento por conceitos do adulto.

O terceiro estágio possui uma característica diferenciada das demais por não estar condicionada a suceder os pseudoconceitos. Em vez disso, ele já aparece nas fases iniciais das crianças. Essas fases são chamadas de estágios potenciais, que são a capacidade de abstrair e isolar elementos de um conjunto. Esse terceiro estágio acompanha o desenvolvimento conceitual das crianças e, quando associado aos pseudoconceitos, dá origem aos conceitos verdadeiros.

Assim, podemos dizer que a formação de conceitos se dá por duas vias. Utilizando as palavras de Gaspar (1994, p.21): *“uma se origina dos agrupamentos e vai até os pseudoconceitos e outra, paralela, contemporânea, dos conceitos potenciais. A convergência ou fusão destas linhas dá origem a um processo qualitativamente diferente: a formação de conceitos”*.

Utilizando definições já adotadas por Piaget, Vygotsky chamou de espontâneos os conceitos adquiridos pela criança no seu cotidiano e de científicos os conceitos adquiridos na escola.

Em síntese, o desenvolvimento de um conceito científico começa na sua verbalização e aplicação em situações não-concretas e não-espontâneas, solidificando-se quando consegue ser aplicado a situações concretas. De outro lado, os conceitos espontâneos são adquiridos de maneira informal, partindo do concreto; só depois de algum tempo é que se conseguiria operar com eles. Para Gaspar (1994, p.22), *“isso mostra que estes conceitos se desenvolvem em sentidos opostos: os conceitos espontâneos evoluem através dos conceitos científicos e estes por sua vez evoluem a partir dos conceitos espontâneos”*.

Um conceito muito importante criado por Vygotsky é o de “zona de desenvolvimento proximal”. De acordo com ele:

[...] o aprendizado orientado para níveis de desenvolvimento que já foram atingidos é ineficaz do ponto de vista do desenvolvimento global da criança. Ele não se dirige para um novo estágio do processo de desenvolvimento, mas, ao invés disso, vai a reboque desse processo. Assim, a noção de zona proximal capacita-nos a propor uma nova fórmula, a de que o ‘bom aprendizado’ é somente aquele que se adianta ao desenvolvimento(VIGOTSKY, 1989, p.100).

Para Vygotsky, o papel do professor é fundamental, pois é através dele e de sua parceria nas interações sociais que suas idéias, a maneira de pensar e algumas concepções são adquiridas pelo aluno. Com isso não está a referir a aulas monologadas pelo professor, e sim às aulas expositivas sócio-interacionistas, nas quais o professor se dirige à zona de desenvolvimento proximal do aluno.

### **2.3 PARALELISMO ENTRE PIAGET E VIGOTSKY**

Para muitos pesquisadores, Piaget e Vygotsky são incompatíveis (MOREIRA,1999, p.109). Essa afirmação não é de toda questionável. Na análise individual de cada um desses teóricos podem-se verificar características e métodos bastante distintos um do outro. Sem dúvida nenhuma, há uma diferença entre eles e facilmente detectável. No entanto, para este trabalho, seria impossível não fazer uso das contribuições de ambos os autores, neste caso, no decorrer das aulas.

Encontra-se em Vygotsky um suporte teórico, que inclui o professor na sua interação com os alunos, e a dinâmica, necessária para o trabalho de pesquisa dos alunos – suporte esse não encontrado nas idéias piagetianas.

Há muitos pontos em comum na teoria de Piaget e Vygotsky que justificam sua utilização neste trabalho.

O primeiro ponto a ser considerado é que ambos consideram que a interação entre as pessoas favorece o conhecimento, uma vez que o mundo é multicultural.

Tanto para Piaget quanto para Vygotsky o conhecimento acontece pela relação sujeito-objeto. Todavia, esse objeto é unicamente social para Vygotsky, fazendo com que essa relação seja mediada por sistemas culturais, enquanto para Piaget essa relação é direta.

Ambos reconhecem a linguagem como a ferramenta mais importante para a construção do conhecimento, embora com enfoques diferentes. Utilizam-se, ainda, da dialética e do construtivismo para a que o sujeito assimile novos conceitos.

Para Vygotsky, a finalidade da aprendizagem é a assimilação do objeto de estudo em transformações de ações mentais.

Existem, na teoria de Vygotsky, diferentes níveis de funcionamento psicológico, cada qual com características específicas, vejamos:

- *Pseudoconceitos*: aqui a criança ainda não consegue formular conceitos, mas o pensamento ocorre por cadeia e sua natureza é factual e concreta. Nesta fase a criança se orienta pela semelhança concreta visual, formando apenas um complexo associativo restrito a um determinado tipo de conexão perceptual.

- *Conceitos*: formação de conceitos, atividade complexa e abstrata, que usa o signo, ou palavra, como meio de condução das operações mentais.
- *Conceitos cotidianos*: aprendidos de modo não-sistemático, esses conceitos dispensam a necessidade da escola para a sua formulação.
- *Conceitos científicos*: constituídos por um sistema hierárquico de inter-relação, são os conceitos aprendidos na escola sistematicamente.

Como se pode perceber, Vygotsky também classifica estágios de aprendizagem da mesma maneira que Piaget o fez, este, porém, como fases de cognição. De qualquer modo, para ambos a adolescência é o marco referencial de suas teorias. Em Piaget, é na adolescência que ocorre a fase do pensamento formal; para Vygotsky, nela ocorre o pensamento por complexos.

É importante salientar ainda que, na essência das teorias de aprendizagem, as idéias de Piaget e Vygotsky são bem diferentes, principalmente no que se refere à construção do conhecimento. Para este estudo é bastante natural que ambas as teorias sejam utilizadas de maneira muito próxima e até complementar. Assim, emprega-se a idéia de Mortimer, para quem:

[...]acrescentar a mediação à equilibração (...) parece a medida certa para acomodar certos problemas na explicação da construção de idéias contra-intuitivas... é necessário incorporar essa dimensão social à descrição pessoal do desenvolvimento do conhecimento em sala de aula, baseada na equilibração(MORTIMER, 2000, p.171).



## 2.4 A IMPORTÂNCIA DAS IDÉIAS DE BACHELARD NA SUPERAÇÃO DE OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS

Bachelard (1996) escreve basicamente sobre obstáculos epistemológicos em sua obra “A Formação do Espírito Científico”.

Entendemos por obstáculos epistemológicos as situações em que a humanidade, no desenvolvimento do pensamento científico, se depara com problemas que não consegue resolver de imediato, ou com situações que a conduzam a respostas equivocadas, afastando a possibilidade do conhecimento real dos fatos e que, conseqüentemente, provocam uma estagnação ou até mesmo uma regressão dos conhecimentos científicos.

A mesma situação pode ser aplicada aos estudantes que, no início dos estudos em Física, possuem pouco ou praticamente nenhum conhecimento científico, neles impera o conhecimento popular.

Bachelard (1996), em sua obra, fala sobre vários tipos de obstáculos epistemológicos, os quais podemos citar:

1. *“O primeiro obstáculo: a experiência primeira”*. O título desse capítulo fala por si mesmo, afirmando que os primeiros contatos que o sujeito tem com as ciências já vêm arraigados de crenças e mitos vividos nas situações empíricas. Bachelard ressalta que *“na formação do espírito científico, o primeiro obstáculo é a experiência primeira, a experiência colocada antes e acima da crítica – crítica esta que é, necessariamente, elemento integrante do espírito científico”*. E ainda, que *“nada prejudicou tanto o*

*progresso do conhecimento científico quanto a falsa doutrina do geral, que dominou de Aristóteles a Bacon, inclusive, e que continua sendo, para muitos, uma doutrina fundamental do saber". (1996, p. 32)*

2. *"Conhecimento geral como obstáculo ao conhecimento científico".* Do capítulo três ao cinco do seu livro acima mencionado, Bachelard mostra através de exemplos, o quanto a generalização pode atrapalhar o progresso das ciências, fazendo com que os conhecimentos não sejam objetivados, levando-os, por conseguinte, a se desviarem dos cominhos das conclusões corretas.

Outros aspectos também são tratados como obstáculos epistemológicos por Bachelard, como o substancialismo, o realismo e o animismo, que muitas vezes representam obstáculos ao progresso da ciência.

A ciência, para Bachelard, deve ser estudada levando em consideração todos os fatores que deram origem ao problema, ou seja, de maneira multifacetada, não perdendo de vista a "objetividade científica". Assim, o professor deve utilizar uma metodologia articulada, na qual *"o espírito científico vence os diversos obstáculos epistemológicos e se constitui como conjunto de erros retificados". (1996, p.48)*

Ainda nessa obra, Bachelard fala da importância do estudo objetivo das ciências, e de como muitos professores autoritários atrapalharam esse estudo e demonstraram apenas "conhecimentos efêmeros e desordenados". Porém, ao mesmo tempo em que demonstra uma visão pessimista de muitos professores, Bachelard aponta algumas soluções:

A história do conhecimento científico é uma alternativa sempre renovada de empirismo e de racionalismo. Essa alternativa é, mais do que um fato, a necessidade de dinamismo psicológico. Por isso, toda a filosofia que limite a cultura ao Realismo ou ao Nominalismo representa os mais terríveis obstáculos para a evolução do pensamento científico(1996, p. 62).

Para Bachelard (1996), o educador moderno rejeita a condição de sábio, detentor das verdades científicas, e, junto dos seus alunos, convida-os a desfrutar da “mobilidade essencial dos conceitos”.

Nesse contexto, Bachelard acredita que a melhor pedagogia para as ciências é a da “ruptura”, porque a Física e a Química possuem hoje o poder de refazer os problemas, de retomar os conceitos e assim enriquecê-los e complementá-los.

Enfim, pode-se sintetizar o que é o conhecimento científico para Bachelard da seguinte maneira:

- O conhecimento científico rompe e até mesmo se opõe ao conhecimento comum, pois muitos dos conhecimentos científicos modernos são construídos sobre hipóteses (Física Quântica, por exemplo) e são conceitos abstratos, tomados de maneira não linear, enveredada por rupturas. Desse modo, há uma ruptura entre o saber comum e o científico.
- O conhecimento científico é a superação de obstáculos epistemológicos, que estão presentes em todas as pessoas através do senso comum e muitas vezes no cientista através do seu empirismo. Há obstáculos que devem ser superados na ciência, na história e na educação.
- O conhecimento científico é a retificação de erros. Retificar é arrumar, consertar o que não está bom. Nas palavras de Bachelard “é a reforma de

uma ilusão”. Os conceitos científicos não são frutos de genialidade, mas sim, frutos da ação, da elaboração, da evolução e do esclarecimento do material empírico. A ciência se constitui nas aproximações sucessivas que o cientista dá aos experimentos. A história da ciência é a história das correções desses erros.

- O conhecimento científico é um *corracionalismo*, ou seja, o verdadeiro conhecimento científico se dá pelo trabalho cooperativo e pela intersubjetividade científica.
- O conhecimento científico é um materialismo racional. Bachelard critica o materialismo ingênuo e o racionalismo puro, combinando sujeito e objeto. Assim, o objeto é construído pela consciência racional do sujeito a partir de dados empíricos, ou seja, a realidade do cientista é um mundo criado por ele e por suas experiências.
- O conhecimento científico é um *surracionalismo*. Este é o modo com que Bachelard critica as atividades de memorização em detrimento da atividade criadora da razão. A Ciência busca o novo, a capacidade de criação e não a velha memorização e repetição de fórmulas e questionários.

Bachelard (1996) critica duramente os professores que utilizam a Física como objeto de memorização e repetição de fórmulas e critica também os professores que fazem da Física o estudo de alguns casos particulares de fácil manejo das experiências, tornando-a praticamente ineficaz no sentido de seu real aprendizado.

Utilizando-se as palavras de Bachelard:

[...]é tão doce para a preguiça intelectual acomodar-se no empirismo, chamar a um fato um fato e impedir a investigação de uma lei! Atualmente, todos os maus alunos da classe de Física 'compreendem' as fórmulas, e mesmo as que decorrem de uma teoria fortemente organizada, são fórmulas empíricas. Acreditam que as fórmulas são só um monte de números(1971, p.105).

Ainda com relação a esta classe de profissionais, Bachelard considera que “a clareza é, por vezes, uma sedução [entre] os professores. Encontram-se muitos que, docemente, na monotonia das lições, se [contentando] com uma clareza antiquada e [atrasando, por conseguinte, toda] uma geração”. (1971, p.105)

Pelo que deixa transparecer, Bachelard (1971, p.105) não foi muito feliz na sua escola nem com seus professores de ciência quando ele diz “... *chamo de cultura geral a tudo aquilo que os meus bons e velhos mestres me ensinaram. Ter aprendido é, por vezes, uma desculpa para nos desinteressarmos de aprender*”.

Resumindo, os três pesquisadores aqui citados formaram a base para a pesquisa efetuada. Não se poderia averiguar os objetivos sem os conceitos, e, portanto, as fases e as interações em sala de aula sem a contribuição especial de cada um desses autores. Ainda que à primeira vista essas teorias possam se mostrar divergentes, é necessário frisar que, nos aspectos aqui abordados, eles se mostram complementares. Com isso se quer afirmar que, sem correlacionar esses autores, seria difícil levar a cabo este estudo e, portanto, a metodologia por ele apresentada e defendida.

Verificou-se também que existe um elo de ligação muito sutil entre as teorias de Bachelard, de Piaget e Vygotsky; tal associação demandou extremo cuidado na utilização destas teorias – que se pressupõem divergentes – onde foram

encontrados elementos que viriam a constituir uma medida ideal de correlação, em vista do desenvolvimento desta pesquisa.

## **2.5 O TRABALHO DE PESQUISA DOS ALUNOS**

Para Demo (2002), a educação escolar se difere de outras maneiras de educação pelo fato de estar baseada no processo de pesquisa e formulação própria, no processo de formação de competência humana. É necessário compreendê-la como um processo de construção de um sujeito histórico, que não se funda na competência, mas implica a ética da intervenção histórica. Com o questionamento reconstrutivo que a pesquisa possibilita, o aluno compreende – se responsável pelo seu aprendizado – que é capaz de tomar consciência do mundo, dos eventos, da história, de maneira geral, criticamente, podendo formular e executar projetos próprios de vida em seu contexto sócio-cultural. Dessa forma, a história utilizada como objeto de pesquisa será de grande valia para a compreensão de conceitos, desde os mais simples aos mais abstratos, tão temidos pelos estudantes.

Nas palavras de Demo (2002, p.9): “Até certo ponto, pois, pesquisar e educar são processos coincidentes. Daí segue que o aluno não vai à escola para assistir à aula, mas para pesquisar, compreendendo-se por isso que sua tarefa crucial é ser parceiro de trabalho, não ouvinte domesticado”; dessa forma, com a pesquisa como parte integrante da aula, de maneira cotidiana e sistemática, o aluno se habitua às novas maneiras de aprendizagem, principalmente, quando ele toma consciência de que é o responsável pelo seu saber e seu sucesso escolar.

Para estimular a pesquisa nos estudantes, Demo (2002) fez um levantamento das condições necessárias:

- Mudar a imagem da escola e da sala de aula, desfazendo a imagem retrógrada da escola (sala de aula) tradicional.
- Buscar equilíbrio no trabalho individual e coletivo: pessoas competentes e que saibam trabalhar em equipe são uma necessidade do mercado.
- Procurar por material: o aluno deve se habituar a tomar iniciativa, mesmo na carência da maioria das famílias, uma opinião de um pai ou de vizinhos, uma explicação simplista para um fato científico é de grande valia.
- Fazer interpretações próprias: o aluno deve manejar textos, fazê-los e refazê-los cada vez mais com elaborações próprias.
- Reconstruir o conhecimento: É transformar o saber entendido em saber ensinado, ou seja, é o manejo do aluno dos conceitos aprendidos.

Encontra-se em todos os aspectos acima discriminados o papel fundamental da escola na execução de uma metodologia de ensino. No que concerne à aplicação desta, cujo caso se refere à Escola Estadual Técnica São João Batista, sita em Montenegro, a sala de Física foi transformada em laboratório Pedagógico de Física, o que em outros lugares se chama sala ambiente. Para a confecção do planetário no teto do laboratório, a sala foi pintada de azul e o teto de azul-marinho. As mesas foram dispostas em duplas e trios para que a pesquisa fosse efetiva. O laboratório de informática da escola estava sempre a nossa disposição, da professora e dos alunos, e mesmo que apenas um grupo de trabalho pudesse utilizá-lo por vez, o

importante era sempre ter um modo de buscar o material pretendido, à medida que se precisasse dele.



### 3 METODOLOGIA

Com base nos argumentos de Demo, anteriormente apresentados, definiu-se a população e a amostra desta pesquisa.

Esta pesquisa se realizou na cidade de Montenegro, com alunos do primeiro ano do Ensino Médio da Escola Estadual Técnica São João Batista, onde a professora é a própria pesquisadora.

O currículo desta escola é muito favorável às novas experiências, pois a instituição possui regime por disciplinas, em que o aluno fica integralmente um período (quatro horas-relógio) em laboratórios pedagógicos, que estão se tornando salas ambiente, com o mesmo professor e uma só disciplina por turno.

A escola funciona em regime de semestralidade, o que permite um caráter muito mais dinâmico, no que diz respeito à avaliação e execução dos programas.

A escola em questão possui no seu currículo um sistema de ensino que trabalha eixos temáticos desenvolvidos por todas as disciplinas ao longo do ano, favorecendo o trabalho interdisciplinar, importantíssimo para esta pesquisa. O seu currículo é por disciplina e semestralidade.

O programa de conteúdos foi alterado a fim de proporcionar aos estudantes uma visão mais abrangente da Física. Assim, os alunos estudavam o momento histórico e as leis Físicas que os regiam em suas épocas.

A tabela 1 apresenta o conteúdo programático na ordem cronológica dos fatos.

Tabela 1: Cronograma de aulas

| <b>Aula</b>      | <b>Conteúdos</b>                   |
|------------------|------------------------------------|
| Aula 1 e 2       | Aplicação do FCI <sup>3</sup>      |
|                  | Aristóteles                        |
|                  | Queda dos corpos                   |
|                  | Pesquisa histórica: Aristóteles    |
| Aulas 3 e 4      | Movimento uniforme                 |
| Aula 5           | Movimento acelerado                |
|                  | Pesquisa histórica: Buridan        |
| Aula 6           | Buridan                            |
|                  | Inercia                            |
|                  | Pesquisa histórica: Galileu        |
|                  | Início da montagem da peça Galileu |
| Aula 7           | Galileu                            |
|                  | Forças                             |
| Aula 8 e 9       | Movimento curvilíneo               |
|                  | Movimento circular                 |
| Aula 10          | Vetores                            |
|                  | Pesquisa histórica: Newton         |
| Aulas 11,12 e 13 | Newton                             |
|                  | Leis de Newton                     |
| Aula 14          | Pesquisa histórica: Kepler         |
| Aula 15          | Gravitação                         |
|                  | Aplicação do FCI                   |
|                  | Apresentação da peça Galileu       |

<sup>3</sup> Force Concept Inventory (FCI)– instrumento de pesquisa utilizado vide capítulo 3.1.

A abordagem dispensada a essa nova estruturação do curso de Física 1 (primeiro ano do Ensino Médio) abrange a pesquisa realizada pelas professoras em conjunto com os alunos, as interações em sala de aula (Vygotsky), por meio de debates, entrevistas e teatro, leituras de textos científicos e saídas de campo (Planetário, Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS); com isso conseguiu-se um melhor relacionamento entre o aluno e a Física, rompendo rótulos e despertando o interesse por essa disciplina.

Como nesta escola o período de convívio entre professor-aluno é bem longo (quatro horas relógio por dia), o professor deve estar munido de bastante material para as aulas e deve saber administrá-lo muito bem para que os alunos não caiam no cansaço e na indisciplina. Para tanto, foi utilizado todo o semestre para a nossa pesquisa, num total de 60 horas.

Para obter o sucesso esperado, procurou-se enfatizar os processos histórico-lógicos de acontecimentos que deram origem à Física, para que o raciocínio matemático existente na Física não sobrepusesse o lado intelectual, de raciocínio histórico conceitual, evitando dessa maneira o formulismo.

Nesse sentido, devemos nos despir dos pensamentos iluministas e nos valer de pensamentos pós-modernos: “ Nada de imposições, uma possibilidade entre outras; certamente que não mais verdadeira que as outras, mas talvez mais pertinente, mais eficaz, mais produtiva ...E é isso que importa: não produzir algo verdadeiro, no sentido de definitivo, absoluto, peremptório, mas dar “peças” ou “bocados”, verdades modestas, novos relances, estranhos, que não implicam

silêncio de estupefação ou um burburinho de comentários, mas que sejam utilizáveis por outros como as chaves de uma caixa de ferramentas” ( Ewald, 1993, p.26).

A pesquisa foi baseada numa combinação de pesquisa qualitativa e quantitativa. No que se refere à parte qualitativa, foi dada mais ênfase na pesquisa feita pelos alunos, na dialética das aulas no questionamento reconstrutivo, nos testes feitos nos finais das aulas, que muitas vezes se transformaram em grandes debates e exposições de idéias e comentários. No que se refere à parte quantitativa, foi utilizado o FCI para validarmos a pesquisa.

Campbell e Stanley (1979) descreveram 16 tipos de delineamentos experimentais para nortear pesquisas, auxiliando e proporcionando modelos e métodos para que os experimentos não frustrassem os pesquisadores, tanto no sentido de fracasso como de sucesso (erroneamente constatados). Para os autores antes citados, o delinamento 10 é um dos mais divulgados para pesquisas educacionais( utilizado nessa pesquisa), envolvendo um grupo experimental e um controle onde os grupos não possuem equivalência amostral pré-experimental. São grupos naturalmente reunidos como os das turmas aqui apresentadas, que foram formadas de maneira aleatória. Portanto, adotaremos como modelo de pesquisa o delineamento 10, chamado de delineamento com grupo de controle não equivalente.

A metodologia utilizada foi principalmente a da Pesquisa, tomando como referencial as idéias de Demo (2002) como mencionado anteriormente, onde o aluno interage com o conteúdo, emite opiniões e formula hipóteses.

Para Demo (2002, p. 5-53), o que melhor distingue a educação escolar de outras é o fazer-se e refazer-se na e pela pesquisa. A educação e a pesquisa

valorizam o questionamento, marca inicial de um sujeito histórico. Enquanto a pesquisa se alimenta da dúvida, de hipóteses alternativas, de explicações e da superação constante de paradigmas, a educação alimenta o aprender a aprender, fundamento da alternativa histórica.

Os alunos fizeram a leitura de um texto elaborado por mim, a professora, com base em revistas científicas e artigos. O texto de introdução à Física (apêndice C) foi lido e bem aceito pelos alunos. A estratégia utilizada nas demais pesquisas consistiu em pedir que os alunos levassem para a aula o maior número possível de informações encontradas por eles sobre os temas (segue a descrição detalhada abaixo). Na aula, as informações eram discutidas e confrontadas, onde os principais conceitos e fatos eram colocados no quadro. Com base nessas informações, os alunos se dirigiam para o laboratório de informática da escola a fim de redigir seus relatórios de aula (trabalho de conclusão da pesquisa; segue em anexo um exemplo de cada pesquisa). No final de cada aula foram realizados testes escritos ou orais (seguem em anexo exemplos dos testes escritos). Os testes orais ocorriam ao longo do período de aula, com os comentários e conclusões que os próprios alunos faziam, gerando pontos que se acumulavam ao longo da aula.

A estratégia da pesquisa funcionou muito mais do que a apresentação e leitura do texto pré-determinado.

A primeira pesquisa histórica realizada foi sobre Aristóteles. Com base na pesquisa dos alunos foi feito o levantamento das principais teorizações do filósofo grego. Através da exposição oral, fui colocando no quadro as idéias principais abordadas pelos alunos, bem como as dúvidas surgidas em meio à pesquisa. Em

alguns casos, os próprios alunos respondiam às questões levantadas pelos outros. Ao final desse processo, os alunos elaboraram em papel pardo os principais aspectos históricos, sociais e físicos desse período histórico. Meu papel dentro desse processo foi o de intermediadora, para que os alunos não perdessem o caráter histórico da pesquisa.

A segunda pesquisa histórica foi sobre Buridan. O processo de socialização da pesquisa foi análogo ao citado anteriormente.

A terceira pesquisa histórica tratou de Newton e suas descobertas. O processo de socialização da pesquisa foi o mesmo apresentado anteriormente.

Concomitante à segunda pesquisa, os alunos começaram a pesquisar sobre Galileu e seu julgamento. Ao fim do semestre, os alunos fizeram uma reconstituição desse fato histórico (os detalhes dessa apresentação seguem no Apêndice B).

Mantendo o caráter construtivista das aulas, no momento em que os alunos estavam aprendendo Gravitação Universal, tentou-se construir junto com eles um miniplanetário no teto do laboratório de aprendizagem de Física. Os planetas foram construídos por grupos de cinco alunos e na apresentação dos trabalhos os mesmos deram informações sobre os planetas, inclusive sobre Sedna; os alunos indagaram acerca deste planeta, se ele faz parte ou não de nosso sistema solar. Esse trabalho ficou incompleto, pois não houve tempo hábil em 2004 para a sua colocação e fixação no teto.

Em síntese, a metodologia se deu através de uma combinação de:

- Pesquisas históricas: levando em conta as fases psicogenéticas (Piaget & Garcia, 1983), considerando as fases de rupturas de paradigmas da Física e as etapas do desenvolvimento cognitivo e as idéias de Demo na construção de tais pesquisas.
- Socialização e exposição das idéias encontradas pelos alunos nas pesquisas históricas.
- Formulação de conceitos a partir das pesquisas históricas.
- Resolução de problemas.

Essas pesquisas históricas foram desenvolvidas baseando-se nas fases psicogenéticas de Piaget e Garcia (1987). Pressupôs-se que os alunos reconstruísem com o auxílio da história os principais problemas pela Física focados – obstáculos epistemológicos – (BACHELARD, 1940), reconhecendo os modos por intermédio dos quais a sociedade científica conseguiu superá-los.

As atividades trabalhadas em aula foram totalmente voltadas para o aspecto histórico, no qual todos os conhecimentos tinham um porquê para a sua elaboração. Não obstante, pensa-se que essa metodologia permitiu aos alunos submetidos a ela terem uma visão mais crítica e científica dos conceitos, bem como uma relação mais humana e afetiva com essa ciência.

Esta pesquisa foi realizada em uma turma experimental, na qual a metodologia histórica foi aplicada por mim, a professora pesquisadora, e em uma turma controle, na qual foi utilizado o método tradicional de ensino, ministrado por

uma professora de “estilo” mais conservador de ensino. Utilizou-se como principal ferramenta de avaliação o *Force Concept Inventory* (HESTENES, D.; WELLS, M.; SWACKHAMER, 1992), que possibilitou verificar quais alunos utilizam concepções alternativas, em que situações se mesclam conceitos científicos e concepções, e onde foram internalizado os conceitos científicos.

O Force Concept Inventory (anexo A) foi criado por David Hestenes e colaboradores para avaliar se um aluno tem conceitos newtonianos. Para esse fim, Hestenes e colaboradores formularam questões simples, que não necessitavam de nenhuma operação matemática para serem resolvidas, e em que a resposta newtoniana usual estaria acompanhada das concepções alternativas aos conceitos newtonianos antes apresentados. O teste possui 5 alternativas; onde apenas uma delas é um conceito newtoniano, e as outras, conceitos não newtonianos. As alternativas não-newtonianas foram criadas a partir de pesquisas em ensino de Física que mostram quais são os conceitos espontâneos mais comuns em mecânica. O teste conta com vinte e nove questões objetivas, que compõem um inventário do conceito de força. Este é um teste internacionalmente conhecido, já validado e utilizado em literatura do mundo todo, o que facilita a comparação de resultados obtidos em outros países.

A avaliação do desempenho usando o FCI consistiu de um pré-teste e um pós-teste. O pré-teste foi ministrado no primeiro dia de aula de Física I (em duas turmas: controle e experimental) e o pós-teste foi ministrado no final do semestre (nas mesmas turmas às quais foi aplicado o pré-teste). Os alunos foram informados que seu desempenho no FCI não teria efeito em suas notas, mas que demonstrariam o seu avanço no que diz respeito ao processo ensino-aprendizagem.



Na pesquisa foi utilizado o teste conceitual FCI (anexo A), a fim de perceber se a metodologia de pesquisa histórica seria realmente eficaz para o aprendizado de conceitos científicos e redução de concepções alternativas nos estudantes de primeiro ano do Ensino Médio.

De acordo com Campbel e Stanley (1979), “do ponto de vista da interpretação final de experimento e da tentativa de inseri-lo na Ciência em curso, todo experimento é imperfeito” (p.62), acreditamos estar no caminho correto para uma análise quantitativa da pesquisa, embora tenhamos consciência de que ainda há muito a ser acrescentado, pesquisado e explorado no que se refere à metodologia principalmente se tomarmos uma visão pós-moderna de pesquisa “ Quando ficamos paralisados ao tomar decisões metodológicas, devemos ter muito claro que o problema certamente não é nosso despreparo na utilização de instrumentos, técnicas ou métodos, mas sim, a incapacidade ou inadequação dos métodos supostamente disponíveis para dar conta de formas emergentes de problematização. A episteme moderna engendrou lentes e luzes tão arditamente dispostas, que apenas podemos vislumbrar algo se usarmos um determinado tipo de óculos. Tudo o mais são *outros* que mal e mal se movem, na obscuridade” ( Costa, 2002, p.28).

Para a elaboração de nossa proposta de metodologia de ensino, procuramos referenciais teóricos baseados nos seguintes eixos:

- Desenvolvimento cognitivo: em Piaget & Garcia (1987), na Psicogênese da Física;

- Interações em sala de aula e o papel da linguagem entre professor *versus* aluno ou aluno *versus* aluno: em Vygotsky;
- As diferentes formas de percepção e representação da realidade: em Bachelard, com a noção de Obstáculos Epistemológicos e em Mortimer, com a noção de perfil conceitual (2000);
- Pesquisas históricas: em Pedro Demo, com suas idéias de fazer-se e refazer-se pela pesquisa.

Como a pesquisa ocorreu dentro do período letivo da escola, não se pode deixar de esclarecer os critérios de avaliação utilizados.

1. Todos os alunos deveriam se expressar de maneira correta, utilizando adequadamente os termos científicos.
2. Considerando os conhecimentos adquiridos, todos os alunos deveriam se expressar de maneira clara e objetiva.
3. Em todas as aulas foram feitos pequenos testes, escritos ou não, com o intuito de fazer com que o aluno refletisse sozinho as idéias e conceitos estudados. Esses testes eram compostos por questões teóricas, através das quais o aluno deveria expressar sua opinião sobre os debates feitos no início da aula e, acerca dos conceitos desenvolvidos naquela aula, sobre questões que envolvessem cálculos e raciocínio lógico. Os testes eram cumulativos, impedindo que os conceitos aprendidos fossem esquecidos nas aulas seguintes, ou seja, os conhecimentos não poderiam

ser abandonados, mas sim agregados. Conforme a história se desenvolvia e o pensamento científico evoluía, o aluno se apropriava dessas idéias elaboradas para resolver novas situações-problema.

Para a aprovação na disciplina, os discentes deveriam obter êxito em 70% dos conceitos trabalhados. Além disso, para os alunos que faltaram nas aulas durante o semestre, foram lecionadas aulas de reforço para a retomada do conteúdo. Foram quatro horas por semestre em turnos extras e duas avaliações de recuperação – a primeira em Setembro e a segunda em Dezembro de 2004.

#### 4 ANÁLISE DE DADOS

Com essa estratégia, percebeu-se o interesse por parte dos alunos para discutir e entender melhor aquilo que eles mesmos haviam pesquisado, não se prendendo a textos; queriam saber também se alguns dados eram exclusivos seus, se algum outro colega também havia conseguido a mesma informação; outros queriam falar acerca de tudo o que foi encontrado; outros nada falavam, o que dificultou o debate no início da metodologia, mas que com a insistência da estratégia foram incorporados à discussão do grande grupo. Por fim, todos se acostumaram com a dinâmica, demonstrando inclusive mútua assistência.

Na tabela a seguir são mostradas as notas obtidas em cada teste escrito (anexo B). Vale salientar que as notas previstas no regimento da escola são: I – insuficiente, S – suficiente e B – Bom .

Tabela 2: Notas

| <b>Provas\Notas</b> | <b>I</b> | <b>S</b> | <b>B</b> |
|---------------------|----------|----------|----------|
| <b>Prova 1</b>      | 05       | 20       | 06       |
| <b>Prova 2</b>      | 12       | 10       | 09       |
| <b>Prova 3</b>      | 08       | 14       | 14       |
| <b>Prova 4</b>      | 15       | 10       | 06       |
| <b>Prova 5</b>      | 21       | 12       | 09       |
| <b>Prova 6</b>      | 06       | 20       | 05       |
| <b>Prova 7</b>      | 12       | 09       | 10       |
| <b>Prova 8</b>      | 10       | 09       | 12       |
| <b>Prova 9</b>      | 09       | 14       | 08       |
| <b>Prova 10</b>     | 04       | 22       | 05       |

O nosso principal instrumento de pesquisa, conforme dito anteriormente, foi o Force Concept Inventory (FCI) (HESTENES, WELLS & SWACKHAMER, 1992), que compreende vinte e nove perguntas de múltipla escolha (anexo A). O FCI foi escolhido por fazer uma análise detalhada das concepções alternativas e científicas dos estudantes, o que para esta pesquisa se torna muito importante, uma vez que se quer analisar a evolução conceitual dos estudante ao longo do curso de Física 1 no Ensino Médio, com o recurso metodológico da História da Física.

Conforme visto na metodologia, o teste foi aplicado em duas turmas do primeiro ano do Ensino Médio. A turma 1 foi denominada *turma controle*, para a qual a professora adotou um estilo mais tradicional de ensino. A turma 2 foi denominada *turma experimental*, para a qual as aulas foram ministradas através das pesquisas históricas desenvolvidas pelos alunos, aulas dialogadas, com idéias confrontadas e com construção de alguns materiais para o laboratório pedagógico da escola.

Para melhor ilustrar a situação realizamos um teste “t-student”( COSTA, 1977, p.89) com as turmas controle e experimental, confrontando os pré-testes a fim de verificar se havia diferença significativa entre elas, e obtivemos o seguinte:

Tabela 3 : Comparação dos resultados pré-teste

| <b>Grupo</b> | <b>n</b> | <b>média</b> | <b>Desvio padrão</b> | <b>P</b> |
|--------------|----------|--------------|----------------------|----------|
| Controle     | 31       | 27,47        | 9,19                 | 0,08     |
| Experimental | 31       | 31,59        | 9,04                 |          |

Através do teste de comparações t-student verifica-se que não existe diferença significativa entre os grupos nos resultados do pré-teste.

Embora se soubesse que as concepções alternativas dos estudantes eram idéias fortemente arraigadas, buscou-se algum motivo que pudesse invalidar a pesquisa. Para isso, buscamos novamente Campbell e Stanley (1979), que enumeraram 12 fatores capazes de comprometer a validade de uma pesquisa, as quais analisamos na seqüência:

1. História: Poderia ser traduzida por eventos específicos ocorridos durante a pesquisa.

Acredita-se que esse fator não ocorreu no decorrer da pesquisa, uma vez que as duas turmas testadas tinham aula no mesmo dia da semana, no mesmo turno (manhã). Caso houvesse algum impedimento para uma turma (feriado, comemorações, etc.), ambas as turmas estariam sujeitas à mesma história.

2. Maturação: Poderia ser interpretada como idade ou “ processos internos” dos estudantes.

Ao analisar esse fator, reporta-se à tabela 2, que confronta os pré-testes de ambas as turmas; como não há diferença significativa entre as turmas, *maturação* não é um fator que invalide a pesquisa.

3. Testagem: Seriam os efeitos da aplicação de um teste sobre os escores de uma segunda aplicação.

Para os alunos, as aulas decorriam normalmente e eles desconheciam o fato de estar sendo pesquisados; esse fator também é facilmente controlado quando se controla o fator *história*. Também podemos citar os argumentos utilizados pelos autores do FCI: mais de 1500 estudantes do Ensino Médio e mais de 500 estudantes universitários foram submetidos ao teste (pré e pós-teste), e alguns desses alunos ainda foram submetidos a seis semanas de curso de verão, mas na aplicação do pós-teste mostraram pouca ou nenhuma melhora, o que corresponde a dizer que o pré-teste não teve influência sobre o pós-teste.

4. Instrumentação: São mudanças na calibragem de instrumento de medida ou nos pesquisados ou ainda nos responsáveis pela distribuição das notas.

Esse fator não nos afeta, uma vez que foi utilizado um instrumento de pesquisa com questões objetivas, onde não há calibragem (teste fechado).

5. Regressão estatística: Ocorre quando grupos testados foram escolhidos com base nos seus escores extremos.

Para esta pesquisa, entretanto, foi usada toda a turma pré –existente (tanto controle como experimental) para a base de dados utilizada, o que exclui a possibilidade de ter ocorrido esse fator na pesquisa.

6. Seleção: Pode ser traduzida como fatores que na seleção dos pesquisados não garantem a igualdade dos grupos, o que não ocorre com os grupos aqui pesquisados.

A escola onde ocorreu a pesquisa só possui o Ensino Médio. As turmas dos primeiros anos são formadas por alunos que vêm das oitavas séries de toda a cidade de Montenegro e região, onde os alunos ganham uma senha (aleatória) para a realização das matrículas e das turmas; os alunos só optam pelo turno, manhã, tarde ou noite, e não pela turma.

7. Mortalidade Experimental: Ocorre quando há perdas de pesquisados.

Na turma controle houve uma perda considerável de pesquisados (de 40 para 31 alunos) enquanto na turma experimental só ocorreu uma perda. Analisando esse dado, as perdas na turma-controle foram favoráveis à pesquisa, pois demonstraram a intolerância de quase 29% da turma quanto à metodologia tradicional, enquanto na turma experimental esse percentual foi de 3,22%, uma vez que o único aluno que saiu da turma transferiu-se para o noturno por motivo de trabalho, enquanto na turma-controle os alunos abandonaram a disciplina (evasão).

8. Interação Seleção Maturação: Podemos dizer que tal fator ocorre quando os grupos pesquisados são testados ao ponto dos resultados dos pós-testes da experimental serem menores que os do pré-teste da controle.

Esse fator para a pesquisa já foi controlado pelo fator *Maturação*, pois não houve maturação.

9. Efeito Reativo: Ocorre quando o pré-teste aumenta ou diminui a capacidade de resposta dos pesquisados.

O teste utilizado na pesquisa (FCI) não envolveu a história da Física, e sim situações reais onde ocorrem os fenômenos; para essa pesquisa, a história



foi um recurso utilizado para a boa compreensão da Física como uma Ciência em construção, e o teste verificou conceitos de Física de forma bastante sutil.

10. Interação entre os vieses decorrentes da seleção e a variável experimental.

Conforme dito em *Seleção*, as turmas já estavam prontas e não houve uma seleção interna de pesquisados, todos os alunos de ambas as turmas foram pesquisados.

11. Efeitos Reativos de Condições Experimentais.

Nada que pudesse causar um efeito reativo ocorreu durante o experimento. Foram aulas normais, em salas de aula normais e sem aparatos especiais.

12. Interferência de tratamento múltiplo.

O tratamento dado à pesquisa não foi múltiplo, por isso esse fator não comprometeu a pesquisa.

Enfim, pode-se dizer que, dos 12 fatores citados, o único que poderia ter causado algum impasse na pesquisa foi o fator *Mortalidade*, mas como já justificado anteriormente, não há motivos de preocupação uma vez que tais pesquisados foram retirados do total de alunos da turma, e os dados utilizados foram com base em 31 alunos por Turma e não foram desfavoráveis à pesquisa, uma vez que esta ocorreu na turma-controle.

Na busca por uma falha de nossa parte na pesquisa, não encontramos obstáculos para ela. Os dados coletados e estatisticamente testados são de total credibilidade, o que leva a acreditar que a máxima precaução na interpretação dos resultados tomados por parte dos pesquisadores rendeu uma análise digna de credibilidade, lembrando sempre que o tema é extremamente polêmico, e seus efeitos nem sempre são mensuráveis por testes, por se tratar de ciência humana em construção e uma ciência dita “exata” no sentido da utilização de raciocínios matemáticos.

Por outro lado, para verificar se houve diferença estatística entre as evoluções conceituais dos grupos experimental e controle, o teste estatístico não-paramétrico de Mann-Whitney (ANA, 2003) foi realizado. O teste de Mann-Whitney é usado para testagem de duas amostras independentes (para o caso desta pesquisa, as turmas experimental e controle). Para esta análise, esse teste se tornou bastante atrativo, pois não exige nenhuma consideração a respeito das distribuições populacionais e suas variáveis.

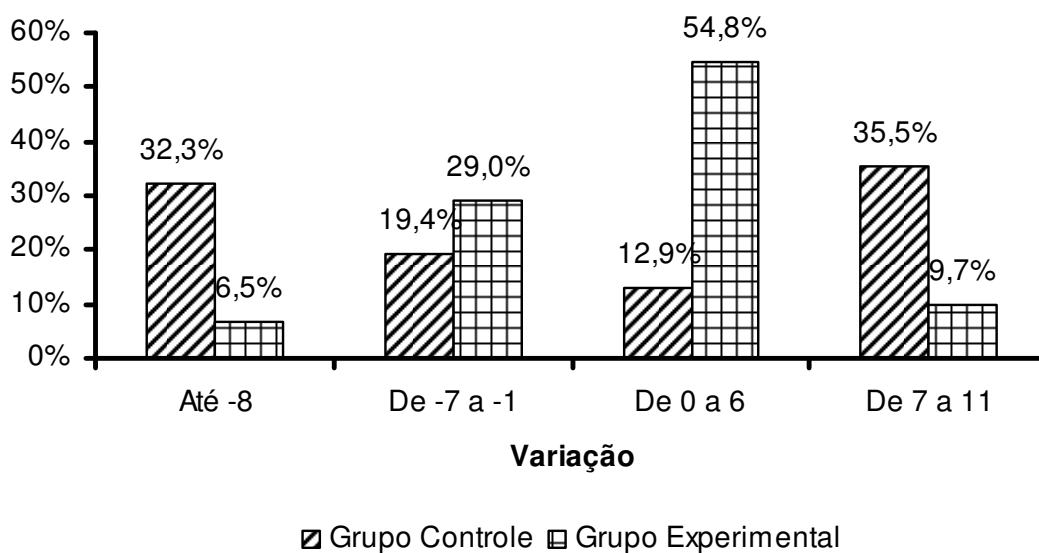
Tabela 4 – Teste de Mann-Whitney

| <i>Grupo</i>       | <i>n</i> | <i>Média</i> | <i>Desvio-padrão</i> | <i>Rank Médio</i> | <i>p</i> |
|--------------------|----------|--------------|----------------------|-------------------|----------|
| <b>Alternativa</b> |          |              |                      |                   |          |
| Grupo Controle     | 31       | -0,35        | 8,38                 | 30,92             | 0,80     |
| Grupo Experimental | 31       | 0,94         | 5,14                 | 32,08             |          |
| <b>Científica</b>  |          |              |                      |                   |          |
| Grupo Controle     | 31       | 2,03         | 5,58                 | 25,92             | 0,01*    |
| Grupo Experimental | 31       | 5,61         | 4,69                 | 37,08             |          |

Através dos resultados do teste de Mann-whitney verifica-se que apenas as concepções científicas apresentaram diferença significativa entre os grupos controle e experimental ( $p=0,01$ ).

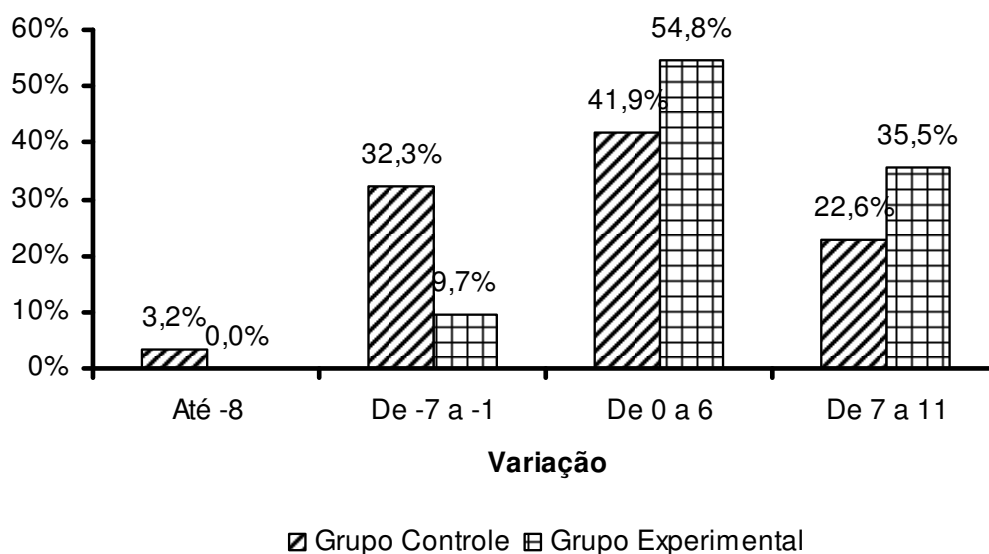
No que se refere às concepções científicas dos estudantes, a aplicação do FCI permitiu identificar, de forma quantitativa, a presença de concepções tanto no pré como no pós-teste. As diferenças entre essas contagens, que se denominam “variações”, permitiram construir os gráficos da figura 1 abaixo das frequências de estudantes que obtiveram diferentes valores para elas. Valores positivos sugerem uma aquisição de concepções científicas durante o desenvolvimento do experimento, enquanto valores negativos indicam uma menor presença dessas concepções no pós-teste com relação ao pré-teste.

Gráfico 1 :Concepções científicas



No que se refere às concepções alternativas, os dados obtidos do FCI revelaram o gráfico da figura 2 seguinte, onde, agora, a variação é calculada pela diferença entre os resultados do pré-teste e pós-teste, de forma que valores positivos indicam uma menor presença dessas concepções no pós-teste com relação ao pré-teste.

Gráfico 2: Concepções alternativas



O deslocamento para a direita nos favorece uma vez que, no que se refere às concepções científicas, o gráfico demonstra ganho de conceitos e no que se refere às concepções alternativas o gráfico representa as perdas das idéias de senso comum.

Esse dado é notável, uma vez que a pesquisa tenha se baseado na evolução conceitual. É um ponto que faz repensar todo o problema do conhecimento de senso

comum. A ciência provém e se perfaz na vida cotidiana do homem, podendo inclusive ser vista como o aperfeiçoamento do senso-comum.

À medida que essas contra-intuições são aceitas pela comunidade científica como verdades elas tentam a se incorporar à cultura, primeiro a científica depois a mais geral, tendendo a perder, paulatinamente, seu caráter contra-intuitivo (MORTIMER, 2000, p.35).

Já para Bachelard (1972), essas contra-intuições seriam o ponto de ruptura entre a ciência e o senso comum, idéia essa que reporta à idéia de superação de obstáculos epistemológicos.

Ficou claro que é muito mais fácil fazer com que os alunos acreditem em uma teoria ou conhecimentos novos que mudar velhas idéias (mesmo que erradas cientificamente), já incorporadas como verdades na cultura geral. Pode-se dizer que a Física e a vida cotidiana não são colocadas para os alunos, num primeiro momento, no mesmo plano. Solomon (1983, p.49-50) afirma que *“não há meios para se extinguir as noções cotidianas”*, o que reforça a idéia aqui trazida de utilizar o modelo de perfil conceitual (Mortimer, 2000) para justificar a coexistência de conceitos científicos e alternativos pelos estudantes.

No pré-teste (turma controle e turma experimental), quando tomados como parâmetro as fases psicogenéticas de Piaget & Garcia, perceber-se-á que poucos alunos estão na fase 1 (Aristotélica), o que não surpreende, uma vez que os únicos conhecimentos agregados por eles são em sua maioria os de senso comum. O maior valor corresponde aos alunos na fase 2 e fase 3 (início da Idade Média e Buridan), onde esses associam à idéia de força um impulso empregado; como dito anteriormente, englobou-se em uma única fase, as duas anteriores, pela razão de ser muito complicada a análise da passagem da fase 2 para a fase 3, nos moldes

descritos pelos autores e, por último, a fase 4 (Newtoniana), que demonstra os conhecimentos da inércia e dos princípios matemáticos a que esses conceitos estão associados.

É importante atentar ao fato de que – independente da metodologia empregada – os avanços esperados, em ambas as turmas – de resultados mais favoráveis nos pós-testes – não se confirmaram ao que foi obtido. Tanto a turma-controle quanto a experimental não chegaram a 60% de questões corretas, o que induz a pensar que, para ocorrer a evolução conceitual – almejada pela metodologia ora apresentada – não se pode estar restrito somente à mudança da prática pedagógica, mas é preciso levar em conta, a resistência das concepções alternativas, para uma efetiva evolução de concepções e visões dos alunos em relação às concepções científicas.

Campbell e Stanley (1979, p.13) descreveram que nos delineamentos experimentais “ Os resultados de um experimento “ põem à prova”, mas não provam uma teoria. Uma hipótese adequada é uma hipótese que sobrevive repetidamente a esse desafio, mas estará sempre sujeita a ser novamente posta à prova”.

Para a elaboração das tabelas abaixo, foram analisadas quatro questões, que se acredita serem fundamentais para o conhecimento da fase psicogenética dos alunos. Estas questões são de número 3 (três), 5 (cinco), 16 (dezesesseis), 26 (vinte e seis) do FCI. Coletaram-se os seguintes dados:

Tabela 5 - pré-teste

| <b>Turma\Fase</b> | <b>Aristotélica</b> | <b>Medieval</b> | <b>Newtoniana</b> |
|-------------------|---------------------|-----------------|-------------------|
| Experimental      | 4                   | 27              | 0                 |
| Controle          | 3                   | 28              | 0                 |

Na tabela 5, observa-se que não há uma diferença acentuada no que se refere à fase psicogenética na qual cada turma se encontra.

No pós-teste, analisamos as mesmas questões e encontramos os seguintes dados:

Tabela 6 - pós-teste

| <b>Turma\Fase</b> | <b>Aristotélica</b> | <b>Medieval</b> | <b>Newtoniana</b> |
|-------------------|---------------------|-----------------|-------------------|
| Experimental      | 1                   | 15              | 15                |
| Controle          | 3                   | 23              | 5                 |

Na tabela 6, observa-se que em ambas as turmas houve avanço, principalmente quando analisamos o período medieval e newtoniano. Já na fase aristotélica observamos que na turma controle permaneceu constante.

O melhor aspecto a ser observado ocorreu na turma experimental, onde 15 alunos foram classificados na fase newtoniana.

O que cabe aqui salientar é a diferença não quantitativa mas qualitativa em progresso nas fases psicogenéticas principalmente na turma experimental.

Percebe-se também que para alguns alunos as idéias intuitivas que possuíam foram mais fortes que os argumentos científicos apresentados e discutido, fazendo com que eles não evoluíssem cientificamente (no sentido de evolução conceitual de Grecca e Moreira, 2000), o que prova mais uma vez que as concepções alternativas fazem parte da construção do conhecimento e dificilmente serão mudados (Di Sessa, 1993), o que ocorre é a utilização de cada conceito ou concepção dependendo da situação real vivida pelo estudante.

Pode-se ainda salientar que em todas as turmas encontra-se um grupo pequeno e seletivo de alunos que aprendem independentemente da metodologia aplicada; se analisarmos a Turma Experimental, o progresso nas fases psicogenéticas foi de 48,4% que não é um grupo pequeno o que faz acreditar que essa evolução se deu pela metodologia utilizada.

Um outro aspecto, muito relevante e não esperado, foi o número de alunos desistentes na turma-controle. No pré-teste a amostra contava com 40 (quarenta) alunos na turma-controle, e 32 (trinta e dois) alunos na turma experimental. Nos pós-testes observou-se – em ambas as turmas do turno da manhã – a participação de apenas 32 (trinta e dois) alunos na turma controle e 31 (trinta e um) alunos na turma experimental. O que parecia improvável, a princípio, era o abandono de disciplina. Procurados os alunos que não fizeram os pós-testes, verificou-se que os 9 (nove) alunos da turma controle abandonaram de fato a disciplina, tornando-se evadidos e o único aluno que não fez o pós-teste na turma experimental transferiu-se para o noturno por motivo de trabalho.



Nota-se, assim, que a estratégia dinâmica da pesquisa e a metodologia histórica utilizada favoreceram a permanência dos alunos nas aulas de Física, bem como a avaliação, que respeitou a individualidade e o ritmo de cada um, o que veio a contribuir para a diminuição do sentimento de fracasso e insucesso que, por vezes, contaminava os alunos.

Para que se fizesse possível a análise dos dados coletados e diálogos ocorridos em sala de aula, foi utilizado um diário. Para a transcrição das principais idéias e diálogos dos alunos, serão apresentadas apenas as iniciais de seus nomes, pois dessa maneira mantém-se o sigilo de identidade que a eles pertence.

A fim de verificar se a metodologia empregada estava mantendo o caráter dinâmico da pesquisa e os alunos compreendendo a importância do estudo da Física e sua relação com a vida cotidiana dos estudantes foram coletadas algumas falas dos alunos que serão transcritos a seguir:

- **O que você poderia concluir sobre o trabalho de pesquisa sobre a vida de Aristóteles?**

RL: *“A ciência existe para poder entender melhor os sistemas em que vivemos e ter uma qualidade vida melhor.”*

TCK: *“É bom conhecer o pensamento antigo e comparar com pensamentos de hoje”.*

TAS: *“Antes de Cristo já faziam invenções que usamos até hoje.”*

RL: *“Se não investigarmos o passado, não sabemos de onde sai muitas coisas.”*

SDP: *“Relembrar de como era a Física na antigüidade é importante. Principalmente para a conscientização que alguém teve que dar o passo inicial para o desenvolvimento do mundo.”*

LA: *“Foi interessante conhecer Aristóteles e alguns filósofos antigos e saber que alguns de seus feitos usamos até hoje, não só na Física como na matemática.”*

AL: *“Prof, que criatividade que tinham que ter esses homens! Esses pensavam coisas que até Deus ia duvidar e pior, alguns tavam certos!”*

Observou-se que os alunos fizeram uma ligação do contexto cultural da época com o atual. Começaram a compreender a História como um processo construtivo, e a Ciência como em construção, em vez da noção usual de “ciência pronta”.

MKL: *“Aristóteles era bastante inteligente, mas errou, mostrando que ninguém é perfeito. Eu, pessoalmente não sei se gostaria de viver ou ter vivido com uma pessoa tão inteligente e observadora como Aristóteles.”*

No depoimento acima transcrito, o aluno constatou a falibilidade e humanidade de um grande pensador, deixando em evidência que o filósofo e o cientista não são detentores da verdade.

### **1 Comentários durante a aula de gravitação universal:**

JES: *“Ah profe, eu tenho guardado de jornal um monte de coisa sobre o espaço. Tudo que sai, eu guardo. Tu pode me ajudar a entender tudo aquilo?”*

O aluno demonstra motivação com o conteúdo a ser aprendido.

## **2 Comentário de aula sobre sedna:**

MKL: *“Eu não acredito que é um planeta, depois de tanto tempo é que eles vão descobrir mais coisa?”*

BT: *“Já num tá tudo descoberto? Como é que agora aparece mais um planeta?”*

TAS: *“Como é que nunca ninguém viu ele antes?”*

Tal como no tempo de Galileu, com a Nova, estes alunos constataram que a concepção corrente de universo não é imutável, *“não está tudo descoberto”*.

## **3 A respeito da luz emitida de uma estrela:**

CF: *“Então quer dizer que eu tô vendo uma coisa que não existe mais? Tu tá me tirando”*.

O aluno descobriu que a percepção pode não corresponder à “realidade”.

## **4 Um diálogo a respeito do movimento qualitativo de Aristóteles:**

ACN: *“Esse pode ser o movimento do gelo?”*

Professora: *“Por que você acha que Aristóteles estudou o gelo?”*

ACN: *“Porque ele muda de gelo para água. Ele não estudou, não? Como é que eles faziam para gelar as coisas?”*

O aluno compreendeu a transição de fase como um ‘movimento’ aristotélico.

### **5 Diálogo entre duas alunas:**

RTO: *“Como é que eu rodei 3 vezes em Física 1?”*

BT: *“É porque a professora não explicava assim!”*

RTO: *“Ano passado eu odiava a Física, esse ano eu tô achando ela legal.”*

BT: *“Sem brincadeira, eu aprendi muito mais nesses dois meses do que nos outros dois anos que fiz Física.”*

O diálogo acima apresentado demonstra a avaliação positiva da estratégia adotada.

CAK: *“ Mas já acabou [sic] a aula? Só uma aula de Física por semana é pouco, profe, tem tanta coisa pra estudar!”*

Também, nesse depoimento, aparece a avaliação positiva da estratégia adotada. Sendo que 1 (uma) aula por semana corresponde, no caso analisado, a 4 (quatro) horas relógio por dia de aula.

È importante observar que na turma-controle existiam três repetentes e na turma experimental a ocorrência de somente um aluno repetente.

Nesse momento é importante relembrar o papel do professor como mediador nas discussões em sala de aula; para Vygotsky, a relação homem-mundo não é direta; o pensamento verbal, a memória lógica e atenção seletiva são criados a partir de atividades socialmente mediadas, como os comentários e debates gerados em sala de aula, porém, apesar de ter uma dimensão social, o desenvolvimento do aluno ocorre de forma individualizada, de acordo com experiências próprias.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho enfatizou o uso da História da Física, com o intuito de melhorar a compreensão de conceitos científicos e diminuir o uso das concepções alternativas dos estudantes.

A escolha pela história se deu pela necessidade de se promover, em uma seqüência lógica de fatos, de descobertas e de construção de conhecimentos e conceitos sempre “crescentes”, a análise das reais necessidades sociais de cada época. Isso possibilita, conforme aqui demonstrado, a inserção dos alunos nos contextos sociais aos quais foram submetidos, enquanto objeto de estudo.

A seqüência de atividades se deu no paradigma piagetiano da psicogênese da Física. As discussões a respeito das pesquisas históricas prévias permitiram a construção de idéias, e a consolidação de alguns conceitos e seus modelos matemáticos para aplicação em situações-problemas.

A ênfase dada às idéias sobre força (última fase da psicogênese) veio da necessidade de fazer com que os alunos chegassem a essa fase de abstração

(matematização) de fenômenos físicos. Além disso, o conceito de “força” possui muitas concepções alternativas, propagadas nas mais diversas situações.

Este trabalho ratifica, portanto, a gênese da construção da mecânica clássica por Piaget e Garcia, ou seja, a idéia de que o movimento só acontece porque existe uma força externa ou um impulso. Essa idéia demonstra uma visão de continuidade e completa inexistência do fenômeno de inércia, que representa, a seu tempo, um estágio intermediário na construção do conceito “Força”.

Conforme constatado anteriormente, a metodologia empregada foi eficiente, tanto no que diz respeito à aquisição de conhecimentos científicos quanto na redução da evasão escolar; além, é claro, da visível aproximação (afetiva) dos estudantes com relação à Física – como se pode observar nos relatos de aula.

Neste estudo, não foram identificados os principais obstáculos epistemológicos dos alunos, pois se tentou fazer com que as idéias e as necessidades de aprender algo a mais (de teor científico) se sobrepusessem ao medo do fracasso. Os alunos foram levados a entender o surgimento da evolução de algumas idéias científicas em vista das necessidades sociais em determinado contexto histórico. Por esse fato, não se verificou com clareza onde estariam os principais obstáculos, uma vez que a evolução histórica se deu de maneira natural e muitas vezes intuitiva.

Verificou-se que, em se tratando de Evolução Conceitual Global (concepções científicas e alternativas), não é suficiente a mudança de metodologia ou estratégia. Outros fatores (agravantes) devem ser considerados, tais como: a falta de alfabetização científica, uma iniciação científica abstrata demais para a idade escolar

em questão, entre tantos outros fatores externos, que no tempo oportuno devem ser analisados e testados.

No que concerne à evolução das concepções científicas, a estratégia se mostrou realmente eficaz, com um índice realmente entusiasmante. De outro lado, as concepções alternativas demandam um estudo mais aprofundado e uma metodologia que se apresente realmente eficaz, no sentido de transformá-las (se possível) em conceitos científicos. Neste estudo, a discrepância dos resultados é evidente, no cotejamento de ambas as concepções e em contextos diferenciados. Abriu-se aqui, portanto, uma perspectiva de trabalho para quem se interessar: a área de concepções alternativas, não como forma de revisão bibliográfica que é bastante vasta, mas tendo em vista a elaboração de uma metodologia eficaz para a sua evolução, seja ela atendendo às exigências do mundo moderno, com capacidade de adaptação cada vez mais rápida, seja como visão crítica necessária para a não submissão às condições que desumanizam o homem. Nesse sentido, não perder de vista a verdadeira função do ensino de Física: educação através dos conceitos físicos e não formação de físicos no Ensino Médio. Uma sociedade de fato atual precisa de cidadãos que apreciem a ciência não só como uma facilitadora da vida cotidiana, mas como possibilidade prazerosa de conhecer, de saber o que está por trás de certos fenômenos.

O importante é que a ciência, mais precisamente a Física, tenha o seu valor reconhecido pelos estudantes e pela sociedade em geral e que os profissionais no ensino de Física envolvidos não permitam aceitar que um aluno, ao terminar o Ensino Médio, não saiba o porquê do aprendizado de Física e, tampouco, para quê ela serve.



Radé (2005) procurou desenvolver um instrumento que possibilitasse ao professor construir o perfil conceitual individual (MORTIMER, 2000) de seus alunos em relação à noção de força, identificando as categorias epistemológicas e ontológicas mais marcantes, eventuais obstáculos epistemológicos e ontológicos, que subsidiariam, por sua vez, o desenvolvimento de estratégias orientadas à evolução conceitual em sala de aula, ou seja, para a visão científica dessas noções, além, é claro, de avaliar as evoluções que venham a ocorrer. A tomada de consciência do estudante, de seu próprio perfil conceitual, constitui um fator de importância no processo de ensino-aprendizagem; é ela que possibilita que o estudante venha a aplicar adequadamente os conteúdos nos diversos contextos do seu cotidiano, na busca de soluções para problemas novos e desafiadores com os quais eventualmente venha a se defrontar.

Entendendo o educador como formador de cidadãos, de caráter crítico com conhecimento científico, acredita-se este trabalho estar caminhando no sentido correto. É sabido que muita coisa há para ser inserida numa pesquisa, como por exemplo, outros aspectos, que envolveriam outras disciplinas, e que assegurariam uma maior interdisciplinaridade – o que colocaria, por conseguinte, uma dissertação em uma posição privilegiada, no que diz respeito à cultura geral e científica escolar. Como disse Mortimer (2000, p.367) *“o processo ensino-aprendizagem poderia ser caracterizado como um diálogo entre os discursos científicos e de senso comum, nos quais novos significados são tanto construídos como transmitidos.”*

## CONCLUSÃO

Este trabalho enfatizou a utilização da História da Física como elemento predominante nas aulas de Física; não se trata do uso da história pela história, mas de pesquisa histórica, os motivos pelos quais os conceitos foram sendo gerados ao longo da evolução científica, a origem dos termos utilizados, a origem das fórmulas e suas conseqüências na sociedade.

Com a escolha desse tema, possibilitou-se passear por aproximadamente 2000 anos de história e ciência, o que permitiu que os alunos revivessem as mudanças paradigmas vividas pela sociedade por alguns Filósofos/Físicos representantes de suas épocas. Como dito anteriormente, não se quis fazer um estudo detalhado da História da Física, mas sim utiliza-la como um instrumento com suas representatividades de época e perdurabilidade de idéias (Piaget, 1987).

Compreende-se que, ao estudar esses representantes em suas respectivas épocas (história, geografia, filosóficas e artísticas), promoveu-se o caráter interdisciplinar da metodologia e o entendimento mais completo possível da disciplina de Física, tal como se pretendia nos objetivos dessa Pesquisa.

A proposta desenvolvida propiciou aos estudantes perceber os saltos e as rupturas sócio-culturais e científicas, através dos debates e apontamentos desenvolvidos durante as aulas.

Ao analisar os gráficos 1 e 2 (p. 77 e p.78) e as tabelas 5 e 6 (p.80 e p.81) fica evidente que as pesquisas feitas pelos alunos nas suas respectivas fases psicogenéticas colaboraram de forma muito rica para a evolução conceitual (Moreira, 2000)

Com o teatro sobre Galileu promoveu-se a integração entre duas turmas (Física e História), funcionários da secretária, da direção da escola, do Serviço de Orientação Educacional, Serviço de Orientação Pedagógica e pais que foram até a escola dar opinião e contestando a decisão tomada pelos jurados.

Os dados apresentados nos gráficos 1 e 2 (p.77 e p.78) se referem às concepções tanto científicas quanto alternativas dos estudantes tanto científicas quanto alternativas dentro do Paradigma Newtoniano, que, para esse trabalho se refere à fase de abstração por parte do estudante e domínio das formas lógico-matemáticas necessárias para a resolução de problemas

Com o teste utilizado (FCI), foi analisada a variação de concepções (alternativas e científicas) em relação à percentagem de alunos que adquiriram ou puderam tais idéias; para um próximo trabalho nessa mesma linha de pensamento, caberia uma análise microscópica de indivíduos, para que se pudesse descobrir perfis que obtiveram mais ou menos avanços, tanto nas concepções alternativas como nas científicas.

Espera-se que esse trabalho tenha vindo para ajudar a suprir a falta de material que relatem uma experiência em sala de aula e resultados obtidos com a utilização da História da Física, contribuindo para encorajar muitos professores a trilhar nos caminhos da pesquisa e aventurar-se nas façanhas da História.

**OBRAS CONSULTADAS**

ABRANTES, P.C.C. ***Intervenção na mesa redonda: Influência da história da ciência no ensino de física.*** Cad.Cat. Ens. Fís., v. 5 ( número especial) jun/1988.

ANA, A.B. ***Introdução à Estatística.*** 1 ed. São Paulo: ed. Edgard Blücher Ltda, 2003.

BACHELARD, G. ***A Filosofia do Não. Coleção Os Pensadores.*** São Paulo: Abril Cultural, 1984.

\_\_\_\_\_. ***Epistemologia.*** Lisboa: Ed.70

\_\_\_\_\_. ***A Formação do Espírito Científico.*** Rio de Janeiro: Ed. Contraponto, 1996.

\_\_\_\_\_. ***O Novo Espírito Científico. Coleção Os Pensadores.*** São Paulo: Abril Cultural, 1978.

\_\_\_\_\_. ***Conhecimento Comum e Conhecimento Científico.*** São Paulo: Tempo Brasileiro, 1972.

BARBOSA, Elyana. ***O Secreto Mundo: uma leitura de Gaston Bachelard***. Tese de Doutorado. São Paulo: FFLCH/USP, 1985.

BATTRO, Antonio M. ***Dicionário terminológico de Jean Piaget***. São Paulo: Pioneira, 1978.

BECKER, Fernando. ***Educação e Construção do Conhecimento***. Porto Alegre: Artmed, 2001.

BRUNER, J. Vygostky. ***Zone of Proximal Development: The hidden Agenda***. In: ***Children's learning in the "zone proximal development"***. New directions to child development, nº 23, San Francisco: Jossey- Bass- março, 1984.

CAMPBELL, Donald T. Stanley. JULIAN, C. ***Delineamentos experimentais e quase-experimentais de pesquisa***. Ed. EPU, 1979. Traduzido por Renato Alberto T. Di Dio.

CANGUILHELM, G. ***Études d'histoire et de la philosophie des sciences***. 1980.

CARR, E.H. ***Que é história?*** São Paulo: Ed. Paz e Terra, 1985.

COSTA, Marisa Vorraber. ***Caminhos investigativos: novos olhares na pesquisa em educação***, 2002, p.28.

COSTA, Neto. ***P.L.O. – Estatística***. 1 ed. São Paulo: ed. Edgard Blücher Ltda, 1977.

CROMBIE, Alistair C., ***Robert Grossesteste and the Origins of Experimental Science – 1100-1700***, Oxford, Clarendon Press, 1971, (reedição de 1953).

DEMO, P. **Educar pela Pesquisa**. Editora Autores Associados, 2002.

DISESSA, A. **Towards an epidemiology of physics. Cognition and Instruction**, v. 10, n.2-3, 1993, p.105-225.

DRIVER, R. **Students' conceptions and the Learning of Science**. In: *International Journal of Science Education*, v.11, n. 5, 1989.

EDWALD, F. Foucault. **A norma e o Direito. Lisboa**: Veja, 1993.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1970.

FURASTÉ, Pedro Augusto. **Normas Técnicas para o Trabalho Científico**. 13.ed. Porto Alegre: 2004

GASPAR, Alberto. **A teoria de Vygostky e o ensino de Física**. Apresentado no IV Encontro de Pesquisa de Física( EPEF)- Florianópolis-SC, maio de 1994.

GIL-PEREZ, **Contribución de la historia y filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. Enseñanza de las Ciencias**, 11 (2). 1993, pp197-212.

HENRY, J. **A Revolução Científica e as Origens da Ciência Moderna**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1997.

HESTENES, D.; WELLS, M.; SWACKHAMER. **Force Concept Inventory**. 1992.

INHELDER, B. **Prefácio a Psicogênese da História das Ciências**. In: PIAGET & GARCIA. *Psicogênese e História das Ciências*. Lisboa: Dom Quixote, 1987.

KLEIN, Martin J. ***History in the teaching of physics: Proc. Int. Working Seminar on the Role of History of Physics in physics teaching***. New England: Eds. S. G. Brush and A.L. ***King.Univ. Press of New England***, 1972.

KUHN, T.S. ***Essential Tension***. Chicago and London: The University of Chicago Press, 1977.

\_\_\_\_\_. ***A Estrutura das Revoluções Científicas***. Ed. Perspectiva, São Paulo, 1975.

MERTON, R. ***Une réussite scientifique. In: La Double Hélice***. Paris: Hachette, 1984.

MÉTODO CLÍNICO PIAGENTIANO: Teoria e Prática. ***Núcleo de Estudos em Epistemologia Genética e Educação (NEEGE)***: Programa de Pós-graduação em Educação. Faculdade de Educação, Porto Alegre, 2004.

MOREIRA, M.A. ***Teorias de Aprendizagem***. São Paulo: EPU, 1999.

MOREIRA, Marco Antônio. GRECCA, Ileana Maria. ***Além da detecção de Modelos Mentais dos Estudantes***: Uma proposta Representacional Integrada, 2000.

MORTIMER, E. F. ***Linguagem e Formação de Conceitos no Ensino de Ciências***. Belo Horizonte: Faculdade de Educação da UFMG, 2000.

NEVES, Marcos César D. ***Lições da escuridão ou revisitando Velhos Fantasmas do Fazer e do Ensinar Ciências***. Campinas: Mercado de Letras, 2000.



PACCA, J.L.A. & VILLANI, A. ***Categorias de análise nas pesquisas sobre conceitos alternativos***. *Revista de Ensino de Física*, 12(1), 1990. pp.123-138.

PCN, Lei nº 9394/96, 2000. Brasil, Ministério da Educação e Cultura – MEC.  
***Parâmetros Curriculares Nacionais***. Brasília: MEC

PFUNDT, H., DUIT, R. ***Bibliography-student's alternative frameworks and science education***. Kiel: IPN, 1992.

PIAGET, J. ***A Representação do Mundo da Criança***. São Paulo: Record, s.d.

\_\_\_\_\_. ***A Construção do Real na Criança***. Rio de Janeiro: Zahar, 1970.

\_\_\_\_\_. ***O Desenvolvimento do Pensamento. Equilíbrio das Estruturas Cognitivas***. Lisboa: Dom Quixote, 1975.

\_\_\_\_\_. ***Formação do símbolo; imitação, jogo e sonho, imagem e representação***. Rio de Janeiro: Zahar, 1978.

\_\_\_\_\_. ***Abstração Reflexionante: a relação dos possíveis na criança***. Porto Alegre: Artes Médicas, 1985.

PIAGET, J. ***Problemas de Psicologia genética. In: Os Pensadores***. São Paulo: Abril, 1972.

PIAGET, J. & GARCIA, R. ***Psicogênese e História das Ciências***. Lisboa: Dom Quixote, 1987.

POZO, J.I. ***Aprendizes e Mestres: a nova cultura da aprendizagem***. Porto Alegre: Artmed, 2002.

\_\_\_\_\_. ***A Formação Social da Mente***. São Paulo: Martins Fontes, 1989.

RADÉ, Tane da Silva. ***O conceito de Força na Física***. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática). Canoas: Universidade Luterana do Brasil, 2005.

SCHEMBERG, M. ***Pensando a Física***. São Paulo: Editora Brasiliense, 1984.

SIEGEL, Harvey. ***Kuhn's philosophie of science and science education***. Thesis (Doctor of Education). Harvard: Faculty of the Graduate School of Education, Harvard University, 1977.

SNYDERS, G. ***Alegria na escola***. São Paulo: Editora Manole, 1988.

SOLOMON, J. Learning about energy: how pupils think in two domains. ***European Journal of Science Education***, v. 5, n1, 1983, p. 49-59.

VYGOTSKY, L. S. ***Pensamento e Linguagem***. Lisboa: Antídoto, 1979.

WHITAKER, M.A.B. ***History and quasi-history in physics education- part 1***. Phis.Educ. vol.14, 1979.

ZANETIC, J. ***Física também é Cultura***. Tese de doutorado. São Paulo: FFLCH/USP, 1989.

## APÊNDICES

**APÊNDICE A - ENTREVISTA DOS ALUNOS**

No final do ano letivo, entrevistaram-se individualmente os alunos da turma experimental a fim de verificar o que os alunos aprenderam de conceitos físicos e em quais fases da psicogênese os alunos se encontrariam após a aplicação desta metodologia.

A entrevista foi composta por 8 (oito) questões, onde o aluno deveria argumentar sobre alguns aspectos do conceito de força. A turma experimental contava com 31 (trinta e um) alunos, onde todos foram entrevistados e filmados. Aqui não foram transcritas as falas de todos os alunos, pois isso tornaria o texto muito repetitivo e exaustivo. Optou-se, então, apenas pelas falas que demonstram de forma clara alguma das fases psicogenéticas. É importante lembrar que a psicogênese de Piaget e Garcia possui quatro fases. Neste estudo foram englobadas a fase 2 e a fase 3, denominada de fase Medieval.

**1. Quando tu te apóias contra a parede, relaxado, de pernas cruzadas, o que impede que tu caias?**

M.C.: *“Nada, se a gente relaxar muito, (ri ...) a gente cai mesmo!”*

M.K.: *“ Por causa do atrito... é ... tem atrito. Se a pessoa tiver encostada, tem atrito aqui ( mostra com a mão a parte de trás das costas) com a parede.”*

P.S.: *“ A gente não cai porque tem atrito entre o chão e o pé da gente. Assim o pé não resbala.”*

**2. O que é peso para ti?**

C.M.: *“ É a massa do corpo !”*

L.O.: “ *É uma coisa, assim ( mostra com um movimento das mãos como se fosse um corpo caindo) que faz as coisas caírem.*”

R.T.: “ *É uma força...É a força que a terra faz para atrair um corpo.*”

**3. Imagina que estás em cima de um skate e empurras uma outra pessoa grandalhona em cima de outro skate. O que acontece?**

C.O.: “ *Ai profe, eu vô caí.*”

E.T.: “ *Ele vou emperrar ele, ele vai andar e eu vô parando, arando até parar de vez.*”

M.L.: “ *Eu vou fazer uma ação nele e ele vai fazer uma reação em mim...( pensa um pouco, rabisca um papel que estava sobre a mesa).Daí, eu vou pra trás e ele vai pra trás também. Isso se a gente estiver de frente né?*”

**4. Imagina que um grão de feijão (cru) te cai na cabeça do alto de um edifício de 30 andares. Ele te machuca? Por quê?**

R.L.: “ *( muitas risadas)... é claro que não! Ele é muito piquenico, a gente nem sente!*”

M.O.: “ *Eu acho que sente o feijão bater na cabeça, mas não chega a machucar não.*”

B.T.: “ *Ah, machuca sim, ele cai lá do alto, quanto mais alto maior é a queda! A gravidade puxa o feijão pra baixo e fica mais rápido...( pensa ), a velocidade*

*vai aumentando, daí bate com muita força. Bah! eu acho que vai doê um monte!”*

#### **5. O que é força pra ti?**

*M.L.: “É uma coisa que aparece no meio de dois corpos, pode ser de atrito, de ação, de reação..., mas o que é ... isso eu não sei explicar.”*

#### **6. Imagina que jogas uma pedra para cima. Porque é que ela continua se movendo mesmo depois que já saiu da tua mão?**

*C.M.: “ Por que eu dei um impulso pra ela.”*

*V.L.: “ Por que eu empurrei ela pra cima.”*

*J.R.: “ Por que eu dei uma velocidade inicial pra ela, daí ela foi gastando até chegar no ponto mais alto, daí ela pára e começa a cair.”*

#### **7. Dê exemplos de força.**

*A.G.: “ Quando um corpo cai... assim( mostra com a mão) ele tem força pra baixo.”*

*P.S.: “ Tudo tem força. Se eu tô de pé, tem um monte de força, quer que eu fale todas?... Força Peso que é para baixo, força de atrito, força normal,... tem um monte.”*

**APÊNDICE B - O NOVO JULGAMENTO DE GALILEU**



Como parte da estratégia de fazer com que os alunos revivessem a história sugeriu-se aos alunos, por parte da professora, que se fizesse um novo julgamento de Galileu, o que foi prontamente aceito por todos. A turma foi dividida em dois blocos, um de defesa e outro de acusação. Cada bloco deveria ter quatro membros para representar o grupo como sendo o de advogados. Os alunos tiveram três semanas para se prepararem para o julgamento.

Para o julgamento, foram convidados os membros da direção da escola, o SOP (serviço de orientação profissional), SOE (serviço de orientação educacional) e a turma 133 com a orientação da professora Neusa, de História 3.

A apresentação do julgamento foi gravada em vídeo e teve a duração de 2 horas e 21 minutos, o que torna a transcrição inviável. Resolveu-se, então, demonstrar apenas como cada integrante da turma controle se comportou e como se deu, em linhas gerais, o andamento do julgamento.

A professora Neusa, sorteou entre os alunos 7 (sete) cargos de jurados e a aluna NB foi a escolhida para ser a juíza e intermediadora do julgamento. A aluna NB teve uma semana para se preparar para esse cargo de confiança. Assim ela começou:

“Aos sete dias do mês de dezembro do ano de dois mil e quatro, encontraram-se reunidos os alunos das turmas 111 e 133 para o julgamento do senhor Galileu Galilei. Com a autoridade a mim conferida peço aos senhores jurados que sejam imparciais e ouçam com muita atenção a todos os detalhes aqui descritos pelos advogados de defesa e acusação. Aos ouvintes, não serão tolerados quaisquer tipos de manifestações, comentários e conversas durante essa sessão,

sob pena de uma ocorrência pela direção dessa escola. Aos alunos que desejarem expressar suas opiniões peçam os papéis de ata do julgamento e deixem por escrito suas considerações para serem lidas pelos advogados no final do julgamento.

Estando bem claras as normas, que comece o julgamento. Após minhas considerações iniciais, ouviremos as palavras dos advogados de acusação, em seguida ouviremos as palavras dos advogados de defesa. Ainda terão direito de se manifestar por mais cinco minutos a acusação e a defesa para a réplica.

Há mais de 400 anos, vida na Europa era bem diferente da de hoje. Não existiam fábricas e indústrias, a agricultura era o trabalho da maioria das pessoas. As crianças não freqüentavam a escola e os livros eram caros e escritos em latim. Em 15 de fevereiro de 1564 nasceu Galileu, em Pisa. Sua família não era rica, mas Galileu teve um professor particular e aos 17 anos começou a estudar medicina, mas teve seu interesse pela ciência despertado quando assistiu a uma aula de geometria na Universidade. Galileu possuía um gênio difícil, era sarcástico e muitas vezes brutal. Chamo agora os advogados de acusação.”

Nesse momento apresentam-se na frente da sala de aula os quatro representantes do grupo de acusação que serão identificados por A1, A2, A3 e A4.

A1 começa o seu discurso:

“Senhores, esse senhor é um herege! Como pode ele ser contra as leis de Deus? Deus nos fez sua imagem e semelhança, fez o mundo e o universo para nós, que espécie de demônio ele colocou dentro desse telescópio para

mostrar tais coisas? Peço que o condenem, pois esse homem foi corrompido por mil demônios!”

A2 prossegue:

“Senhores [sic] juizes, esse homem mente e blasfema a respeito de tudo que acreditamos, esse homem é mais um curioso que vive com a cabeça nas estrelas, brinca com assuntos de matemática e física e manipula as pessoas com suas idéias. Como ele pode escrever o livro “Mensageiro das estrelas” com base no que ele viu? Esse tudo não passar de uma ilusão? Ele somente quer ser celebridade, pois se auto promoveu mandando uma cópia de seu livro para os reis e príncipes da Europa. Ele inventou tais mentiras para ser conhecido pela humanidade.”

A3:

“Senhores, Galileu tornou-se professor aos 25 anos, era jovem demais e como jovem promoveu a desordem por pura vontade de ser famoso, não se importando com o que iria acontecer com a comunidade, ele não tinha certeza de suas idéias, tanto que para não morrer, ele não manteve suas idéias como fez Copérnico, que morreu por defender suas idéias. Todos sabemos que Galileu roubava as idéias de outras pessoas quando era estudante em Pisa. Ele é um ladrão!”

A4:

“Galileu disse que se uma pena e um pincel estando no vácuo cairiam ao mesmo tempo. Como ele sabia o que era o vácuo? Quais os argumentos sobre a resistência do ar?”

A1:

“Passamos a palavra para a defesa.”

Trocam-se os alunos e se apresentam os advogados de defesa, que serão identificados como D1, D2, D3 e D3.

D1:

“Senhores jurados, eu falo em nome de todo o meu grupo, pedimos perdão para Galileu, esse homem contribuiu muito para o progresso da ciência, ele construiu o melhor telescópio de todos os tempos, e com tanta tecnologia ele constatou que o modelo de Copérnico estava certo, não tinha a intenção de ferir a igreja, apenas quer contribuir com o progresso da Física! Antes dele, tudo eram suposições, nada era verdadeiramente provado. Ele provou! Por que a Terra não podia se mover? Ser contra as Leis da igreja é um crime? É justo ser condenado por expor suas idéias? Coloquem a mão (*sic*) na consciência senhores. Esperamos que os senhores não condenem um homem que é inocente por saber e ser inteligente demais!”

D2:

“Galileu foi um homem à frente de seu tempo. Galileu foi o criador do método experimental . E o que isso significa? Que Galileu foi o primeiro a realizar uma análise crítica dos fenômenos observados, depois dessa análise, passa-se pela experiência e por último concluí-se, que seja o método experimental é uma seqüência de fatos:

1º. – Formular uma hipótese;

2º. – Fazer a experiência;

3º. Conclui se a hipótese é certa ou errada.

E Galileu foi o primeiro a conseguir formular o método indutivo. Foi o primeiro a observar o céu noturno com uma luneta, fez muitas descobertas através de suas deduções e utilizou o método experimental para isso, isso não é bruxaria e sim método experimental. Como poderemos condenar alguém com tamanha visão? Obrigado.”

D3:

“ Senhores, Galileu é um homem extremamente inteligente, o que torna um excelente observador, não é a toa que começou a estudar medicina com apenas dezessete anos, inventou instrumentos como o compasso geométrico e militar.

O maior crime de Galileu foi o de acreditar nas idéias de Copérnico e daí para se ajustar aos experimentos de Galileu foi um passo, pois justificam os efeitos das marés.

Certa vez Galileu recebeu uma ótima recompensa por ter criado uma luneta que aumentava trinta e duas vezes e os governantes o nomearam professor perpétuo, como agora ele pode ser condenado? Em um dia ele é o herói, no outro bandido? Pesem suas decisões senhores?

Galileu só trouxe benefícios para a humanidade: valorizou a técnica, não procurou o “por que”, nem tentou explica-las, mas procurou o “como” as coisas aconteciam; aliou a experiência e a matemática à física; foi o primeiro a verificar o que mais tarde ficou conhecido como “Lei da Inércia”; estabeleceu a lei da queda dos corpos, enfim senhores são tantos os argumentos que temos a favor julgado como um cidadão, que muito colaborou com a ciência e para a prosperidade das mais modernas sociedades, pois sem a ajuda dele, a ciência poderia ter tomado rumos que nós nem conseguimos imaginar. Obrigado”

Assim seguiu o julgamento e os jurados absolveram Galileu.

Um fato curioso ocorreu no julgamento. No dia seguinte, a mãe de um aluno – que representava um advogado de acusação – não se conformou pela perda do grupo o qual seu filho pertencia, indo até a escola argumentar que seu marido era advogado e que havia ensinado ao seu filho todos os truques para que seu grupo ganhasse a “causa”. Deste modo, asseguraria a vitória do grupo. Após ser esclarecida que ter perdido no julgamento não implicava na perda de nota dos

alunos, dado que o que valia era o trabalho de pesquisa escrita e desenvolvida em sala de aula, como também os debates feitos por eles na elaboração do julgamento, a mãe se demonstrou mais compressiva, porém ainda não conformada com o fato.

Essa atitude da mãe satisfaz as expectativas próprias da metodologia aqui proposta, pois se conseguiu mobilizar uma parte da comunidade escolar com um trabalho desenvolvido em sala de aula. Além do mais, pode-se perceber que o trabalho de pesquisa envolveu os pais, irmãos, parentes e, inclusive, outros professores de Física, como também outras disciplinas da escola.

O trabalho de pesquisa e dramatização realizado em sala de aula foi aprovado pelos alunos da turma controle e pelos alunos da turma 133 – que estavam assistindo o julgamento. Todos os alunos presentes responderam a uma ficha de avaliação com as seguintes perguntas:

1. Você gostou de assistir a essa aula de física?

sim       não

2. Quantas coisas novas você poderia dizer que aprendeu nessa aula?

20%       50%       80%       100%

3. Você já aprendeu alguma vez algo sobre a História da Física?

sim       não

4. Caso você tivesse aprendido, você acredita que teria aprendido mais?

( ) sim            ( ) não

Havia, no momento da pesquisa, 72 pessoas, incluindo professores e alunos.

Os resultados obtidos foram os seguintes:

Para a pergunta número 1 (um) 98% dos participantes responderam sim, ou seja, que apreciaram a dinâmica trabalhada em sala de aula, contra 2% que responderam negativamente.

Para a pergunta número 2 (dois): 64% responderam 80%, enquanto 21% dos entrevistados responderam 100% de aprendizado de coisas novas. 12% responderam 50% e 3% de toda a amostra respondeu 20%.

Na terceira pergunta, obteve-se uma média, dada a participação de alunos da turma controle, e não somente da turma experimental. 56% dos entrevistados responderam não ter tido até aquele momento conhecimento de História da Física, enquanto 46% da amostragem geral de alunos sim.

Na quarta e última pergunta 63% dos entrevistados responderam que poderiam ter aprendido mais com a aula se tivessem um conhecimento prévio de História da Física. 37% responderam negativamente à questão.

Com base nos dados coletados pode-se afirmar que a experiência foi válida, tanto para aqueles que assistiram como para os outros que trabalharam na pesquisa.



**APÊNDICE C - TEXTO TRABALHADO EM AULA**

## Texto 1: A Física

A Física é uma das ciências que estuda os fenômenos da natureza, analisa os aspectos físicos da energia, da matéria, dos movimentos mecânicos, luminosos, elétricos e magnéticos; auxilia ainda outras ciências como a química, a medicina e a geografia, etc.

A ciência funciona fundamentalmente através de modelos, ou seja, ela é apenas uma maneira de se entender e representar a realidade. Se olharmos para a história veremos o quanto o conhecimento modificou o modo de pensar e de viver. Os primeiros físicos eram conhecidos como filósofos, pois nessa época não existia distinção entre as ciências (Biologia, Física, Química). O patrono da Filosofia foi Tales de Mileto que viveu no período de 640-548 a.C. Tales de Mileto acreditava que tudo vinha da água. Seguindo-se a ele veio Platão que viveu entre 428-348 a.C., que se preocupava com o homem e o seu contexto social, queria encontrar a harmonia perfeita entre o homem e o Universo. Depois de Platão, com Heráclito de Éfeso (540 a.C. – 480 a.C.) ouvimos falar em repouso e movimento, tornando-se assim, o nosso ponto de referência inicial no curso de Física 1 desse semestre.

No século IV a.C., o filósofo grego Heráclito de Éfeso acreditava que o Universo vivia em perpétua mudança, ele costumava dizer: *“Não poderás banhar-te duas vezes nas águas do mesmo rio”*. Ele pensava que mesmo se a pessoa permanecesse no rio, ela e as águas não seriam mais as mesmas, ou seja, de que tudo estaria em movimento. No entanto, devemos tomar cuidado, hoje sabemos que o movimento depende de um ponto de referência que estudaremos mais tarde, chamado *referencial*.

Foi também no século IV a .C. que os gregos começaram a pensar nos fenômenos da natureza como “coisas da natureza” e não como intervenção dos Deuses, e foi exatamente deste modo que a Física dos movimentos começou a ser esboçada.

A organização dos pensamentos dos filósofos antigos, aparece nas obras de Aristóteles (384 a .C.- 322 a .C.), onde os movimentos têm pela primeira vez, uma explicação física.

Para entendermos o Universo da época de Aristóteles, como a ciência aristotélica explicava os fenômenos da natureza e como evoluiu a Física desde essa época até a época de Newton, faça para a próxima aula um levantamento histórico dos principais obras de Aristóteles (lembrem-se que Aristóteles era filósofo, e muito de sua obra gira em torno dessa ciência, para nós o principal é o que ele pensa no campo da física!) e como ele concebia os movimentos (PIAGET, J. & GARCIA, R. Psicogênese e História das ciências. Lisboa: Dom Quixote, 1987)..

**ANEXOS**

**ANEXO A – FORCE CONCEPT INVENTORY**



# ESCOLA ESTADUAL TÉCNICA SÃO JOÃO BATISTA

"Não tem como educar sem humanizar.  
A educação é uma ação de humanização do homem, para que ele possa  
conviver harmoniosamente, com princípios morais e éticos que são de humanidade."

115

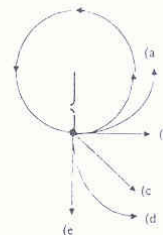
Nome(a): \_\_\_\_\_ N° \_\_\_\_\_ Turma \_\_\_\_\_  
Disciplina: \_\_\_\_\_ Professor(a): \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**ATENÇÃO:** Como se trata de um diagnóstico, sem influência na nota final, servindo apenas para um trabalho de investigação e para orientar melhor o planejamento da cadeira, visando o interesse dos alunos.

- não marque alternativas por sorte: é preferível deixar a questão em branco
- escolha apenas uma alternativa em cada questão; se mudar de ideias, faça um círculo sobre a marca já feita  $\otimes$  e marque outra alternativa  $\times$ .

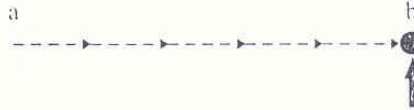
1. Duas esferas de metal têm o **mesmo tamanho** mas uma pesa **o dobro** da outra. Estas esferas são lançadas ao mesmo tempo do topo de um edifício de dois pisos. O tempo que as esferas levarão para alcançar o chão será
  - a) cerca de **metade** para a esfera **mais pesada**;
  - b) cerca de **metade** para a esfera **mais leve**;
  - c) aproximadamente **o mesmo** para **ambas** as esferas;
  - d) consideravelmente **menor** para a esfera **mais pesada**, mas **não necessariamente a metade** do tempo que a outra;
  - e) consideravelmente **menor** para a esfera **mais leve**, mas **não necessariamente na metade** do tempo que a outra.
2. Imagine uma colisão frontal entre um **grande caminhão** e um **pequeno carro**. **Durante** a colisão
  - a) o **caminhão** exerce uma força sobre o carro **maior** do que a que o carro exerce sobre o caminhão;
  - b) o **carro** exerce uma força sobre o caminhão **maior** do que a que o caminhão exerce sobre o carro;
  - c) **nenhum** exerce força sobre o outro; o carro é amolgado simplesmente porque **estava no caminho** do caminhão;
  - d) **o caminhão exerce** uma força sobre o carro mas **o carro não exerce** qualquer força sobre o caminhão;
  - e) o **caminhão** exerce uma força sobre o carro **igual** à que a que o carro exerce sobre o caminhão.
3. Duas esferas de aço, uma com **o dobro** do peso da outra, rolam sobre uma superfície horizontal com a mesma velocidade até caírem. Nesta situação,
  - a) **ambas** as esferas toquem o chão a aproximadamente a **mesma** distância horizontal à base da mesa;
  - b) a esfera **mais pesada** toca o chão a aproximadamente a **metade** da distância horizontal à base da mesa que a mais leve;
  - c) a esfera **mais leve** toca o chão a aproximadamente a **metade** da distância horizontal à base da mesa que a mais pesada;
  - d) a esfera **mais pesada** toca o chão a uma distância horizontal à base da mesa **menor** que a mais leve, mas **não necessariamente a metade** dela;
  - e) a esfera **mais leve** toca o chão a uma distância horizontal à base da mesa **menor** que a mais pesada, mas **não necessariamente a metade** dela.

4. Uma esfera pesada é atada a uma corda e girada num plano horizontal como ilustrado na figura ao lado. No ponto indicado, a corda **parte-se** repentinamente. Observado **de cima**, indique o caminho feito pela esfera após a ruptura da corda.

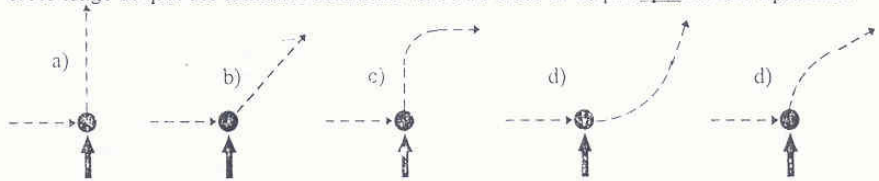


5. Um estudante lança uma esfera de metal directamente para cima. **Desconsiderando-se quaisquer efeitos de resistência do ar**, as forças actuando na esfera até o seu retorno ao chão são:
  - a) o seu **peso** verticalmente para baixo, juntamente com uma **força para cima** continuamente decrescente;
  - b) **uma força para cima**, continuamente decrescente desde o momento em que a esfera deixa a mão e até que ela atinge **o ponto mais alto**, após o que há a **força da gravidade** para baixo e **continuamente** crescente à medida que a esfera se aproxima do chão;
  - c) a **força da gravidade** para baixo e **constante**, juntamente com uma **força para cima** que **continuamente diminui** até que a esfera atinge o seu ponto **mais alto**, após o que há apenas a **força da gravidade** para baixo e **constante**;
  - d) **apenas a força da gravidade** para baixo e **constante**;
  - e) **Nenhuma das anteriores**: a esfera cai de volta à terra simplesmente porque é a sua **tendência natural**.

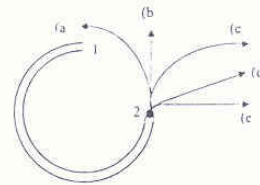
- Refira-se ao diagrama e explicação abaixo para responder as próximas quatro questões.
- O diagrama representa um disco de hóquei a deslizar, com velocidade constante, do ponto a ao ponto b sobre a superfície do gelo horizontal e sem atrito. Quando o disco atinge o ponto b, recebe uma pancada instantânea horizontal na direcção indicada pela seta mais grossa.



6. Ao longo de qual dos caminhos abaixo mover-se-á o disco de hóquei após receber a pancada?



7. A velocidade do disco imediatamente após receber a pancada é:
- igual à velocidade  $v_0$  que ele possuía antes de receber a pancada;
  - igual à velocidade  $v$  que ele adquire pela pancada, independentemente da velocidade  $v_0$  que ele possuía antes de receber a pancada;
  - igual à soma aritmética das velocidades  $v_0$  e  $v$ ;
  - menor que qualquer das velocidades  $v_0$  ou  $v$ ;
  - maior que qualquer das velocidades  $v_0$  ou  $v$ , mas menor que a soma aritmética destas duas velocidades.
8. Ao longo do caminho sem atrito que você escolheu na questão 6, como varia a velocidade do disco após receber a pancada?
- Sem alteração;
  - Cresce continuamente;
  - Decresce continuamente;
  - Cresce durante um certo tempo e decrece em seguida;
  - É constante durante um certo tempo e decrece em seguida.
9. As principais forças em actuação sobre o disco, após a pancada, ao longo do caminho sem atrito que você escolheu na questão 6 são:
- a força da gravidade para baixo e o efeito da pressão do ar;
  - a força da gravidade para baixo e a força do momento horizontal na direcção do movimento;
  - a força da gravidade para baixo, uma força para cima exercida sobre o disco pela superfície do gelo e uma força do momento horizontal na direcção do movimento;
  - a força da gravidade para baixo e uma força para cima exercida sobre o disco pela superfície do gelo;
  - a gravidade não exerce força sobre o disco, ele desloca-se devido à sua tendência para os objectos caírem para seu lugar natural.

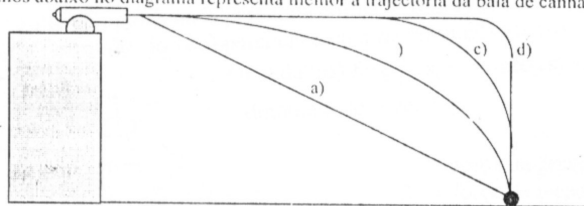


10. O diagrama ao lado representa um tubo semicircular solidamente fixado sobre o plano horizontal de uma mesa. Uma esfera de metal é lançada no tubo pela abertura 1 e sai pela abertura 2. Qual dos caminhos representados corresponderia mais de perto ao caminho da esfera ao sair pela abertura 2 e rolar sobre a mesa?

11. O estudante  $A$  com um peso equivalente a 95 kg e o estudante  $B$  com um peso equivalente a 60 kg sentam-se, defronte um para o outro, em cadeiras de escritório com rodízios, sem apoiarem os pés no chão, de forma a poderem deslizar livremente. O estudante  $A$ , com as pernas flexionadas, apoia os pés nos joelhos do estudante  $B$  e distende bruscamente as pernas empurrando o estudante  $B$  imóvel em sua cadeira, fazendo ambas as cadeiras rolarem. Nesta operação,
- nenhum estudante exerce força sobre o outro;
  - o estudante  $A$  exerce uma força sobre o estudante  $B$  mas o estudante  $B$  não exerce qualquer força sobre o  $A$ ;
  - cada estudante exerce uma força sobre o outro mas o estudante  $B$  exerce a força maior;
  - cada estudante exerce uma força sobre o outro mas o estudante  $A$  exerce a força maior;
  - ambos os estudantes exercem forças de mesma intensidade.

AVL

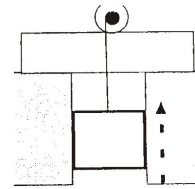
12. Um livro está deitado sobre o tampo de uma mesa. Qual(is) da(s) força(s) seguintes está(ão) a agir sobre o livro?
1. Uma força para **baixo** devida à **gravidade**.
  2. Uma força para **cima** devida à **mesa**.
  3. Um 1 força para **baixo** devida à **pressão do ar**.
  4. Uma força para **cima** devida à **pressão do ar**.
- a) Apenas a força 1;
  - b) As forças 1 e 2;
  - c) As forças 1, 2 e 3;
  - d) As forças 1, 2 e 4;
  - e) Nenhuma das anteriores. Uma vez que o livro está **imóvel**, **não há forças** a actuar sobre ele.
- Refira-se à explicação abaixo para responder às próximas duas questões.
  - Um pesado camião avaria-se na estrada e recebe ajuda de um pequeno carro.
13. Enquanto o carro, já a empurrar o camião, **está a aumentar a velocidade** para um valor razoável para a viagem,
- a) a força exercida pelo **carro** sobre o camião para empurrá-lo é **igual** à força que o camião exerce de volta contra o carro;
  - b) a força exercida pelo **carro** sobre o camião para empurrá-lo é **menor** que a força que o camião exerce de volta contra o carro;
  - c) a força exercida pelo **carro** sobre o camião para empurrá-lo é **maior** que a força que o camião exerce de volta contra o carro;
  - d) o **carro** tem o motor **a trabalhar** e **exerce** força sobre o camião para empurrá-lo mas o motor do **camião** está **desligado** e portanto o camião **não exerce** força de volta contra o carro; o **camião** é empurrado para a frente simplesmente porque está **no caminho do carro**;
  - e) **nem o carro nem o camião** exercem qualquer forças um sobre o outro, o **camião** é empurrado para a frente simplesmente porque está **no caminho do carro**.
14. Depois que o carro, sempre a empurrar o camião, atinge a velocidade que o seu condutor quer manter **constante** durante o restante da viagem,
- a) a força exercida pelo **carro** sobre o camião para empurrá-lo é **igual** à força que o camião exerce de volta contra o carro;
  - b) a força exercida pelo **carro** sobre o camião para empurrá-lo é **menor** que a força que o camião exerce de volta contra o carro;
  - c) a força exercida pelo **carro** sobre o camião para empurrá-lo é **maior** que a força que o camião exerce de volta contra o carro;
  - d) o **carro** tem o motor **a trabalhar** e **exerce** força sobre o camião para empurrá-lo mas o motor do **camião** está **desligado** e portanto o camião **não exerce** força de volta contra o carro; o **camião** é empurrado para a frente simplesmente porque está **no caminho do carro**;
  - e) **nem o carro nem o camião** exercem qualquer forças um sobre o outro, o **camião** é empurrado para a frente simplesmente porque está **no caminho do carro**.
15. Quando uma bola de borracha parada é deixada cair de uma certa altura sobre o chão e salta, o **sentido** do seu movimento **inverte-se** porque
- a) a **energia** da bola **conserva-se**;
  - b) o **momento** da bola **conserva-se**;
  - c) o **chão** exerce uma força sobre a bola que interrompe a sua queda e **impulsiona-a** para cima;
  - d) o chão está **no caminho** da bola e esta tende a continuar a mover-se;
  - e) nenhuma das anteriores.
16. Qual dos caminhos abaixo no diagrama representa melhor a trajectória da bala de canhão?



17. Uma pedra ao cair de tecto de um edifício baixo para o chão,
- a) atinge a sua **velocidade máxima pouco depois** de começar a cair e **a partir daí** cai com **velocidade constante**;
  - b) **acelera** enquanto cai, **principalmente** porque quanto **mais perto** do chão, **maior** a atracção gravitacional;
  - c) **acelera** por causa da **força gravitacional constante** que age sobre ela;
  - d) cai por causa da **tendência natural** dos objectos a cair para o chão;
  - e) cai por causa de uma **combinação** da **força da gravidade** e da **pressão do ar** que a empurra **para baixo**.

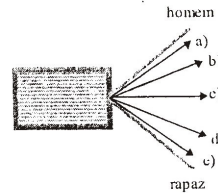


18. Um elevador, como ilustrado, está a ser puxado para cima por um cabo de aço. Quando o elevador está a mover **para cima com velocidade constante**,

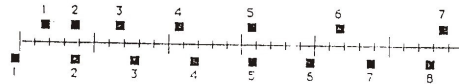


- a) a força para cima exercida pelo **cabo** sobre o elevador é **maior** que a **força da gravidade** para baixo;  
 b) a força para cima exercida pelo **cabo** sobre o elevador é **igual** à **força da gravidade** para baixo;  
 c) a força para cima exercida pelo **cabo** sobre o elevador é **menor** que a **força da gravidade** para baixo;  
 d) ele vai para cima **porque** o cabo está a **encurtar**, e **não** por causa da **força** que este exerce sobre o elevador;  
 e) a força para cima exercida pelo **cabo** sobre o elevador é **maior** que a força para baixo derivada da **combinação** dos efeitos da **pressão do ar** e da **gravidade**.
- Para responder as questões seguintes, assuma que quaisquer **forças de atrito** devidas à resistência do ar são tão pequenas que **possam ser ignoradas**.

19. Um **homem forte** e um **rapaz** estão a puxar, tão forte quanto podem, duas cordas amarradas a um caixote de mercadorias, tal como ilustrado no diagrama ao lado. Qual dos caminhos indicados corresponderia melhor ao caminho do caixote enquanto eles o puxam?

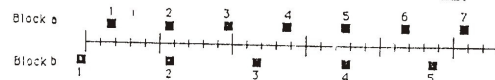


A posição de dois blocos em intervalos sucessivos de 0,20s, estão representados pelos quadrados numerados no diagrama abaixo. Os blocos estão se movimentando para a direita.



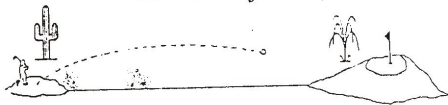
20. Os blocos sempre possuem a mesma velocidade?  
 (A) não  
 (B) sim, no instante 2  
 (C) sim no instante 5  
 (D) sim no instante 2 e 5  
 (E) sim durante o intervalo 3 a 4

Posição de dois blocos em sucessivos e iguais intervalos de tempo, estão representados pelos quadrados no diagrama abaixo. Os blocos estão se movendo para a direita.



21. A aceleração de dois blocos estão relacionadas como se segue:  
 (A) a aceleração de "a" > aceleração de "b"  
 (B) aceleração de "a" = aceleração de "b" > 0  
 (C) aceleração de "b" > aceleração de "a"  
 (D) aceleração de "a" = aceleração "b" = 0  
 (E) não há informação suficiente para responder.

22. Uma bola de golfe é impulsionada para uma colina. É observada a viagem através do ar, com uma trajetória (caminho do voo) parecida com a representada abaixo.

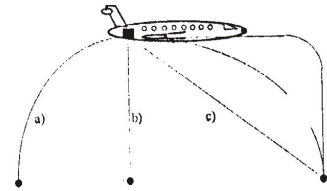


Qual da (as) força (as) seguinte(es) estão atuando na bola de golf durante todo o voo?

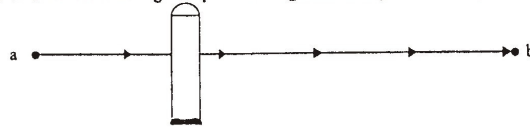
- (A) somente a 1  
 (B) 1 e 2  
 (C) 1, 2 e 3  
 (D) 1 e 3  
 (E) 2 e 3

1. a força da gravidade  
 2. a força da tacada  
 3. a força da resistência do ar

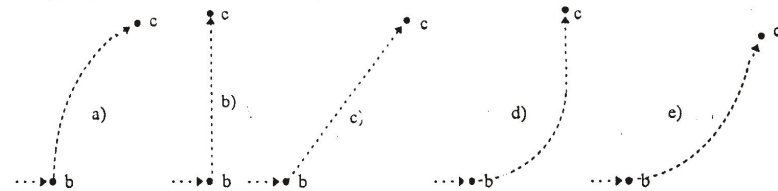
23. Uma bola de *bowling* cai acidentalmente do compartimento de carga de um avião enquanto ele voa horizontalmente. Visto da terra, qual o caminho mais próximo, dentre os representados, corresponde ao que a bola de boliche vai seguir após deixar o avião?



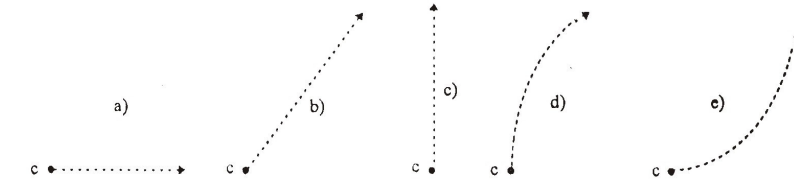
- Refira-se ao diagrama e explicação abaixo para responder as próximas quatro questões.
- Um foguetão está à deriva lateralmente do ponto a ao ponto b no espaço, sujeito a forças nenhuma. No ponto b o motor do foguetão é ligado para produzir um empuxo constante a um ângulo recto com relação à linha a-b. O motor é desligado quando o foguetão atinge um certo ponto c.



24. Qual dos caminhos abaixo melhor representa o caminho do foguetão entre os pontos b e c?

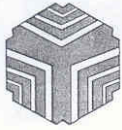


25. Enquanto o foguetão move-se de b para c, sua velocidade é
- constante;
  - continuamente crescente;
  - continuamente decrescente;
  - crescente por um certo tempo e constante daí por diante;
  - crescente por um certo tempo e decrescente daí por diante.
26. No ponto c o motor do foguete é desligado. Qual dos caminhos abaixo melhor representa o caminho do foguetão após o ponto c?



27. Após o ponto c, a velocidade do foguetão é
- constante;
  - continuamente crescente;
  - continuamente decrescente;
  - crescente por um certo tempo e constante daí por diante;
  - crescente por um certo tempo e decrescente daí por diante.
28. Uma grande caixa está a ser empurrada sobre o chão a velocidade constante. O que se pode concluir sobre as forças a agir sobre a caixa?
- Se a força aplicada à caixa é dobrada, a velocidade constante da caixa aumentará para o dobro;
  - A força aplicada à caixa para move-la a velocidade constante tem ser maior que o seu peso;
  - A força aplicada à caixa para move-la a velocidade constante tem de ser igual às forças de atrito que resistem ao seu movimento;
  - A força aplicada à caixa para move-la a velocidade constante tem de ser maior que as forças de atrito que resistem ao seu movimento;
  - Há uma força aplicada à caixa para move-la mas forças externas tais como as de atrito não são forças reais, simplesmente resistem ao movimento.
29. Se a força aplicada à caixa no problema anterior é subitamente retirada, a caixa irá:
- parar imediatamente;
  - continuar a velocidade constante por um período muito curto de tempo e em seguida reduzir a velocidade até parar;
  - começar imediatamente a reduzir a velocidade até parar;
  - continuar a velocidade constante;
  - aumentar a sua velocidade por um período muito curto de tempo e em seguida começar a reduzir a velocidade até parar.

**ANEXO B – PROVAS ALUNOS**



# ESCOLA ESTADUAL TÉCNICA SÃO JOÃO BATISTA

"Não tem como educar sem humanizar.

A educação é uma ação de humanização do homem, para que ele possa conviver harmoniosamente, com princípios morais e éticos que são de humanidade."

Aluno(a): \_\_\_\_\_ N° \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

Disciplina: \_\_\_\_\_ Professor(a): \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

1º Bimestre

1) Por que os corpos caem?

5) Hoje sabemos que a Terra puxa os corpos para ela com a gravidade, mas antigamente nos tempos de Aristóteles eles acreditavam que os corpos caíam porque eles eram iguais. Para eles existiam 2 universos: o sublimar e o supralunar. Os sublimares os corpos se deslocavam em linhas que flutuavam, por exemplo a fumaça, e os iguais que caíam, por exemplo uma pedra, por isso hoje chamamos de 10 velocidade, porque sem os corpos iguais de Aristóteles, a gravidade não se movia de conforma a que vai sublimar até que quando chegamos no espaço de 10 de a 10 temos o vácuo

2) Calcule a gravidade na superfície da Terra a 1000m acima da superfície

15) como gravidade 9,8 m/s<sup>2</sup>

$$g = \frac{G \cdot M}{r^2}$$

$$g = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}{(6,4 \cdot 10^6)^2} \Rightarrow \frac{40,02 \cdot 10^{13}}{40,96 \cdot 10^{12}}$$

$$20 \quad 0,977 \cdot 10^{12} \approx 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$g = \frac{G \cdot M}{(r+h)^2} \Rightarrow \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}{(6,4 \cdot 10^6 + 0,001 \cdot 10^6)^2}$$

$$g = \frac{40,02 \cdot 10^{13}}{(6,401 \cdot 10^6)^2}$$

$$g = \frac{40,02 \cdot 10^{13}}{40,933 \cdot 10^{12}}$$

$$g = 0,977 \cdot 10^{12}$$

$$g = 9,77 \text{ m/s}^2$$

h = 1000m  
r = 0,001 10<sup>6</sup>

25

30



# ESCOLA ESTADUAL TÉCNICA SÃO JOÃO BATISTA

"Não tem como educar sem humanizar.

A educação é uma ação de humanização do homem, para que ele possa conviver harmoniosamente, com princípios morais e éticos que são de humanidade."

Aluno(a): \_\_\_\_\_ Nº \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

Disciplina: \_\_\_\_\_ Professor(a): \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

1. Qual a sua opinião sobre as ideias de Aristóteles?

5. Acho que ele tinha muita imaginação. Ele morreu 340 anos antes de Cristo não tinha nada de interessante para fazer, não tinha tecnologia, não tinham relógio (não como nós conhecemos), não tinha espelho, água encanada, nada. Pra gente chegar onde nós estamos hoje, alguém tinha de temer e foi Aristóteles. Ele não pintou só na física, pintou também na Biologia, descrevendo os animais e flores que ele achava. Hoje a gente sabe que não existe o universo sublunar, supralunar, que a Terra não é o centro do universo mas para eles, na época, era por a melhor explicação que eles conseguiram.

20. Qual a velocidade média em km/h de um ônibus que saiu p/ uma viagem de 500 km às 8h 54 min 32 seg e chegou no seu destino às 14h 27 min 15s?

$$\begin{array}{r}
 14\text{h } 27' 15'' \text{ } 25 \\
 - 8\text{h } 54' 32'' \\
 \hline
 5\text{h } 32' 43''
 \end{array}
 \quad \left. \begin{array}{l}
 1\text{h} = 60\text{min} \\
 x = 32
 \end{array} \right\}
 \quad \left. \begin{array}{l}
 1\text{h} = 3600\text{s} \\
 x = 43\text{s} \\
 3600x = 43 \\
 x = 43 / 3600 = 0,011
 \end{array} \right\}$$

$$\begin{array}{l}
 60x = 32 \\
 x = 32 / 60 = 0,53
 \end{array}$$

$$\Delta t = 5\text{h}$$

$$\begin{array}{l}
 30 \quad v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow \frac{500\text{km}}{5,54\text{h}} = 90,2 \text{ km/h}
 \end{array}$$



# ESCOLA ESTADUAL TÉCNICA SÃO JOÃO BATISTA

"Não tem como educar sem humanizar.

A educação é uma ação de humanização do homem, para que ele possa conviver harmoniosamente, com princípios morais e éticos que são de humanidade."

Aluno(a): \_\_\_\_\_ Nº \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

Disciplina: \_\_\_\_\_ Professor(a): \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

3º Prova.

1) O que você entende por velocidade média?

É quando uma pessoa viaja com várias velocidades diferentes e a gente faz uma média para ver durante toda a viagem o tempo que ele vai gastar, a gente calcula  $\Delta s$  que quer dizer: pega todo o caminho percorrido e divide por  $\Delta t$

de por todo o tempo que durou a viagem, mesmo se a pessoa para pra almoçar ou lanchor esse tempo entra na viagem e diminui a velocidade média fazendo a gente chegar mais tarde no nosso destino.

2) Um carro viaja por uma estrada de 600 Km Na 1ª metade ele demorou 2h 30 min e na 2ª metade 3 horas. Qual foi a sua velocidade média durante todo o trajeto?

$\Delta s = 600 \text{ Km}$   $\Delta t = 3 \text{ h}$   
 $\Delta t = 2 \text{ h } 30 \text{ min} = 2 \text{ h } + 0,5 \text{ h}$   $\Delta t \text{ total} = 2,5 + 3 = 5,5 \text{ horas}$   
 $1 \text{ h} = 60 \text{ minutos}$   
 $x - 30 \text{ minutos}$   $v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow \frac{600 \text{ Km}}{5,5 \text{ h}} \Rightarrow 109,1 \text{ Km/h}$   
 $60x = 30$   
 $x = 0,5 \text{ h}$





# ESCOLA ESTADUAL TÉCNICA SÃO JOÃO BATISTA

“Não tem como educar sem humanizar.  
A educação é uma ação de humanização do homem, para que ele possa  
conviver harmoniosamente, com princípios morais e éticos que são de humanidade.”

Aluno(a): \_\_\_\_\_ N° \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

Disciplina: \_\_\_\_\_ Professor(a): \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

1ª Prova

1) Como obtivemos as fórmulas do MU? Quais as principais características desse movimento?

O MU é um movimento retilíneo (anda em linha reta) e sempre com a mesma velocidade (nunca muda)

$$VM = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad \text{p/ MU} \Rightarrow \frac{V}{1} = \frac{S - S_0}{t}$$

$$S - S_0 = Vt$$

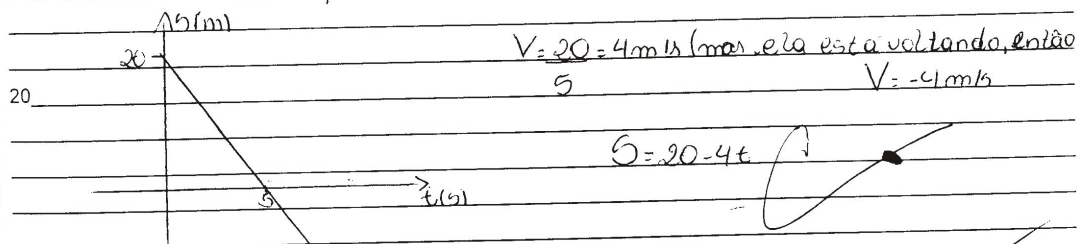
$$S = S_0 + Vt$$

2) Determine a função horária do MU e responda:

15 a) Qual sua posição no instante 7.5?

b) Existe S negativo?

c) Qual o instante em que o móvel está na posição -40m?



25

a)

$$S = 20 - 4t$$

$$S = -8m$$

b) Sim, quer dizer que ele anda na parte negativa da trajetória

c)

$$-40 = 20 - 4t$$

$$-40 - 20 = -4t$$

$$-60 = -4t$$

$$-60 = -t$$

$$-4$$

$$t = 12.5$$

30



# ESCOLA ESTADUAL TÉCNICA SÃO JOÃO BATISTA

"Não tem como educar sem humanizar."

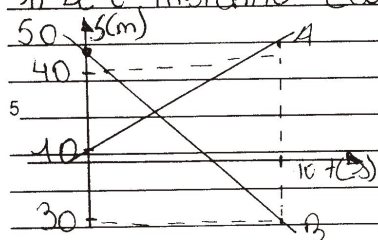
A educação é uma ação de humanização do homem, para que ele possa conviver harmoniosamente, com princípios morais e éticos que são de humanidade."

Aluno(a): \_\_\_\_\_ Nº \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

Disciplina: \_\_\_\_\_ Professor(a): \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

5ª Prova

1) De o instante ea posição de encontro:



10) 214 bilhões de quilômetros da terra, a sonda espacial Voyager de 825 kg mancha no espaço desde 1989. O seu combustível acabou um 4990' apósis daí, quem a movimentar?

Respostas

$$V = 45 - 80 = 8 \text{ m/s}$$

15) a)  $5B = 50 - 8t$

b)  $4T = 10$

$$5A = 10 + 3t$$

$$50 - 8t = 10 + 3t$$

$$5A = 10 + 3t$$

$$-8t - 3t = 10 - 50$$

$$S = 209 \text{ m}$$

$$-11t = -40$$

20)  $T = 3,65$

2) Na terra um corpo não consegue flutuar pois a gravidade o puxa para o chão. Já no espaço a gravidade é diferente por isso o fez com que ele flutuasse até bilhões de quilômetros de distância.

30





**ESCOLA ESTADUAL TÉCNICA SÃO JOÃO BATISTA**

"Não tem como educar sem humanizar.  
A educação é uma ação de humanização do homem, para que ele possa  
conviver harmoniosamente, com princípios morais e éticos que são de humanidade."

Aluno(a): \_\_\_\_\_ Nº \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_  
Disciplina: \_\_\_\_\_ Professor(a): \_\_\_\_\_ Data: 1 / 1

6ª Primitiva

B

5) 1) Qual a importância de Bruidem para as idêias da Física?

2) Eluma competição de arco e Flecha, a flecha é atirada em uma alva pelo arco. Como você explica o fato de flecha continuar em movimento depois de abandonar o arco?

3) Um móvel se movimenta segundo se conhece  $s = 65 + 2t - 3t^2$  (SI). Peça:

a) a posição inicial, a velocidade inicial e a aceleração de campo.

b) a função horária da velocidade.

c) O instante em que o móvel para pela primeira vez.

d) O gráfico  $s \times t$  e  $v \times t$

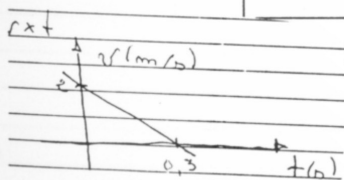
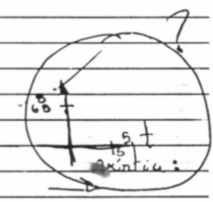
1- Resposta = Bruidem nasceu por via A.C. e suas idêias são importantes porque ele usou o método de física diferente de Aristóteles.

2- Resposta = Quando a flecha foi lançada houve um certo impulso que deu a ela a velocidade quando não tinha outra força que atuasse no corpo quando ele estava em movimento.

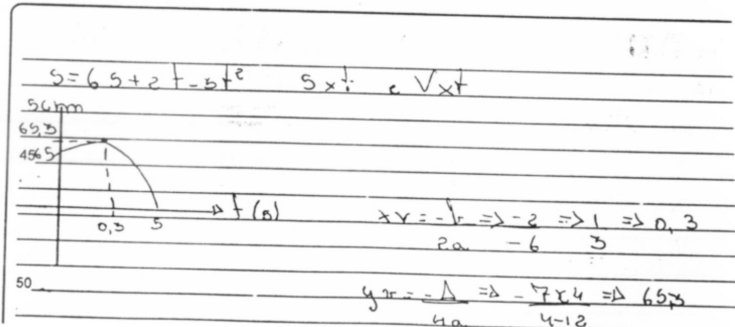
2- Resposta = Quando a flecha foi lançada houve um certo impulso que deu a ela a velocidade quando não tinha outra força que atuasse no corpo quando ele estava em movimento.

3- R = a)  $s_0 = 65 \text{ m}$       b)  $v = v_0 + a \cdot t$   
 $v_0 = 2 \text{ m/s}$                        $v = 2 - 6t$   
 $a = -6 \text{ m/s}^2$

c)  $0 = 65 + 2t - 3t^2$   
 $t = \frac{-2 \pm \sqrt{4 - 4(-3)(-65)}}{2(-3)}$



$v = v_0 + a \cdot t$   
 $0 = 2 - 6t$   
 $6t = 2$   
 $t = \frac{2}{6} = \frac{1}{3} = \Delta 0,3$



$y = -\Delta = -7 \times 4 = \Delta 65 \times$   
 $4 \times 12$



# ESCOLA ESTADUAL TÉCNICA SÃO JOÃO BATISTA

"Não tem como educar sem humanizar.

A educação é uma ação de humanização do homem, para que ele possa conviver harmoniosamente, com princípios morais e éticos que são de humanidade."

Aluno(a): \_\_\_\_\_ Nº \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

Disciplina: \_\_\_\_\_ Professor(a): \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

7º Provinha.

Queda livre e lançamento vertical.

5) 1) Abandonam-se dois corpos do alto de um edifício de 180 m de altura. O corpo A tem massa 10 kg e o B tem massa 5 kg. Qual o tempo gasto p/ que os corpos cheguem ao solo? Adote  $g = 10 \text{ m/s}^2$

10

$$S = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

$$180 = 5 \cdot t^2$$

$$180 = \frac{t^2}{5}$$

5

15

$t = 6 \text{ s}$ . O tempo é igual para os dois porque a massa não entra na fórmula dos.

20

25

30



## ESCOLA ESTADUAL TÉCNICA SÃO JOÃO BATISTA

"Não tem como educar sem humanizar.

A educação é uma ação de humanização do homem, para que ele possa conviver harmoniosamente, com princípios morais e éticos que são de humanidade."

Aluno(a): \_\_\_\_\_ Nº \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

Disciplina: \_\_\_\_\_ Professor(a): \_\_\_\_\_ Data: 1/9/

8º Provinha.

1) A velocidade de um automóvel é medida através de um contador que registre  $60$  de voltas dadas pelas duas rodas, desde que se conhece o seu raio. Vamos supor que o diâmetro do roda é  $0,50$  m e o roda efetua  $480$  r.p.m. em cada minuto, determine a velocidade escalar do carro.

10 Use  $\pi = 3,14$ .

$480$  voltas em  $60$  segundos  
 $\times$   $\frac{1 \text{ m}}{1 \text{ segundo}}$

15  $60x = 480$   
 $x = \frac{480}{60} = 8 \text{ Hz}$

20  $\omega = 2\pi \cdot f$   
 $\omega = 2\pi \cdot 8$   
 $\omega = 16\pi$

$v = \omega \cdot r$   
 $v = 16\pi \cdot 0,25$   
 25  $v = 4 \cdot \pi$

$v = 4 \cdot 3,14$   
 $v = 12,56 \text{ m/s}$

30



# ESCOLA ESTADUAL TÉCNICA SÃO JOÃO BATISTA

"Não tem como educar sem humanizar.

A educação é uma ação de humanização do homem, para que ele possa conviver harmoniosamente, com princípios morais e éticos que são de humanidade."

Aluno(a): \_\_\_\_\_ Nº \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

Disciplina: \_\_\_\_\_ Professor(a): \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

9) Prova:

5 1. Qual a importância das ideias de Newton p/a Física?

7. Qual as diferenças entre o mundo Newtoniano e o mundo relativístico?

10 1. R = Newton é o pai da Física. Foi ele que conseguiu mostrar a importância da física, ele criou modelos para gen. Te seguiu a Newton criou a Física e fez 3 leis. 1ª lei do movimento, 2ª lei fundamental e 3ª lei de ação e reação, mas não foi ele quem fez a física. Foi com a física que se criou a física.

15 2. R = Newton criou um mundo que não existia de fato, ele não existia e ele não existia, mas a física é hoje e quem criou a física foi Newton.

20 3. R = Newton criou um mundo que não existia de fato, ele não existia e ele não existia, mas a física é hoje e quem criou a física foi Newton.

25

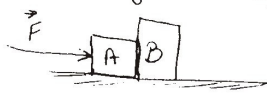
30

# Escola Estadual Técnica São João Batista

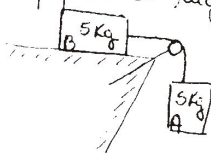
nome:  
turma:

10ª Provenha

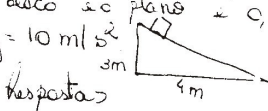
13) Os corpos de massa  $m_A = 4\text{ kg}$  e  $m_B = 16\text{ kg}$  encontram-se apoiados sobre uma superfície horizontal e lisa. Uma força de  $40\text{ N}$  é aplicada conforme a figura. Determine:  
 a) a aceleração dos corpos A e B  
 b) a força que A exerce em B  
 c) a força que B exerce em A.



25) Determine a aceleração do corpo A e a tração no fio, no esquema, sabendo que a superfície é rugosa com coeficiente de atrito  $\mu = 0,3$ . Use  $g = 10\text{ m/s}^2$ .



29) Um bloco de massa  $4,5\text{ kg}$  é abandonado em repouso num plano inclinado. O coeficiente de atrito entre o bloco e o plano é  $0,2$ . Calcule a aceleração com que o bloco desce o plano. Use  $g = 10\text{ m/s}^2$ .



1)  $40 = f$   
 $f = 40$   
 $40 - f = 4a$   
 $f = 16a$   
 $40 = 20a$   
 $\frac{40}{20} = a$   
 $a = 2\text{ m/s}^2$

b)  $f = 16a$   
 $f = 16 \cdot 2$   
 $f = 32\text{ N}$   
 c)  $F_{ação} = F_{reação}$   
 $f = 32\text{ N}$

3)  $\sin^2 \alpha = c_1^2 + c_2^2$   
 $\sin \alpha = \frac{3}{5}$   
 $\cos \alpha = \frac{4}{5}$

$P = m \cdot g$   
 $P = 4,5 \cdot 10$   
 $P = 45\text{ N}$

2)  $P = m \cdot g$   
 $P = 5 \cdot 10$   
 $P = 50\text{ N}$   
 $T - f_{at} = m \cdot a$   
 $T - 15 = 5 \cdot 3,5$   
 $T = 32,5\text{ N}$

$P_x = P \cdot \sin \alpha$   
 $P_x = 45 \cdot \frac{3}{5}$   
 $P_x = 27\text{ N}$   
 $P_y = P \cdot \cos \alpha$   
 $P_y = 45 \cdot \frac{4}{5}$   
 $P_y = 36\text{ N}$   
 $P_y = \text{Normal}$

$P_x - f_{at} = m \cdot a$   
 $27 - 7,2 = 4,5 a$   
 $\frac{19,8}{4,5} = a$   
 $a = 4,4\text{ m/s}^2$

## GLOSSÁRIO

**Animismo:** crença de que os objetos inanimados, especialmente se em movimento, estão vivos e dotados de consciência, intenções, desejos, sentimentos e pensamentos. Por vezes, o animismo, como explicação, é uma forma de pseudonecessidade.

**Centração nos atributos (predicados ou qualidades):** centração em um só aspecto da situação de cada vez (altura × largura, peso × volume, etc.) ou um só ponto de vista (o próprio), obviando outras possíveis dimensões ou pontos de vista diferentes, crendo que todo o mundo vê e pensa como o próprio (egocentrismo).

**Contradições:** até devido à centração em um só aspecto da situação de cada vez e ao egocentrismo, a criança passa facilmente de uma explicação num momento para outra, contraditória àquela, num momento posterior, sem preferência definitiva por nenhuma.

**Egocentrismo:** ausência de objetividade, indissociação entre o sujeito e o mundo exterior, apreender tudo a partir da própria perspectiva, incapacidade de adotar o ponto de vista do outro e pouco esforço para adaptar a

comunicação às necessidades de quem ouve. Manifesta-se também através das pseudonecessidades, da centração nos atributos, do animismo e do finalismo.

**Estruturação dos conceitos num sistema:** mais do que relações funcionais, num estágio mais avançado, os conceitos são articulados num sistema nocional, tal como o newtoniano

**Explicações causais:** formulação de um conjunto de explicações possíveis baseadas num raciocínio dedutivo que permite identificar quais são as conseqüências das ações realizadas sobre a realidade

**Finalismo:** crença de que todos os processos ocorrem tendo em vista um 'ponto de chegada', um propósito, um objetivo a ser atingido, este muitas vezes presente na consciência atribuída ao objeto que realiza a ação (animismo). Lembra tanto a "causa final" e o "lugar natural" aristotélicos quanto a teleologia. Por vezes, o finalismo, como explicação, é uma forma de pseudonecessidade. Freqüentemente o objetivo é o de satisfazer alguma necessidade humana (egocentrismo).

**Indiferenciação dos conceitos** - conceitos básicos afins são confundidos, p. ex., energia, impulso, força, potência e trabalho; massa, peso e volume; seres vivos e inanimados; etc.

**Motor interno:** suposição aristotélica para justificar o movimento dos corpos, uma vez terminado o contato com o motor externo; nas crianças é conseqüência da diferenciação tardia entre os seres vivos e os não-vivos.

**Passagem dos predicados às relações:** passagem gradual do foco da atenção dos aspectos particulares às possíveis relações funcionais entre eles, p.ex., do volume e do peso para a densidade.

**Primado do sensorial:** deixar-se levar mais pelos aspectos perceptivos do problema (cor, peso, etc.) do que mecanismos e explicações menos visíveis.

**Pseudonecessidades:** indiferenciação entre o geral e o necessário, entre o factual e o normativo (se o objecto x é tal como é, é porque ele deve ser assim). A todos os níveis do pensamento científico, a descoberta de um novo possível pode ser longamente bloqueada pelas pseudonecessidades (vide, p.ex., Kepler e as órbitas circulares).

**Transformações:** ser capaz de seguir e ter em conta as transformações físicas, em vez de se fixar somente nos estados iniciais e finais de uma transformação, relacionando os estados anteriores e futuros ou potenciais através da identidade, compensação e reversibilidade do processo.

Estes verbetes foram compilados a partir de nosso entendimento da obra de Piaget & Garcia e com auxílio do Dicionário terminológico de Jean Piaget de Battro (1978).



# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)