



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação

Instituto de Física

Instituto de Química

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS
MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENSINO DE CIÊNCIAS

A FÍSICA NOS BRINQUEDOS
O Brinquedo como Recurso Instrucional no
Ensino da Terceira Lei de Newton

Erizaldo Cavalcanti Borges Pimentel

Brasília – DF
Dezembro 2007



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação

Instituto de Física

Instituto de Química

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS

MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENSINO DE CIÊNCIAS

A FÍSICA NOS BRINQUEDOS
O Brinquedo como Recurso Instrucional no
Ensino da Terceira Lei de Newton

Erizaldo Cavalcanti Borges Pimentel

Dissertação realizada sob a orientação da Prof^a Dr^a Maria de Fátima da Silva Lettere Verdeaux e apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências – Área de concentração: Ensino de Física, pelo Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências.

Brasília – DF
Dezembro 2007

FICHA CATALOGRÁFICA

Pimentel, Erizaldo Cavalcanti Borges
A Física nos Brinquedos – O brinquedo como recurso instrucional no ensino da Terceira Lei de Newton/ UnB, Brasília, 2007.

187 P.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília. Instituto de Física/Química. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências.

1. Educação em Ciências. 2. Ciências – Estudo e Ensino. 3. Ensino de Ciências – Pesquisa – Universidade de Brasília.

FOLHA DE APROVAÇÃO

ERIZALDO CAVALCANTI BORGES PIMENTEL

A FÍSICA NOS BRINQUEDOS - O Brinquedo como Recurso Instrucional no Ensino da Terceira Lei de Newton.

Dissertação apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências – Área de Concentração “Ensino de Física”, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Aprovada em de de

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Maria de Fátima da Silva Lettere Verdeaux
(Presidente - Instituto de Física / UnB)

Prof. Dr. Eugênio Maria de França Ramos
(Membro externo - UNESP / SP)

Prof. Dr. Cássio Costa Laranjeiras
(Membro interno - Instituto de Física / UnB)

Prof. Dr. Wildson Luiz Pereira dos Santos
(Suplente - Instituto de Química / UnB)

DEDICATÓRIA

À minha amada esposa, Cristiana Maria Carneiro de Barros Borges, pela compreensão e apoio a mim dedicados durante todo este tempo de estudo e aprendizado.

À minha filha, Camila Menezes Borges, para que lhe sirva como inspiração e incentivo para continuar sonhando e lutando.

A meu pai, Cícero Cavalcanti de Albuquerque, pelo incentivo dado à minha formação.

Às minhas mães, Maria Lourdes Borges de Albuquerque, Maria José Carneiro (em memória) e Lusía Guidinelle, pelas orações e amor a mim dispensados.

Zaldo Borges

AGRADECIMENTOS

À Deus e aos amigos que, na espiritualidade, nunca me faltaram.

À professora Maria Lourdes Borges de Albuquerque, minha mãe e primeira professora.

À professora Maria de Fátima da Silva Lettere Verdeaux, incentivadora, orientadora e amiga neste mestrado.

Aos professores que tive e aos que terei ao longo de minha carreira de eterno aprendiz.

Aos meus colegas de mestrado, amigos dos debates e de ideais.

Aos professores do PPGEC pela dedicação e compromisso com meu crescimento.

Ao Júnior, secretário do PPGEC, pela solidariedade e atendimento.

Ao amigo André José Trassato pela colaboração no Inglês.

Aos amigos Walquíria Tavares, Patrícia e Jefferson Leal pela colaboração nos textos.

Aos membros da Biblioteca da UnB pela assessoria.

A professora Maria Augusta Ribeiro, pela dedicada revisão no texto.

Aos meus estimados alunos, pela inspiração, motivação e amizade.

Erizaldo Cavalcanti Borges Pimentel

RESUMO

A educação tradicional pouco tem motivado e gerado aprendizagem entre os alunos. Entre tantas alternativas pesquisadas para sua superação, no ensino de Física, a experimentação que utiliza brinquedos que fizeram ou fazem parte da vivência dos alunos, tem sido testada e expressa algum êxito. Esta dissertação apresenta uma aplicação metodológica que faz uso do lúdico como ferramenta pedagógica. Nela, o estudo da Terceira Lei do Movimento é realizado com o uso de esqueites, bolinhas de gude, diversos carrinhos, boneco nadador, pintinho saltador e CDs Flutuantes, estes últimos construídos pelos próprios alunos. Nosso referencial teórico foi a Educação Dialógica do professor Paulo Freire onde, através da conversação, os alunos foram instigados à “curiosidade epistemológica” e a interagirem com os brinquedos sob novos olhares, permitindo (re)descobertas que os levassem a evolução de seus conceitos espontâneos para os conceitos científicos. Os resultados demonstraram um incremento em participação e um acolhimento maior às explicações dadas na demonstração desta lei física. A ludicidade que vem da manipulação com brinquedos, motivou os alunos ao confronto de idéias e a repensarem seus conceitos, evidenciando a possibilidade do brinquedo ser um bom recurso instrucional no ensino de Física. Alguns alunos, no entanto, na realização de um pós-teste, ainda manifestaram dificuldades na compreensão das concepções científicas, demonstrando a necessidade de mais pesquisas na área e de aperfeiçoamentos nos procedimentos metodológicos utilizados.

Palavras-chave: Ensino de Física, Brinquedos, Recursos Instrucionais, Evolução Conceitual.

ABSTRACT

The traditional education has done little in terms of motivating and generate learning among the students. Among many alternatives researched for the overcoming, at the Physics teaching, the experiments with toys that were or still are part of the students' reality have been tested and produced some accomplishments. The present dissertation shows a methodological application that holds the toy as a pedagogical tool. According to it, the study of the Third Law of Movement is done with the use skates, marbles, all sorts of toy cars, swimming and hopping dummies and Floating CDs, these built by the students themselves. Having the "Dialogical Education" by Professor Paulo Freire as a theoretic reference where through conversation the students are impelled to the "epistemological curiosity" and to interact with the toys from a different point of view, allowing (re)discoveries that could take them from their spontaneous concepts to the scientific ones. The results showed an improvement in participating and a better reception of explanations given in the demonstrations of the referred Law. The playfulness derived from the toys handling motivated the students to confront the ideas and rethink their concepts, evidencing the possibility of being um toy a good educational resource for the studies of Physics. Some students, however, in a post-evaluation test, still faced difficulties to comprehend the scientific conceptions, demanding further researches on the subject and improvements on the methodological procedures used.

Keywords: Physics Teaching, Toys, Teaching Resources, Conceptual Evolution.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1:	O movimento do “João Bobo” leva a curiosidade de saber “como ele funciona.”	31
Figura 2:	Pipa tipo “peixinho” em cuja construção são apresentados conceitos de Matemática e Física.	33
Figura 3:	O “looping” dos copinhos de café. Brinquedo fácil de fazer, mas necessita de habilidade e coordenação motora para promover seu movimento.	37
Figura 4:	Esboço da trajetória do “looping” comparada com o lançamento oblíquo.	38
Figura 5:	Perfil epistemológico de Bachelard para o conceito de massa.	44
Figura 6:	Os pares ação-reação: corpo/Terra e corpo/mesa devem ser apresentados separadamente.	48
Figura 7:	A força produzida por Taylane é externa ao sistema Fabrício e o faz acelerar.	50
Figura 8:	Sendo o sistema composto pelo casal, não há deslocamento do centro de massa do sistema.	51
Figura 9:	Um barco à vela não se movimenta devido ao funcionamento de um ventilador a soprar suas próprias velas.	52
Figura 10:	Carrinhos estilo “Mach Box” e o arremessador.	71
Figura 11:	Em três momentos, uma bola de gude choca-se com duas que estavam em repouso.	76
Figura 12:	O carrinho à corda desliza porque não consegue exercer ação sobre o espelho.	78
Figura 13:	Pintinho saltador: ludicidade e simplicidade como recurso instrucional.	81
Figura 14:	O boneco nadador é elucidativo no ensino da Terceira Lei de Newton.	81
Figura 15:	O CD Flutuante desliza sobre uma mesa lisa pela reação do ar sobre o brinquedo.	82
Figura 16:	Esqueites e marcações no chão facilitam a visualização dos deslocamentos.	84
Figura 17:	A ação do aluno sobre a parede é imperceptível, no entanto, a reação da parede sobre o aluno é bem evidente.	86
Figura 18:	Para projetar um dos filmes, basta clicar no ícone ao lado de um dos títulos.	117

LISTA DE TABELAS

Tabela 1:	Definições de brinquedo, jogo e brincadeira	25
Tabela 2:	Indicação das respostas dadas na 1ª questão do pré-teste ..	90
Tabela 3:	Indicação das respostas dadas na 2ª questão do pré-teste ..	91
Tabela 4:	Indicação das respostas dadas na 3ª questão do pré-teste ..	92
Tabela 5:	Indicação das respostas dadas na 4ª questão do pré-teste ..	93
Tabela 6:	Indicação das respostas dadas na 5ª questão do pré-teste ..	95
Tabela 7:	Indicação das respostas dadas na 6ª questão do pré-teste ..	96
Tabela 8:	Indicação das respostas dadas na 7ª questão do pré-teste ..	96
Tabela 9:	Indicação das respostas dadas na 8ª questão do pré-teste ..	96
Tabela 10:	Indicação das respostas dadas na 1ª questão do pós-teste..	106
Tabela 11:	Indicação das respostas dadas na 2ª questão do pós-teste..	107
Tabela 12:	Indicação das respostas dadas na 3ª questão do pós-teste..	108
Tabela 13:	Indicação das respostas dadas na 4ª questão do pós-teste..	109
Tabela 14:	Indicação das respostas dadas na 5ª questão do pós-teste..	111

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
Capítulo 1 – SOBRE AS AULAS TRADICIONAIS DE FÍSICA	16
Capítulo 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
2.1 – Seguindo as pistas	22
2.2 - O lúdico e a educação	24
2.3 - Os brinquedos no ensino de Física	30
2.4 - Concepções prévias e concepções científicas.	40
2.5 - Entendendo a Terceira Lei de Newton	46
2.6 - A Terceira Lei de Newton e as concepções dos alunos	52
Capítulo 3 – REFERENCIAL TEÓRICO	55
3.1 - A educação dialógica de Paulo Freire	55
3.2 - O professor dialógico	62
Capítulo 4 – METODOLOGIA	67
4.1 – Perfil dos alunos	67
4.2 – Etapas do trabalho	67
4.2.1 – Aplicação do pré-teste	68
4.2.2 – Desenvolvimento da metodologia	68
4.2.3 – Aplicação do pós-teste	88
Capítulo 5 – ANÁLISE DOS RESULTADOS	89
5.1 - Análise das respostas apresentadas no pré-teste	89
5.2 – Análise da aula com brinquedos	98
5.3 - Análise das respostas apresentadas no pós-teste	105
5.4 – Avaliação da metodologia pelos alunos	113
Capítulo 6 – PROPOSTA DE AÇÃO PROFISSIONAL	117

CONCLUSÃO	119
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	123
APÊNDICE A – Pré-teste	128
APÊNDICE B – Pós-teste	131
APÊNDICE C – Avaliação da Metodologia	132
APÊNDICE D - Texto complementar à aula	133
APÊNDICE E – DVD – Proposta de ação profissional	135
ANEXO 1 – Pós-testes dos alunos do Grupo Experimental	136
ANEXO 2 – Pós-testes dos alunos do Grupo Controle	153
ANEXO 3 – Avaliações da Metodologia	170
ANEXO 4 – Autorizações para uso de imagem	187

INTRODUÇÃO

Dentre as tantas deficiências verificadas nas aulas de Física, a falta de motivação dos alunos se evidencia como um dos grandes entraves para a melhoria do processo ensino-aprendizagem. As aulas baseadas na metodologia tradicional há muito já se mostram superadas, embora ainda sejam muito utilizadas nas escolas. Estas aulas compõem o que Paulo Freire denominou de “educação bancária” pois é baseada em aulas onde o professor exerce a função de depositante de informações, o que dita sua sapiência, o único que fala. Já os alunos exercem o papel de arquivo, a copiarem o que ouvem do professor, sendo indivíduos secundários na sala de aula. Saad (2005, p. 5) destaca o surgimento de um novo paradigma, onde o aluno não é um mero receptor de informações:

Coloca-se o desafio da transformação da sala de aula, que na maioria das escolas ainda reproduzem os paradigmas que exigiam a formação em massa e em série, como numa linha de montagem de veículos, para ambientes mais favoráveis para o processo da ‘criação e desenvolvimento do conhecimento’, base de um paradigma educacional emergente.

Diversas pesquisas atestam a necessidade de novas metodologias que dinamizem e seduzam os alunos ao aprendizado. Freire (1986, 2006) identifica a importância do diálogo e da vivência dos educandos para um aprendizado mais rápido e prazeroso. Ramos e Ferreira (2004, p. 137) destacam que “a curiosidade, a vontade de manusear e o interesse podem ser despertados através de um trabalho voltado para o ensino de ciências, tornando-o acessível e, se possível, agradável para as pessoas de diferentes faixas etárias”. Leodoro e Tedeschi (2007, p. 9) propõem atividades de ensino de ciências ancoradas na curiosidade como uma necessidade intrínseca do ser humano. Assim consideram que o objeto da educação

científica é a “curiosidade epistemológica” associada à aquisição *consciente* e *problematizadora* do conhecimento científico. Freire apresenta a diferença entre a “curiosidade epistemológica” e a curiosidade ingênua:

A curiosidade epistemológica é aquela que diferencia-se da curiosidade ingênua (pouco rigorosa) e se caracteriza por ser [...] exigente, metodizada com rigor, que procura achados com maior exatidão. O que significa ir mais além de um conhecimento opinativo pela capacidade de aprender com rigor crescente a razão de ser do objeto da curiosidade. (FREIRE, 2001, p. 11, citado por LEODORO e TEDESCHI, 2007, p. 4).

A Física nos Brinquedos é uma pesquisa de aplicação que busca identificar/reforçar alguns fatores que permeiam o uso do lúdico como ferramenta pedagógica no ensino de Física. Para isso, brinquedos como carrinhos, bolas de gude, pipas, CDs Flutuantes e esqueites são utilizados no estudo da Terceira Lei do Movimento e, através destes brinquedos, alunos do Ensino Médio de uma escola pública em Brasília foram instigados à “curiosidade epistemológica” e a novas (re)descobertas que os permitiram, pelo diálogo, a aquisição/elaboração de conhecimentos científicos da Física que explicam particularidades do funcionamento dos brinquedos.

Nossa metodologia consistiu em trabalhar experimentalmente com brinquedos com o intuito de facilitar a evolução das concepções prévias dos alunos para concepções científicas, mais racionais e abrangentes.

No Capítulo 1 apresentamos variados questionamentos sobre as aulas de Física no dia-a-dia das escolas, da problemática existente, da dificuldade em se aprender e que suscitam um repensar do ensino de Física;

No Capítulo 2 elucidamos idéias da educação dialógica concebida por Paulo Freire, nosso referencial teórico. Nele destacamos o diálogo e a sensibilidade do

professor para com os conhecimentos de seus alunos como grandes inovações às aulas tradicionais.

No Capítulo 3 apresentamos nossa pesquisa bibliográfica sobre o tema. Citamos as conclusões de artigos e livros cujas pesquisas são transversais e embasam nosso trabalho. Neste capítulo abordamos o lúdico, o variado uso dos brinquedos em diversas áreas do conhecimento; particularidades acerca da Terceira Lei do Movimento, além das concepções prévias dos alunos sobre as interações entre corpos.

No Capítulo 4 relatamos nossa metodologia ao apresentarmos a Terceira Lei do Movimento (Lei da Ação e Reação) para um grupo de alunos utilizando como recursos instrucionais variados brinquedos em sala de aula.

No Capítulo 5 tecemos análises a partir das respostas dadas pelos alunos participantes. Primeiro, no pré-teste, identificamos algumas concepções prévias. Em seguida examinamos os questionamentos e respostas dadas durante a aula com brinquedos. Analisamos o pós-teste realizado na semana seguinte à aplicação da metodologia. Encerramos o capítulo refletindo sobre as respostas dadas quando da avaliação dos alunos à metodologia aplicada.

No Capítulo 6 detalhamos nossa “Proposta de Ação Profissional”, consubstanciada num DVD que mostra o resumo da pesquisa e a experiência com cada brinquedo em separado.

Encerramos nosso trabalho vislumbrando alguns avanços e aflorando várias dúvidas. No entanto, os resultados desta pesquisa atestam a possibilidade do brinquedo, associado a uma ação dialógica, ser um bom recurso instrucional no ensino de Física.

Capítulo 1 – SOBRE AS AULAS TRADICIONAIS DE FÍSICA

Como apresentar os conteúdos programáticos de forma que a metodologia adotada seja motivadora e permita uma melhor aprendizagem? Como trabalhar para que as concepções prévias dos alunos sejam ampliadas e estes passem a também utilizar idéias científicas? Como utilizar brinquedos e jogos para uma aprendizagem mais motivadora, prazerosa e eficiente?

Muitos estudantes do Ensino Médio têm dificuldades na aprendizagem dos conceitos físicos, evidenciando a necessidade de aprofundamento nas estratégias que tornem o ensino mais eficaz e promova uma aprendizagem significativa dos conceitos, leis e fenômenos estudados. Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) reforçam esta constatação:

O ensino de Física tem-se realizado freqüentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciada 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. (BRASIL, 1999, p. 229).

Uma estratégia ineficiente para o aprendizado em aulas de Física tem sido a de transformar esta disciplina num postulado matemático. Assim, não “matematizar” a Física tem sido a preocupação de muitos professores:

A beleza conceitual e teórica da Física é comprometida pelos tropeços num instrumental matemático com o qual a Física é freqüentemente confundida, pois os alunos têm sido expostos ao aparato matemático-formal, antes mesmo de terem compreendido os conceitos a que tal aparato deveria corresponder. (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física - GREF, 2000, p. 16).

A Física, ensinada como Matemática aplicada tem provocado aversão em muitos aprendizes. Na seção “Rumos e desafios” presente no PCN do ensino médio, encontramos: “[...] É preciso mudar convicções equivocadas, culturalmente difundidas em toda a sociedade, de que os alunos são os pacientes, os agentes são os professores e de que a escola estabelece simplesmente o cenário do processo de ensino.” (BRASIL, 1999, p. 263).

Este é um dos desafios que está posto: Como transformar as aulas tradicionais de Física, maçantes, confusas, sem muito significado para os alunos, em algo útil, prazeroso e significativo ao aluno?

A qualidade do ensino nunca foi tão debatida, as metodologias tão pesquisadas e os resultados de muitos trabalhos tão convergentes: É necessário uma mudança no enfoque educacional. O ensino para ser eficaz não deve estar centrado exclusivamente no professor; o aluno é chave em seu próprio aprendizado e deve ser motivado; as concepções prévias do educando, em determinadas situações, podem servir como ponto de partida na introdução das aulas; o professor é o mediador entre o assunto a ser “iluminado” e seus alunos; é necessário um educador sensível às dificuldades dos alunos e adotar variadas maneiras de despertá-los ao aprendizado. Nos PCN encontramos uma constatação:

Se há uma unanimidade, pelo menos no plano dos conceitos entre educadores para as Ciências e a Matemática, é quanto à necessidade de se adotarem métodos de aprendizado atrativo e interativo. Os alunos alcançam o aprendizado em um processo complexo, de elaboração pessoal, para o qual o professor e a escola contribuem permitindo ao aluno se comunicar, situar-se em seu grupo, debater sua compreensão, aprender a respeitar e a fazer-se respeitar; dando ao aluno oportunidade de construir modelos explicativos, linhas de argumentação e instrumentos de verificação de contradições; criando situações em que o aluno é instigado ou desafiado a participar e questionar; valorizando as atividades coletivas que propiciem a discussão e a elaboração conjunta de idéias e de práticas; desenvolvendo atividades lúdicas, nas quais o aluno deve se sentir desafiado pelo jogo do conhecimento e não somente pelos outros participantes. (BRASIL, 1999, p. 266).

Mesmo entre tantas convergências, nota-se que o resultado prático das pesquisas demora a chegar às salas de aula. A educação tradicional, alvo principal das críticas de muitas pesquisas, ainda está muito presente em nossas escolas e em todos os níveis.

O ensino de ciências praticado no Brasil, na grande maioria das escolas de nível Médio e Fundamental e, em grande extensão, também nas universidades, pressupõe uma atitude passiva dos alunos que não favorece a criatividade, a inovação e a transformação de conhecimento em riquezas. (VALADARES, 2005, p. 24).

[...] O ensino tradicional de Ciências, da escola primária aos cursos de graduação, tem se mostrado pouco eficaz, seja do ponto de vista dos estudantes e professores, quanto das expectativas da sociedade. (BORGES, 2005, p. 30).

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) corrobora com a necessidade de se mudar os procedimentos em sala para que nossos alunos sejam estimulados a refletirem criticamente e que a escola promova a formação de jovens solidários e cidadãos. Cita como finalidade do Ensino Médio (Artigo 35, seção IV, item III) “o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico”. (BRASIL, 1999, p. 46). Sugere no artigo 36, que o currículo também tenha como diretriz: “adotar metodologias de ensino e de avaliação que estimulem a iniciativa dos estudantes”. (id).

Neste contexto o uso do lúdico advindo de jogos, brincadeiras e brinquedos como ferramenta pedagógica no estímulo dos alunos ao pensamento crítico pode ser considerado e testado nas salas de aula. Nas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) também é reforçada a necessidade do diálogo e de objetos da vivência dos alunos para que se promova a aprendizagem:

Para que todo o processo de conhecimento possa fazer sentido para os jovens, é imprescindível que ele seja instaurado por meio de um diálogo constante entre alunos e professores, mediado pelo conhecimento. E isso somente será possível se estiverem sendo considerados objetos, coisas e fenômenos que façam parte do universo vivencial do aluno, seja próximo, como carros, lâmpadas ou televisões, seja parte de seu imaginário, como viagens espaciais, naves, estrelas ou o Universo. Assim, devem ser contempladas sempre estratégias que contribuam para esse diálogo. (BRASIL, 2002, p. 83).

Entre as resoluções das Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM) aprovadas pela Câmara da Educação Básica do Conselho Nacional de Educação (CEB/CNE), consta no artigo 5º, inciso III: “Adotar metodologias de ensino diversificadas, que estimulem a reconstrução do conhecimento e mobilizem o raciocínio, a experimentação, a solução de problemas e outras competências cognitivas superiores.” (BRASIL, 1999, p. 114).

Mesmo as aulas experimentais são alvos de crítica e da necessidade de reformulação. É importante que as práticas permitam que os alunos interajam entre si, que sejam estimulados a pensar, a criar hipóteses; que os roteiros, caso tenham que existir, não “engessem” a possibilidade de reflexões construtivas sobre o tema em questão.

Nas escolas encontramos alunos que reclamam que pouco se trabalha experimentalmente e, quando são dados exemplos ou realizadas algumas práticas, nem sempre estão relacionadas com o dia-a-dia deles. Gaspar (2003, p. 11) critica o tradicionalismo ainda tão presente nas aulas de Física:

Na pedagogia tradicional não há distinção entre aula teórica e atividade experimental. Aulas teóricas – em sala de aula com giz e lousa – e experimentos – em laboratório com bancadas e equipamentos – são as formas de expor a matéria. O conteúdo programático e a forma de apresentá-lo são prerrogativas do professor; aos alunos cabe apenas obedecer passivamente à orientação que lhes é passada.

O papel da experimentação também foi destacado no PCN+. Nele, se reforça a necessidade de atividades mais abertas e que estimulem a reflexão dos alunos:

É indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em Física, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis. É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável. Isso inclui retomar o papel da experimentação, atribuindo-lhe uma maior abrangência para além das situações convencionais de experimentação em laboratório.

As abordagens mais tradicionais precisariam, portanto, ser revistas, evitando-se 'experiências' que se reduzem à execução de uma lista de procedimentos previamente fixados, cujo sentido nem sempre fica claro para o aluno. É tão possível trabalhar com materiais de baixo custo, tais como pedaços de fio, pequenas lâmpadas e pilhas, quanto com kits mais sofisticados, que incluem multímetros ou osciloscópios. (BRASIL, 2002, p. 84).

Geralmente, quanto mais próximo da realidade do educando estiver a apresentação do conteúdo, tanto mais se propiciará o interesse e o aprendizado do mesmo. Daí se justifica a necessidade de pesquisar formas alternativas que visem a facilitar o trabalho docente e despertar, entre os estudantes, a curiosidade e o gosto pela ciência.

Ao levarmos brinquedos, tais como pipas, bicicletas, patins, piões e carrinhos para a sala de aula, poderemos estudar conceitos como movimento, repouso, trajetória, equilíbrio, centro de gravidade, força e aceleração em trabalhos exploratórios com auxílio ou não de roteiros experimentais enriquecendo as aulas e facilitando a compreensão dos fenômenos e conceitos físicos.

A busca para melhorar procedimentos no ensino de Ciências já apresenta alguns resultados. Nunca foi tão debatida e promovida a formação continuada de professores. As universidades têm melhorado seus currículos nos cursos voltados a formação de novos docentes, trazendo reflexões sobre as teorias de aprendizagem,

os conceitos prévios dos alunos, o aprimoramento do uso do laboratório, a história e a filosofia das ciências, o conhecimento sobre novas tecnologias e metodologias.

Segundo o PCN+:

De certa forma, a sinalização efetuada pelos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) é explícita quanto ao que **não** conduz na direção desejada e vem sendo percebido com clareza pelos professores. O ensino de Física vem deixando de se concentrar na simples memorização de fórmulas ou repetição automatizada de procedimentos, em situações artificiais ou extremamente abstratas, ganhando consciência de que é preciso lhe dar um significado, explicitando seu sentido já no momento do aprendizado, na própria escola média. (BRASIL, 2002, p. 57).

Essas reflexões dão, lenta e gradualmente, um novo sentido ao Ensino de Ciências e, em especial ao Ensino de Física. A mudança está estimulada pelas publicações que, multiplicam-se em todo o Brasil, através de artigos e teses com este enfoque. Igualmente aumenta o número de participantes em encontros voltados aos professores como o Encontro Nacional de Pesquisadores em Ensino de Ciências (ENPEC), Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF), Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF), Simpósio Sul-Brasileiro de Ensino de Ciências (SSBEC), Encontro Nacional de Didática e Prática de Ensino (ENDIPE), Colóquio Internacional sobre Epistemologia e Pedagogia em Ciências (CIEPC).

Todo este esforço busca reforçar um novo paradigma. Neste, as ciências da natureza voltam-se para a formação de cidadãos contemporâneos, atuantes e solidários, capazes de intervir e participar, construindo uma sociedade de paz. Estes resultados não se conseguem de um dia para o outro. Como afirma Kawamura (2005, p. 17) “[...] embora a questão educacional tenha sempre se revelado como altamente complexa, a garantia de sucesso para a empreitada é nunca perder de vista o objetivo último da cidadania desejada, uma cidadania consciente, atuante e solidária.”

Capítulo 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 – Seguindo as pistas

Além de livros e dissertações, consultamos os artigos publicados nos últimos dez anos (1997 a 2006), em cinco revistas especializadas. Buscamos textos que explicitassem o uso do lúdico como instrumento de aprendizagem em Física, seja através de brinquedos, jogos ou outra modalidade. Também mapeamos as pesquisas que tiveram como alvo a Terceira Lei de Newton. As revistas que nos serviram de fonte foram: Revista Brasileira de Ensino em Física, Revista Brasileira de Pesquisa em Educação e Ciências, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Ciência & Ensino, e Ciência & Educação. Também pesquisamos a revista The Physics Teacher, acessando artigos, no período de 1976 a 1983.

Apresentaremos alguns dados e comentários relevantes ao nosso tema.

Hanna (1983) descreve os bons resultados advindos, junto a seus alunos numa “high school” (nível equivalente ao nosso Ensino Médio), quando substituiu os experimentos do Physical Science Study Committee (PSSC) por carrinhos que eram arremessados ao longo de uma calha e permitiram, com boa precisão, a aferição experimental de suas acelerações e o estudo da Segunda Lei de Newton.

Resende e Barros (2001) questionam o formalismo matemático no ensino de Física e apresentam resultados positivos da interação de estudantes com o programa hipermídia “Força & Movimento” cuja navegação e ludicidade levaram os alunos a refletirem sobre suas concepções e conhecerem as concepções científicas.

Levinstein (1982) publicou um artigo relatando como conseguiu motivar e reduzir o analfabetismo científico e tecnológico de alunos da “high school” utilizando seus 600 brinquedos em aulas experimentais de várias áreas do ensino de Física.

Bruzzo (1999) sugere um novo modo de entender os filmes. Ao invés de tê-los como concorrentes desleais da sala de aula, poder-se-ia tê-los como instrumentos lúdicos a auxiliarem os professores no ensino de ciências tendo em vista que muitos deles podem colaborar para uma reflexão acerca dos assuntos tratados no currículo.

Shugart (1976), promoveu os “Saturday Science Seminars” como atividade de divulgação voltada ao público em geral, em especial para alunos da “Junior High e da High School”. Nestes seminários eram feitas demonstrações experimentais e muitas delas com a utilização de brinquedos. Os resultados demonstraram que a metodologia utilizada serviu para despertar nos alunos o gosto pela ciência.

Medeiros e Medeiros (2005) descrevem o fascínio de Einstein e sua alegria na aprendizagem de ciências ao se relacionar com brinquedos: quando criança, com uma bússola e, no final de sua vida, com elevadores que utilizava para ilustrar o Princípio da Equivalência da Relatividade Geral.

Baier (1983) apresentou foguetes de baixo custo impulsionados com ar comprimido como alternativa às aulas teóricas sobre lançamentos oblíquos. Relatou em seu artigo a vibração de um de seus alunos: “não sabia que poderia ser tão divertido aprender Física!”

Ferreira e Carvalho (2004) analisaram o processo reflexivo advindo do uso e desenvolvimento de jogos sobre questões de Física aplicadas a alunos do ensino médio. O trabalho objetivou uma busca em tornar o ensino de Física prazeroso e os resultados foram colhidos numa avaliação formativa e despertaram a pesquisadora a reconhecer-se como uma professora reflexiva.

2.2 - O lúdico e a educação

Lili inventa o mundo

*Lili vive no mundo do faz-de-conta.
Faz de conta que isto é um avião, zum...
Depois aterrizou em pique e virou trem
Tuc, tuc, tuc, tuc...
Entrou pelo túnel chispando.
Mas debaixo da mesa havia bandidos.
Pum! Pum! Pum! Pum!
O trem descarrilhou. E o mocinho? Meu Deus!
No auge da confusão, levaram Lili para a cama a força.
E o trem ficou tristemente derribado no chão,
Fazendo de conta que era mesmo uma lata de sardinha.
Mário Quintana*

O homem é um ser lúdico e o jogo, como atividade lúdica, está presente no seu dia-a-dia, seja no trabalho, na cultura, na filosofia, na religião, na guerra. Tal evidência fez Huizinga melhor classificar nossa espécie com “Homo Ludens”.

Em época mais otimista que a atual, nossa espécie recebeu a designação de *Homo sapiens*. Com o passar do tempo, acabamos por compreender que afinal de contas não somos tão racionais quanto a ingenuidade e o culto a razão do século XVIII nos fizeram supor, e passou a ser moda designar nossa espécie como *Homo faber*. Embora *faber* não seja uma definição do ser humano tão inadequada como *sapiens*, ela é, contudo, ainda menos apropriada do que esta, visto poder servir para designar grande número de animais. Mas existe uma terceira função, que se verifica tanto na vida humana como na animal, e é tão importante como o raciocínio e o fabrico de objetos: o jogo. Creio que, depois de *Homo faber* e talvez ao mesmo nível de *Homo sapiens*, a expressão *Homo ludens* merece um lugar em nossa nomenclatura” (HUIZINGA, 2004, prefácio).

As palavras jogo, brinquedo e brincadeira têm significados diferentes embora existam professores que utilize essas palavras como sinônimos. Essa constatação foi verificada por Kishimoto (1999, p. 17): “[...] no Brasil, termos como jogo, brinquedo e brincadeira ainda são empregados de forma indistinta, demonstrando um nível baixo de conceituação deste campo.” Huizinga (2004, p. 10), no entanto, atesta que esta correspondência de significados é comum em outros países visto

que, para muitos povos, não há diferença entre o que significa jogar ou brincar. Assim “to play, jouer, spielen, jugar significam tanto brincar como jogar”. Vários pesquisadores, no entanto, diferenciam estes termos. O quadro abaixo apresenta esta diferenciação:

Tabela 1 – Definições de brinquedo, jogo e brincadeira.

	Brinquedo	Jogo	Brincadeira
Kishimoto, 1999	Tem uma dimensão material, cultural e técnica. Enquanto objeto, é sempre suporte de brincadeira. É o estimulante material para fazer fluir o imaginário infantil.	Há um sistema de regras que organiza sua utilização.	É a ação que a criança desempenha ao concretizar as regras do jogo, ao mergulhar na ação lúdica. Pode-se dizer que é o lúdico em ação.
Ferreira, 1999	Objeto que serve para as crianças brincarem. Objeto concreto e manipulável.	Atividade física ou mental organizada por um sistema de regras que define a perda ou ganho.	Ato ou efeito de brincar, divertimento, sobretudo entre crianças.
Michaelis 1998	Objeto feito para divertimento de crianças; brinco. Divertimento entre crianças, folguedo, folia.	Divertimento ou exercício de crianças em que elas fazem prova de sua habilidade, destreza ou astúcia. Conjunto de regras a observar enquanto se joga.	Ação de brincar, folgança, gracejo, zombaria, festa familiar.

Muito se debate nas escolas e universidades sobre as possibilidades que os professores dispõem e das estratégias visando a facilitar que seus alunos aprendam e se motivem a continuar aprendendo. Em várias pesquisas há uma convergência quanto à necessidade de investimento em atividades lúdicas para favorecer aprendizagens que tenham significados para o aluno (BOMTEMPO, 1987; KISHIMOTO, 1999; GIRARDELLO, 2000). Constata-se que as crianças em tenra idade interagem com o mundo através de brinquedos, brincadeiras e jogos. O faz-de-conta que transforma pedaços de barro em bonecas, lata de sardinha em trem,

crianças em adultos, evidencia um processo de criação, de socialização e de interação com o meio (PIAGET, 1978; WINNICOTT, 1979; MOURA 1991; VYGOTSKY, 1991; KISHIMOTO, 1999).

Em face da evidência de que as crianças aprendem brincando, muitas escolas de educação infantil, principalmente, utilizam formas múltiplas de atividades lúdicas como brinquedos, teatro, passeios, jogos, dança, pintura, poesia, música, na certeza de que estão ajudando a promover o desenvolvimento cognitivo e sócio-cultural das crianças.

Para Huizinga (2004, p. 10) “as crianças e os animais brincam porque gostam de brincar, e é precisamente em tal fato que reside sua liberdade.” Ser livre para aprender; aprender com/na brincadeira; utilizar da criatividade e da ludicidade para apresentar hábitos, virtudes, conceitos, propriedades e leis científicas passa a ser uma grande pista para aulas mais proveitosas e motivadoras, inclusive no Ensino Médio. Afinal, os jovens e adultos de hoje são as crianças de ontem e não perdem o prazer advindo de atividades lúdicas. Como diz um ditado popular inglês: “The difference between men and boys is the size of toys” - A diferença entre homens e garotos está no tamanho dos brinquedos. O brincar, a ludicidade não se perde com o amadurecimento da pessoa. Kishimoto (1999, p. 19) afirma que: “o brinquedo propõe um mundo imaginário da criança e do adulto, criador do objeto lúdico”. Bertoldo e Ruschel (1995, p.44) sintetizam a importância do ato de brincar e do lúdico entre crianças e adultos:

O ato de brincar é importante, é terapêutico, é prazeroso, e o prazer é ponto fundamental da essência do equilíbrio humano. Logo, podemos dizer que a ludicidade é uma necessidade interior, tanto da criança quanto do adulto. Por conseguinte a necessidade de brincar é inerente ao desenvolvimento.

Winnicott (1979, p.80) afirma: “é no brincar e somente no brincar que o indivíduo, criança ou adulto pode ser criativo e utilizar sua personalidade integralmente; e é somente sendo criativo que o indivíduo descobre o seu “self”. Porque não se utilizar o lúdico com maior freqüência na educação de jovens e adultos?

A legislação brasileira reforça a importância da ludicidade. Nela, a brincadeira e a diversão têm sido entendidas como coisas sérias. No capítulo II do Estatuto da Criança e do Adolescente concebe-se ao ato de brincar a mesma importância dada à Educação e a Saúde. Em seu artigo 16 (Direito à Liberdade) assegura-se “o direito a brincar, praticar esportes e divertir-se.” (BRASIL, 2002 A, p. 23).

A utilização de brincadeiras e jogos como recurso pedagógico foi consideravelmente utilizada já no Renascimento, época que marcou uma profunda transformação nas idéias, na ciência e na sociedade. Kishimoto (1999, p. 28) evidencia que, já neste período, houve experiências visando utilizar as atividades lúdicas em substituição aos métodos coercivos da época:

O jogo serviu para divulgar princípios de moral, ética e conteúdos de história, geografia e outros, a partir do Renascimento, o período de ‘compulsão lúdica’. O Renascimento vê a brincadeira como conduta livre que favorece o desenvolvimento da inteligência e facilita o estudo. Ao atender necessidades infantis, o jogo infantil torna-se forma adequada para a aprendizagem dos conteúdos escolares. Assim, para se contrapor aos processos verbalistas de ensino, à palmatória vigente, o pedagogo deveria dar forma lúdica aos conteúdos.

A opção do educador do Ensino Médio em trabalhar com brinquedos e jogos poderá acarretar ações que, a princípio lhe darão mais trabalho, afinal, pouco ainda se comenta acerca desses recursos nos livros pedagógicos, cabendo ao professor pesquisar em outras fontes para uma boa utilização destes. Ainda mais, estas atividades geralmente promovem agitações entre os alunos, e, com isso, o trabalho

desenvolvido pode ser confundido como uma atividade não séria. O professor Eugênio Ramos defende sua utilização em sala de aula, no entanto, reconhece que pode gerar problemas, como barulho¹. Huizinga (2004, p. 21) cita que: “a criança joga e brinca dentro da mais perfeita seriedade.” É justo se esperar que uma atividade que fuja do tradicionalismo de uma “educação bancária” apresente igualmente, um comportamento de alunos que não corresponda ao tradicional e constante silêncio alienado. Para Shor (FREIRE E SHOR, 1986, p. 144) “O silêncio do aluno é criado pelas artes da dominação [...] eles têm muito para dizer, mas não segundo o roteiro da sala de aula tradicional. Reinventar os aspectos visuais e verbais da sala de aula são duas formas de se opor às artes destrutivas da educação passiva.”

As boas possibilidades advindas das atividades lúdicas têm ganho espaço entre pesquisadores de diversas áreas: educação, psicologia, neurologia, antropologia, sociologia e história, sendo sua utilização e finalidade temas que apresentam transversalidade em diversas áreas do conhecimento. Kishimoto (1999, p. 21) evidencia que: “hoje, a imagem de infância é enriquecida, também, com o auxílio de concepções psicológicas e pedagógicas, que reconhecem o papel de brinquedos e brincadeiras no desenvolvimento e na construção do conhecimento infantil”. Várias são as pesquisas que mostram a relação dos brinquedos com assuntos específicos como a linguagem, aprendizagem, memória, sociabilidade e criatividade. (BOMTEMPO, 1987; KISHIMOTO, 1999).

Em todo planeta vêem-se iniciativas que promovem a ludicidade e a diversão como instrumentos para uma educação e uma saúde melhores. Assim cresce o

¹ Quando da realização da oficina “Brincando com a Física”, durante o XVII Simpósio Nacional de Física (29/01 a 02/02/07 em São Luis – MA), o professor Ramos afirmou: “[...] trazer a brincadeira para a aula de Física é um ato de coragem, pois brincar é um ato anárquico e nem tanto controlável. A escola (para muitos) foi feita para se ficar sentado, de boca fechada e olhando para frente”.

número de brinquedotecas, museus de ciências, periódicos, grupos de trabalho multidisciplinares, livros, sítios na Internet e associações internacionais cujo foco de todas essas iniciativas está na necessidade e promoção do ato de brincar, como um dos direitos fundamentais da criança.

A utilização de atividades lúdicas decresce com o nível de ensino: muito presente na Educação Infantil; é menos utilizada no Ensino Fundamental, menos ainda no Ensino Médio; sendo rara sua utilização na Universidade (GASPAR, 2003).

Ao montar atividades experimentais com brinquedos, principalmente com aqueles que fazem ou fizeram parte do mundo de seus alunos, o professor propicia um momento para (re)descobrimientos, para novas percepções sobre o objeto. Desta vez os alunos podem promover reflexões acerca dos conceitos científicos presentes em seu funcionamento: dos princípios que explicam, por exemplo, o som emitido, seu movimento, uma possível mudança de cor, seu (des)equilíbrio. Com os brinquedos, os alunos dialogam com seus colegas e com seu professor à luz de um novo olhar sobre este recurso instrucional – o da concepção científica.

Utilizar jogos, brincadeiras e brinquedos como ferramentas pedagógicas no Ensino Médio é prova de sensibilidade do educador para com seus educandos. É ter a convicção de que as ciências naturais, ensinadas de forma tradicional, são terrenos áridos a dificultar o aprendizado. Cabe ao professor buscar uma maior eficácia na aprendizagem de seus alunos e, entre tantas alternativas promissoras já disponíveis na literatura especializada, a utilização dos brinquedos e sua ludicidade mostram-se úteis como recursos instrucionais no ensino de ciências.

2.3 - Os brinquedos no ensino de Física

*“Nunca se deve tirar o brinquedo de uma criança,
tenha ela oito ou oitenta anos!”
Mário Quintana*

Os brinquedos têm sido “companheiros” de muitos professores de Física que, em suas aulas, sempre os utilizam para despertarem nos alunos a curiosidade por entender os princípios que regem os movimentos, as cores, os sons, os efeitos ópticos. A vivência advinda de anos de experiência, aliada a boa vontade em construir uma transposição didática que permita melhor assimilação dos conteúdos, leva estes professores a descobrirem, no dia-a-dia, seja nos utensílios domésticos ou equipamentos tecnológicos e, em particular, nos brinquedos, bons instrumentos pedagógicos capazes de motivar o aluno ao aprendizado. Beatriz Alvarenga, conceituada professora e escritora de livros didáticos de Física, diante de um auditório repleto de docentes, concitou a platéia, formada por centenas de professores, a “sempre levarem às salas de aula brinquedos ou outros materiais que possam ilustrar os princípios físicos a serem debatidos em sala”².

A utilização adequada de brinquedos no ensino da Física tem sido pesquisada e os resultados têm se mostrado profícuos. Ramos e Ferreira (1998, p. 148) afirmam:

Os anos de convivência escolar podem proporcionar isso (*que o conhecimento é uma construção dinâmica e inacabada*)³, desvelando ao sujeito sua própria capacidade de aprender e mostrando instrumentos culturais que podem auxiliá-lo. O uso de brinquedos e jogos para o ensino da Física, a nosso ver, é uma “ferramenta” pedagógica poderosa, interessante e sedutora para ajudar a construir essa possibilidade educacional. Basta querer participar desta brincadeira!

² Mesa redonda realizada no XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física. São Luis, MA, 2007.

³ Grifo nosso

Quando um jovem ou um adulto interage com um determinado brinquedo, mais que brincando, muitas vezes sente-se estimulado a buscar respostas de como funciona aquele brinquedo - neste momento ele, segundo Paulo Freire, está cultivando uma “curiosidade epistemológica”.

A ludicidade despertada por um “João Bobo”⁴, por exemplo, é acompanhada por uma visão crítica, na qual se busca explicar o que acontece com aquele brinquedo (figura 1) para que se comporte, apesar de variados empurrões recebidos, “teimoso” em retornar à mesma posição vertical.



Figura 1 – O movimento do “João Bobo” leva a curiosidade de saber “como ele funciona”. Brinquedo em exposição no museu Espaço Ciência, em Recife – PE, dezembro 2007.

O ato de brincar propicia aprendizados. Na brincadeira, o indivíduo vivencia regras sociais, éticas e das ciências naturais. Interage com leis, conceitos e fenômenos físicos, ainda que os desconheçam cientificamente. Ramos e Ferreira (1998, p. 139) afirmam:

[...] quando se aprende a andar de bicicleta, estão em ‘jogo’ habilidades físicas (equilíbrio, coordenação motora) e intelectuais (controle da força, controle do freio, controle da direção). Aprende-se, na prática, a conviver com o momento angular das rodas e o torque para realizar curvas, sem que nenhum desses nomes apareçam. Não

⁴ O “João Bobo” quando empurrado, volta a sua posição inicial, mantendo-se em pé. Este comportamento se dá devido à colocação de um contrapeso na parte inferior do boneco cuja base se aproxima de uma semi-esfera. Quando na vertical (em pé), seu centro de massa está muito próximo do ponto de contato com o chão, constituindo-se esta a posição mais estável do brinquedo. Empurrado, o contrapeso atua no sentido de girar o “João Bobo”, fazendo-o oscilar em torno da posição de equilíbrio.

se fala 'que tal aprender a brincar com o momento angular e o torque?', fala-se que tal aprender a andar de bicicleta?

As experiências com utilização de brinquedos podem levar os alunos a uma nova visão sobre as ciências, em especial sobre a Física. Apresentamos, a seguir, três experiências que julgamos de grande relevância e elucidativas na indicação do potencial dos brinquedos no ensino de Física.

1 - Ken Yamazato e o Pipamodelismo - Engenheiro mecânico aposentado e apaixonado por educação e por pipas, Yamazato percorre o Brasil apresentando sua metodologia, batizada por ele de "pipamodelismo". Através de oficinas, desde o início dos anos 90, Yamazato se dedica totalmente ao mundo das pipas e ao seu imenso potencial pedagógico e multidisciplinar. Ao ensinar crianças, jovens e adultos a construir seus papagaios, propicia-se pela ludicidade, arte e lazer, que os alunos possam aprender brincando. Suas oficinas se caracterizam pelo estímulo à criatividade, à coordenação motora e a divulgação de valores como: o espírito de equipe, disciplina e a união familiar. No final de cada oficina, seus alunos se familiarizam com cerca de 100 conceitos e grandezas da Matemática e da Física, dentre eles: força, área, densidade, equilíbrio, princípio de Bernoulli, pressão, calor, temperatura, velocidade, direção, sentido, deformação, centro de gravidade e princípios da óptica geométrica.

O trabalho com pipas pode ser desenvolvido numa abordagem interdisciplinar. Para Yamazato (2005, p. 71):

O pipamodelismo, além da Matemática e Física, pode ser ainda explorado, como instrumento pedagógico, em várias outras disciplinas, tais como: História, Geografia, Meteorologia, Artes Plásticas, Comunicação Visual, Artesanato, Ecologia, Educação Física.

A figura 2 mostra um dos modelos de pipa utilizados por Yamazato quando de sua aula de “pipamodelismo”.

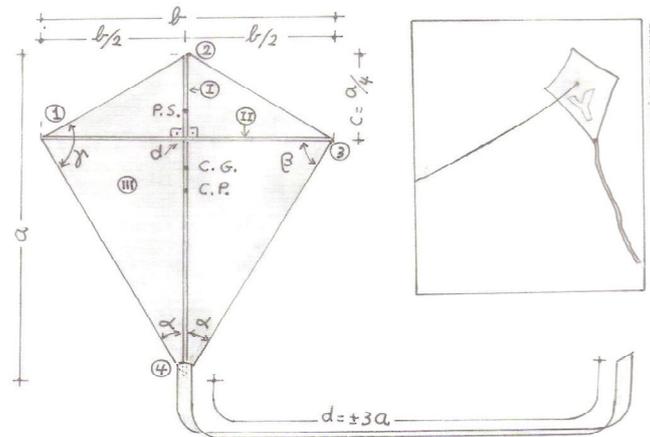


Figura 2 - Pipa tipo “peixinho” em cuja construção são apresentados conceitos de Matemática e Física (YAMAZATO, 2005, p. 71).

2 – Henry Levinstein e a alfabetização científica – O pouco interesse dos alunos norte-americanos do “High School” com o curso de Física, despertou neste, então professor do Departamento de Física da Syracuse University, em Nova York, a necessidade de mudar a abordagem e a metodologia aplicadas no ensino de Física. Os brinquedos foram suas grandes ferramentas para angariar simpatia e matrículas em seu curso. Em artigo publicado na revista “The Physics Teacher” (1982), alguns meses antes de seu falecimento, Levinstein relatou sua experiência bem-sucedida com estes alunos num trabalho de extensão desenvolvido pela Syracuse University. Seu principal objetivo era reduzir o analfabetismo científico e tecnológico dos alunos:

Há cerca de dez anos decidi agrupar meus vários ‘brinquedos’ e ministrar um minicurso, com duração de uma hora por semana, voltado para a Física dessas invenções - *A Física dos Brinquedos*⁵. O curso poderia ser ensinado em qualquer nível e decidi ensiná-lo no nível mais baixo possível, com o propósito de interessar aqueles estudantes que nunca estudaram Física antes, que nunca pretendiam fazê-lo, mas ficavam intrigados pelo título do curso. Em

⁵ O título desta dissertação: *A Física nos Brinquedos* tem o termo “nos” ao invés de “dos”, pois nos pareceu melhor indicado a representar algo presente nos brinquedos e não que deles seja posse.

pouco tempo achavam que a Física não era tão ruim depois de tudo e prosseguiram o curso convencional. Aqueles que não continuavam (a grande maioria dos alunos) obtinham um sentimento pela ciência que poderiam, por outro lado, não ter tido. (LEVINSTEIN, 1982, p. 358, tradução nossa)

Levinstein pesquisou a história dos brinquedos, consultou catálogos, visitou “mercado de pulgas” e antiquários, buscando nos brinquedos de adultos e crianças, sua inventividade. Ele identificou duas grandes vantagens no uso do brinquedo como instrumento pedagógico no ensino de Física: “[...] minha coleção cresceu cerca de 50 brinquedos ao ano e tenho cerca de 600 agora. A maioria tem vantagens sobre os equipamentos das demonstrações convencionais: o relativo baixo custo e o fato dos alunos se relacionarem bem com eles”. (id, p.359).

Levinstein utilizou cerca de 30 a 40 brinquedos por curso. Primeiro debatia as leis, conceitos e princípios, depois estes eram ilustrados pela variedade de brinquedos. Seus cursos preenchiam uma grande variedade de assuntos:

[...] as aulas cobrem um ou dois tópicos podendo se estender para dois semestres variando de ano para ano, dependendo da quantidade e tipos de brinquedos disponíveis para prover o núcleo sobre o qual o curso será construído. A mais recente seqüência de curso é: (1) Equilíbrio; (2) Força e torque; (3) Conservação e momento linear e angular; (4) Conservação, armazenamento e conversão de energia; (5) Voando – uma abordagem histórica; (6) Vibrações incluindo ressonância e arte de sistemas vibratórios; (7) Vibrações e música, incluindo instrumentos musicais e música eletrônica; (8) Música programada, ambas mecânica e eletrônica; (9) De Edson ao Hi-Fi, a história do disco de gramofone; (10) Vibrações e luz incluindo reflexão, polarização, shows de luzes, holografia; (11) Instrumentos ópticos – o desenvolvimento da fotografia; (12) Ilusões ópticas – o desenvolvimento do movimento das imagens; (13) Magnetismo, eletrostática e geração de eletricidade; (14) Ondas eletromagnéticas (ultravioleta, infravermelho, rádio, TV, invenções de controle remoto - algumas vezes chamando ‘vendo o invisível’); (15) A história das comunicações – dos tambores à fibra óptica. (id., p.359-360).

Dada sua dedicação, ganhou fama como o “professor dos brinquedos” e passou também a prestar assessoria a indústrias que os fabricavam. Deixou um legado de muitos admiradores que não esqueceram seu bom humor, seu

entusiasmo e o valor que dava a cada um dos seus instrumentos pedagógicos⁶, inclusive aqueles que, por não “funcionarem” direito, eram seus preferidos – muitas vezes eram estes brinquedos que permitiam ao professor apresentar os princípios e conceitos físicos com mais facilidade.

Muitos brinquedos, além de poderem propiciar abordagens multi e interdisciplinares, servem também de recurso pedagógico na exploração de vários temas da própria Física, como constatou Levinstein (1982, p. 359):

Um fato torna-se claro para os estudantes: na vida real é impossível compartimentalizar a ciência dentro de estreitas áreas como é comumente feito nos textos dos livros (estática, dinâmica). Um brinquedo pode ilustrar um princípio de mecânica e ao mesmo tempo um conceito em eletricidade.

Quando da utilização de brinquedos, a abordagem poderá transpor as barreiras da Física e suscitar debates interdisciplinares, visto se constituir de idéias, tecnologias e histórias que reúnem vários aspectos do conhecimento humano. O esqueite, por exemplo, pode ser utilizado para demonstrar vários princípios da mecânica clássica como: movimento, repouso, trajetória, referencial, velocidade, aceleração, leis do movimento, atrito e energia; no entanto poder-se-ia utilizar conhecimentos da Química para abordar a evolução dos materiais de que são feitas as rodinhas (das antigas borrachas do início na década de 60 ao moderno poliuretano de hoje). Outra abordagem interessante seria acerca da história do brinquedo: como surgiu o esqueite, onde, em que circunstância foi concebido e a evolução histórico-social propiciada ao longo de quase cinco décadas⁷.

⁶ Após seu falecimento, a coleção de brinquedos do professor Levinstein permaneceu intocada por algum tempo, quando o espaço que ocupava teve que dar lugar a outro laboratório de pesquisa.

⁷ A origem do esqueite (skate na língua inglesa) é atribuída aos praticantes de surf da Flórida (USA) que, colocando rodinhas em suas pranchas, tinham este brinquedo como opção quando as ondas do mar eram fracas e pouco motivadoras às manobras.

3 – Eugênio Ramos e as “brincadeiras com a Física” – O professor Eugênio é um pesquisador do lúdico e do brinquedo como instrumentos pedagógicos no Ensino de Física. Difunde, em cursos de formação continuada, a importância do ato de brincar e dos bons resultados colhidos. Para ele, o lúdico já se encontra na escola: “Tudo isso está lá na escola, com as pessoas que fazem o seu dia-a-dia, só que em geral não é visto com bons olhos, pois como se diz: ‘Hora de brincar, hora de brincar! Hora de aprender, hora de coisa séria’ ou, outras vezes, brinquedo é na hora do recreio!” (RAMOS E FERREIRA, 1998, p.138)

Ramos defende que cabe ao professor a iniciativa de associar atividades lúdicas e desafiadoras aos conteúdos abordados na aula. Suas evidências mostram que se aprende com mais facilidade quando há ludicidade envolvida. Se por um lado o professor precisa dedicar um tempo maior a pesquisar a maneira de envolver o lúdico ao conteúdo, por outro seu resultado (aprendizagem), em geral, é melhor que as aulas tradicionais:

[...] essa mesma ludicidade do jogo e do brinquedo pode estar presente no ato de ensinar ciências com objetos ou idéias que utilizem o conhecimento científico como regra ou atributo lúdico. Isto é, brinquedos, jogos, charadas, utilização de protótipos e de material experimental podem resgatar aspectos lúdicos através de sua utilização ou até mesmo sua construção. Qualquer um deles pode ‘conter’ conhecimentos científicos como regras ali implícitas, à mostra, ‘abertas’ ao sujeito. Estes conhecimentos estão também nas pipas, nos aviões de papel, nos piões, no ímã etc. (id., p. 140).

Ramos evidencia que, apesar da ludicidade dos brinquedos para despertar entre os educandos a curiosidade, é necessária uma pesquisa acerca do “funcionamento do brinquedo” visto que estes podem exigir conhecimentos complexos e pouco explorados nos livros didáticos. O “looping dos copinhos de café” é um exemplo. Neste experimento têm-se dois copinhos de café (descartáveis)

unidos pelas bases exteriores e lançados por um elástico conforme representado na figura 3.

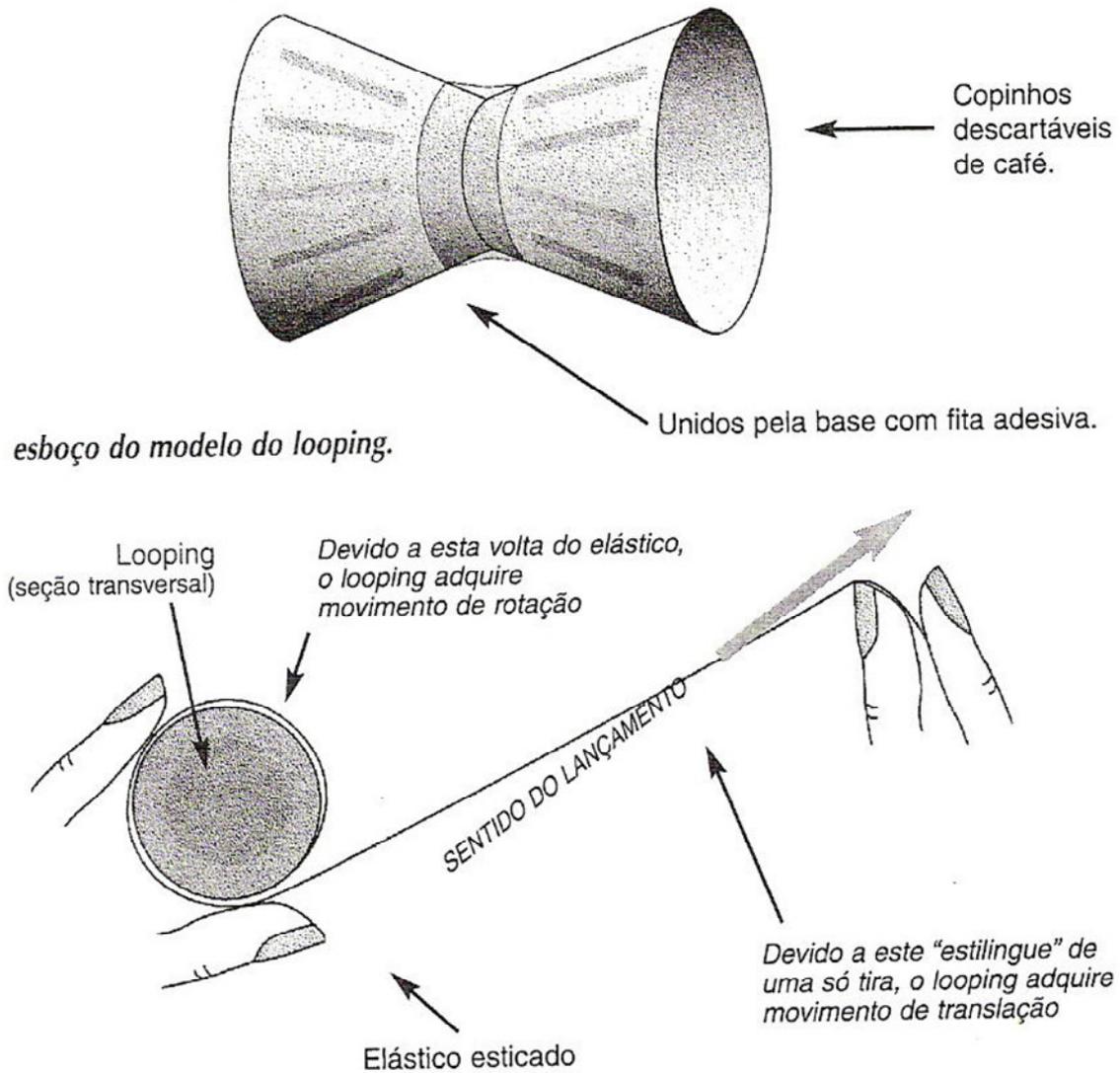


Figura 3 – O “looping” dos copinhos de café. Brinquedo fácil de fazer, mas necessita de habilidade e coordenação motora para promover seu movimento. (RAMOS e FERREIRA, 1998, p. 143).

Quando lançado, este brinquedo descreve um movimento cuja trajetória é inusitada. Diferentemente das descrições parabólicas de concavidade voltada para baixo, presentes em lançamentos horizontais e/ou oblíquos, o movimento descrito por este brinquedo é inusitado e oriundo da associação de dois outros movimentos:

rotação e translação. Esta composição de movimento provoca uma deflexão na trajetória do conjunto (figura 4) descrevendo uma curva em forma da letra “L” manuscrita.

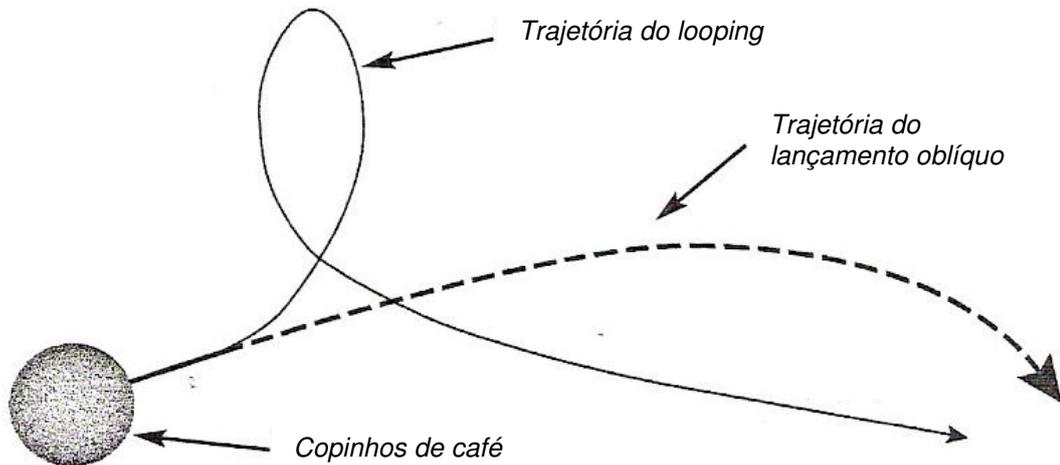


Figura 4 - Esboço da trajetória do “looping” comparada com o lançamento oblíquo (RAMOS e FERREIRA, 1998, p. 144).

Ramos afirma ser um desafio para os alunos conseguirem lançar os copinhos e conseguirem realizar o “looping” – às vezes são necessários vários lançamentos. Movimentos cujos efeitos são parecidos fazem parte do dia-a-dia dos alunos, quando, por exemplo, ao chutar uma bola de futebol com o efeito “trivela ou folha seca”, vê-se a bola descrever uma curva diferente da originária do lançamento oblíquo convencional.

É muito diferente falar sobre isso e realizar o ‘looping’. A experiência de poder reproduzir o efeito é arrebatadora, sedutora... enfim, lúdica... a pessoa é quase impelida a tentar entender o que se passa ao fazer o efeito acontecer, a partir daí a teorização poderá ocorrer com maior ou menor profundidade. (RAMOS E FERREIRA, 1998, p. 144).

Associar a ludicidade dos brinquedos a questionamentos que desafiem os educandos a pensarem é uma estratégia edificante na aprendizagem escolar. Assim, ao apresentar determinado conceito ou fenômeno físico, o professor pode apresentar brinquedos que apresentem características explicáveis com a utilização

da teoria. Para estimular a dialogicidade, desafiaria os alunos com perguntas que dizem respeito a funcionalidade do brinquedo. Numa aula de equilíbrio dinâmico, por exemplo, pipas poderiam ser apresentadas para em seguida perguntarmos: O que pode manter um papagaio no ar? Qual a função da rabiola? E se a estrutura da pipa não fosse simétrica? O que o calor tem a ver com a subida mais rápida da pipa? As respostas aparecem e, muitas vezes, carregadas de comentários, histórias e significados que podem facilitar o trabalho do professor ao apresentar a visão científica do assunto.

São atribuições do professor que se dispõe a ensinar com brinquedos num posicionamento dialógico: refletir acerca da tecnologia presente nos brinquedos, sejam industrializados ou manufaturados; identificar os princípios físicos que expliquem seu funcionamento; formular as perguntas a serem apresentadas aos alunos; permitir que os alunos o questionem; estimular seus educandos a re-criação dos brinquedos estudados e a se apropriarem do funcionamento; possibilitar que seus alunos construam brinquedos utilizando sucatas. Na execução desta metodologia o educador tem a oportunidade de rever e atualizar seus próprios conhecimentos:

[...] o professor dificilmente percebe que, ao ensinar, ele aprende também, primeiro porque ensina, quer dizer, é o próprio processo de ensinar que ensina a ensinar. Segundo, ele aprende com aquele a quem ensina, não apenas porque se prepara para ensinar, mas também porque revê o seu saber na busca do saber que o estudante faz. (FREIRE, 2002, p. 44 apud LEODORO, 2007, p. 6/7).

Utilizar a ludicidade presente nos brinquedos para despertar a curiosidade epistemológica e, por conseguinte, propiciar um aprendizado prazeroso e eficiente é uma das opções disponíveis aos educadores. Porém, não é trivial, nem fácil sua implantação - requer vontade e ousadia para se deparar com dificuldades

operacionais e até rejeições (inclusive de uma parcela de alunos). Afinal, a metodologia oriunda de aulas tradicionais encontra-se presente em nossas escolas há décadas e todo processo de mudança gera crítica e precisa de tempo para ser assimilada pela comunidade educacional.

2.4 - Concepções prévias⁸ e concepções científicas

Os PCN evidenciam a necessidade de se respeitar as concepções prévias dos alunos e de se buscar, pelo diálogo, sua evolução conceitual:

O conhecimento prévio dos alunos, tema que tem mobilizado educadores, especialmente nas últimas duas décadas, é particularmente relevante para o aprendizado científico e matemático. Os alunos chegam à escola já trazendo conceitos próprios para as coisas que observam e modelos elaborados autonomamente para explicar sua realidade vivida, inclusive para os fatos de interesse científico. É importante levar em conta tais conhecimentos, no processo pedagógico, porque o efetivo diálogo pedagógico só se verifica quando há uma confrontação verdadeira de visões e opiniões; o aprendizado da ciência é um processo de transição da visão intuitiva, de senso comum ou de auto-elaboração, pela visão de caráter científico construída pelo aluno, como produto do embate de visões. (BRASIL, 1999, p. 263/264).

As evoluções conceituais se dão quando o aluno aceita, pelo convencimento, uma nova concepção mais abrangente que a sua. No entanto, compreensão e aprendizagem são manifestações idiossincráticas, ou seja, são inerentes e diferenciadas em cada pessoa, variam, portanto, de aluno a aluno. Assim, várias metodologias podem ser eficazes para uns e não para outros alunos, daí a necessidade de o professor ser um epistemólogo, um pesquisador inconformado, a

⁸ As concepções prévias são também chamadas concepções alternativas, concepções ingênuas ou ainda concepções espontâneas. Geralmente estão compostas de idéias empiristas e religiosas, formadas ao longo da vida do indivíduo, no contato com a cultura e tradições dos familiares e vizinhos. Muitas vezes, assemelham-se aos conceitos e concepções da época de Aristóteles, outras vezes à teoria do Ímpetus ou ainda a teoria nenhuma.

testar e melhorar sua prática pedagógica ano após ano, facilitando e ampliando as concepções dos alunos.

As pesquisas demonstram que as aulas tradicionais são pouco eficazes na evolução das concepções prévias para as concepções científicas (MENINO E CORREIA, 2001; DRIVER, 1985; SAAD, 2005). Como estratégia para este desenvolvimento gradual dos conceitos, os pesquisadores sugerem alternativas que, na maioria das vezes, são complementares:

Paul Feyerabend, pensador e filósofo austríaco, propôs o anarquismo epistemológico consubstanciado no pluralismo metodológico. Para ele “todas as metodologias, mesmo as mais óbvias, tem limitações” (FEYERABEND apud REGNER, 1996, p.237). O professor para ter êxito em ensinar de forma que os alunos aprendam, deveria “basear-se na curiosidade e não em exigências, e [...] deveria estimular essa curiosidade, sem recorrer a qualquer método consagrado” (FEYERABEND, 1989, p. 291).

Freire e Shor propõem a necessidade do diálogo como instrumento de um aprendizado compartilhado; primeiro buscar o concreto para que nos aproximemos da abstração e da importância da criação de situações motivadoras que gerem a curiosidade epistemológica, capaz de inquietar o aluno à busca do conhecimento e, por conseguinte, evoluir suas concepções prévias para conhecimentos cientificamente aceitos:

Nossa experiência na universidade tende a nos formar à *distância* da realidade. Os conceitos que estudamos na universidade podem trabalhar no sentido de nos separar da realidade concreta à qual, supostamente se referem... Assim, nossa linguagem corre o risco de perder o contato com o concreto. Quanto mais somos assim, mais distantes estamos da massa das pessoas, cuja linguagem, pelo contrário, é absolutamente ligada ao concreto. Devido a isso, nós, intelectuais, primeiro descrevemos os conceitos, enquanto que as pessoas primeiro descrevem a realidade, o concreto. (FREIRE E SHOR, 1986, p. 131).

Driver et. al (1985) reforçam a necessidade de não se ignorar os conhecimentos prévios dos alunos e que o ensino deve levar em consideração a dimensão sócio-interacionista na análise do processo de ensino, onde ocorre uma negociação social. Nela, a linguagem e os significados do professor serão apropriados pelos alunos. Eles afirmam que as concepções prévias (ou alternativas) são esquemas dotados de certa coerência interna e não se tratam de idéias irracionais, mas simplesmente fundamentadas em premissas diferentes. Para Driver: "poderia ser útil a realização de uma série de replicações dos estudos que focalizassem mais o conteúdo atual das idéias dos alunos [...]" (DRIVER & EASLEY, 1978, p. 12 apud MORTIMER, 1996).

Mortimer (1996) critica a expressão "mudança conceitual" e defende a idéia que o aluno, durante o processo de ensino e aprendizagem, passa a "evoluir num perfil de concepções", em que as novas idéias adquiridas passam a conviver com as idéias anteriores. Assim, "é possível situar as idéias dos estudantes num contexto mais amplo que admite sua convivência com o saber escolar e com o saber científico."

Mortimer aproveitou as reflexões de Bachelard (1984) sobre o conceito de "perfil epistemológico" para dar a noção ao que chamou de "perfil de concepções". Através deste poderemos entender a evolução das idéias dos estudantes, não como uma substituição de idéias alternativas por idéias científicas, mas como a evolução de um perfil de concepções. Desta forma, determinadas concepções de uma pessoa poderiam ser classificadas como fazendo parte de um perfil cuja elaboração conceitual pode ser mais rigorosa e aprofundada que outras. Bachelard, segundo Mortimer (id) divide as formas de pensamento em estágios diferenciados (perfis

epistemológicos) de acordo com a evolução e sofisticação conceitual. Para ele as reflexões estariam num dos perfis apresentados a seguir:

[...] realismo, que é basicamente o pensamento de senso comum; o empirismo, que ultrapassa a realidade imediata através do uso de instrumentos de medida, mas que ainda não dá conta das relações racionais; o racionalismo clássico, em que os conceitos passam a fazer parte de uma rede de relações racionais; o racionalismo moderno, em que as noções simples da ciência clássica se tornam complexas e partes de uma rede mais ampla de conceitos; e também um racionalismo contemporâneo, ainda em desenvolvimento, que englobaria os avanços mais recentes da ciência através de estudos sobre a forma, fractais e sistemas não-lineares, que permitem a incorporação, como objeto de estudo, de sistemas complexos e/ou caóticos, como reações distantes do equilíbrio, sistemas irreversíveis, etc. (BACHELARD, 1984 apud MORTIMER, 1996).

Para exemplificar a profundidade em que estaria situado um determinado conceito nos diversos “perfis de conceitos”, Mortimer (id) utiliza da exemplificação do significado de “massa” feito por Bachelard. Assim, a “massa” poderia ser entendida:

No realismo - massa pode ser entendida como aquilo que é pesado. A noção de massa corresponde, então, "a uma apreciação quantitativa grosseira e como que ávida de realidade. Aprecia-se a massa pela vista" (id, p.13).

No empirismo - Vincula-se a apreciação de massa ao instrumento que a mede – a balança. “[...] A tal conceito simples e positivo, a uma determinação simples e positiva de um instrumento (mesmo que seja teoricamente complicado) corresponde um pensamento empírico, sólido, claro, positivo e imóvel.” (id, p. 15)

No racionalismo clássico - a massa possui relações com outras grandezas. "Com Newton a massa será definida como o quociente da força pela aceleração. Força, aceleração, massa, estabelecem-se correlativamente numa relação claramente racional, [...] e analisada pelas leis racionais da aritmética." (id, p. 16).

No racionalismo moderno - a massa é entendida de forma ainda mais complexa. Esta já não possui um valor determinado, ela depende da velocidade. “Na Física relativista, a noção de massa também não é mais heterogênea à energia. Em suma, a noção simples dá lugar a uma noção complexa, sem declinar seu papel de elemento.” (id, p. 18).

No racionalismo contemporâneo - a massa só é definida dependendo da forma como se propaga. Mortimer afirma que neste perfil conceitual “a realização se impõe à realidade”. Neste estágio de concepção está presente a mecânica de Dirac - “é a forma de propagação que definirá, em seguida, aquilo que se propaga. ‘A mecânica de Dirac é, pois, de saída, *desrealizada*’. É no fim do seu desenvolvimento que ela procurará suas realizações.” (id, p. 20).

Bachelard, segundo Mortimer, apresentou o que corresponderia as suas concepções sobre massa nos vários estágios de reflexão, traçando assim, seu “perfil epistemológico” sobre “massa” (figura 5). Nele, as colunas (que segundo o próprio Bachelard são medições qualitativas grosseiras) identificam quão estas idéias estão presentes em seu pensamento.

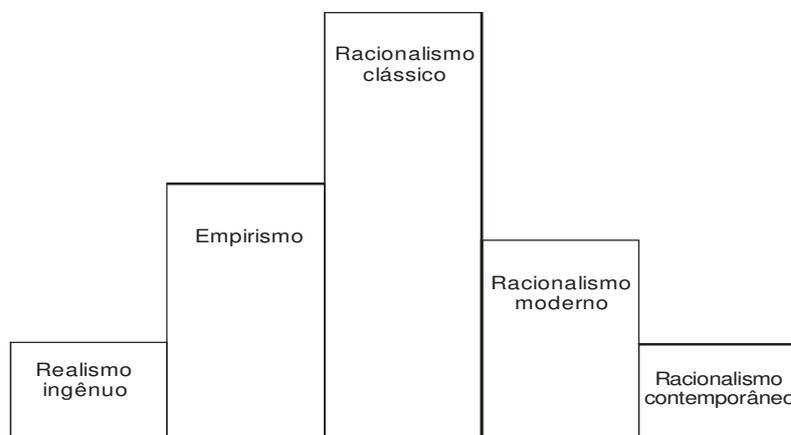


Figura 5 - Perfil epistemológico de Bachelard para o conceito de massa. (BACHELARD, 1984, p. 25 apud MORTIMER, 1996)

Para Mortimer (1996): “A noção de perfil conceitual nos fornece elementos para entender a permanência das idéias prévias entre estudantes que passaram por um processo de ensino de noções científicas.” Em suas pesquisas, Mortimer evidencia que é natural, pois, que nossos alunos permaneçam com suas concepções alternativas convivendo com as concepções científicas, sejam estas as mais profundas. As concepções prévias ou alternativas dos alunos estão emolduradas dentro do *perfil realista* de concepções. Já as noções científicas passam a existir *a partir do empirismo* e se aprofundam na medida em que os perfis conceituais tornam-se mais racionais.

Quando da abordagem de um conteúdo, os alunos, podem ou não evoluir suas concepções aceitando ou não as concepções científicas. Se as aceitam, ampliam seu vocabulário e avançam em seu perfil conceitual. Assim, em determinados momentos, expressam seus conhecimentos sobre o assunto de maneira mais aprofundada, evidenciando suas concepções mais rigorosas. Mas, dependendo da situação, podem fazer uso de suas concepções prévias e fazem-se entender neste ambiente menos rigoroso. Quando, por exemplo, um aluno que já tenha estudado os espelhos esféricos, encontra-se em seu ambiente doméstico e se refere a um espelho usado para ampliar a imagem do rosto de alguém, continua falando “espelho de grau” e não espelho côncavo; já numa conversa entre acadêmicos o termo científico seria o utilizado. Da mesma maneira, já tendo adquirido o conhecimento da diferença entre massa e peso, ao fazer compra num supermercado ou feira, continuaria a pedir: veja quanto pesa este produto? Ou ainda, quantos quilos têm? Ficaria estranho e presunçoso dizer: Por favor, qual a massa presente neste composto orgânico? Mortimer (1996) em seu artigo dá outro exemplo bem elucidativo - mesmo já tendo compreendido uma noção mais

sofisticada de calor e que o “frio” não existe, é comum, no dia-a-dia, dada a interação com as pessoas, que se fale do “frio” e não ausência de calor:

Soaria pedante alguém afirmar que ‘vestiu uma blusa de lã porque ela é um bom isolante térmico, impedindo que o corpo ceda calor para o ambiente’. Ora, nós vestimos lã porque ela é quente e nós estamos com frio. Não há aí nenhum vestígio de concepções ingênuas, mas o uso da palavra calor num sentido de senso comum que a nossa cultura consagrou.

Não há, portanto, segundo Mortimer *“mudanças conceituais”*. Há, sim, uma evolução de conceitos que convivem e são úteis para cada situação. Por outro lado, não há uma receita pronta que garanta o sucesso na evolução das concepções dos alunos. O que se mostra eficaz para um aluno, pode não ser para outro. Cabe ao professor pesquisar e, se necessário, testar variadas metodologias para possibilitar uma melhor compreensão dos alunos.

2.5 - Entendendo a Terceira Lei de Newton

No enunciado da Terceira Lei do Movimento, Isaac Newton, no livro “Principia: Princípios matemáticos de filosofia natural” evidencia que: “Para uma ação existe sempre uma reação igual e oposta; em outras palavras, as ações de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e sempre opostas em direção⁹.” (NEWTON, 1999, p. 417).

⁹ Law 3 – “To any action there is always an opposite and equal reaction; in other words, the actions of two bodies upon each other are always equal and always opposite in direction.” Isaac Newton chamou de “direção” o que na Física contemporânea passou-se a denominar de “sentido”. Assim, hoje, se compreende que a direção é a linha imaginária sobre a qual existem dois sentidos. Desta forma, se numa mesma estrada reta, têm-se dois carros se deslocando: um da cidade

Esta lei aparenta ser mais simples do que é, e sua compreensão suscita a necessidade de entendermos algumas particularidades. Ao explicá-la, Hewitt escreveu: “Se isto está confuso, talvez seja bom saber que mesmo Newton tinha dificuldades com a terceira lei.” (HEWITT, 2002, p. 88).

A Terceira Lei de Newton interpretada por outros pesquisadores apresenta elucidações bastante interessantes:

1 - As forças se apresentam sempre aos pares (GREF, 2000, p.45). Não existe a possibilidade de um corpo aplicar uma força sobre outro, se este não conseguir reagir de forma equivalente. Isto quer dizer que há um limite para que uma força seja aplicada sobre um corpo e este limite é o valor máximo que a reação pode atingir: Se uma pessoa decide correr numa superfície muito escorregadia (um chão encerado ou uma pista de gelo), e o solado do seu calçado está liso, será em vão que tente obter grandes acelerações, pois há um limite para a reação (que corresponde ao máximo atrito possível nesta interação). Assim, é impossível exercer forças maiores que o valor máximo do atrito. Só poderia haver ação acima deste valor se fosse possível uma reação equivalente. Desta forma, a pessoa, ao tentar exercer forças maiores que o limite do atrito, escorrega e, se consegue deslocar-se, o faz como se deslocaria se exercesse uma ação cujo valor correspondesse ao máximo valor do atrito.

Hewitt (2002, p. 86) cita o exemplo de um boxeador, que após ter socado o “saco de treinamento”, decide exercer uma força equivalente sobre uma folha de papel solta no ar. No saco de treinamento, que é massivo, ele consegue exercer grandes impactos que deformam o saco onde o punho atinge e o saco reage igualmente parando a mão do pugilista. Há então, um par ação-reação cuja força é considerável. Agora, quando o boxeador, com o mesmo golpe, tenta atingir uma

A para a cidade B e outro da cidade B para As sob o ponto de vista físico, ambos têm a mesma direção, embora seus sentidos sejam opostos.

folha de papel no ar, ele pode exercer apenas uma minúscula força e o valor desta é limitado devido à pequena inércia que tem a folha de papel. Ele pode até tentar, mas sua ação sobre a folha será pequena, como pequena é a máxima reação possível pela folha de papel.

2 - As forças de ação e reação ocorrem em corpos diferentes (ALVARENGA, 2006, p. 62; GREF, 2000, p.46). Quando um corpo exerce uma ação sobre outro, esta ação pode ser representada por um vetor sobre o centro de massa do corpo que recebeu a ação. Por outro lado a reação deve ser representada por outro vetor, igual em módulo e direção, mas de sentido contrário e aplicado sobre o centro de massa do corpo que praticou a ação; Este esclarecimento é pertinente visto que muitos alunos, ao visualizarem, por exemplo, as forças que agem sobre um corpo apoiado numa mesa horizontal, identificam as forças “peso e a normal” (ambas se manifestando sobre este corpo) como sendo um par ação-reação (figura 6), o que não é correto. O professor, ao apresentar este exemplo, pode desenhar os pares ação-reação separadamente (a interação corpo-Terra e a interação corpo-mesa) e em seguida superpô-los.

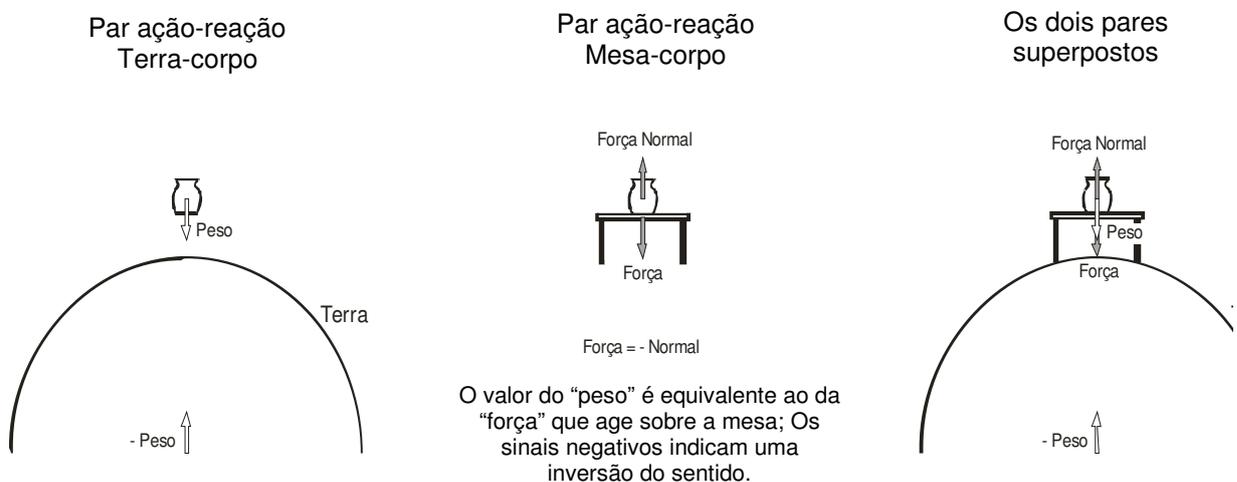


Figura 6 – Os pares ação-reação: corpo/Terra e corpo/mesa devem ser apresentados separadamente.

Desta maneira o aluno terá melhores condições de perceber que estas duas forças “peso e normal” que agem sobre o corpo, ainda que tenham o mesmo módulo, a mesma direção e sentidos contrários, não constituem um par ação-reação, pois agem sobre o mesmo corpo. Esta situação se dá sempre quando a superfície onde o corpo está apoiado é horizontal. Quando um corpo sobre uma rampa, a força normal se diferencia da força peso em módulo, direção e sentido.

3 - Independente das massas dos corpos em questão, sejam na interação entre dois corpos de massas parecidas (jovens sobre esquetes) ou na interação de massas muito diferentes (o planeta e o galho de uma árvore), a força que um age sobre o outro obedece à mesma lei. Esta constatação contraria o senso comum, visto que muitas pessoas, desconhecendo a Terceira Lei de Newton, imaginam que um corpo de maior massa necessariamente exerce uma maior força sobre um corpo de menor massa (URE et al, 1994, p. 126).

4 – Não importa qual das forças pode ser chamada de “ação” e qual pode ser a “reação”. (HEWITT, 2002, p. 87). Há situações em que é impossível dizer quem age e quem reage. Num abalroamento entre dois carros que se deslocam em sentidos contrários, por exemplo, qualquer um deles pode ser visto como o que pratica a ação e o outro, por conseguinte, o que reage. Em várias situações do cotidiano esta indefinição aparece: na atração entre Terra e Lua, num aperto de mão, na brincadeira em que dois grupos de crianças puxam uma corda, um grupo em cada extremidade; Em todas estas situações, qual força é a ação e qual é a reação? Pela Terceira Lei de Newton isto não é relevante. O importante é que uma não existe sem a outra.

5 – As forças de ação e reação, embora sejam iguais e opostas, elas não se anulam (HEWITT, 2002, p. 88). Para o entendimento deste item, é importante a definição do “sistema” envolvido. Suponhamos que um casal (figura 7) esteja sobre esportes. Ambos segurando uma corda. Em determinado momento, Taylane puxa a corda e os dois se aproximam. Se definirmos o Fabrício como sistema (identificado na linha tracejada vermelha), dizemos que sobre ele foi exercida uma força externa que o fez acelerar conforme a segunda lei de Newton ($F=m.a$).

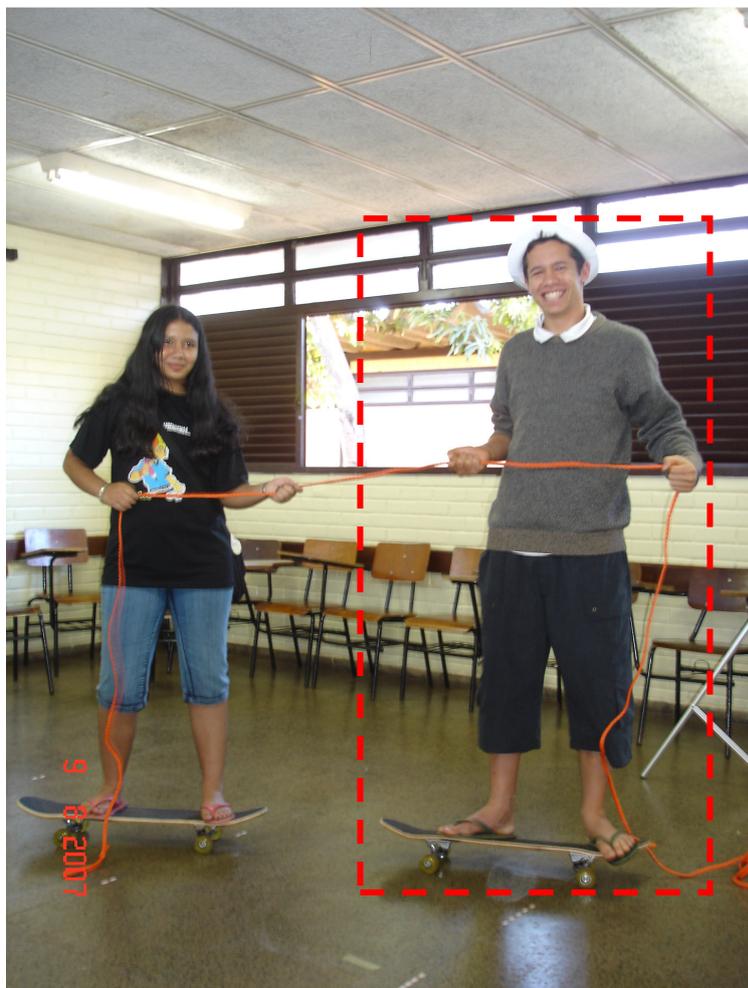


Figura 7 - A força produzida por Taylane é externa ao sistema Fabrício e o faz acelerar.

No entanto, se definirmos como sistema o conjunto formado por Fabrício e Taylane (tracejado da figura 8), o puxão dado por ela é incapaz de mudar a posição

do centro de gravidade do conjunto “Fabrício-Taylane”, O centro de massa do sistema antes e depois do puxão mantém-se na mesma posição.

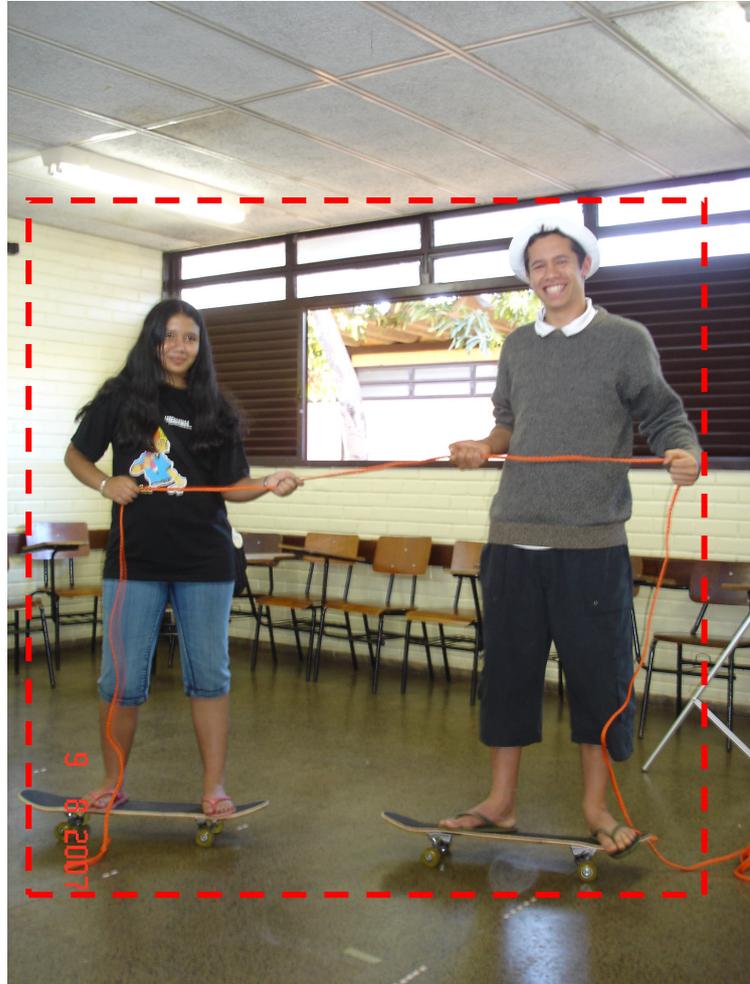


Figura 8 – Sendo o sistema composto pelo casal, não há deslocamento do centro de massa do sistema.

Esta explicação é útil e perceptível na natureza: É impossível alguém elevar-se verticalmente puxando seus próprios cabelos – o par ação-reação é interno ao sistema. Embora os átomos que compõem uma mesa estejam em constante interação entre si, a própria mesa é incapaz de deslocar-se, visto que seus milhões de pares de ação e reação são internos ao “sistema mesa”. De forma similar é impossível que um barco à vela seja deslocado pelo vento produzido por um enorme ventilador preso no barco e que esteja a soprar a própria vela (figura 9). Há,

logicamente, um par ação-reação produzido pela interação ventilador/vela. No entanto, não haverá deslocamento do barco visto que as forças em questão são internas ao sistema.



Figura 9 - Um barco à vela não se movimenta devido ao funcionamento de um ventilador a soprar suas próprias velas.

2.6 - A Terceira Lei de Newton e as concepções dos alunos

Fruto de observações e interações com o mundo, os alunos passam a dar suas explicações para os fenômenos que verificam. Estas concepções prévias são idéias empíricas, muitas vezes carregadas de mistificações e ficam tão enraizadas em suas memórias que são de difícil modificação. Ao entrarem na escola o choque de idéias é inevitável: Os professores apresentam aos alunos explicações científicas e estes, nem sempre as compreendem. Colaborar para que haja uma evolução das concepções prévias para conceitos cientificamente aceitos é um dos desafios colocados aos educadores.

É comum verificarmos em turmas do primeiro ano do Ensino Médio que, ao estudarem mecânica, os alunos já apresentam um conhecimento razoável sobre conceitos como força, deslocamento, velocidade, massa, aceleração, equilíbrio. No

entanto, para eles, as relações entre estas grandezas e as leis que as regem ou são desconhecidas ou estão permeadas por concepções alternativas.

Ao estudarem como os alunos compreendem as interações entre corpos, traduzidas pela Terceira Lei de Newton, alguns pesquisadores identificaram suas concepções prévias. Abaixo apresentamos algumas delas:

- O desconhecimento da existência de forças como tensão em cordas e forças exercidas por superfícies em corpos postos sobre elas (MCDERMOTT, 1984; HALLOUN, 1985 apud TALIM, 1999, p. 143);
- Na suposição da necessidade da presença de uma força na direção do movimento para manter os corpos se movendo (id., 1999, p. 143);
- Confusão entre velocidade e aceleração (TALIM, 1999, p. 143);
- Entendimento de que, quando um corpo de grande massa interage com outro de pequena massa, a força feita pelo corpo de massa maior será também maior. (URE et al, 1994);
- Quando um corpo de grande massa é empurrado por uma pessoa sem que esse corpo se mova, muitos alunos não reconhecem a existência da força de reação do corpo sobre a pessoa que o empurra (id.)
- Quem empurra exerce maior força (id., 1999);

Ure et al (1994) aplicou um teste com respostas abertas visando detectar as concepções intuitivas dos estudantes na cidade de Caracas (Venezuela) sobre o princípio de ação e reação. Concluíram que: “os estudantes, dos diferentes níveis educativos (ensino médio e universitário), responderam as questões demonstrando uma teoria geral consistente e intuitiva com ligeiras variações.”

Para Ure et al (1994), os alunos, mesmos os que estudam nos cursos universitários de bacharelado em Física, evidenciam concepções ingênuas quando

confrontados em determinadas questões. Por exemplo: quando solicitados que indicassem as forças que agem na interação pedra/Terra quando uma pedra cai próximo à superfície da Terra e, em outra questão, que indicassem as forças que agem na interação Terra/Lua (para a Mecânica Clássica não há distinção entre estes dois casos), os alunos identificaram estas situações como sendo diferentes. Assim:

As razões de como interpretam estas questões de forma diferentes podem estar na forma como se constroem as concepções intuitivas, quer dizer: das interações com o mundo, os alunos vêem a queda dos corpos e tem experimentado este fato, mas no caso da Lua 'jamais' tem observado a Lua caindo sobre a Terra, então deste seu ponto de vista, ambas as situações não podem ser equivalentes. (URE et al, 1994, p. 126).

Talim (1999, p.148) aplicou um teste para alunos do Ensino Médio de escolas públicas e particulares, e concluiu que a Terceira Lei de Newton foi entendida pelos alunos de três padrões distintos. As três situações são:

- 1 – Um corpo móvel que colide com uma parede ou um grande corpo imóvel – Muitos alunos não identificam a força do corpo sobre uma parede imóvel, mas apenas a força da parede sobre o corpo;
- 2 – Corpos que interagem com forças de longo alcance – Os alunos não identificaram a força de um corpo (que está próximo à Terra) sobre a Terra, ou se a identificam, ela é menor do que a força da Terra sobre o corpo;
- 3 – Corpos móveis em contato um com outro – neste caso, corpos movendo-se na mesma direção, os alunos identificam que o corpo de maior massa exerce a maior força sobre o de menor massa.

Para Talim, cabe ao docente levar em consideração este aspecto e, ao apresentar o conteúdo, deve criar as condições que ilustrem que, sob o ponto de vista científico, não há distinção entre as interações nos três casos; todas, portanto, estariam submetidas à mesma lei.

Ure et al (1994, p. 126) ressaltam que “evidentemente não se trata de dizer somente que é necessário tomar em conta as concepções prévias dos estudantes.” Quem poderia expressar concepções científicas sem ter tido contato com estas idéias? Para os pesquisadores o importante é utilizar uma metodologia que permita construir significados com seus alunos.

Capítulo 3 – REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 - A educação dialógica de Paulo Freire

“Não nasci marcado para ser um professor assim como sou. Vim me tornando dessa forma no corpo das tramas, na reflexão sobre a ação, na observação atenta a outras práticas, na leitura persistente e crítica. Ninguém nasce feito. Vamos nos fazendo aos poucos, na prática social de que tomamos parte.”

Paulo Freire

Como alternativa a educação tradicional, Paulo Freire sugeriu a necessidade do diálogo, levado em consideração a cultura, a realidade e os conhecimentos dos alunos como ponto de partida para a aprendizagem. Ele relatou:

Quando insisto em que a educação dialógica parte da compreensão que os alunos têm de suas experiências diárias, quer sejam alunos da universidade, ou crianças do primeiro grau, ou operários de um bairro urbano, ou camponeses do interior, minha insistência de começar a partir de sua descrição sobre suas experiências da vida diária baseia-se na possibilidade de se começar a partir do concreto, do senso comum, para chegar a uma compreensão rigorosa da realidade.” (FREIRE E SHOR, 1986, p. 131).

Esta abertura à dialogicidade ainda recebe resistência por parte considerável dos professores. O novo, traduzido pelas metodologias onde o foco não esteja unicamente no discurso do professor, ainda é temido e evitado por muitos docentes. Para estes é mais “fácil”, talvez pela previsibilidade, repetir ano após ano, a mesma verbalização individualista, dotada da certeza de que é perda de tempo dialogar com os educandos. Assim, um professor de ciências “transmite” seu conteúdo descrevendo a ciência como verdadeira e pronta. Para o professor tradicionalista, sua função compõe-se de transferir aos educandos os conteúdos de seu discurso. Neste sentido “a palavra, nestas dissertações, se esvazia da dimensão concreta que

devia ter ou se transforma em palavra oca, e, verbosidade alienada e alienante. Daí que seja mais som que significação e, assim, melhor seria não dizê-la” (FREIRE, 2006, p. 66).

A busca por estimular os alunos ao aprendizado, utilizando do diálogo, conhecendo sua realidade sócio-cultural e valorizando seus conhecimentos prévios tem se mostrado mais eficaz que as práticas da educação tradicional (FREIRE E SHOR, 1986), chamada por Paulo Freire de “educação bancária”. Sobre esta identificou Freire ser a verbosidade uma de suas principais características:

A narração¹⁰, de que o educador é o sujeito, conduz os educandos à memorização mecânica do conteúdo narrado. Mais ainda, a narração os transforma em ‘vasilhas’, em recipientes a serem ‘enchidos’ pelo educador. Quanto mais vá enchendo os recipientes com seus ‘depósitos’, tanto melhor educador será. Quanto mais se deixem docilmente ‘encher’, tanto melhores educandos serão. (FREIRE, 2006, p 66).

Na educação bancária o professor dita, o aluno copia; não há debate acerca do conteúdo em tela. A criatividade não é estimulada. A motivação pouco existe. Para Freire, na “educação bancária” o professor age como aquele depositante de informações, de sua sapiência, de seus comunicados. Os alunos, por outro lado, são aqueles que são os depositados, os que “absorvem o que lhe é dito”, que arquivam os comunicados do professor sem muito questionamento.

Como alternativa à educação bancária e sua centralização no conteúdo e na verbalização do professor, Paulo Freire sugeriu o que denominou de “educação dialógica”. É comum em seus livros, Freire associar à educação dialógica os termos humanista, libertadora, revolucionária. Esta é baseada numa relação de

¹⁰ Paulo Freire chama de narrativa a aula não dialógica, onde o docente assume um discurso dissertativo e verborrágico. Alguns pesquisadores, no entanto, utilizam e defendem a narração nas aulas, cujo enfoque leve em consideração a teatralidade, a dramaturgia e entonação da leitura na seqüência de idéias e fatos, narrados como contadores de histórias/estórias. Pesquisam assim, este tipo de narração e a sua capacidade de motivar os alunos ao aprendizado, ao estímulo, à criatividade (GIRARDELLO, 2000).

sensibilidade do educador para com o educando. As concepções prévias dos alunos não são desconsideradas. Nesta metodologia, o professor se comunica, cresce e aprende também ao ouvir seus alunos. Sua aula é dinâmica e desafiadora, garantindo que o diálogo possa balizar os questionamentos que surgem. Assim, o término de um determinado assunto pode sofrer variação em turmas diferentes.

O dinamismo nas aulas não é exclusividade de aulas dialógicas. Muitas aulas de “cursinhos”, que poderiam ser identificadas como “de educação bancária”, são estruturadas e dinâmicas. Se pudessem também ser dialógicas poderiam gerar maior aprendizagem e interesse dos alunos, além de gerar maior satisfação para o professor. A dialogicidade, de certa maneira, minimiza a monotonia sentida nas aulas verborrágicas, tão previsíveis e com o passar do tempo, tão cansativas e sem graça para o docente.

Na educação dialógica até o conteúdo programático a ser apresentado aos alunos deve passar por um processo de recriação, de transposição didática e de diálogo junto aos alunos, utilizando-se exemplos e materiais que, fazendo parte do cotidiano dos educandos, possam ter significado para estes e os estimule ao aprendizado. Ira Shor, um dos companheiros de Paulo Freire no debate sobre a educação dialógica, defende a educação dialógica e o repensar do programa oficial de conteúdo, tradicionalmente repetido, ano após ano, pelas escolas:

Propomos uma redução radical da transferência de informação na sala de aula, ou nos manuais, em prol de análises mais longas de materiais considerados como textos problemáticos, sobre a vida social. Podemos esperar ir além dos resultados mínimos do currículo regular. Mas quero apontar uma conseqüência, um resultado da saturação dos alunos com informações maçantes. Toda essa atividade educacional do programa oficial não tem falado a linguagem deles, nem desenvolvido seu desejo crítico, nem se relacionado com os temas profundamente enraizados em suas vidas. (FREIRE E SHOR, 1986, p. 112).

Segundo Freire, ao evitar o diálogo, o professor, mesmo que não perceba, encontra-se a serviço de uma ideologia de opressão, de uma elite que se beneficia com a manutenção do “status quo”. Neste sentido, o professor manifesta sua opção política ao definir os conteúdos a serem abordados, suas profundidades, sua linguagem – opta assim, por uma visão de mundo. Até os exemplos e problemas formulados para os alunos identificam esta preferência e servem a uma ideologia, a um projeto político:

Esta é uma grande descoberta: a educação é política! Depois de descobrir que também é um político, o professor tem de se perguntar: ‘que tipo de política estou fazendo em classe?’ Ou seja: ‘estou sendo um professor a favor de quem?’ Claro que o professor que se pergunta a favor de quem e contra quem está educando também deve estar ensinando a favor e contra alguma coisa. (FREIRE E SHOR, 1986, pág. 60).

A educação dialógica é libertadora além de ser desafiadora e desveladora. Ao estimular os educandos a fazerem uma leitura da realidade, possibilita-lhes entender as relações sociais e políticas, que influenciam, inclusive, a abordagem e contexto do conteúdo apresentado na escola.

No ensino de Física, por exemplo, os conteúdos, hoje conhecidos como queda livre, lançamento horizontal e lançamento oblíquo, até a década de 80, era comum chamá-los de “balística”. Neste período, os exemplos deste conteúdo (presentes em muitos livros didáticos), envolviam bombas lançadas de aviões, balas arremessadas de canhões para máximos alcances. Serviram assim, ao “*establishment*” e interesses de um grupo político da época. Hoje, se comparado com nosso passado, vivemos uma época de relativa paz. Daí, os mesmos conteúdos são menos militarizados, neles os alunos encontram exemplos do seu dia-a-dia, como: saques de uma bola de vôlei ou esguicho de água lançada de um bebedouro. É o mesmo conteúdo, utilizando seus conceitos e equações para calcular a altura, o

alcance máximo, o tempo de permanência no ar, a velocidade de arremesso, entretanto o enfoque é outro e a quem serve esta ciência, também.

A dialogicidade pode levar os alunos à curiosidade epistemológica e, por conseguinte, a observarem criticamente algumas distorções da realidade como algumas ilustrações presentes em livros didáticos. O sistema solar, por exemplo, em algumas ilustrações, tem seus planetas desenhados alinhados, igualmente espaçados e muito próximos uns dos outros. Ilustrações desta natureza estão nos livros sem o cuidado de uma nota esclarecendo que o desenho está distorcido.

O senso crítico advindo de práticas dialógicas e críticas propicia uma análise de certas questões de Física, propostas em sala de aula, cujos resultados, matematicamente corretos, apresentam aberrações nas respostas, algo como: um homem correndo a 40 m/s em relação ao chão, um campo magnético num ímã de auto-falante com 50 teslas; eletrização em pequenas esferas com carga de 2 coulombs, pingos de chuva atingindo o chão a 500 km/h. Tais situações infelizmente são encontradas em exercícios e avaliações, quando o professor, sem a devida atenção, improvisa “problemas” atribuindo valores às grandezas sem que se reflita na discrepância e na impossibilidade dos resultados alcançados. É a Física clássica apresentada como exercício matemático, onde muitas vezes, se ignora a natureza e seus limites. Esta falta de atenção com o rigor científico é minimizada, segundo Freire, quando existe o diálogo na sala de aula, isto porque, alunos e professor, exercendo sua criticidade, têm a oportunidade de perceberem a inconsistência e o exagero, sejam de ilustrações ou resultados de questões problematizadas.

Na visão dialógica de ensinar, o fenômeno ou objeto a ser estudado na aula é refletido coletiva e criticamente. A visão e conhecimento do professor não são as únicas opções a serem consideradas. Através do diálogo, professor e alunos trocam

impressões e crescem à luz do debate. A motivação e o desafio estão em pauta, como por exemplo: como vocês explicam o que é o arco-íris? Por que é difícil correr num chão encerado? Por que a voz de uma pessoa difere de outra? Como funciona um secador de cabelo? O que é o trovão? Por que um raio “cai” e por que sua trajetória é sinuosa? Ao invés de se iniciar uma aula já dando respostas, o professor desafia seus alunos à reflexão, despertando-os à curiosidade, à comunicação, provocando-os a responderem sobre fenômenos que façam parte do seu dia-a-dia.

Para Freire o papel do educador não é falar ao povo sobre a nossa visão do mundo, ou tentar impô-la a ele, mas dialogar com ele sobre a sua e a nossa: “Temos de estar convencidos de que a sua visão do mundo, que se manifesta nas várias formas de sua ação, reflete a sua situação no mundo, em que se constitui” (FREIRE E SHOR, 1986, p.100).

Dialogando, o professor tem a oportunidade de apresentar reflexões que possibilitem ao aluno convencer-se de que suas explicações (geralmente compostas pelo senso comum) não conseguem ser tão lógicas e racionais; que os fenômenos físicos passaram por muitas observações, experiências e hipóteses, até a criação dos modelos e leis científicas aceitas atualmente. Que a ciência é uma criação humana e será aperfeiçoada quando uma nova teoria conseguir ser mais simples e abrangente. Que estamos em plena evolução e, no futuro próximo, podem surgir explicações ainda mais convincentes.

Há de se considerar, contudo, que o diálogo pressupõe uma acessibilidade das partes envolvidas. “Para alcançar os objetivos da transformação, o diálogo implica responsabilidade, direcionamento, determinação, disciplina, objetivos” (Ibid, p. 127). Só haverá diálogo numa sala de aula, quando o professor e os alunos

estiverem abertos a tal. Se o professor se mostra disposto não se garante, por si só, que haverá comunicação com seus alunos.

Geralmente, nas salas de aula, encontramos, entre 30, 40 ou 50 alunos, interesses variados que se refletem na dialogicidade da atividade docente. Há alunos (poucos) profundamente interessados em aprender; uma grande maioria apresenta susceptibilidade à aprendizagem e ao diálogo, dependendo do assunto e da capacidade do professor em provocar/conduzir o aluno à reflexão. Há, no entanto, alunos desinteressados, indisciplinados, portanto arredios às tentativas do professor, o que dificulta o aprendizado dele e, muitas vezes, a dos demais. Mesmo Paulo Freire teve dificuldade de envolver todos os seus alunos no diálogo, afinal só se consegue ensinar a quem se dispõe a aprender. No livro *Medo e Ousadia*, Freire mostra sua angústia em não conseguir atingir determinados alunos: “Você pode ser muito crítico fazendo preleções. A questão, para mim, é como fazer com que os alunos não durmam, porque eles nos ouvem como se estivéssemos cantando para eles!” (FREIRE E SHOR, 1986, pág. 53)

Mesmo o foco não sendo exclusivo no discurso do professor, a educação dialógica só será eficaz se o professor tomar a iniciativa e provocar o diálogo. Assim, sua postura é de fundamental importância no sucesso e na dialogicidade em sua aula. Os PCN tecem o seguinte comentário sobre o papel do professor:

[...] conhecendo os conteúdos de sua disciplina e estando convicto da importância e da possibilidade de seu aprendizado por todos os seus alunos, é o professor quem seleciona conteúdos instrucionais compatíveis com os objetivos definidos no projeto pedagógico; problematiza tais conteúdos, promove e media o diálogo educativo; favorece o surgimento de condições para que os alunos assumam o centro da atividade educativa, tornando-se agentes do aprendizado; articula abstrato e concreto, assim como teoria e prática; cuida da contínua adequação da linguagem, com a crescente capacidade do aluno, evitando a fala e os símbolos incompreensíveis, assim como as repetições desnecessárias e desmotivantes. (BRASIL, 1999, p. 265).

À luz do pensamento freireano, qual o perfil do professor dialógico? Como ele atua? Quais os valores e atitudes que o diferenciam de um professor tradicionalista? Relatamos, a seguir, as reflexões de Freire sobre o “papel” do professor.

3.2 - O PROFESSOR DIALÓGICO

“Não me envergonho de mudar meus conceitos nem de mudar minha opinião porque não me envergonho de aprender” (ALBERT EINSTEIN).

“Se estiver lecionando, você pode pensar sobre as coisas básicas que conhece muito bem, Essas coisas são engraçadas e deliciosas. Não faz mal algum pensar sobre elas mais uma vez. Há alguma forma melhor de apresentá-las? Há algum problema novo associado a elas? As coisas básicas são fáceis de serem pensadas; se você realmente pensar em algo novo, você fica bastante contente por ter uma nova forma de encará-lo” (RICHARD FEYNMAN).

O educador dialógico tem um papel central na aprendizagem dos seus alunos. É ele quem define os objetivos, a profundidade e o enfoque dado aos conteúdos. Embora assuma estas obrigações (inerentes a função do professor), opta em dar aulas **com** os alunos e não **para** os alunos. O diálogo é uma escolha e uma estratégia visando o aprendizado. Em sua busca por aprimoramento como pessoa e como profissional, ele está em constante transformação. Evoluir em sua maneira de pensar e agir é uma prática constante. Como epistemólogo, o professor dialógico repensa constantemente sua ação perante seus alunos: “como eu poderia agir nas próximas aulas para que esse assunto fosse melhor compreendido?” Estimula a criticidade de seus alunos e, junto com estes, também aprende. Como os alunos, sente-se, igualmente, um aprendiz em construção:

Nós nos tornamos algo mais porque estamos aprendendo, estamos conhecendo, porque mais do que observar, estamos mudando. Para mim, esta é uma das conotações do rigor criativo na educação dialógica, uma das conotações mais importantes. Se você não muda, quando está conhecendo o objeto de estudo, você não está sendo rigoroso. (FREIRE E SHOR, 1986, p. 104).

[...] a auto-suficiência é incompatível com o diálogo. Os homens que não tem humildade ou a perdem, não podem aproximar-se do povo. Não podem ser seus companheiros de pronúncia do mundo. Se alguém não é capaz de sentir-se e saber-se tão homem quanto os outros, é que lhe falta ainda muito que caminhar, para chegar ao lugar de encontro com eles; Neste lugar de encontro, não há ignorantes absolutos, nem, sábios absolutos: há homens que, em comunhão, buscam saber mais. (FREIRE, 2006, p.93).

O educador que opta pela dialogicidade reconhece que os níveis de percepção de seus alunos são diferenciados – o aprendizado é uma ação idiossincrática. Por isso, utiliza meios e linguagens que favoreçam o diálogo e o entendimento dos conteúdos. Na busca em motivar os alunos a dialogicidade e ao aprendizado, um professor de Física, por exemplo, deve utilizar várias estratégias, como: o suporte de uma experiência ou demonstração, um texto de abordagem em Ciência Tecnologia e Sociedade (CTS), software de simulações, a criação ou projeção de filmes, reflexões sobre a filosofia e a história da ciência, representações artísticas e, sempre que possível, utilizar elementos presentes no dia-a-dia dos alunos como jogos e brinquedos. Estas estratégias são potencialmente aplicáveis pelo professor dialógico em sua sala de aula. São recursos que promovem a comunicação **entre** e **com** os jovens e, por conseguinte, permitem uma aprendizagem mais prazerosa e significativa. Para Shor: “[...] a própria forma do curso diminui o risco de que a fala do professor se torne uma palestra para transferência de conhecimento.” (FREIRE E SHOR, 1986, p. 59).

O professor dialógico é aquele que tem fé no futuro, esperança nos jovens, amor à educação. É paciente. Sabe do valor de uma boa aula e se esforça dando o

melhor de si para a aprendizagem do “outro”. Reconhece em seu aluno, um ser cognoscente, também em evolução, e que aprenderá com os diálogos propiciados. Sabe que é exemplo para seus alunos e que sua postura e coerência, não apenas seu discurso, evidenciam ou não sua abertura à dialogicidade:

Se os estudantes vêem e ouvem o desprezo, o tédio, a impaciência do professor, aprendem, uma vez mais, que são pessoas que inspiram desgosto e enfado. Se percebem o entusiasmo do professor quando este lida com seus próprios momentos de vida, podem descobrir um interesse subjetivo na aprendizagem crítica. (FREIRE E SHOR, 1986, p. 35).

O prazer em ser professor, em se sentir útil na formação dos seus alunos, é essencial no sucesso do diálogo e da aprendizagem: “[...] acho que o que mantém a vida andando são minhas aulas e meus alunos. Eu *jamais* aceitaria qualquer posição que alguém tenha criado uma boa situação para mim, na qual eu não tenha de lecionar. Jamais.” (FEYNMAN, 2000, p. 188).

O educador dialógico é um humanista e busca construir suas aulas usando as emoções e o lúdico como instrumentos pedagógicos. Esta dimensão emocional é muito importante na construção do conhecimento dos educandos:

O desconhecimento por parcela considerável de nossos educadores da chamada inteligência emocional, como elemento integrante do comportamento inteligente, pode estar prejudicando o desempenho escolar criando, nos estudantes, uma verdadeira rejeição pelo conhecimento científico e aplicado. (SAAD, 2005 p. V).

Para Freire, a opção pelo diálogo é uma manifestação amorosa feita por aquele que exprime este nobre sentimento:

Ao fundar-se no amor, na humildade, na fé nos homens, o diálogo se faz uma relação horizontal, em que a confiança de um pólo no outro é a conseqüência óbvia. Seria uma contradição se, amoroso, humilde e cheio de fé, o diálogo não provocasse este clima de confiança na antialogicidade da concepção ‘bancária’ da educação. (FREIRE, 2006, p.94).

O educador libertador encara esta abertura ao diálogo e suas conseqüências como um desafio necessário, como a oportunidade de construir momentos que o levem a pesquisar, a crescer. Ele é um educador humanista.

[...] um educador humanista, revolucionário [...] Sua ação, identificando-se, desde logo, com a dos educandos, deve orientar-se no sentido da humanização de ambos. Do pensar autêntico e não no sentido da doação, da entrega, do saber. Sua ação deve estar infundida da profunda crença nos homens. Crença no seu poder criador. Isto tudo exige dele que seja um companheiro dos educandos, em suas relações com estes. (FREIRE, 2006, p. 71).

A ação do professor dialógico e libertador está centrada na participação, no estímulo à crítica e a curiosidade epistemológica, na sua ação de mediador entre os alunos e o assunto/conteúdo a estudar, no seu protagonismo, na criação, na experimentação – em suma, na lúcida decisão de agir para que seus alunos sejam cidadãos do mundo, indivíduos críticos, solidários e responsáveis por seus atos.

O professor se constrói como libertador. É sua opção. Sabendo que ninguém nasce formado, pratica a democracia com atos que a reforçam. É nutrindo valores que promovam o diálogo que o professor se mostra libertador:

Quanto mais discutia com eles os problemas das escolas e das crianças, mais me convencia de que deveria estudar suas expectativas. Todas essas coisas que agora procuro teorizar não ocorreram de repente ou acidentalmente. Vieram de uma série de experiências... Na minha relação com os alunos aprendi que eu deveria ser humilde em relação a sua sabedoria. Eles me ensinaram, pelo silêncio, que era absolutamente indispensável que eu unisse meu conhecimento intelectual com sua própria sabedoria. Ensinaram-me, sem nada dizer, que eu nunca deveria dicotomizar esses dois conjuntos de conhecimento: o menos rigoroso do muito mais rigoroso. (FREIRE E SHOR, 1986 p. 40/41).

Tão importante quanto a maneira de abordar os conteúdos é sabê-los em profundidade. O professor dialógico, é na linguagem freiriana, um militante comprometido com sua formação. Aprimora-se e não se acomoda a aulas pré-

montadas. Está sempre pesquisando novas abordagens, metodologias, experiências. Sabe da importância de “saber” para ensinar:

O educador tradicional e o educador democrático têm ambos de ser competentes na habilidade de educar os estudantes quanto às qualificações que os empregos exigem. Mas o tradicional faz isso com uma ideologia que se preocupa com a preservação da ordem estabelecida. O educador libertador procurará ser eficiente na formação dos educandos científica e tecnicamente, mas tentará desvendar a ideologia envolvida nas próprias expectativas dos estudantes. (FREIRE E SHOR, 1986, p. 86).

Outra característica que facilita a ação do educador dialógico é o humor. Para Shor: *“o humor não é uma habilidade mecânica que você acrescenta ao método dialógico, como uma cobertura de bolo. Tem que ser um dos ingredientes.”* (FREIRE e SHOR, 1986, p.194). Assim é importante que o professor não ignore que a comédia, a teatralidade/dramaticidade, o movimento e o humor facilitam e promovem a criatividade e a comunicação. São recursos de ensino que complementam ação dialógica, afinal a vida dos alunos fora da escola, geralmente, é movimentada e divertida e a comédia é uma das formas através da qual vivem sua própria subjetividade. “Quando a aprendizagem não tem humor, nem emoção, está lhes negando dois valores subjetivos.” (Ibid, p.194).

Os brinquedos e a ludicidade propiciada pelo contato com eles servem como um convite ao diálogo. Mediados pelo uso dos brinquedos, professor e alunos podem conversar sobre o funcionamento destes, suas particularidades e limitações. É uma grande oportunidade na aula para que o professor exercite a dialogicidade e estimule/desafie seus alunos a externarem a maneira como concebem/explicam os movimentos destes objetos em estudo. A partir das explicações da turma, o professor elaboraria questionamentos que conflitassem as concepções prévias dos alunos e que os estimulassem a repensarem/evoluírem suas idéias.

Capítulo 4 – A METODOLOGIA

4.1 – Perfil dos alunos

Dos 25 alunos do primeiro ano do Ensino Médio de uma escola pública de Brasília, inscritos antecipadamente para participarem da aula “A Física nos Brinquedos”, compareceram 16 alunos, sendo 7 alunos e 9 alunas. O convite foi feito verbalmente nas turmas da escola e a participação foi voluntária. Estes alunos compuseram o *grupo experimental*, ou seja, aquele ao qual seria submetida a metodologia.

Dado o número de alunos que compuseram o grupo experimental, escolhemos, aleatoriamente, outros 16 alunos, também do primeiro ano do Ensino Médio, para que formassem o *grupo controle*, ou seja, o grupo de alunos que **não** seria submetido à metodologia. No entanto, faria o pré-teste e o pós-teste. Assim, o desempenho do grupo controle serviu de parâmetro para a comparação com o desempenho do grupo experimental.

Os alunos do grupo controle foram escolhidos pela semelhança com os alunos do grupo experimental: pertenciam a mesma escola, tinham a mesma faixa etária, equivalência em número por gênero (7 alunos e 9 alunas), mesma situação sócio-econômica e mesmo turno de estudo (vespertino).

4.2 – Etapas do trabalho

Nossa pesquisa foi dividida em três momentos:

Aplicação de um pré-teste - Este foi aplicado aos dois grupos (experimental e controle) antes de receberem suas aulas sobre as leis de Newton.

Desenvolvimento da metodologia - Aplicada só aos alunos do grupo experimental.

Aplicação de um pós-teste - Dirigido aos dois grupos na semana seguinte a aula recebida sobre a Terceira Lei de Newton.

4.2.1 – Aplicação do pré-teste

Os alunos dos dois grupos *experimental e controle* foram convidados a responderem a um pré-teste (apêndice A). O objetivo deste foi identificar as concepções alternativas dos alunos acerca das interações entre corpos, fenômenos explicáveis através da Terceira Lei de Newton. O pré-teste teve questões por nós elaboradas e também as utilizadas pelo professor Sérgio Talim (1999), da Universidade Federal de Minas Gerais. Utilizamos algumas questões dissertativas, visto permitirem uma análise mais profunda acerca das concepções dos alunos sobre o tema.

4.2.2 – Desenvolvimento da metodologia

Utilizamos um tempo de 1h40min (tempo de uma aula dupla) para o desenvolvimento da metodologia. A aula foi filmada para que tivéssemos como verificar detalhes da metodologia aplicada além dos diálogos, comentários e perguntas.

Iniciamos a aula com questionamentos que instigassem os alunos a darem explicações para estes fenômenos: Por que eu consigo andar? Para andar basta eu ter pernas e vontade? E se eu estiver de meia num piso liso, bastante escorregadio,

por que não consigo correr? Por que uma bola volta ao bater numa parede? Como uma pipa se mantém equilibrada suspensa a uma certa altura se a Terra a está puxando?

O começo da aula foi pouco dialógica, apesar de nossos esforços. Verificamos que os alunos, no início, ficaram um pouco acanhados dada a presença das câmeras que registravam a aula. No entanto, após um determinado tempo, ficaram bem à vontade ao manipular os brinquedos e a interagir com seus colegas, atestando, como descreveu Leinstein (1982, p.359), que o interesse dos alunos por Física aumenta quando se trata de brinquedos como objetos de estudo visto que “[...] os alunos se relacionam bem com eles”.

No desenvolvimento da aula buscamos praticar os pressupostos defendidos por aqueles que compunham nosso referencial teórico. Assim, através de nossos comentários, buscamos motivar os alunos à reflexão sobre as respostas que deram no pré-teste e as verificações experimentais das interações que presenciariam na aula.

Pedimos que cada aluno mantivesse a mão esquerda estendida e utilizasse a mão direita para dar uma “palmada” na mão esquerda. Perguntamos em seguida:

— Qual mão exerceu uma força sobre a outra?

— A mão direita, responderam.

— E qual mão “doeu”?

Neste instante os alunos responderam:

— As duas. A direita também doeu.

Perguntamos então:

— Se a mão esquerda doeu é porque ela recebeu a ação da mão direita.

Agora como a gente pode explicar que a mão direita também tenha doído?

Juliana¹¹ respondeu:

— É porque a mão esquerda também bateu nela!

Afirmamos então:

— Vejam que há uma coerência em dizer que a mão que exerceu a ação também recebeu uma reação!

Em seguida apresentamos um segundo exemplo:

— Percebam que eu, ao andar, estou empurrando o chão para trás. Se eu ando devagar é porque estou empurrando o chão com uma pequena força. Como eu faço para me deslocar com maior velocidade?

A aluna Beth respondeu:

— É só empurrar o chão com mais força.

— Certo! Respondemos. Só que, quando ando, seja devagar, ou rápido, estou empurrando o chão para trás, vejam... E por que meu deslocamento é para frente?

Não houve resposta. Comentamos então, que estas experiências poderiam ser entendidas pela Terceira Lei de Newton. E que, no caso, meu deslocamento é para frente porque quando empurro o chão para trás este reage sobre mim, me empurrando para frente.

Apresentamos, então, o enunciado da Terceira Lei do Movimento, também conhecida como a Terceira Lei de Newton ou lei da ação e reação.

Em seguida convidamos os alunos para que, em grupos, sentassem no chão da sala. Dissemos:

— Agora nós vamos brincar e, na brincadeira, vamos investigar se a Terceira Lei de Newton consegue explicar bem os movimentos dos brinquedos.

¹¹ Os nomes que compõem os diálogos são fictícios.

Os alunos formaram dois grupos e, aos poucos, fomos distribuindo os brinquedos, um a cada momento, para que analisassem como estes se movimentavam interagindo com o chão ou, se estes se chocavam, como ocorria a interação entre eles. Utilizamos em nossa aula alguns carrinhos, um pintinho saltador, um boneco nadador, bolinhas de gude, dois esqueites, CDs Flutuantes, brinquedos estes construídos pelos próprios alunos.

Ao entregarmos um determinado brinquedo aos grupos de alunos deixamos, a princípio, que estes o manipulassem, que brincassem. Após algum tempo, provocamos os grupos pedindo que observassem detalhes da interação que realizavam. Em conjunto fizemos análises qualitativas destas interações, sem nos prendermos à quantificação detalhada das medições de cada interação. A seguir transcrevemos a maneira como procedemos as experimentações e os comentários feitos na utilização dos brinquedos.

Carrinhos sem sistema interno de força motora (tipo “Match Box¹²”) – Conseguimos carrinhos que vêm acompanhados por um arremessador (figura 10).



Figura 10 – Carrinhos estilo “Mach Box” e o arremessador.

¹² Estes carrinhos, também chamados “Hot Wheels”, são miniaturas de carros encontrados muito facilmente em “lojas de 1,99”.

Estes foram de grande ajuda na simulação de choques (abalroamentos). Para simplificar o estudo evitamos colisões oblíquas e foram necessárias várias tentativas para que os choques fossem frontais.

Passamos então a usar uma calha guiando o deslocamento dos carrinhos, o que facilitou as observações. Dispúnhamos de carrinhos miniatura de fuscas e de ônibus. Só os fuscas conseguiam ter encaixadas suas traseiras para que pudessem ser arremessados. Realizamos, então, alguns abalroamentos entre os carrinhos. Algumas variações de colisões foram analisadas¹³.

a) Dois “fusquinhas” se chocando – O “fusca” azul foi arremessado, chocando-se com o “fusca” vermelho, distante aproximadamente 10 cm do arremessador. Perguntamos:

— Por que o carrinho vermelho entrou em movimento?

— Ah, é porque o azul o empurrou, responderam.

— Muito bem, dizemos então que o carrinho azul exerceu uma ação sobre o vermelho e o que aconteceu com o carrinho azul, que exerceu a ação?

Lucas respondeu:

— Ele parou porque o vermelho também bateu nele ... é ... o vermelho exerceu uma reação sobre o azul.

— Isso mesmo! O Lucas está certo: não existe ação sem que haja uma reação, as forças sempre existem aos pares!

— Agora me respondam onde estão as forças de ação e reação?

Lucas respondeu:

¹³ Experimento baseado na sugestão do livro de Mecânica do GREF (2000, p. 61/64).

— O carro azul empurrou o vermelho, então a força de ação do carro azul tá no vermelho e a reação foi do carro vermelho no azul, então acho que tá no azul.

— E aí, turma? O Lucas está certo?

Alguns gesticularam afirmativamente, outros ficaram indiferentes, quando afirmamos:

— A ação e a reação sempre ocorrem em corpos diferentes. A ação encontra-se no corpo que recebeu a ação. A reação está no corpo que praticou a ação. O Lucas está certo!

b) Um “fusquinha” choca-se na traseira de um ônibus em repouso –

Pedimos que notassem as forças envolvidas no processo. Antes que o choque se desse, perguntamos:

— O que vocês acham que vai acontecer quando o “fusquinha” se chocar na traseira do ônibus?

— Ele vai bater e voltar, disse Rodrigo (risos)

— E o ônibus?

— Ele quase não se mexerá!

Realizamos o experimento e, de fato, o fusquinha voltou e o ônibus deslocou-se para a frente, percorrendo uma determinada distância. Dissemos:

— Quando o “fusquinha” se chocou com outro “fusquinha” vocês viram que a distância que o carrinho vermelho (que recebeu a ação) foi uma. Agora viram que, quando o choque aconteceu no ônibus, olhem onde ele foi parar. Por que a distância agora foi menor?

— É porque o ônibus é muito maior que o “fusca”, respondeu Lucas.

— Isto quer dizer que a força que o fusca empurrou o ônibus foi menor que a força que o ônibus empurrou o “fusca”?

— É, acho que sim... o ônibus é maior... tem maior massa, não é?!

Neste momento fizemos menção à segunda lei de Newton, em que a mesma força agindo sobre uma maior massa, provoca uma menor variação de velocidade (menor aceleração). Afirmamos:

— As forças têm o mesmo valor, só que desta vez estão agindo em corpos de massas diferentes. Vocês podem chutar duas bolas com a mesma força. Se uma das bolas estiver com ar e a outra com água, o que vai acontecer?

— A com água vai andar menos, respondeu Juliana.

— Isso, Juliana... A que tem maior massa, recebendo a mesma força, terá uma menor variação de velocidade.

Comentamos que este fenômeno é explicado por outra lei conhecida como Segunda Lei de Newton, também chamada de Princípio Fundamental ou Segunda Lei do Movimento, e que esta relaciona a força com a massa e a variação da velocidade dos corpos (aceleração), sendo descrita pela expressão: $F = m.a$. E concluímos:

— A força que o “fusquinha” exerceu sobre o ônibus teve o mesmo valor da que o ônibus reagiu sobre “fusquinha” só que, a exemplo das bolas, como as massas são diferentes, suas acelerações são diferentes: o que tem maior massa tem menor aceleração e se desloca menos, o que tem menor massa tem maior aceleração e se desloca mais.

c) Choque frontal entre ônibus que se deslocam com velocidades diferentes e em sentidos contrários – Uma observação cuidadosa mostra que há

uma indefinição de qual carro age e qual reage. Após o choque entre os ônibus, perguntamos:

— Pensem. Num choque como este, qual ônibus agiu e qual reagiu?

Silêncio na sala. Após algum tempo, Mônica respondeu:

— Os dois se chocaram. Os dois exerceram ação e receberam reação.

— Muito bem. Só que existiu apenas um par ação-reação, não dois, dissemos.

— Mas, como os dois se chocaram simultaneamente, como podemos afirmar qual exerceu a ação? Inquiriu Mônica.

— Boa pergunta. Neste caso é impossível identificar quem exerce a ação e quem exerce a reação! Na realidade, fisicamente, é irrelevante saber qual age e qual reage. O importante é sabermos que uma força não existe sem a outra. Essas forças sempre se manifestam simultaneamente e aos pares. Nunca vamos encontrar uma força agindo sozinha.

Aproveitamos a oportunidade para contextualizar, perguntando:

— Numa batida entre carros nas ruas da cidade, o que vocês percebem de diferente do que simulamos aqui?

Lucas respondeu:

— Ah, lá os carros ficam todos amassados! Os carrinhos aqui nem se arranharam...

— Professor, os carros deveriam ser mais resistentes, assim gastaríamos menos com o mecânico, afirmou Cinthia.

Aproveitamos o comentário para falarmos da primeira lei do movimento, a Lei da Inércia, em que, pelo princípio da inércia há a tendência de tudo que está dentro

do carro de continuar na mesma velocidade e em linha reta. Após a explicação, comentamos:

— Já pensaram se os carros não se deformassem. Eles se amassam para proteger seus ocupantes. Se a carroceria fosse dura, o número de fraturados e mortos no trânsito seria ainda maior. Por não terem suas carrocerias duras, os carros tendem a “absorver” a energia do impacto e se deslocam menos que se deslocariam se suas estruturas fossem duras. Quantos são os acidentes com carros em que estes parecem “maracujás” de tão amassados e as pessoas que usavam cinto de segurança, permaneceram nos carros e saíram com vida, não é mesmo?

Após alguns comentários sobre acidentes e vítimas, prosseguimos a aula.

Bolinhas de gude – Pedimos que os alunos reproduzissem choques, em variadas situações, repetindo as mesmas interações dos carrinhos. Sugerimos que simulassem os seguintes choques: 1 - Uma bolinha choca-se com outra em repouso; 2 - Uma bolinha choca-se com duas outras em repouso (figura 11); 3 - Duas bolinhas se chocam deslocando-se em sentidos contrários.

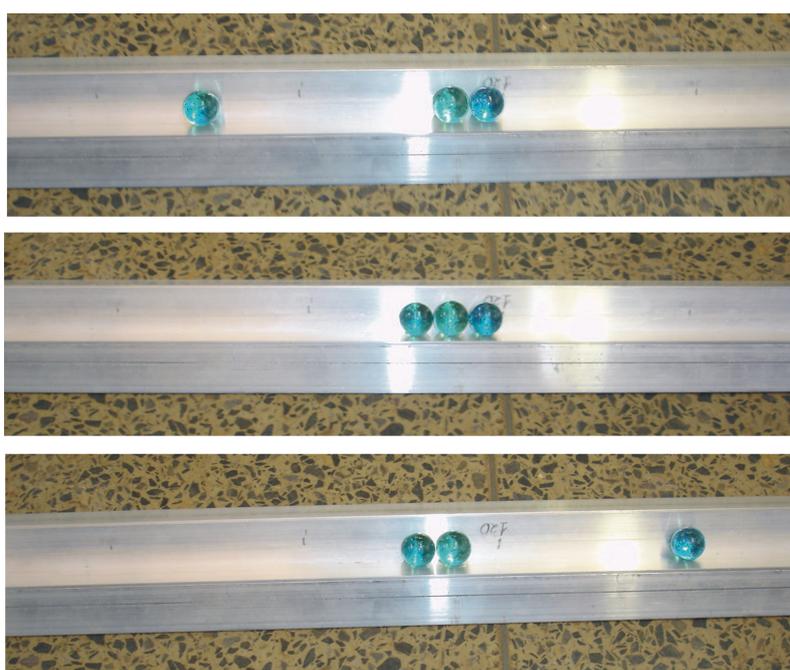


Figura 11 – Em três momentos, uma bola de gude choca-se com duas que estavam em repouso.

Solicitamos que debatessem com os colegas e explicassem, em cada choque: como se deu o par ação-reação? Qual bolinha agiu e qual reagiu? Onde está a ação e onde está a reação em cada choque? Este procedimento serviu para melhor assimilação dos pormenores de cada choque e os alunos utilizaram calhas para que as interações não fossem oblíquas. Na figura 11 vêem-se as bolinhas nas calhas em três diferentes situações: antes, durante e após o choque quando uma bolinha choca-se com duas que estavam em repouso.

Perguntamos se tinham alguma dúvida. Anderson disse:

— Por que no choque de uma bolinha com duas que estavam grudadas uma na outra, apenas uma se deslocou?

Repassamos a pergunta ao grupo, afirmando:

— Vejam: esta bolinha exerceu uma força sobre um conjunto de duas bolinhas e apenas a última se deslocou. E aí quem pode ajudar na explicação?

Cinthia respondeu:

— Ah, eu acho que a bolinha que correu, chocou foi com a primeira bolinha parada. Esta recebeu a ação e repassou para a que estava grudada nela, por isso ela se moveu sozinha.

— Isso! Muito bem Cinthia, mas onde estão as reações? Perguntamos.

Dado o silêncio, respondemos:

— As reações estão nas que exerceram as ações. É sempre assim, a reação se dá no corpo que exerceu a ação. Neste caso, como as bolinhas têm massas iguais, as reações fizeram com que elas ficassem paradas.

Repetimos o procedimento detalhadamente e pedimos que tornassem a provocar este choque que, não muito facilmente, é reproduzido com exatidão.¹⁴

¹⁴ Este experimento também permitiria comentários sobre conservação de energia, impulso e quantidade de movimento. Não os fizemos, pois não eram o objetivo principal do trabalho.

Carrinhos que dispõem de um sistema interno de força motora - Fizemos estes carrinhos se deslocarem em superfícies de níveis de polimento diferentes. Assim, para cada superfície, a idéia era a que os alunos percebessem que há um limite para o par ação-reação. Que estas forças não podem assumir qualquer valor. No vidro liso, por exemplo, um carrinho gira seus pneus, mas sua aceleração é diferente, comparada quando este está sobre o chão, visto que para cada superfície, o par ação-reação assume um valor específico.

Pedimos que os grupos utilizassem dos carrinhos movidos à corda (figura 12) para que se deslocassem no chão.



Figura 12 - O carrinho à corda desliza porque não consegue exercer ação sobre o espelho.

Perguntamos:

— Como vocês explicam o movimento do carrinho? Vejam que, ao girar seus pneus, ele exerce uma ação empurrando o chão para trás.

Camila respondeu:

— Ele empurra o chão para trás e o chão reage empurrando o carro para frente, com a mesma força.

— Muito bem! E se o piso for liso. O pneu vai girar do mesmo jeito, certo?
Mas será que o carrinho vai ter a mesma aceleração?

Neste momento pedimos que os alunos colocassem os carrinhos para se deslocarem sobre um vidro liso. Ao repetirem a experiência, desta vez sobre o vidro (de um espelho), os carrinhos patinaram e tiveram seus deslocamentos minimizados, comparados ao desempenho no chão áspero. Pedimos que os alunos comentassem:

— Ah, eu acho que faltou atrito, disse Fábio.

— Isso! Está correto. Mas o que o atrito tem a ver com a ação e a reação?

Perguntamos.

Silêncio.

Falamos para os alunos que a reação, neste caso, é a própria força de atrito. Assim, se a força de atrito (ou a reação) tem um limite máximo, estamos afirmando que a ação só pode assumir valores até aquele valor limitado. Daí, qualquer tentativa de exceder ao valor máximo da reação possível, será em vão e, no caso do carrinho, este patinará.

Pedimos para que o aluno Anderson desse um soco com força num saquinho plástico que soltamos no ar. Perguntamos:

— O Anderson consegue golpear este saquinho com uma grande força?

— Não, responderam.

— Observem a similaridade entre o carrinho patinando sobre o vidro liso e o golpe que não consegue ser dado sobre o saquinho. O que os exemplos têm em comum?

— Nos dois casos a ação não consegue ser grande, disse Lucas.

— E, por que não consegue ser grande? Perguntamos.

Lucas respondeu:

— No primeiro caso é porque o atrito é pequeno e neste segundo caso... não sei! (risos).

— É porque a massa do saquinho plástico é muito pequena. O punho do Anderson só pode exercer tanta força sobre o saquinho, quanto o saquinho pode exercer sobre o punho.

— Como assim? Perguntou o Lucas.

Explicamos:

— O punho não pode exercer qualquer força, a menos que seja atingido por uma quantidade igual de força oposta. Ou seja, pessoal, sempre haverá um limite para o valor da ação e reação. Estas forças estão limitadas ao valor máximo que pode existir em reação. Vamos “viajar” um pouco. Suponham que no contato entre um carro e uma superfície não existisse o menor atrito; qualquer carro, por mais potente que fosse, não conseguiria se deslocar girando seus próprios pneus. O chão seria incapaz de reagir, logo, o carro também seria incapaz de agir.

Daí, perguntamos:

— Vocês estão percebendo a importância do atrito para que os carros e as pessoas possam se deslocar?

— É... eu pensei que o atrito só atrapalhasse o movimento, falou Anderson.

Pedimos que os alunos repetissem várias vezes o movimento do carrinho no chão e depois no vidro e debatessem, em grupo, como explicar as “cantadas de pneus” e a falta de atrito (ou de reação do chão). Comentamos acerca da imprudência de alguns motoristas verificadas em vias públicas, quando insistem em usar os carros como instrumento de diversão perigosa, provocando “cantadas de pneus, cavalos de pau e pegas”, com conseqüências imprevisíveis.

Pintinho e boneco nadador – Os alunos foram convidados a explicar o movimento do pintinho (figura 13). Este, quando é “dado corda”, pula. Dada sua assimetria, ele salta com um leve desequilíbrio para a frente e, ao descer, encontra-se a alguns milímetros da posição inicial. Os alunos foram instigados a identificarem onde estaria o par ação-reação e quem empurrou o brinquedo para a frente. Mônica falou:

— Pelo que eu entendi, o pintinho empurra o chão para trás e o chão é que empurra o pintinho para frente.



Figura 13 - Pintinho saltador: ludicidade e simplicidade como recurso instrucional

Já o boneco nadador (figura 14) funciona quando colocado em recipientes com pelo menos 5 cm de água e simula o “nado crawl”.



Figura 14 - O boneco nadador é elucidativo no ensino da Terceira Lei de Newton

Mostramos que o princípio do ato de nadar do boneco é similar ao das pessoas. Aqui também os alunos foram convidados a explicar porque o boneco se desloca para a frente se ele, na realidade, empurra a água para trás.

— É do mesmo jeito que o andar, respondeu Juliana, só que ao invés do chão, agora temos a água. A mão do boneco empurra a água para trás e a água empurra o boneco para a frente.

Nestes dois brinquedos, diminuindo-se a intensidade da “corda”, eles se deslocam mais lentamente, variando-se, assim, o valor das forças de ação e reação.

CD Flutuante¹⁵ (Valadares, 2002, p. 47) – Alguns CD’s Flutuantes foram montados pelos alunos (figura 15). Estes são compostos por um balão, uma seringa de 10ml e um disco CD. O balão, após enchido, é encaixado na parte superior da seringa que limita a passagem do ar para a parte inferior do brinquedo, levando cerca de 20 segundos para esvaziar.



Figura 15 – O CD Flutuante desliza sobre uma mesa lisa pela reação do ar sobre o brinquedo.

¹⁵ Brinquedo apresentado pelo Prof. Eugênio Ramos quando da realização de um mini-curso no XVII Simpósio Nacional de Física.

É desafiador montar o brinquedo e fazê-lo “levitar” sobre um colchão de ar. A ação provocada pela expulsão do ar no esvaziamento do balão provoca uma reação do ar sobre o brinquedo que se equipara, durante certo tempo, ao peso do brinquedo, mantendo-o equilibrado a cerca de 0,5 mm de uma superfície lisa. Esta atividade motivou os alunos que, após montarem seus brinquedos, passaram a provocar abalroamentos entre seus discos, o que foi espontâneo e também serviu para ilustrar a Terceira Lei de Newton. Solicitamos que comentassem sobre o brinquedo. Camila falou:

— É interessante perceber que é o ar que mantém o brinquedo suspenso. Ele fica tão leve!

Neste momento uma aluna encheu o balão e o soltou, deixando-o voar livremente pela sala. A trajetória sinuosa e “desordenada” do balão provocou ainda mais descontração entre os alunos. Pedimos que Juliana explicasse o que estava ocorrendo com o balão.

— O ar sai de dentro do balão empurrado por ele e o ar empurra o balão. É por isso que ele vai caindo. O ar vai sofrendo uma ação e vai reagindo empurrando o balão.

Solicitamos que citassem invenções que são baseadas nestes experimentos. Após algum tempo falaram da similaridade do balão com os aviões e os foguetes. Falamos da existência dos “hovercraft¹⁶” que são barcos que flutuam sobre um colchão de ar cujo sistema é similar ao movimento dos CDs Flutuantes.

Esquete – Este brinquedo provocou uma boa empatia com os alunos, visto que faz parte da vivência de muito deles. Os esquetes são versáteis na montagem

¹⁶ Hovercraft é um veículo que foi inventado em 1952 pelo britânico Christopher Cockerell e se apóia sobre um colchão de ar, sendo capaz de flutuar sobre água, pântano ou terra. (fonte:<<http://www.hovercraft.com/content/index.php>>)

experimental e permitiram situações esclarecedoras acerca da Terceira Lei de Newton. Para melhor exploração deste brinquedo, fizemos marcações no chão (com giz), de metro em metro, transversais à direção em que os esquetes tomariam quando deslocados. Utilizando dois esquetes alinhados e em repouso, no centro das marcações (figura 16), pudemos realizar várias experiências, cujas análises qualitativas nos permitiram conclusões elucidativas.



Figura 16 – Esquetes e marcações no chão facilitam a visualização dos deslocamentos.

Utilizando-se dos esquetes, realizamos alguns experimentos:

a) Dois alunos com massas semelhantes, onde um empurra o outro – Antes que o experimento fosse realizado, perguntamos:

— Se João empurrar o Anderson, só o Anderson irá se deslocar. Certo ou errado?

— Errado, professor. Se João empurrar ele automaticamente também será empurrado pelo Anderson e também vai se mexer!

— Muito bem. Vamos verificar se é assim.

Pudemos refletir com a turma, pedindo que observassem o deslocamento que ambos os esquetistas alcançam após o empurrão. A distância que deslocaram foi praticamente a mesma, seja a de quem empurrou ou a de quem foi empurrado, evidenciando que ação e reação têm valores iguais e ocorrem em corpos distintos, sendo responsáveis pelos deslocamentos de ambos.

b) Dois garotos com massas semelhantes, onde, em determinado momento, se empurraram mutuamente – Perguntamos:

— E se João e Anderson se empurrarem haverá alguma diferença?

— Não! Respondeu Lucas, eles vão se deslocar do mesmo jeito.

Comentamos esta situação mostrando que, sob o ponto de vista físico, não há importância em se determinar quem exerce a ação e quem reage. Uma força não existe sem a outra. Elas sempre se manifestam simultaneamente e sobre corpos diferentes, no entanto, a consequência seria diferente. Se a força resultante fosse maior, maior seria a aceleração adquirida por cada garoto.

c) Dois alunos com massas diferentes, um com massa muito maior que o outro. O aluno de menor massa empurrou o de maior massa – Pedimos que os alunos dissessem antecipadamente o que iria acontecer.

Juliana respondeu:

— Eu acho que o Guilherme irá se mexer um pouquinho, ou ficar parado, e o Anderson é que vai sair correndo.

Esta simulação, hilária para os alunos, objetivou esclarecer aqueles que tinham uma concepção prévia de que quem exerce a ação, está executando uma força maior do que quem reage. Neste experimento, mostramos que, mesmo sendo o garoto de menor massa quem empurrou, é ele quem mais se desloca. A força ação foi igual a força reação. No entanto, estas agiram em corpos de massas

diferentes, provocando acelerações diferenciadas: o corpo de maior massa tem menor aceleração e o de menor massa tem maior aceleração.

d) Um aluno sobre um esquete empurrou uma parede (figura 17) – antes da realização, perguntamos:

— E agora! Ao invés de o João empurrar o Guilherme, que tem quase metade a mais que sua massa, ele vai empurrar é a parede e o planeta Terra, juntos. O que vai acontecer?

— Agora eu acho que só o João se mexe, disse Mônica.

— Mas ele não exerceu uma ação sobre a parede?

— É professor, mas olha o tamanho da parede!

— Muito bem. É isso mesmo, a ação existe, mas a consequência desta ação sobre o planeta Terra é tão pequena que não percebemos.



Figura 17 – A ação do aluno sobre a parede é imperceptível, no entanto, a reação da parede sobre o aluno é bem evidente.

Pedimos que refletissem nas acelerações do aluno e da parede. Os alunos comentaram que, ao empurrar a parede, a parede empurra o aluno. Frisamos que,

como a massa deste sistema parede/Terra é infinitamente maior do que a do aluno, a aceleração do sistema parede/Terra é infinitesimal e imperceptível; já a reação, de igual valor e agindo sobre o aluno e seu esqueite é suficiente para que percebêssemos o deslocamento deles.

Para completar a aula, perguntamos:

— É possível que, se duas pessoas estivessem no mesmo esqueite, e em determinado momento passassem a se empurrar, o esqueite mexesse em função deste par ação-reação?

— Ah, eu acho que não, respondeu Camila.

— E por que não?

— Não sei... eles não sairiam de cima do esqueite... seria possível?

Pedimos que dois alunos, ambos sobre o mesmo esqueite, tentassem mexer o conjunto a partir de pequenos empurrões que se dessem. Não se moveram. Afirmamos:

— Camila, você está certa! Quando as forças ação e reação estão internas ao corpo, ou ao sistema como se fala na Física, não há produção de movimento.

Aproveitamos para dar outros exemplos: o motorista que, sentado em seu banco, empurra o pára-brisas do carro, não consegue deslocá-lo. Alguém que puxasse seus próprios cabelos para cima, não conseguiria subir. Um barco à vela, soprado por um grande ventilador preso na traseira deste, não se deslocaria.

Esta foi nossa última experiência. Achamos importante que os alunos buscassem aprofundar seus conhecimentos através da leitura sobre a Terceira Lei de Newton, então, entregamos a eles uma folha contendo algumas explicações e aplicações sobre esta lei (anexo 1), retiradas no livro adotado na escola, de autoria dos professores Antônio Máximo e Beatriz Alvarenga (2006).

4.2.3 - Aplicação de um pós-teste.

Na semana seguinte à aula experimental apresentada na metodologia, aplicamos um pós-teste para os alunos participantes do grupo experimental (apêndice B). Repetimos o pós-teste para os alunos do grupo controle, que também tiveram aula sobre a Terceira Lei de Newton, só que no curso regular.

Nesta avaliação, trabalhamos com perguntas onde as respostas deveriam ser dadas dissertativamente. As questões, em sua maioria, foram baseadas nos exercícios propostos pela professora Beatriz Alvarenga (2006, p. 63 e 64), encontradas no final do capítulo que trata da Terceira Lei de Newton. O objetivo do pós-teste foi avaliar se houve ou não alguma resposta que indicasse evoluções conceituais quando da participação dos alunos às aulas sobre esta lei (os pós-testes de ambos os grupos constam nos anexos 2 e 3). Serviu, igualmente, para que pudéssemos comparar o desempenho dos alunos submetidos à metodologia dialógica e com brinquedos da utilizada na aula do curso regular.

Capítulo 5 – ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1 – Análise das respostas apresentadas no pré-teste

Após as explicações, quando do término da aula experimental, alguns alunos pediram que corrigíssemos com eles o pré-teste que haviam feito. Foi interessante observar os comentários dos alunos de como entenderam cada questão e de como imaginaram que seria cada resposta certa. Neste momento expunham verbalmente suas concepções alternativas e tinham a oportunidade, à luz da Terceira Lei de Newton, de reavaliarem as respostas. Juliana disse: “é interessante. Eu sempre imaginei que a Terra puxava os objetos. Afinal, desde criança eu ouço falar na gravidade. Agora, imaginar que os objetos também puxavam a Terra era demais para mim. Lógico, se eu tivesse que refazer esta prova, faria bem diferente!”

Na correção das questões do pré-teste ouvimos alguns comentários do tipo: “puxa, eu errei tudo!” Quando solicitado que tornassem a analisar cada questão, verificamos que, de maneira geral, houve uma compreensão desta lei.

Percebemos que as respostas nos pré-testes dos grupos experimental e controle apresentaram padrões de semelhança indicando determinadas concepções prévias. Utilizamos como estratégia de análise de interpretação qualitativa das respostas, o método de emparelhamento ou “*pattern-matching*”, no qual são comparadas as respostas e diferenciadas pelos graus de assimilação de cada aluno. Segundo Laville e Dionne (1999, p.227), neste tipo de análise: “[...] o pesquisador decide prender-se às nuances de sentido que existem entre as unidades, aos elos lógicos entre essas unidades ou entre as categorias que as reúnem [...] consiste em associar os dados recolhidos a um modelo teórico com a finalidade de compará-los.”

Apresentamos a seguir as oito questões do pré-teste, seguidas das tabelas com os resultados percentuais¹⁷ e a análise que fizemos das respostas.

1ª QUESTÃO – Uma bola de tênis é arremessada contra uma parede. Nas alternativas abaixo, escolha aquela que melhor representa a(s) força(s) que atua(m) no sistema, durante a colisão, devido apenas à interação entre a bola e a parede.

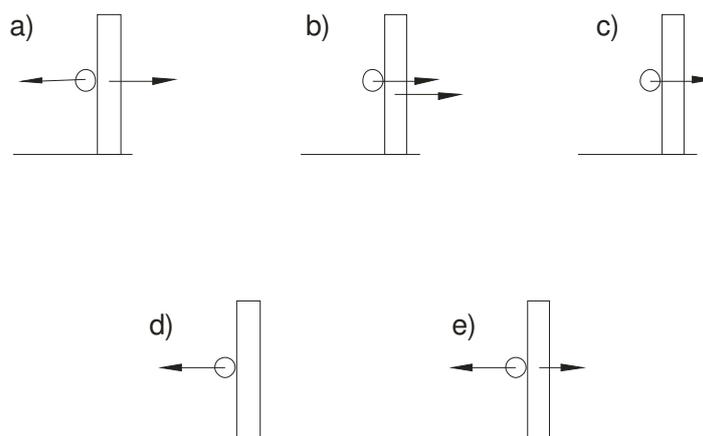


Tabela 2 – Indicação das respostas dadas na 1ª questão do pré-teste.

Alternativa da questão	Grupo Experimental Percentual de respostas	Grupo Controle Percentual de respostas	Percentual Geral nos grupos
a	19 %	13 %	16%
b	0 %	0 %	0%
c	0 %	6 %	3%
d	56 %	19 %	37,5%
e	25 %	63 %	44%

Estas respostas indicam a existência de dois padrões bem definidos:

Numa expressão menor (16% do total), aqueles alunos que acertaram a questão, indicando o item “a”, em que demonstra haver duas forças equivalentes e de sentidos contrários: a força que a bola empurra a parede e a que a parede empurra a bola.

¹⁷ Os dados percentuais das análises foram arredondados. Diante desta aproximação, nas tabelas temos como soma dos resultados, valores que variam entre 99% e 101%.

Outro padrão bastante evidente é o que agrupa as respostas dos itens “d” e “e” (81,5% do total). Neste emparelhamento, é perceptível que os alunos valorizaram a força que a parede exerce sobre a bola, como identificou Talim (1999, p. 148): “Muitos alunos não identificam a força de um corpo sobre uma parede imóvel, mas apenas a força da parede sobre o corpo.” O resultado percentual dado ao item “d” (37,5%) indica o grupo de alunos que não identificou a força da bola sobre a parede. Para estes alunos, como a parede “não se mexeria” e a bola iria voltar, eles identificaram só a reação da parede sobre a bola (Ibid., p. 147). A maioria dos alunos (44%), no entanto, marcou a letra “e”. Para estes há um entendimento de que, “quando um corpo de grande massa interage com outro de pequena massa, a força feita pelo corpo de massa maior será também maior.” (URE et al,1994, p. 126).

2ª QUESTÃO – Considere uma pedra caindo próximo à superfície da Terra. Das opções abaixo, marque aquela que melhor representa a(s) força(s) que atua(m) no sistema pedra-Terra. Despreze o atrito com o ar.

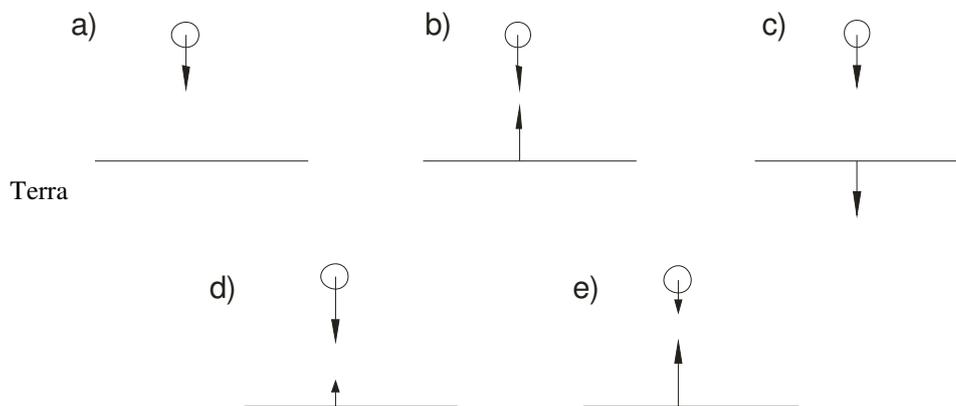


Tabela 3 – Indicação das respostas dadas na 2ª questão do pré-teste.

Alternativa da questão	Grupo Experimental Percentual de respostas	Grupo Controle Percentual de respostas	Percentual Geral nos grupos
a	31 %	31%	31%
b	13 %	19%	16%
c	0 %	6%	3%
d	44 %	37%	40,5%
e	6 %	6%	6%
Em branco	6 %	0%	3%

Para 16% dos alunos, há duas forças e estas são iguais. Identificaram, pois, o par ação-reação corretamente (item “b”). A grande maioria (71,5%) das respostas (alternativas “a” e “d”) pode ser emparelhada numa concepção alternativa identificada por Talim, no que se refere aos corpos interagirem à distância: “Os alunos não identificaram a força de um corpo (que está próximo à Terra) sobre a Terra, ou se a identificam, ela é menor do que a força da Terra sobre o corpo.” (TALIM, 1999; p. 147).

A letra “e”, marcada por dois alunos (um de cada grupo), pode ser entendida como a concepção prévia de que *a pedra estaria exercendo a ação*, daí exerceria uma maior força sobre a Terra, que esta sobre a pedra; para os que evidenciam esta concepção prévia, “aquele que exerce a ação, exerce uma maior força.” (URE et al, 1994, p. 125).

3ª QUESTÃO – Se um pequeno automóvel colidir com um caminhão. Você acha que a força exercida pelo automóvel sobre o caminhão será maior, menor ou igual à força exercida pelo caminhão sobre o automóvel?



Tabela 4 – Indicação das respostas dadas na 3ª questão do pré-teste.

Resposta	Grupo Experimental Percentual de respostas	Grupo Controle Percentual de respostas	Percentual Geral nos grupos
Maior	31 %	19 %	25%
Menor	44 %	63 %	53,5%
Igual	25 %	19 %	22%

Nesta, 22% dos alunos acertaram a questão indicando “igual” como resposta. Duas concepções prévias ficam bem definidas nas outras respostas: Para 25% dos alunos, a força que o carro exerce sobre o caminhão é maior que a força que o caminhão exerce sobre o carro. Para estes, “aquele que exerce a ação, exerce uma maior força.” (URE et al,1994, p. 125).

A concepção prévia mais evidenciada como resposta neste pré-teste está, mais uma vez, evidenciada nesta questão. Um em cada dois alunos (53,5%) apresenta como resposta que o carro, ao chocar-se com o caminhão, exerce sobre ele uma força menor que o caminhão sobre o carro. Como justificativa afirmaram em geral “que o caminhão era maior”, “que tinha maior massa”, “que era mais duro” e que, “se produzia um estrago maior no carro é porque exerceu uma força maior sobre ele.” (URE et al,1994, p. 126).

4ª QUESTÃO – E se fosse o caminhão que colidisse com o automóvel. Você acha que a força exercida pelo caminhão sobre o automóvel seria maior, menor ou igual à força exercida pelo automóvel sobre o caminhão? Explique.

Tabela 5 – Indicação das respostas dadas na 4ª questão do pré-teste.

Resposta	Grupo Experimental Percentual de respostas	Grupo Controle Percentual de respostas	Percentual Geral nos grupos
Maior	69 %	87 %	78%
Menor	6 %	0 %	3%
Igual	19 %	13 %	16%
Não respondeu	6%	0%	3%

A pergunta formulada desta maneira colaborou para diminuir o índice de alunos a acertar a questão (16%). Vê-se, pois que, em se tratando do caminhão (maior massa) chocar-se com o automóvel (menor massa), o senso comum prevalece e “fica evidente” para a grande maioria dos alunos (78%) que o caminhão exerceria uma maior força sobre o carro, que este sobre o caminhão. Os alunos

identificaram esta situação como se fosse diferente da questão anterior, o que, pela mecânica newtoniana, trata-se do mesmo tipo de interação. Nas explicações solicitadas, esta evidência é confirmada: os alunos que justificaram suas respostas afirmaram de maneira geral que “o caminhão, por ter maior massa, exerceria maior força”. Para estes alunos prevalece a concepção prévia: “quando um corpo de grande massa interage com outro de pequena massa, a força feita pelo corpo de massa maior será também maior.” (URE et al,1994, p. 126).

5ª QUESTÃO – Considere a Lua, girando em torno da Terra, em movimento circular e uniforme, e em sentido horário. Das opções abaixo, assinale aquela que melhor representa a(s) força(s) que atua(m) na Terra e na Lua devido apenas a interação entre estes dois corpos.

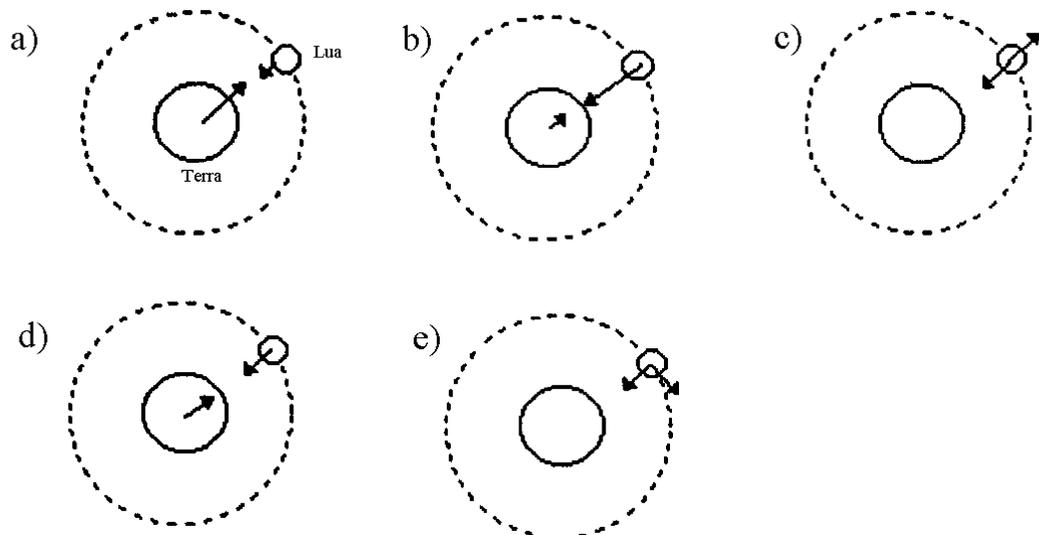


Tabela 6 – Indicação das respostas dadas na 5ª questão do pré-teste.

Alternativa da questão	Grupo Experimental Percentual de respostas	Grupo Controle Percentual de respostas	Percentual Geral nos grupos
a	6 %	13 %	9,5%
b	44 %	44 %	44%
c	13 %	6%	9,5%
d	13 %	19 %	16%
e	25 %	19 %	22%

O quadro mostra que 16% dos alunos acertaram a questão (item “d”).

Entre as respostas ficam evidentes três concepções prévias. São elas:

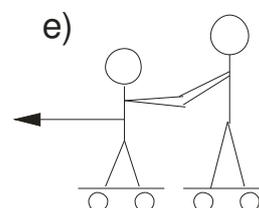
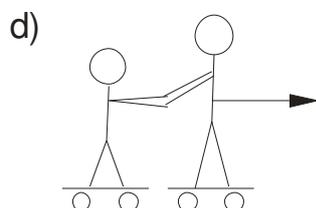
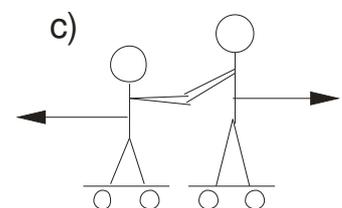
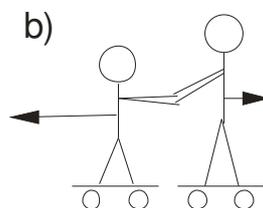
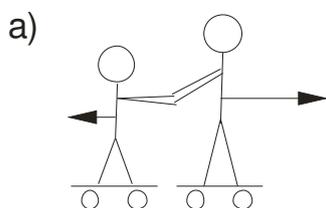
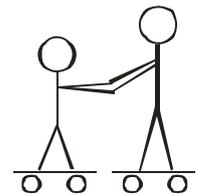
- “Quem tem maior massa exerce maior força” (URE et al,1994, p. 126).

identificada pelo item “b” que teve a marcação de 44% dos alunos;

- Para 22% a resposta certa foi a letra “e”, evidenciando, neste item, duas outras concepções prévias: a de que “é a Terra que puxa a Lua”, ou como afirma Talim (199, p. 145) “os alunos não identificaram a força de um corpo (que está próximo à Terra) sobre a Terra, ou se a identificam, ela é menor do que a força da Terra sobre o corpo”. Nesta marcação evidencia-se outra concepção prévia: como a Lua “gira em volta da Terra”, há a necessidade da presença de uma força na direção do movimento para manter os corpos se movendo. (MCDERMOTT, 1984; HALLOUN, 1985 apud TALIM, 1999, p. 143);

Não encontramos na literatura nenhuma concepção prévia que pudesse ser associada às alternativas “a” e “c”, também marcadas pelos alunos.

Observe a figura ao lado. Ela representa dois garotos, um grande e um pequeno, que estão um de frente para o outro, sobre esquetes. Analisando as alternativas abaixo responda as questões 6, 7 e 8.



Coloque nos parênteses abaixo a alternativa que melhor representa a(s) força(s) que atua(m) nos garotos, devido apenas à interação entre eles, no momento em que:

6 – O pequeno empurra o grande ()

Tabela 7 – Indicação das respostas dadas na 6ª questão do pré-teste.

Alternativa da questão	Grupo Experimental Percentual de respostas	Grupo Controle Percentual de respostas	Percentual Geral nos grupos
a	25 %	25 %	25%
b	13 %	6 %	9,5%
c	0 %	0 %	0%
d	50 %	69 %	59,5%
e	13 %	0 %	6,5%

7 – O grande empurra o pequeno ()

Tabela 8 – Indicação das respostas dadas na 7ª questão do pré-teste.

Alternativa da questão	Grupo Experimental Percentual de respostas	Grupo Controle Percentual de respostas	Percentual Geral nos grupos
a	13 %	6 %	9,5%
b	25 %	25 %	25%
c	0 %	0 %	0%
d	13 %	0 %	6,5%
e	50 %	69 %	59,5%

8 – Os dois se empurraram mutuamente ()

Tabela 9 – Indicação das respostas dadas na 8ª questão do pré-teste.

Alternativa da questão	Grupo Experimental Percentual de respostas	Grupo Controle Percentual de respostas	Percentual Geral nos grupos
a	0 %	0 %	0%
b	19 %	19 %	19%
c	81 %	81 %	81%
d	0 %	0 %	0%
e	0 %	0 %	0%

Nestas três últimas questões do pré-teste a resposta certa é a alternativa “c”, que os alunos em grande maioria (81%) só o identificaram na questão 8, quando foi citado que os dois garotos empurrar-se-iam mutuamente. Há, nas respostas destas três questões, concepções prévias que se destacam:

- “*Quem tem maior massa exerce maior força*” (URE et al,1994, p. 126), item “b” das questões. Este item foi marcado por 9,5% dos alunos quando solicitado indicar as forças quando o pequeno empurra o grande, por 25% dos alunos quando o grande empurra o pequeno e por 19% quando se empurraram mutuamente.

- “*Quem empurra exerce maior força*” (URE et al,1994, p. 125). Item “a” na questão 6, marcada por 25% dos alunos; Item “b” para a questão 7, marcada por 25% dos alunos.

- Uma outra concepção que poderia ser entendida como “ação sim, reação não”, ou ainda, “existe ação sem que haja reação”. Esta concepção, embora não tenha sido apresentada nos trabalhos citados em nosso referencial teórico, é evidente sua percepção quando analisadas as respostas dadas nas questões 6 e 7 de nosso pré-teste. Na questão 6, quando solicitado que fosse(m) mostrada(s) a(s) força(s) quando o pequeno empurra o grande, 59,5% dos alunos marcaram a alternativa “d” em que aparece só a ação do pequeno sobre o grande. De forma análoga, na questão 7, quando o grande empurra o pequeno, 59,5% dos alunos preferiram marcar o item “e”, onde só é mostrada a ação do grande sobre o pequeno.

Estas respostas evidenciam que os alunos trataram as questões 6, 7 e 8 como se fossem casos diferentes, daí as questões 6 e 7 não terem sequer um único registro correto (letra “c”). Já a questão 8 teve o maior percentual de acerto de todo o pré-teste, 81% para o item correto.

As **respostas certas** dadas às questões 1 a 5 não foram marcadas pelos mesmos alunos. Os 32 alunos deram respostas parecidas no pré-teste e demonstraram suas concepções alternativas quando da análise de interações entre corpos. Todos os alunos apresentaram concepções ingênuas que, fazem parte do senso comum e correspondem, segundo Mortimer (1996), ao perfil de concepções do realismo ingênuo. A proximidade dos resultados percentuais colhidos nas respostas dos pré-testes dos dois grupos atesta a similaridade entre os mesmos.

5.2 – Análise da aula com brinquedos.

A participação dos alunos foi relativamente estimulada pelas perguntas que buscaram desafiá-los a refletir criticamente sobre as situações propostas na aula.

As câmeras que, inicialmente, trouxeram certa intimidação, não impediram que a maioria dos alunos se posicionasse: dos 16 alunos presentes, 10 participaram respondendo espontaneamente ou quando de nossas solicitações.

A experimentação pedida no início, quando sugerimos que os alunos mantivessem a mão esquerda fixa e a direita exercesse uma ação sobre esta (palmada), de alguma maneira provocou conflitos cognitivos e, talvez, algumas convicções começaram a ser colocadas à prova. Isto porque, no pré-teste, os alunos deram respostas em que mostraram a representação de forças unicamente realizadas pelo corpo que praticava a ação. Ao executarem a experimentação utilizando suas próprias mãos e sentindo a “dor” nas duas mãos e não apenas na que recebeu a palmada, percebemos que começou a ser questionada, para alguns, a idéia da existência de uma força isolada e um conflito, naturalmente, passou a ser estabelecido na busca de uma explicação mais lógica para este fato.

O comentário feito em seguida: *“se a mão esquerda doeu é porque ela recebeu a ação da mão direita. Agora, como a gente pode explicar que a mão direita também tenha doído?”* facilitou ao aluno à compreensão da existência da reação sobre a mão que agiu; a perceber que a força de ação não se manifestou sozinha e que esta provocou a existência de uma reação.

Reavaliando a situação, acreditamos que poderíamos ter explorado um pouco mais esta experimentação e pedir que os alunos falassem sobre a sensação percebida nas palmas das mãos, após a palmada. Em assim procedendo, talvez chegássemos ao entendimento que ambas doeram igualmente (esta sensação é perceptível quando a sensibilidade das mãos é semelhante, o que era o caso das mãos dos jovens em questão).

Em seguida falamos do ato de andar e o diálogo prosseguiu:

— *Percebam que eu, ao andar, estou empurrando o chão para trás. Se eu ando devagar é porque estou empurrando o chão com uma pequena força. Como eu faço para me deslocar com maior velocidade?*

A aluna Beth respondeu:

— *É só empurrar o chão com mais força.*

— *Certo! Respondemos. Só que quando ando, seja devagar ou rápido estou empurrando o chão para trás, vejam... E por que meu deslocamento é para a frente?*

Naquele momento foi necessário, dado o silêncio na turma, que respondêssemos nossa própria indagação. A resposta dada serviu para que apresentássemos a maneira como Newton interpretou um fenômeno desta natureza e elaborasse uma lei para explicá-lo.

Avaliamos que foi correta a decisão de realizarmos análises qualitativas das interações existentes, visto que, para o aluno, a aula poder-se-ia tornar-se

enfadonha e desestimulante se insistíssemos, por exemplo, em medir cada força, tempo de atuação e deslocamentos realizados para daí tentarmos determinar as acelerações existentes nas diversas interações que provocamos.

Percebemos no decurso da aula que alguns alunos, ao se manifestarem, passaram a utilizar as expressões cientificamente difundidas e, aos poucos, foram substituindo expressões como “deu um empurrão”, por “exerceu uma ação”, o que mostra que a atuação dialógica colaborou com a internalização dos conceitos e expressões. Como cita Driver et al (1985, p.32) “os significados e a linguagem do professor vão sendo apropriados pelos alunos.” A seqüência dialógica abaixo é um exemplo desta evolução conceitual.

— *Por que o carrinho vermelho entrou em movimento?*

— *Ah, é porque o azul o empurrou, responderam.*

— *Muito bem, dizemos então que o carrinho azul exerceu uma ação sobre o vermelho e o que aconteceu com o carrinho azul, que exerceu a ação?*

Lucas respondeu:

— *Ele parou porque o vermelho também bateu nele ... é ... o vermelho exerceu uma reação sobre o azul.*

Nossa ação dialógica foi importante para manter o grupo ativo. O ato de pedir para que a turma julgasse a assertiva de um colega, por exemplo, colaborou para uma maior participação e envolvimento. Esta ação se deu, por exemplo, quando de uma resposta de Lucas. Disse ele:

— *O carro azul empurrou o vermelho. Então, a força de ação do carro azul, tá no vermelho, e a reação foi do carro vermelho sobre o azul. Então, acho que tá no azul.*

— *E aí, turma? O Lucas está certo?*

Depois, após algumas considerações, reforçamos. *O Lucas está certo!*

Os brinquedos foram instrumentos úteis e facilitaram o diálogo com os alunos. Quando da utilização dos mesmos, percebemos que a familiaridade dos alunos com os novos “instrumentos de trabalho” permitiram que a aula se desse de forma mais prazerosa e alegre. A descontração propiciada foi importante para que os alunos “se abrissem mais” e apresentassem seus questionamentos e opiniões.

Quando do choque dos carrinhos, em que o fusca chocou-se na traseira do ônibus, estávamos repetindo uma das questões do pré-teste e que os alunos apresentaram a concepção prévia mais citada “quando um corpo de grande massa interage com outro de pequena massa, a força feita pelo corpo de massa maior será também maior.” (URE et al,1994, p. 126).

Esta experiência serviu para que pudéssemos debater que as forças, ação e reação, têm o mesmo valor, independente das massas dos corpos que interagem. Utilizamos uma analogia para que os alunos pudessem entender a relação entre a força e massa de um corpo. O diálogo seguinte mostra o conflito de idéias presentes após a experimentação em que o “fusquinha” chocou-se na traseira do ônibus:

— *Por que a distância agora foi menor?*

— *É porque o ônibus é muito maior que o fusca, respondeu Lucas.*

— *Isto quer dizer que a força que o fusca empurrou o ônibus foi menor que a força que o ônibus empurrou o fusca?*

— *É, acho que sim... o ônibus é maior... tem maior massa, não é?!*

Neste momento fizemos menção à segunda lei de Newton, em que a mesma força agindo sobre uma maior massa, provoca uma menor variação de velocidade (menor aceleração). Afirmamos:

— *As forças têm o mesmo valor, só que, desta vez, estão agindo em corpos de massas diferentes. Vocês podem chutar duas bolas com a mesma força. Se uma das bolas estiver com ar e a outra com água o que vai acontecer?*

— *A com água vai “andar” menos, respondeu Juliana.*

— *Isso, Juliana... A que tem maior massa, recebendo a mesma força, terá uma menor variação de velocidade.*

O diálogo acima evidencia que a aluna passou a ampliar seus conceitos abrindo a possibilidade de entendimento da igualdade de forças entre os corpos que interagem.

Esta concepção alternativa tornou a ser confrontada quando da realização do experimento sobre os esqueites. Nosso objetivo foi claramente variar as massas envolvidas nas interações para que os alunos percebessem que a diferença de massas influi nas acelerações destas.

Os brinquedos (ônibus) foram, também, utilizados para demonstrar a dificuldade de identificação de quem age e quem reage numa interação entre corpos. Neste experimento dois ônibus se deslocaram em sentido contrário e se chocaram frontalmente. O experimento atingiu as expectativas e sucedeu-se o seguinte diálogo:

— *Mas, como os dois se chocaram simultaneamente, como podemos afirmar qual exerceu a ação? Inquiriu Mônica.*

— *Boa pergunta. Neste caso é impossível identificar quem exerce a ação e quem exerce a reação. Na realidade, fisicamente, é irrelevante saber qual age e qual reage. O importante é saber que uma força não existe sem a outra.*

Este diálogo foi importante pela contextualização que se seguiu, onde levamos os alunos a opinarem a respeito do trânsito, da resistência da lataria dos carros, do cinto de segurança e do alto índice de acidentes nas vias brasileiras.

A demonstração de que há um limite para as forças de ação e reação foi feita com o uso dos carrinhos movidos à corda. Partindo do conhecimento que os alunos, àquela altura já demonstravam sobre a Terceira Lei de Newton, aprofundamos os questionamentos através do diálogo que seguiu:

— *Como vocês explicam o movimento do carrinho? Vejam que, ao girar seus pneus, ele exerce uma ação empurrando o chão para trás.*

Camila respondeu:

— *Ele empurra o chão para trás e o chão reage empurrando o carro para a frente, com a mesma força.*

— *Muito bem. E se o piso for liso. O pneu vai girar do mesmo jeito, certo? Mas será que o carrinho vai ter a mesma aceleração?*

Como os alunos demonstravam ainda não terem compreendido muito bem a explicação para a existência de um limite destas forças, utilizamos do exemplo dado por Hewitt (2002, p. 86), pedindo para que um aluno desse um soco com força num saquinho plástico que soltamos no ar. O diálogo abaixo seguiu a experimentação:

— *O Anderson consegue golpear este saquinho com uma grande força?*

— *Não, responderam.*

— *Observem a similaridade entre o carrinho patinando sobre o vidro liso e o golpe que não consegue ser dado sobre o saquinho. O que os exemplos têm em comum?*

— *Nos dois casos a ação não consegue ser grande, disse Lucas.*

A realização deste experimento serviu para mais uma vez contextualizarmos. Desta vez citamos o comportamento irresponsável de alguns motoristas, a maioria destes jovens como nossos alunos, que utilizam dos carros como instrumentos de diversão colocando em risco a vida das pessoas dando “cantadas de pneus, cavalos de pau e fazendo pegas nas vias públicas.”

Os brinquedos: pintinho saltador, boneco nadador e bolinhas de gude foram úteis na medida em que serviram como reforço aos conceitos e explicações dadas anteriormente. Tornaram-se, assim, uma espécie de “exercício experimental de fixação” e foram destinados ao diálogo em grupo, cuja tarefa foi buscar responder às questões: Quem age? Quem reage? Onde estão as forças de ação e de reação? Qual a direção e sentido das forças aplicadas?

A utilização dos CDs Flutuantes foi precedida por suas confecções. Fornecemos o material necessário e vimos que os alunos ficaram bastante envolvidos em construir seus brinquedos e os fazê-los flutuar pela sala de aula. Serviu para que falássemos do funcionamento de invenções humanas que utilizam deste mesmo princípio, como os foguetes, aviões à jato e o hovercraft. A novidade e ludicidade advindas do contato com o CD Flutuante fizeram com que, entre todos os brinquedos, este fosse o mais lembrado pelos alunos quando da avaliação da metodologia.

Encerramos a aula utilizando os dois esqueites como momento de revisão. Neste instante, pedimos que os alunos se antecipassem ao experimento e criassem hipóteses do que aconteceria em cada momento: Quando um aluno empurrava outro de mesma massa, quando os dois se empurravam, quando um empurrava o outro cuja massa era maior que a dele e, por fim, quando um aluno empurrava a parede.

No início da experimentação com esqueites, fizemos algumas tentativas que não deram certo, devido à insegurança dos alunos em se manterem sobre os mesmos. Contornamos esta dificuldade colocando os alunos praticantes deste esporte para subirem nos esqueites.

Avaliamos que, na experimentação com esqueites, poderíamos procer de forma mais eficaz e menos arriscada se, ao invés de pedirmos para que os alunos se empurrassem, utilizássemos a exemplo da figura 7, uma corda. Assim, as ações e as reações se dariam pelo ato de puxar a corda segurada pelos esqueitistas, ao invés do empurrão entre eles.

Achamos que o tempo de 1h40min foi curto para a quantidade de brinquedos que apresentamos. Poderíamos ter diminuído o número de brinquedos para que os escolhidos pudessem ser bem explorados na aula. Em repetindo a metodologia, dada à interatividade propiciada, escolheríamos como recursos instrucionais os esqueites e os CDs Flutuantes, apresentando os demais sem maiores delongas. Desta forma acreditamos que nossa ação seria ainda mais dialógica.

5.3 – Análise das respostas apresentadas no pós-teste

São cinco as questões dissertativas. Os alunos do grupo experimental responderam todas as perguntas e, algumas vezes, ocupando maiores espaços que os disponibilizados para tal. Este foi um diferencial positivo visto que, no pré-teste, quando solicitado para que dissertassem justificando alguma resposta, esta se compunha, na maioria das vezes, de uma única frase ou uma palavra. Os alunos do grupo controle, por outro lado, continuaram, a exemplo do pré-teste, fazendo seus comentários de forma superficial e resumida. Seguem abaixo as perguntas, as

tabelas apresentando as respostas percentuais¹⁸ e nossa análise acerca das respostas dadas.

1 – É fato conhecido que a Terra exerce uma força de atração sobre a Lua. Pela Terceira Lei de Newton, podemos concluir que a Lua também atrai a Terra. A figura abaixo foi encontrada em um livro de Física, ilustrando as forças de ação e reação entre a Terra e a Lua. Há um grave erro nesta ilustração. Diga qual é este erro.

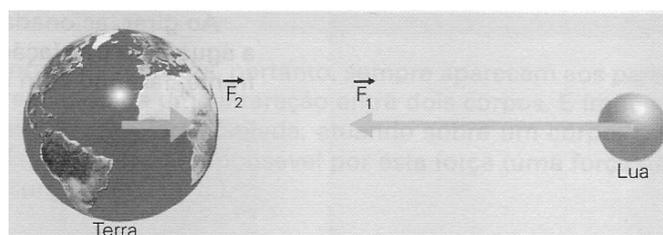


Tabela 10 – Indicação das respostas dadas na 1ª questão do pós-teste.

Respostas	Grupo Experimental Percentual de respostas	Grupo Controle Percentual de respostas
Cientificamente aceitas	81 %	19 %
Aceitas em parte ou incompletas	19 %	13 %
Não aceitas cientificamente	0 %	50%
Não soube ou não respondeu	0 %	19 %

A gravura apresenta a concepção prévia de que o corpo de maior massa exerce sobre o de menor massa uma força maior. Nossa interpretação:

Grupo Experimental - Todos os alunos do grupo experimental conseguiram identificar que, no par ação-reação entre a Terra e a Lua, da figura, constava como erro a diferença entre os módulos dos vetores forças. 81% dos alunos tiveram suas respostas consideradas como cientificamente aceitas. Com respostas variadas, eles afirmaram que as forças deveriam ter o mesmo valor e, no desenho, a força da Terra sobre a Lua estava maior que a da Lua sobre a Terra. 19% dos alunos deram

¹⁸ Os dados percentuais das análises foram arredondados. Dada esta aproximação, nas tabelas temos como soma dos resultados, valores que variam entre 99% e 101%.

respostas incompletas: Um destes alunos escreveu: “A imagem mostra que somente a Lua exerce uma força de atração e é aí que se encontra o erro, pois de acordo com a Terceira Lei de Newton, toda ação contém reação, então, na figura, as atrações deveriam ter a mesma força.”

Grupo Controle – Três alunos (19% do grupo), deram respostas cientificamente aceitas; outros três alunos (19%), afirmaram: “não sei.” Dois alunos (13%), identificaram o erro citando a diferença entre as forças mostradas na figura, mas justificaram de forma incompleta. Oito alunos (50%) interpretaram o desenho dando respostas variadas e cientificamente não aceitas, evidenciando que, para estes, não existiu uma evolução das concepções prévias. Algumas respostas deram a entender que a força da Lua é representada pelo vetor que está desenhado na Lua. Assim, afirmaram que o erro do desenho estava no tamanho da força creditada à Lua que deveria ser menor: “a Terra exerce mais força sobre a Lua e não a Lua sobre a Terra”, respondeu um aluno.

2 – Usando a Terceira Lei de Newton, procure explicar como um avião à hélice se movimenta impulsionado por essa peça. Há necessidade de atmosfera para que este avião possa ser acelerado?

Tabela 11 – Indicação das respostas dadas na 2ª questão do pós-teste.

Respostas	Grupo Experimental Percentual de respostas	Grupo Controle Percentual de respostas
Cientificamente aceitas	50 %	19 %
Aceitas em parte ou incompletas	50 %	69 %
Não aceitas cientificamente	0 %	13%
Não soube ou não respondeu	0 %	0 %

Grupo Experimental - Nesta questão, oito alunos (50%), acertaram a resposta descrevendo o processo de interação hélice-ar. A outra metade dos alunos deu

respostas incompletas. Destes, quatro alunos (25%), afirmaram apenas que “sim”, naturalmente afirmando ser necessária a atmosfera para o avião acelerar. Dois alunos (13%), afirmaram não ser necessária a atmosfera. No entanto, ao justificarem a resposta, afirmaram a necessidade da existência do vento, demonstrando uma dificuldade conceitual quanto ao que seja o vento e sua inter-relação com a atmosfera (que foge ao alvo desta pesquisa). Um deles escreveu: “Não, porque a atmosfera não participa do processo de ação e reação. A hélice exerce uma força sobre o vento, fazendo com que ele reaja impulsionando o avião.”

Grupo Controle – Três alunos (19%), afirmaram corretamente, fazendo menção ao par ação-reação formado pela interação da hélice com o ar. Onze alunos (69%), deram respostas incompletas. Destes, oito alunos (50%), afirmaram apenas “sim” e não justificaram, outros três (19%), justificaram de maneira incompleta demonstrando uma dificuldade de expressão e compreensão da Terceira Lei de Newton. Dois alunos (13%), deram respostas desconexas e creditaram a fatores outros como “vácuo” e “força da gravidade”, não usando como pedia no enunciado, a Terceira Lei de Newton para justificarem. Um destes escreveu: “Com o giro da hélice o ar em baixo do avião é retirado dando força de vôo.”

3 – Um balão (bexiga) é cheio de ar, depois é solto e sai voando pela sala. Como se explica isto?

Tabela 12 – Indicação das respostas dadas na 3ª questão do pós-teste.

Respostas	Grupo Experimental Percentual de respostas	Grupo Controle Percentual de respostas
Cientificamente aceitas	63 %	0 %
Aceitas em parte/incompletas	38 %	50 %
Não aceitas cientificamente	0 %	50%
Não soube ou não respondeu	0 %	0 %

Grupo Experimental - Dez alunos (63%), afirmaram, com suas palavras, a existência da interação do balão com o ar. Citaram o ar como o responsável pelo deslocamento do balão. Seis alunos (38%), deram explicações incompletas não conseguindo se expressar de forma clara, embora demonstrassem certo entendimento. Uma das respostas, por exemplo, foi: “O balão sofreu uma ação ao ser enchido e ao ser solto, o ar sai fazendo a reação.”

Grupo Controle – Oito alunos (50%), deram respostas incompletas que apresentavam alguma coerência: três alunos citaram que o movimento do balão dar-se-ia em função da força do ar e cinco alunos utilizaram de outros conhecimentos científicos para explicarem o fenômeno creditando à pressão do ar que existente dentro do balão a responsabilidade pelo “impulso dado ao balão”. Oito alunos (50%), deram respostas não científicas, mesmo utilizando termos da ciência: creditaram, por exemplo, o movimento do balão à diferença de pressão. Um deles escreveu: “que a pressão de fora do balão é maior do que o ar de dentro do balão, é o que faz voar pela sala.” Outro aluno citou: “Por que acabou o ar dentro da bexiga assim o ar atmosférico é maior. “

4 – *Uma pessoa está calçada com meia e sobre uma superfície encerada (lisa). Em determinado momento tenta correr e fica deslizando. Por que isto acontece?*

Tabela 13 – Indicação das respostas dadas na 4ª questão do pós-teste.

Respostas	Grupo Experimental Percentual de respostas	Grupo Controle Percentual de respostas
Cientificamente aceitas	19 %	0 %
Aceitas em parte ou incompletas	81 %	38 %
Não aceitas cientificamente	0 %	38%
Não soube ou não respondeu	0 %	25 %

Esta pergunta exige a necessidade de uma boa compreensão da Terceira Lei de Newton, tendo em vista o limite que há para o valor do par ação-reação.

Grupo Experimental – Três alunos (19%), acertaram a questão ao darem explicações cientificamente aceitas. Uma aluna escreveu: “Isto acontece porque a pessoa não consegue realizar a ação de modo que a mesma não sofre nenhuma reação. (Obs. Falta de atrito).” Treze alunos (81%), deram respostas incompletas: Seis alunos demonstraram dificuldade no entendimento de que ação e reação têm sempre o mesmo valor. Um deles escreveu “[...] a superfície suporta uma força F_x e a força que a pessoa exerce é F_{x+1} .” Sete alunos (44%), não fizeram menção à Terceira Lei do Movimento, comentaram, simplesmente, que faltou atrito por isso o corpo não deslocou. Esta resposta indica uma compreensão parcial desta particularidade da lei.

Grupo Controle – Quatro alunos (25%), não responderam (três alunos deixaram a questão em branco e um aluno escreveu “não sei”). Seis alunos (38%), deram respostas científicas, mas de pouca profundidade. Algo como: “Porque o atrito entre o chão e a meia é menor com o chão encerado.” Estas respostas indicaram uma dificuldade de compreensão por parte dos alunos acerca da relação desta lei física com a falta de atrito. Seis alunos (38%), deram respostas não científicas embora utilizando termos da ciência, por exemplo: “Porque não há obstáculo para repulsão da gravidade.” ou respostas sem aprofundamento científico prevalecendo o senso comum em suas respostas: “Porque tem muita cera no chão.”

5 – O barco da figura é capaz de deslocar-se?
Explique.



Tabela 14 – Indicação das respostas dadas na 5ª questão do pós-teste.

Respostas	Grupo Experimental Percentual de respostas	Grupo Controle Percentual de respostas
Cientificamente aceitas	63 %	0 %
Aceitas em parte ou incompletas	38 %	31 %
Não aceitas cientificamente	0 %	69%
Não soube ou não respondeu	0 %	0 %

Grupo Experimental – Esta situação foi apresentada aos alunos durante a aula experimental e as respostas indicaram que todos sabiam da impossibilidade do deslocamento do barco. No entanto, quando da justificativa, alguns alunos ainda evidenciaram dificuldade de compreensão sobre as forças internas ao sistema. Todos os alunos afirmaram que o barco não se deslocaria devido ao vento produzido pelo ventilador:

Dez alunos (63%), afirmaram que o par ação-reação era interno ao corpo (sistema), por isso o barco não se deslocou. Destes, cinco alunos complementaram suas respostas sugerindo voltar o ventilador para a posição contrária, empurrando o ar para trás. De fato, desta forma as hélices do ventilador agiriam sobre o ar externo, na traseira da nau e esta se deslocaria empurrada pela reação produzida pelo vento. Neste caso, o barco se deslocaria mais lentamente dada a resistência do ar, visto que suas velas agiriam retardando seu movimento. Outros quatro alunos responderam que, para deslocar-se, o ventilador teria que soprar as velas, mas estando fora do barco. Com esta resposta demonstraram compreensão da necessidade que a reação seja externa ao sistema para que o centro de massa da nau se deslocasse. Outro aluno explicou: “Não, por causa que está aplicando uma força interna, pois essa força tinha que ser externa para que ele se locomova.”

Seis alunos (38%), responderam que o barco não se deslocaria, mas justificaram de forma incompleta. Uma aluna confundiu direção com sentido: “o vento deveria vir da direção oposta [...]”. Outra aluna escreveu: “não, pois eles estão em corpos iguais”. Entendemos que o sentido que ela quis dar foi que se tratava do mesmo sistema - o barco. Um aluno escreveu: “não, porque aí não está ocorrendo ação e reação [...]”. Embora afirmasse que o barco não se moveria, não compreendeu que existem inúmeros pares de ação/reação ocorrendo numa situação hipotética como a sugerida na figura.

Grupo Controle – Cinco alunos (31%), afirmaram que o barco não se deslocaria: Dois alunos simplesmente escreveram: “não”; dois outros alunos afirmaram que o barco não se moveria e deram justificativas não científicas: Um afirmou que “o vento que o ventilador vai impulsionar não é suficiente para mover o barco”. Outro, no mesmo sentido, afirmou que “não, pois a força não é proporcional ao tamanho do barco”. Um terceiro aluno apresentou certa coerência como resposta: “o ventilador faz um trabalho contrário ao da vela”.

Onze alunos (69%), afirmaram que o barco **se deslocaria** por causa do vento que sopra sobre as velas.

As respostas dadas pelos alunos do grupo controle indicaram, de maneira geral, uma dificuldade de compreensão sobre a Terceira Lei de Newton e a prevalência do senso comum às concepções científicas. Já as respostas dadas pelo grupo experimental evidenciaram uma maior compreensão sobre esta lei e suas particularidades.

5.4 – Avaliação da metodologia pelos alunos

Solicitamos que os alunos, participantes do grupo experimental, avaliassem a metodologia testada. Ou seja, que comentários gostariam de fazer sobre a aplicação de brinquedos no ensino de Física. Para isso, fornecemos um questionário aos alunos (apêndice C). As respostas demonstraram satisfação com a metodologia empregada, indicando ser uma alternativa às aulas tradicionais. Segundo os alunos, houve participação, interesse, motivação e aprendizado. Pedimos que, por escrito, fizessem uma crítica à mesma e respondessem aos itens abaixo: (suas dissertações formam o anexo 4).

a) Como você avalia a aula de Física utilizando brinquedos?

Os alunos teceram elogios ao método. Em suas respostas apareceram expressões como: “inovadora”, “gera mais participação dos alunos”, “permite uma visão mais ampla sobre os brinquedos”, “fica mais fácil de entender”, “faz com que o aluno tenha mais interesse pela Física”, “divertido”, “deu para aprender brincando”. Um aluno escreveu: “A utilização dos brinquedos para explicar Física foi algo extraordinário, que nos dá uma visão mais ampla sobre os brinquedos porque a partir do momento que você entende toda a formação de algo, em especial os brinquedos, você já passa a olhá-los com os olhos da Física e não como um brinquedo qualquer.”

Estes comentários evidenciam que, a presença dos brinquedos na aula, o estímulo a novos olhares sobre seus movimentos e interações, e o diálogo como ingrediente para a reflexão sobre os brinquedos, permitiram que houvesse uma motivação, gerando uma melhor interação e participação.

b) O que você mais gostou na aula?

Algumas respostas indicam motivações em diferentes aspectos da aula:

— *“Da experiência com o CD e o skate”* – Oito respostas desta natureza nos mostram que, estes brinquedos, particularmente, se diferenciaram dos outros apresentados. O esqueite por, talvez, fazer parte da vivência de vários alunos e da versatilidade de verificação da lei através dele. Curiosamente, o CD Flutuante foi ainda mais lembrado pelos alunos. Avaliamos que esta preferência se deu pelo fato de os alunos o terem construído, dele ter funcionado e pela beleza, novidade e ludicidade advindas da brincadeira com o mesmo.

— *“Da interatividade”; “da simplicidade”; “do fato de utilizar experimentos e não somente letras e o quadro”; “da maneira de explicação do professor”* – Para os alunos que assim responderam, o que mais os chamou a atenção foi **a forma como a aula foi ministrada** e não os objetos em uso. Isto reforça nossa convicção de que o brinquedo, por si só, dificilmente gera “novos olhares e compreensões científicas”, ou seja, a mediação, a dialogicidade e a motivação do professor são fundamentais para a participação e a aprendizagem dos alunos. Um aluno escreveu: *“De saber que a Física faz parte de algo tão presente em nossas vidas, que desde pequenos era algo que nossos pais nos davam para nos distrair, e ao crescermos, descobrimos algo novo naquilo que tanto nos acompanhou.”*

c) Que sugestão você daria para aprimorar esta metodologia?

Diferenciamos algumas respostas:

— *“Aplicar este método em nossas aulas, para que todos tenham acesso a isto; que haja mais pesquisas com os alunos”; “que os brinquedos possam compor uma*

experimentoteca” – Eles indicam que os alunos vêem a importância da continuação das pesquisas de aplicação no ensino de Física.

— *“Aulas com os alunos se interagindo”; “uma participação maior nas experiências pelos alunos”; e ainda “ fossem utilizados mais brinquedos e opiniões dos alunos”* –

Estas respostas mostram a importância dada à mudança de enfoque, a necessidade de se permitir que os alunos manipulem os materiais utilizados na aula (não só assistam a manipulação), que construam, que interajam uns com os outros. Destaque para o comentário “utilizar mais a opinião dos alunos”.

Avaliamos que nossa aula poderia (e deveria) ser ainda mais dialógica. Em determinados momentos, poderíamos insistir dando pistas das respostas para que estes se manifestassem, permitindo, inclusive, mais interação entre os alunos. De certa forma, nos prendemos ao planejamento feito para que a metodologia não exigisse mais do que o tempo disponível.

— *“Tirar as câmeras”* – Este comentário evidencia que houve inibição com a presença das câmeras que utilizamos para registro da aula. Avaliamos que, de fato, a ausência destas facilitaria ainda mais a participação dos alunos.

— *“Trazer um PLAY 2, brincadeira, acho que está bom.”* – Notamos que ao vincular a aula com o jogo que diverte o aluno (PlayStation 2), este externou uma satisfação com a metodologia. Algo como: “só faltou meu brinquedo predileto!”

d) O que você desconhecia e aprendeu sobre a Terceira Lei de Newton, a lei da ação e reação?

Os alunos deram respostas variadas, sendo mais comentado o fato de que a força de interação entre dois corpos independe de suas massas. Um aluno a respondeu: “aprendi que não depende da massa dos corpos e que a força será equivalente.” Uma aluna escreveu: “que a mesma intensidade que o corpo dá, ele

recebe igualmente. A força é a mesma da ação e da reação.” Outros alunos citaram aplicações explicadas pela Terceira Lei de Newton, como “o ato de andar, o “cavalo de pau dos carros”, “como um foguete se desloca.”

e) Você gostaria de continuar participando da pesquisa de aulas ensinadas a partir da “Física nos Brinquedos?”

Os alunos afirmaram que sim. Algumas respostas: “sim, mas agora com foco no 2º e 3º anos (os conteúdos)”; “sim, entretanto tenho que ver se estou com horário livre”; “sim, foi de grande produtividade”; “é uma experiência ótima e divertida. Seria legal participar de aulas como essa”; “claro que sim, amei a aula e toda a explicação ficou tudo bem claro agora”.

Capítulo 6 – PROPOSTA DE AÇÃO PROFISSIONAL

Dada a importância em colaborar com outros professores no aprimoramento da ação pedagógica, produzimos um material áudio-visual (DVD) sobre esta pesquisa (Apêndice E). Este material faz parte desta dissertação e o disponibilizamos, sem restrições aos pesquisadores em Ensino de Ciências. Para projetar um dos filmes, o professor deverá colocar a mídia num aparelho leitor de DVD e clicar (play) sobre o ícone animado que indica um dos três filmes (figura 17).

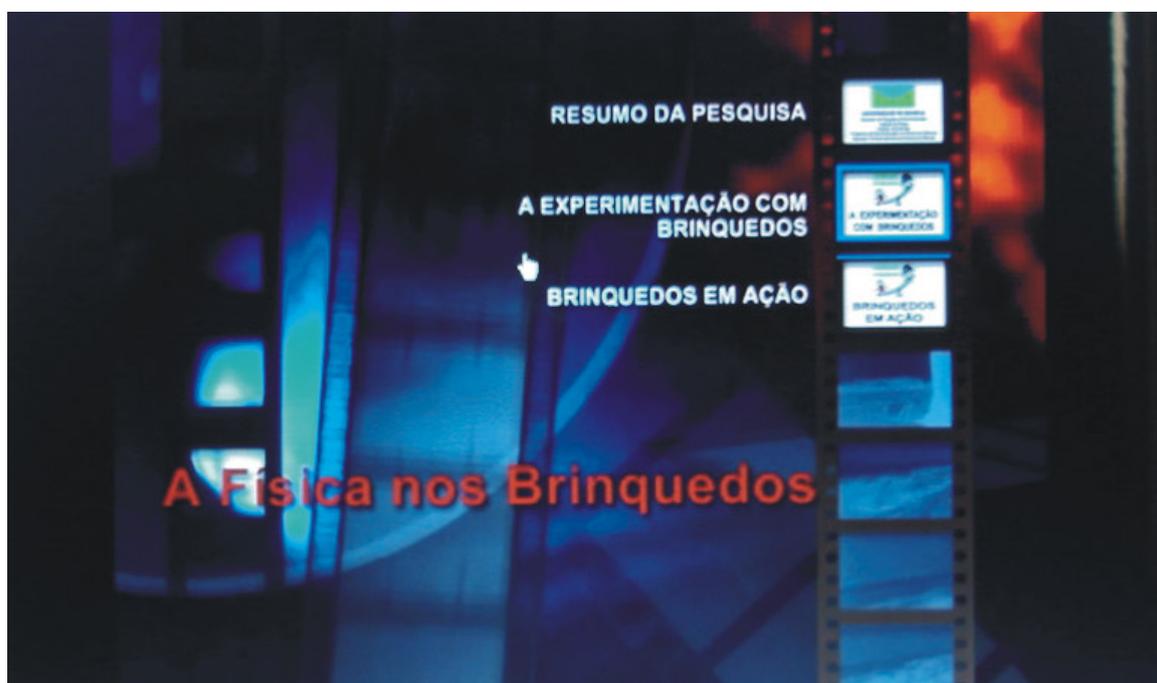


Figura 18 - Para projetar um dos filmes, basta clicar no ícone ao lado de um dos títulos.

São eles:

- a) FILME 1 – RESUMO DA PESQUISA - Com duração de 3,5 minutos, nele apresentamos imagens da aplicação da metodologia em um resumo da pesquisa. O objetivo deste filme é colaborar para a reflexão entre docentes, em debates pedagógicos, onde se busque alternativas às aulas tradicionais.

- b) FILME 2 – A EXPERIMENTAÇÃO COM BRINQUEDOS - Com duração de 14 minutos é um trabalho dirigido ao físico-educador. Nele, apresentamos como exploramos cada brinquedo na ação dialógica com os alunos. Expomos detalhadamente como cada brinquedo nos serviu para o debate sobre as particularidades da Terceira Lei do Movimento.
- c) FILME 3 - BRINQUEDOS EM AÇÃO - Com duração de 3,5 minutos, apresentamos separadamente cada experimentação e sem comentários. O propósito é que o professor, não dispondo destes brinquedos, e tendo interesse em apresentá-los a seus alunos, possa fazer uso de suas imagens. O filme não tem narração, o que permite que o professor a faça, quando da execução dos experimentos, adequando à sua realidade, a linguagem e a profundidade possíveis.

CONCLUSÃO

Ao levarmos brinquedos, tais como esqueites, bolinhas de gude e carrinhos para a sala de aula, poderemos dialogar com os alunos sobre conceitos científicos como movimento, repouso, trajetória, equilíbrio, centro de gravidade, força, aceleração e, ainda, apresentarmos várias leis que formam a mecânica newtoniana. Estes brinquedos e a ludicidade obtida da interação com eles nos ajudam a motivar os alunos e a gerar uma maior aprendizagem. Como escreveu Ramos e Ferreira (1998, p. 140): “a ludicidade decorre da interação do sujeito com um dado conhecimento sendo, portanto, subjetiva. Seu potencial didático depende muito da sensibilidade do educador em gerar desafios e descobrir interesses de seus alunos.”

Com os brinquedos percebemos que nossos alunos se mostraram dispostos a falar sobre suas visões de mundo e a confrontar suas concepções com as explicações advindas das pesquisas científicas. Os brinquedos agem como facilitadores de nosso diálogo com os educandos, motivando-os a darem suas opiniões: “Estou convencido de que, epistemologicamente, é possível, ouvindo os alunos falar sobre como compreendem seu mundo, caminhar junto com eles no sentido de uma compreensão crítica e científica dele.” (FREIRE, 1986, p. 132)

Os diálogos ocorridos durante a aula, despertados com o uso dos brinquedos, nos permitem afirmar que estes objetos colaboraram para uma maior participação, se comparado às aulas tradicionais e verborrágicas.

Os resultados advindos do pós-teste indicaram que os alunos do grupo Experimental, de maneira geral, passaram a ter uma melhor compreensão sobre a Terceira Lei de Newton comparativamente aos alunos do grupo Controle.

Constatamos que os alunos evoluíram suas concepções e, em maioria, as apresentaram no pós-teste dentro do “racionalismo clássico”, perfil epistemológico onde se situa as Leis de Newton. No entanto, todos eles, em determinadas respostas, ainda apresentaram dificuldades no entendimento de particularidades desta lei (que não é tão simples), expressando respostas superficiais e/ou incompletas, embora mais sofisticadas que as idéias do “realismo ingênuo”, que caracteriza as concepções prévias. A variação das respostas nos sugere, então, que mesmo dentro de um determinado perfil conceitual, poderemos ter níveis diferentes de entendimento e aprendizagem, ou seja, os alunos participaram da mesma experimentação, foram provocados a refletirem sobre as mesmas interações entre corpos. No entanto, suas assimilações foram diferenciadas: todos deram respostas baseadas na Terceira Lei do Movimento, dentro do racionalismo clássico, mas de forma mais ou menos aprofundada.

Na avaliação da metodologia, os alunos comentaram que gostaram da novidade e que, com os brinquedos, o conteúdo ficou “mais fácil” de ser compreendido. Disseram que gostaram de brincar com o CD Flutuante, de usar os esqueites e da interatividade possibilitada pela aula. Teceram uma crítica à metodologia e nela escreveram comentários do tipo: “com a utilização de brinquedos para explicar a Física [...] você já passa a olhá-los com os olhos da Física e não como um brinquedo qualquer”; “faz com que o aluno tenha mais interesse pela Física”; “deu para aprender brincando”; “gera mais participação dos alunos”; “inovadora”. Estas respostas evidenciam a satisfação dos alunos em participar da pesquisa e, para nós, ficou o sentimento de que acertamos quando possibilitamos que nossos alunos pudessem expor seus pontos de vista, manipulassem brinquedos, montassem seus próprios instrumentos de experimentação.

No encerramento desta pesquisa vêm-nos algumas dúvidas:

— E se fosse outro grupo, oriundo de realidades diferentes, submetido a esta mesma metodologia, teríamos chegado ao mesmo resultado?

— E se a aplicação não tivesse sido numa sala com 16 alunos e sim com 30 ou 50 (o que normalmente há nas escolas), os resultados seriam os mesmos?

Também vêm-nos algumas certezas:

— Que o brinquedo, conhecido provocador da ludicidade nas crianças, também provoca nos jovens uma empatia expressiva. É inegavelmente uma ferramenta capaz de facilitar a “quebra de gelo” entre aluno e a aridez do conteúdo da Física;

— Que o brinquedo, por si só, é incapaz de gerar aprendizagem de conceitos e leis físicas. É fundamental a mediação do professor a guiar os alunos a novos olhares sobre o brinquedo, fazendo com que eles interajam com o objeto e com seus colegas a observarem pormenores científicos presentes nos brinquedos e que, sozinhos, os alunos dificilmente os notariam;

— Que nosso trabalho foi facilitado por alguns fatores: turma reduzida e formada por alunos que se dispuseram a participar do projeto; uma aula preparada com esmero e bastante tempo (acima do normal) - refletida em detalhes para que fosse dialógica, instigante, desafiadora.

Mesmo com os resultados advindos desta pesquisa, não nos permitimos defender o uso do brinquedo como “uma grande receita” para aulas dinâmicas e motivadoras. Há vários fatores que, necessariamente, devem se somar ao uso do brinquedo como ferramenta pedagógica: o emocional do professor (humor, paciência, dialogicidade); o preparo da aula (conhecimento do conteúdo,

planejamento e estratégia a ser aplicada) e a receptividade dos estudantes (predisposição em querer aprender).

Concluimos que os brinquedos podem ser bons recursos instrucionais no ensino da Terceira Lei de Newton, podendo colaborar como alternativa inovadora às aulas tradicionais. Sua utilização é viável, como destacou o professor Levinstein (1982, p.359): “a maioria tem vantagens sobre os equipamentos das demonstrações convencionais: o relativo baixo custo e o fato dos alunos se relacionarem bem com eles”. É necessário, pois, mais pesquisas que testem os brinquedos como ferramentas facilitadoras da aprendizagem. Com quais brinquedos, por exemplo, despertaríamos nos alunos o gosto de aprender quando fôssemos ensinar calor, óptica, ondulatória, eletricidade ou Física moderna? Como viabilizar a montagem de uma brinquedoteca que pudesse assistir a várias escolas? É hora de repensarmos nossas escolas para que estas sejam mais lúdicas e prazerosas.

O desafio está colocado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, Beatriz, MÁXIMO, Antônio. *Física - De olho no mundo do trabalho*. 1ª ed. São Paulo: Scipione, 2006.

BACHELARD, G. *A Filosofia do Não*; In: OS PENSADORES, p. 01-87. São Paulo: Abril Cultural, 1984.

BAIER, J. *The Physics Teacher*. Doing physics – Physics activities for groups. P. 198 – 199. Março, 1983.

BERTOLDO, J. V; RUSCHEL, M. A. M. *Jogo, Brinquedo e Brincadeira – Uma revisão conceitual*. Séries Idéias nº 7, p. 39 a 45. São Paulo: FDE, 1995.

BOMTEMPO, E. . *Aprendizagem e Brinquedo*. In: G.P. Witter; J.F.B. Lomônaco. (Org.). Psicologia da Aprendizagem: áreas de aplicação, p. 1-14. São Paulo: EPU, 1987.

BORGES, A. T. *FÍSICA: Ensino Médio*. Seleção e organização Ardem Zylberstajn...[et al.]; organização geral Nelson Studart. Novos Rumos para o Laboratório Escolar de Ciências. Páginas 30 – 45. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2005.

BRASIL. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio*. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Brasília: Ministério da Educação, 1999.

_____. *PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais*. Brasília: Ministério da Educação, 2002.

_____. *Estatuto da Criança e do Adolescente*, Lei Nº 8.069, de 13 de julho de 1990. Brasília: Ministério da Justiça, 2002 A.

_____. *FÍSICA: Ensino Médio*. Seleção e organização Ardem Zylberstajn...[et al.]; organização geral Nelson Studart. Novas Estratégias de Divulgação Científica e de Revitalização do Ensino de Ciências nas Escolas. Páginas 24 – 29. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2005.

BRUZZO, C. **Ciência & Ensino**. Filmes e escola: isto combina? Vol 4, n.6, 1999. Disponível no site: www.ige.unicamp.br/ojs/index.php/cienciaeensino/search/titles

DRIVER, R. & EASLEY, J. **Studies in Science Education**. Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. N. 12, p. 7-15, 1978.

DRIVER, Rosalind; GUESNE, Edith; THIBEREGHIEN, Andrée. **Children's Ideas in Science**, 1 and 10. Open University Press, Chapt, 1985.

FEYNMAN, R. P. **Deve ser brincadeira Sr. Feynman!** Tradução de Cláudia Bentes David, Editora Universidade de Brasília: São Paulo: Imprensa Oficial do Estado, 2000.

FERREIRA, Aurélio. **Novo Aurélio século XXI – O dicionário da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1999.

FERREIRA, M. C.; CARVALHO, L. M. O. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. A evolução dos jogos de Física, a avaliação formativa e a prática reflexiva do professor. V. 26, n. 1, p. 57 -61, 2004. Disponível no site: <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v26n1/a10v26n1.pdf>.

FEYERABEND, P. **Contra o método**. 3ª edição, Rio de Janeiro, 1989.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**. 43ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2006.

_____. **Política e Educação**. 6 ed. São Paulo: Cortez, 2001.

_____; FAUNDEZ, A. **Por uma pedagogia da pergunta**. 5 ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2002.

_____; SHOR, I. **Medo e Ousadia – O Cotidiano do Professor**. Tradução de Adriana Lopez – Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1986.

GASPAR, Alberto. **Experiências de Ciências para o Ensino Fundamental**. São Paulo. Editora Ática. 2003.

GIRARDELO, G. E. P. **Histórias, Comunidade e o Florescimento da Imaginação**. Trabalho apresentado no II Congresso Internacional de Educação. Publicado em Anais do II Congresso Internacional de Educação: Florianópolis, 2000. Disponível em: <http://www.aurora.ufsc.br/pesquisas/narrativa.htm>. Acesso em: 12 jan. 2007.

GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA - GREF. **Física 1**. 6ª ed. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo, 2000.

HALLOUN, I. A.; HESTENES, D. **The initial knowledge state of college physics students**. Am. J. Physics, v. 53, p. 1043-1055, 1985.

HANNA, C. **The** uma “high scholl” **Physics Teacher**. Spring-wound toy cars – Experiments in mechanics. P. 177 – 181. Março, 1983.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. 9ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

HUIZINGA, Johan. **Homo Ludens: o jogo como elemento de cultura**. 5ª edição. São Paulo: Perspectiva, 2004.

KAWAMURA, M. R. D. e HOSOUME, Y. **FÍSICA: Ensino Médio**. Seleção e organização Ardem Zylberstajn...[et al.]; organização geral Nelson Studart. A contribuição da Física para um Novo Ensino Médio. Páginas 9 – 23. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2005.

KISHIMOTO, Tizudo M. (Org.); **Jogo, brinquedo, brincadeira e a educação**; 3ª ed. São Paulo: Cortez, 1999.

LAVILLE, C. e DIONNE, J. **A Construção do Saber**. Porto Alegre: Editora UFMG, 1999.

LEODORO, Marcos Pires; TEDESCHI, Wania. **Oficinas Populares de Física e Tecnologia**. XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física: São Luis, 2007.

LEVINSTEIN, Henry, **The physics of Toys**, The Physics Teacher, p. 358-365. Setembro, 1982.

MCDERMOTT, L. C. **Physics Today**. Research on conceptual understanding in mechanics., p. 2-10, julho, 1984.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. Einstein, a Física dos brinquedos e o princípio da equivalência. V. 22, n. 3, 2005. Disponível no site: <http://www.fsc.ufsc.br/ccef/port/22-3/artpdf/a1.pdf>

MENINO, Hugo Lopes; CORREIA, Silvia Oliveira. **Concepções Alternativas: idéias das crianças acerca do sistema reprodutor humano e reprodução**. Revista Educação & Comunicação nº 4, p. 97-117. 2001

MICHAELIS. **Moderno dicionário da língua portuguesa**. São Paulo: Companhia Melhoramentos, 1998.

MORTIMER, E.F. **Investigações em Ensino de Ciências**. Construtivismo, mudança conceitual, e ensino de ciências: para onde vamos. v.1, nº 1, 22-42, 1996.

MOURA, M. O de. **O jogo na educação matemática**. In: Idéias. O jogo e a construção do conhecimento na pré-escola. São Paulo, FDE, n. 10, p. 45-53, 1991.

NEWTON, Isaac. **The Principia. Mathematical Principles of Natural Philosophy**. A new translation by Bernard Cohem and Anne Whitman. London: University of California Press, 1999.

PIAGET, Jean. **A formação do símbolo na criança**. Rio de Janeiro, Zahar, 1978.

QUINTANA, M. **Lili inventa o mundo**. Porto Alegre, Mercado Aberto, 1985.

RAMOS, Eugenio M. de F.; FERREIRA, Norberto Cardoso. **Brinquedos e jogos no ensino de Física**. In: Roberto Nardi. (Org.). Pesquisa em Ensino de Física. Educação para a ciência, capítulo 10, p.137-149. São Paulo: Escrituras, 1998.

REGNER, A.C.K.P. **Feyerabend e o pluralismo metodológico**. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*. Nº 3, 231-247. UFSC: Florianópolis, 1996.

RESENDE, F.; BARROS, S. S. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação e Ciências**. Discussão e reestruturação conceitual através da interação de estudantes com as visitas guiadas do sistema hipermídia "Força & Movimento. Vol. 1, n. 2, p. 51 – 61, maio/agosto, 2001.

SAAD, F. D. (coordenador). ***Demonstrações em Ciências – Explorando fenômenos da pressão do ar e dos líquidos***. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005.

SHUGART, C. G. ***The Physics Teacher***. Saturday Science. P. 91 – 95. Fevereiro, 1976.

TALIM, Sérgio Luiz. ***Dificuldades de aprendizagem na Terceira Lei de Newton***. Caderno Catarinense do Ensino de Física, volume 16, no 2: p. 141 – 153, agosto. 1999.

URE, M. H.; MÜLER; SEBASTIÁ, J. M.; MARTÍNEZ, A. A. ***Revista Brasileira de Ensino de Física***. Concepciones Intuitivas de los Estudiantes (de Educación Media y La Universidad) sobre el Principio de Acción y Reacción. V. 16, n. 1 – 4, 1994.

VALADARES, E. C. ***Física mais que divertida***. 2ª edição. Belo Horizonte: Editora UFMG. 2002.

VYGOTSKY, L. S. ***A Formação Social da Mente***. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

WINNICOTT, D.W. ***A Criança e seu Mundo***. Rio de Janeiro: Zahar, 1979.

YAMAZATO, Ken. ***Engenheiro de pipas: O invasor dos ares***. São Paulo: Paulo's Comunicação, 2005.

APÊNDICE A – Pré-teste



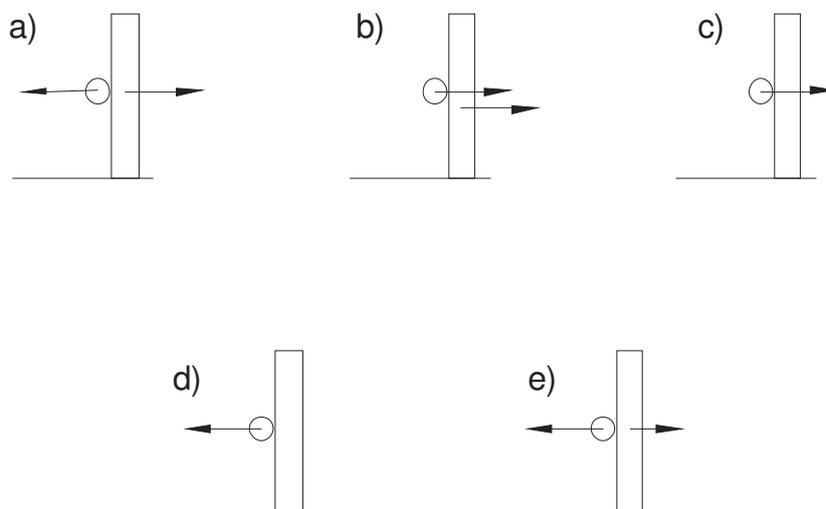
A Física nos Brinquedos

Nome _____

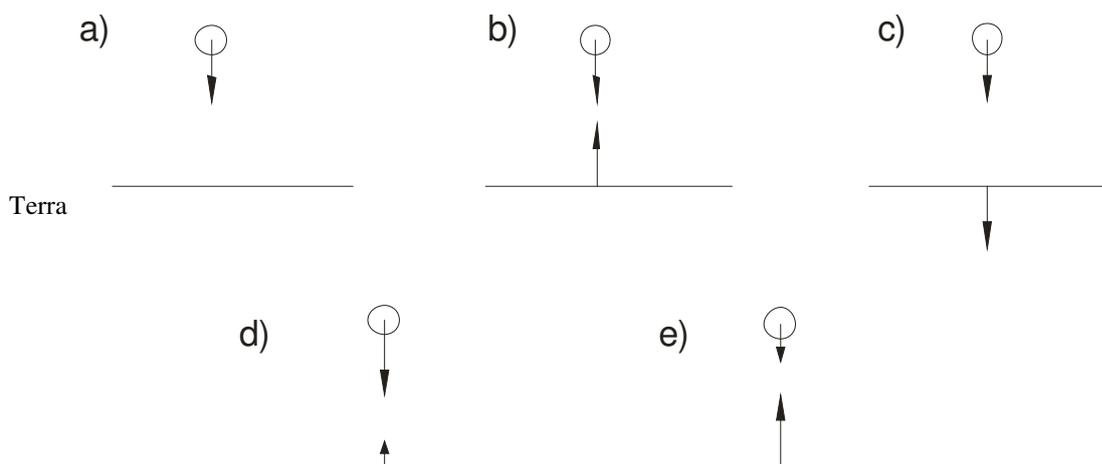
Turma _____

Atenção: As forças estão representadas por setas.

1 – Uma bola de tênis é arremessada contra uma parede. Nas alternativas abaixo, escolha aquela que melhor representa a(s) força(s) que atua(m) no sistema, durante a colisão, devido apenas à interação entre a bola e a parede.



2 – Considere uma pedra caindo próximo à superfície da Terra. Das opções abaixo, marque aquela que melhor representa a(s) força(s) que atua(m) no sistema pedra-Terra. Despreze o atrito com o ar.

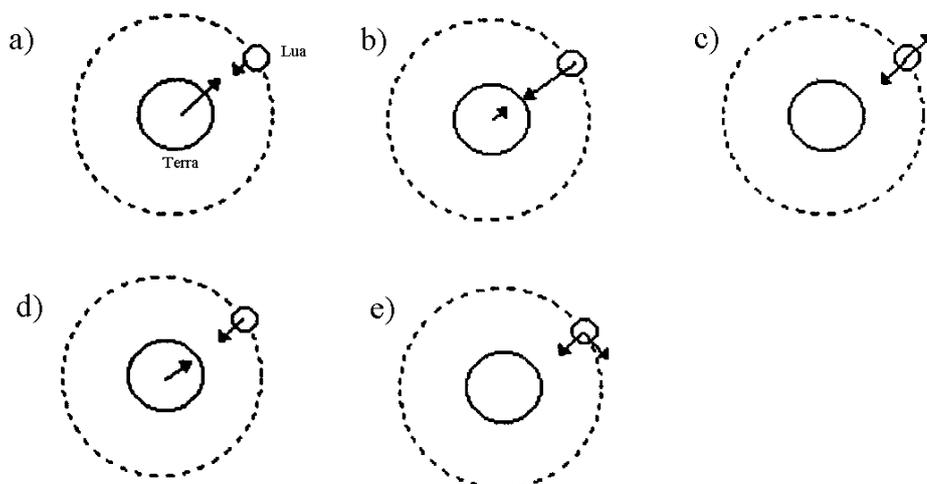


3 – Se um pequeno automóvel colidir com um caminhão. Você acha que a força exercida pelo automóvel sobre o caminhão será maior, menor ou igual à força exercida pelo caminhão sobre o automóvel?

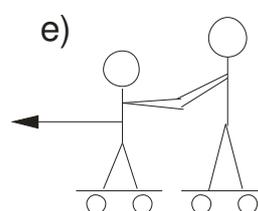
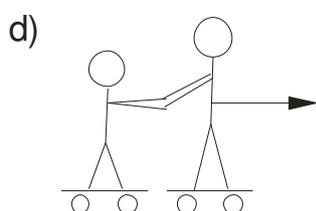
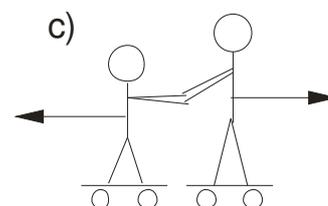
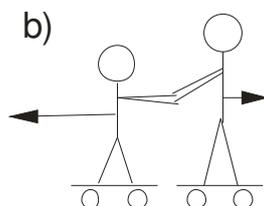
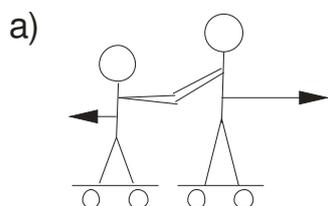
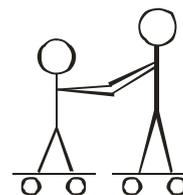


4 – E se fosse o caminhão que colidisse no automóvel. Você acha que a força exercida pelo caminhão sobre o automóvel seria maior, menor ou igual à força exercida pelo automóvel sobre o caminhão? Explique.

5 – Considere a Lua girando em torno da Terra em movimento circular e uniforme e em sentido horário. Das opções abaixo, assinale aquela que melhor representa a(s) força(s) que atua(m) na Terra e na Lua devido apenas a interação entre estes dois corpos.



Observe a figura ao lado. Ela representa dois garotos, um grande e um pequeno, que estão um de frente para o outro, sobre esquetes. Analisando as alternativas abaixo responda as questões 6, 7 e 8.



Coloque nos parênteses abaixo a alternativa que melhor representa a(s) força(s) que atua(m) nos garotos, devido apenas à interação entre eles, no momento em que:

6 – O pequeno empurra o grande ().

7 – O grande empurra o pequeno ().

8 – Os dois se empurraram mutuamente ().

Obrigado por sua colaboração!

APÊNDICE B – Pós-teste



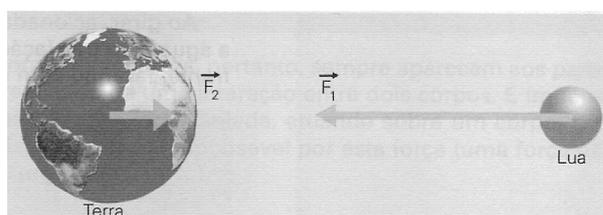
A Física nos Brinquedos

Nome

Turma

Responda as questões abaixo:

1 – É fato conhecido que a Terra exerce uma força de atração sobre a Lua. Pela Terceira Lei de Newton, podemos concluir que a Lua também atrai a Terra. A figura abaixo foi encontrada em um livro de Física, ilustrando as forças de ação e reação entre a Terra e a Lua. Há um grave erro nesta ilustração. Diga qual é este erro.

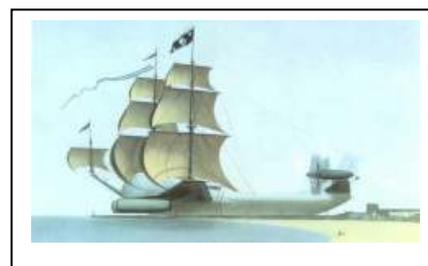


2 – Usando a Terceira Lei de Newton, procure explicar como um avião à hélice se movimenta impulsionado por essa peça. Há necessidade de atmosfera para que este avião possa ser acelerado?

3 – Um balão (bexiga) é cheio de ar, depois é solto e sai voando pela sala. Como se explica isto?

4 – Uma pessoa está calçada com meia e sobre uma superfície encerada (lisa). Em determinado momento tenta correr e fica deslizando, por que isto acontece?

5 – O barco da figura é capaz de deslocar-se? Explique.



APÊNDICE C – Avaliação da Metodologia**A Física nos Brinquedos**

Nome

Turma

- a) Como você avalia a aula de Física dada utilizando brinquedos?
- b) O que você mais gostou na aula?
- c) Que sugestão você daria para aprimorar esta metodologia?
- d) O que você desconhecia e aprendeu sobre a Terceira Lei de Newton, a lei da ação e reação?
- e) Você gostaria de continuar participando da pesquisa de aulas ensinadas a partir da “Física nos Brinquedos?”

Obrigado por sua colaboração!
Prof. Zaldo Borges

APÊNDICE D – Texto complementar à aula



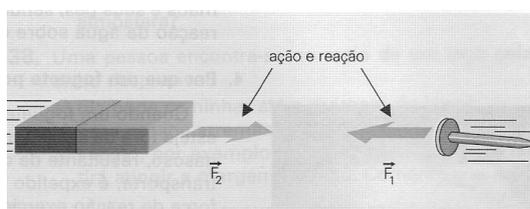
Terceira Lei de Newton (lei da ação e reação):

“Quando um corpo A exerce uma força sobre um corpo B, o corpo B reage sobre A, exercendo nele uma força de mesmo módulo, de mesma direção e sentido contrário”.

Exemplos de aplicação da terceira de Newton

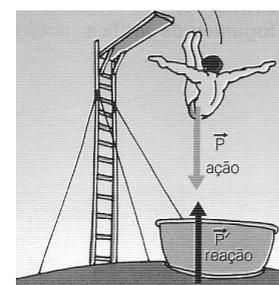
A) Um ímã e um prego

Consideremos um ímã atraindo um prego (figura abaixo) com uma força F_1 (ação). Pela Terceira Lei de Newton, o prego reage e atrai o ímã com uma força F_2 (reação). As forças F_1 e F_2 têm mesmo módulo, mesma direção e sentidos contrários.



Destacamos que F_1 está atuando no prego e F_2 no ímã, isto é, a ação e a reação atuam em corpos diferentes. Algumas pessoas costumam pensar que a ação e a reação se equilibram, mas isto, evidentemente, é um equívoco grave, porque só podemos pensar no equilíbrio de duas forças quando elas atuam em um mesmo corpo, o que no caso das forças de ação e reação nunca acontece.

B) Você também é atraído pela Terra, para baixo, com uma certa força P , que é o seu peso. Pela lei da ação e reação, concluímos que você atrai a Terra, para cima, com uma força P' , igual e contrária ao seu peso (veja a gravura).



Tendo em vista este exemplo, você poderia indagar, então: quando um objeto qualquer cai em direção à Terra, ela também se move, “subindo” em direção à pessoa? Evidentemente, isto não deixa de acontecer, pois a ação está aplicada no objeto e a reação está aplicada na Terra. Em virtude, entretanto, do enorme valor da massa da Terra, a aceleração que ela adquire é extremamente pequena (lembre-se da segunda lei de Newton) e não é percebida.

C) Como um barco se movimenta

Ao girar, acionado pelo motor, a hélice do barco empurra a água para trás (ação). A água reage e empurra a hélice para frente, fazendo com que o barco se movimente (ver figura).



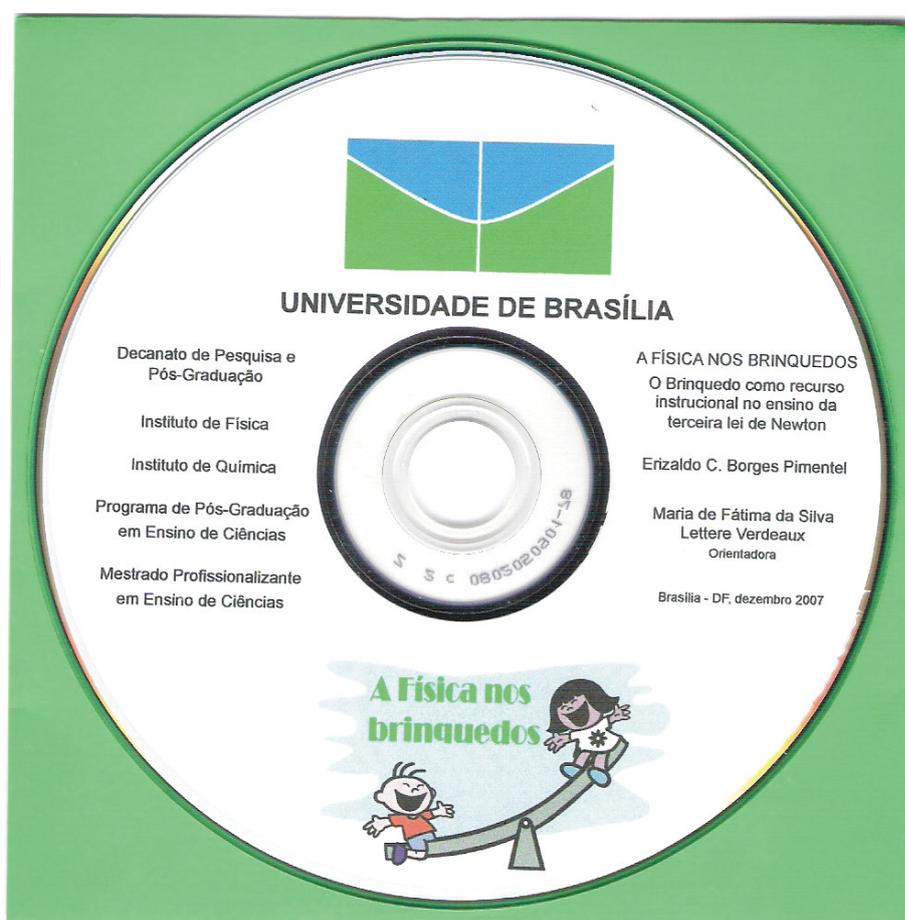
Quando uma pessoa está nadando, temos uma situação semelhante: a pessoa empurra a água para trás, usando suas mãos e seus pés, sendo empurrada para frente pela força de reação da água sobre ela.

D) Por que um foguete pode se mover fora da atmosfera

Quando um foguete é acelerado, quer esteja dentro, quer esteja fora da atmosfera terrestre, ocorre o seguinte: um jato gasoso, resultante da queima do combustível que o foguete transporta, é expedido para trás. O foguete é acelerado pela força de reação exercida pelos gases sobre ele (figura).



Portanto, como a atmosfera não participa do processo de ação e reação, a aceleração é observada mesmo na sua ausência. Na realidade, quando a atmosfera está presente, ela até mesmo dificulta o movimento em virtude da resistência do ar. A subida dos foguetes de artifício ocorre por motivos semelhantes.

APÊNDICE E: DVD – Proposta de ação profissional

ANEXO 1 – Pós-testes dos alunos do Grupo Experimental



A Física nos Brinquedos

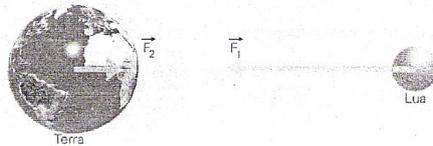
137

Nome _____

Turma _____

Responda as questões abaixo:

1 – É fato conhecido que a Terra exerce uma força de atração sobre a Lua. Pela terceira Lei de Newton, podemos concluir que a Lua também atrai a Terra. A figura abaixo foi encontrada em um livro de Física, ilustrando as forças de ação e reação entre a Terra e a Lua. Há um grave erro nesta ilustração. Diga qual é este erro.



As forças entre a Terra e a lua ~~devem~~ ser iguais

2 – Usando a terceira lei de Newton, procure explicar como um avião à hélice se movimenta impulsionado por essa peça. Há necessidade de atmosfera para que este avião possa ser acelerado?

Sim

3 – Um balão (bexiga) é cheio de ar, depois é solto e sai voando pela sala. Como se explica isto?

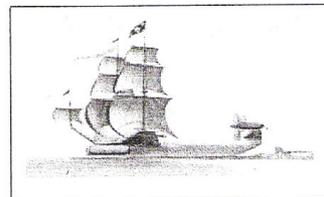
O ar da bexiga é jogado para trás, e o balão é jogado para o lado contrário.

4 – Uma pessoa está calçada com meia e sobre uma superfície encerada (lisa). Em determinado momento tenta correr e fica deslizando, por que isto acontece?

Porque não tem um atrito que o segure no chão.

5 – O barco da figura é capaz de deslocar-se? Explique.

Não, porque ele precisaria estar em corpos diferentes para conseguir se deslocar.





A Física nos Brinquedos

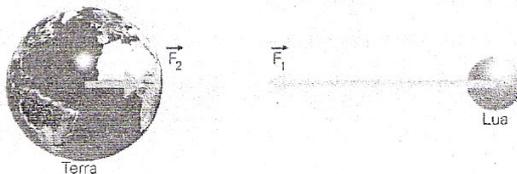
138

Nome :

Turma :

Responda as questões abaixo:

1 – É fato conhecido que a Terra exerce uma força de atração sobre a Lua. Pela terceira Lei de Newton, podemos concluir que a Lua também atrai a Terra. A figura abaixo foi encontrada em um livro de Física, ilustrando as forças de ação e reação entre a Terra e a Lua. Há um grave erro nesta ilustração. Diga qual é este erro.



Um está maior que o outro e as forças tem que ser iguais.

2 – Usando a terceira lei de Newton, procure explicar como um avião à hélice se movimenta impulsionado por essa peça. Há necessidade de atmosfera para que este avião possa ser acelerado?

Sim

3 – Um balão (bexiga) é cheio de ar, depois é solto e sai voando pela sala. Como se explica isto?

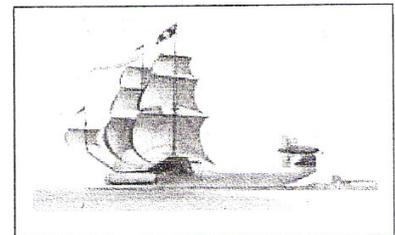
Ele solta o ar e é jogado para trás e empurra o balão

4 – Uma pessoa está calçada com meia e sobre uma superfície encerada (lisa). Em determinado momento tenta correr e fica deslizando, por que isto acontece?

Porque não tem o atrito que segura ele no chão.

5 – O barco da figura é capaz de deslocar-se? Explique.

Não. Porque são ações no mesmo sistema.





A Física nos Brinquedos

139

Nome _____

Turma _____

Responda as questões abaixo:

1 – É fato conhecido que a Terra exerce uma força de atração sobre a Lua. Pela terceira Lei de Newton, podemos concluir que a Lua também atrai a Terra. A figura abaixo foi encontrada em um livro de Física, ilustrando as forças de ação e reação entre a Terra e a Lua. Há um grave erro nesta ilustração. Diga qual é este erro.



As forças estão diferentes.
A ação tem que ser igual
a reação

2 – Usando a terceira lei de Newton, procure explicar como um avião à hélice se movimenta impulsionado por essa peça. Há necessidade de atmosfera para que este avião possa ser acelerado? *Sim*

3 – Um balão (bexiga) é cheio de ar, depois é solto e sai voando pela sala. Como se explica isto?

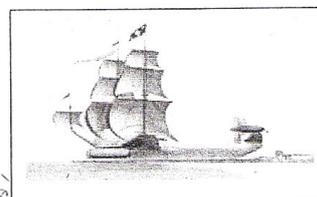
O balão expulsa o ar e o ar reage empurrando o balão para frente

4 – Uma pessoa está calçada com meia e sobre uma superfície encerada (lisa). Em determinado momento tenta correr e fica deslizando, por que isto acontece?

Porque não existe atrito no chão que segure

5 – O barco da figura é capaz de deslocar-se? Explique.

Não. Pois eles estão em corpos iguais e para haver ação e reação precisa estar em corpos diferentes





A Física nos Brinquedos

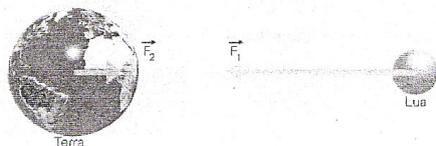
140

Nome _____

Turma _____

Responda as questões abaixo:

1 – É fato conhecido que a Terra exerce uma força de atração sobre a Lua. Pela terceira Lei de Newton, podemos concluir que a Lua também atrai a Terra. A figura abaixo foi encontrada em um livro de Física, ilustrando as forças de ação e reação entre a Terra e a Lua. Há um grave erro nesta ilustração. Diga qual é este erro.



A força da Lua está maior que a da Terra. As forças tem que ser iguais.

2 – Usando a terceira lei de Newton, procure explicar como um avião à hélice se movimenta impulsionado por essa peça. Há necessidade de atmosfera para que este avião possa ser acelerado?

sim. Porque a hélice empurra o ar e o ar reage empurrando a hélice.

3 – Um balão (bexiga) é cheio de ar, depois é solto e sai voando pela sala. Como se explica isto?

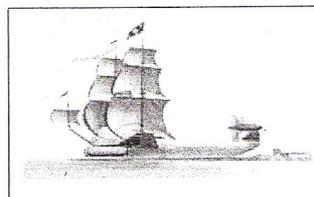
Ele solta o ar e o ar reage empurrando a bexiga.

4 – Uma pessoa está calçada com meia e sobre uma superfície encerada (lisa). Em determinado momento tenta correr e fica deslizando, por que isto acontece?

Porque não tem o atrito do sapato que faça no chão que o segura.

5 – O barco da figura é capaz de deslocar-se? Explique.

Não, porque eles se encontram no mesmo sistema. E por isso não se deslocam.





A Física nos Brinquedos

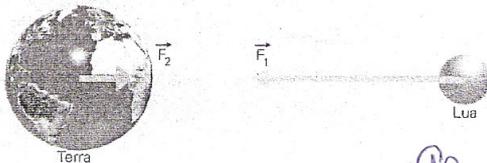
141

Nome

Turma

Responda as questões abaixo:

1 – É fato conhecido que a Terra exerce uma força de atração sobre a Lua. Pela terceira Lei de Newton, podemos concluir que a Lua também atrai a Terra. A figura abaixo foi encontrada em um livro de Física, ilustrando as forças de ação e reação entre a Terra e a Lua. Há um grave erro nesta ilustração. Diga qual é este erro.



As forças têm que ser do mesmo tamanho, do mesmo módulo.

2 – Usando a terceira lei de Newton, procure explicar como um avião à hélice se movimenta impulsionado por essa peça. Há necessidade de atmosfera para que este avião possa ser acelerado?

Sim. Já que é necessário ar.

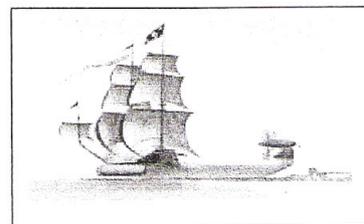
3 – Um balão (bexiga) é cheio de ar, depois é solto e sai voando pela sala. Como se explica isto?

O ar que está dentro do balão ao ser solto empurra o balão para frente, o ar é solto para trás e o balão vai para frente.

4 – Uma pessoa está calçada com meia e sobre uma superfície encerada (lisa). Em determinado momento tenta correr e fica deslizando, por que isto acontece?

Já que ela não consegue empurrar o chão, não existe reação, assim a pessoa não se move.

5 – O barco da figura é capaz de deslocar-se? Explique.



Não, pois o vento sopra a água, e o vento sopra a reação, assim não há deslocamento.

Para se ter deslocamento é preciso que o vento sopra estejo virado para o outro lado, assim o ar solto pelo vento sopra empurra o barco para frente, usando a reação.



A Física nos Brinquedos

142

Nome

Turma

Responda as questões abaixo:

1 – É fato conhecido que a Terra exerce uma força de atração sobre a Lua. Pela terceira Lei de Newton, podemos concluir que a Lua também atrai a Terra. A figura abaixo foi encontrada em um livro de Física, ilustrando as forças de ação e reação entre a Terra e a Lua. Há um grave erro nesta ilustração. Diga qual é este erro.



A força da Terra e da Lua estão erradas. Não que não da mesma força.

2 – Usando a terceira lei de Newton, procure explicar como um avião à hélice se movimenta impulsionado por essa peça. Há necessidade de atmosfera para que este avião possa ser acelerado?

A hélice empurra o ar para trás e o ar empurra o avião para frente.

3 – Um balão (bexiga) é cheio de ar, depois é solto e sai voando pela sala. Como se explica isto?

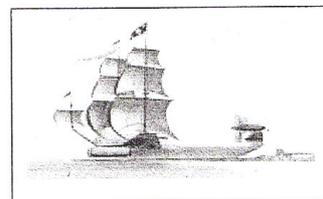
O ar expulso se exerce uma força na bexiga.

4 – Uma pessoa está calçada com meia e sobre uma superfície encerada (lisa). Em determinado momento tenta correr e fica deslizando, por que isto acontece?

Porque quando está sem meia, ela empurra a Terra para trás e a Terra empurra ela para frente, e com a meia ela não exerce a mesma força.

5 – O barco da figura é capaz de deslocar-se? Explique.

não porque as forças estão de igual e de mesma direção.





A Física nos Brinquedos

143

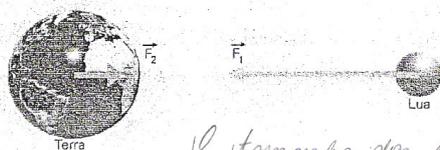
Nome

C. V. G. M. S.

Turma

Responda as questões abaixo:

1 – É fato conhecido que a Terra exerce uma força de atração sobre a Lua. Pela terceira Lei de Newton, podemos concluir que a Lua também atrai a Terra. A figura abaixo foi encontrada em um livro de Física, ilustrando as forças de ação e reação entre a Terra e a Lua. Há um grave erro nesta ilustração. Diga qual é este erro.



O tamanho das forças é diferente, e perante a 3ª lei isso é errado, pois as forças são iguais.

2 – Usando a terceira lei de Newton, procure explicar como um avião à hélice se movimenta impulsionado por essa peça. Há necessidade de atmosfera para que este avião possa ser acelerado?

Sim. Porque ele puxará o ar para trás e o ar puxará ele para frente.

3 – Um balão (bexiga) é cheio de ar, depois é solto e sai voando pela sala. Como se explica isto?

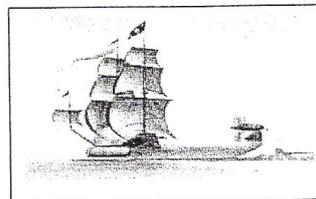
A ação é o balão empurrando o ar e a reação é o ar empurrando o balão pra frente.

4 – Uma pessoa está calçada com meia e sobre uma superfície encerada (lisa). Em determinado momento tenta correr e fica deslizando, por que isto acontece?

Pois o atrito é pouco, não sendo suficiente para causar uma ação, para que aja uma reação.

5 – O barco da figura é capaz de deslocar-se? Explique.

Não. Porque tanto a ação quanto a reação estão no mesmo corpo.





A Física nos Brinquedos

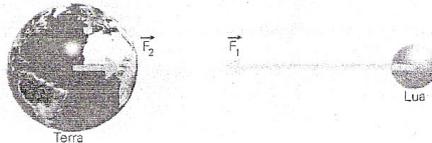
144

Nome _____

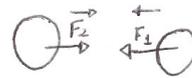
Turma _____

Responda as questões abaixo:

1 – É fato conhecido que a Terra exerce uma força de atração sobre a Lua. Pela terceira Lei de Newton, podemos concluir que a Lua também atrai a Terra. A figura abaixo foi encontrada em um livro de Física, ilustrando as forças de ação e reação entre a Terra e a Lua. Há um grave erro nesta ilustração. Diga qual é este erro.



A Terra exerce uma força ^{maior} maior, porém a força F_1 é equivalente a F_2



2 – Usando a terceira lei de Newton, procure explicar como um avião à hélice se movimenta impulsionado por essa peça. Há necessidade de atmosfera para que este avião possa ser acelerado?

Sim. Avião manda o ar para trás e ar manda o avião para frente.

3 – Um balão (bexiga) é cheio de ar, depois é solto e sai voando pela sala. Como se explica isto?

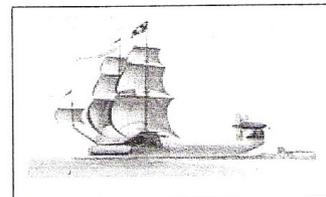
A uma ação da bexiga expulsando o ar para trás e a reação da Terra.

4 – Uma pessoa está calçada com meia e sobre uma superfície encerada (lisa). Em determinado momento tenta correr e fica deslizando, por que isto acontece?

Poris a superfície suporta uma \vec{F}_x e a força que a pessoa exerce é $\vec{F}_x + 1$. Não tem atrito.

5 – O barco da figura é capaz de deslocar-se? Explique.

Não. Poris não há ação e reação dentro do mesmo corpo.

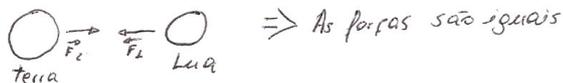
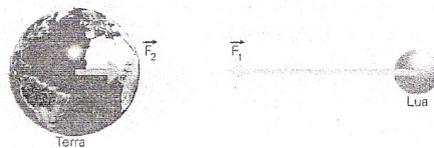


Nome *A*

Turma

Responda as questões abaixo:

1 – É fato conhecido que a Terra exerce uma força de atração sobre a Lua. Pela terceira Lei de Newton, podemos concluir que a Lua também atrai a Terra. A figura abaixo foi encontrada em um livro de Física, ilustrando as forças de ação e reação entre a Terra e a Lua. Há um grave erro nesta ilustração. Diga qual é este erro.



2 – Usando a terceira lei de Newton, procure explicar como um avião à hélice se movimenta impulsionado por essa peça. Há necessidade de atmosfera para que este avião possa ser acelerado?

A hélice empura o ar para trás, logo ele é empurrado para frente.

3 – Um balão (bexiga) é cheio de ar, depois é solto e sai voando pela sala. Como se explica isto?

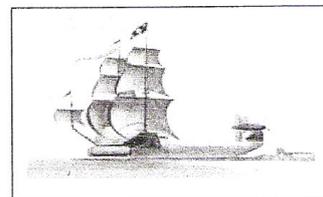
O ar que sai do balão é jogado para trás assim empurrando o balão para frente.

4 – Uma pessoa está calçada com meia e sobre uma superfície encerada (lisa). Em determinado momento tenta correr e fica deslizando, por que isto acontece?

Por causa da aderência.

5 – O barco da figura é capaz de deslocar-se? Explique.

Não, por isso ocorre o "ventilador" tinha que estar fora do barco.





A Física nos Brinquedos

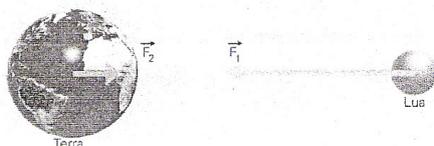
146

Nome _____

Turma _____

Responda as questões abaixo:

1 – É fato conhecido que a Terra exerce uma força de atração sobre a Lua. Pela terceira Lei de Newton, podemos concluir que a Lua também atrai a Terra. A figura abaixo foi encontrada em um livro de Física, ilustrando as forças de ação e reação entre a Terra e a Lua. Há um grave erro nesta ilustração. Diga qual é este erro.



O erro presente na figura está relacionado à diferença das forças, pois as mesmas deveriam ser iguais.

2 – Usando a terceira lei de Newton, procure explicar como um avião à hélice se movimenta impulsionado por essa peça. Há necessidade de atmosfera para que este avião possa ser acelerado?

Na ausência de ar, este acontecimento não seria possível, pois a hélice ao empurrar o ar, sofre uma reação, e é empurrada com a mesma força.

3 – Um balão (bexiga) é cheio de ar, depois é solto e sai voando pela sala. Como se explica isto?

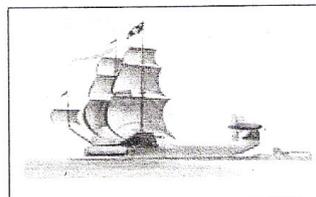
Isto ocorre devido ao ar que é empurrado para fora da bexiga, e como reação, empurra a bexiga.

4 – Uma pessoa está calçada com meia e sobre uma superfície encerada (lisa). Em determinado momento tenta correr e fica deslizando, por que isto acontece?

Isto acontece porque a pessoa não consegue realizar a ação de modo que a mesma não sofre nenhuma reação. (Obs.: Falta de atrito).

5 – O barco da figura é capaz de deslocar-se? Explique.

Não, pois tudo se encontra em um só corpo. Para que o barco pudesse se movimentar, seria necessário mudar a posição do "ventilador".





A Física nos Brinquedos

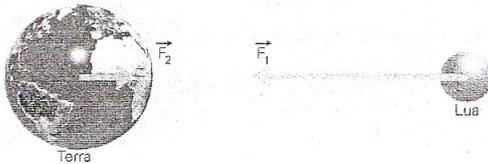
147

Nome _____

Turma _____

Responda as questões abaixo:

1 – É fato conhecido que a Terra exerce uma força de atração sobre a Lua. Pela terceira Lei de Newton, podemos concluir que a Lua também atrai a Terra. A figura abaixo foi encontrada em um livro de Física, ilustrando as forças de ação e reação entre a Terra e a Lua. Há um grave erro nesta ilustração. Diga qual é este erro.



"As forças aparentam ter valores diferentes, sendo este o erro. Segundo Newton, a força tem que ser igual, ou seja, $F_2 = F_1$; o que não ocorre na figura."

2 – Usando a terceira lei de Newton, procure explicar como um avião à hélice se movimenta impulsionado por essa peça. Há necessidade de atmosfera para que este avião possa ser acelerado?

Sim, porque se não houvesse ar, o avião não sairia do lugar, pois o avião não teria o que "empurrar" para se mover.

3 – Um balão (bexiga) é cheio de ar, depois é solto e sai voando pela sala. Como se explica isto?

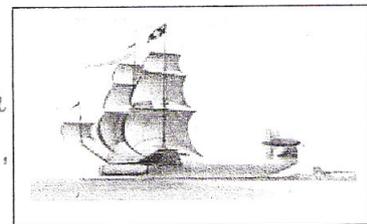
Por que o ar que sai do balão exerce uma força sobre o ar, ~~empurrando~~ empurrando o ar para trás e fazendo com que o balão seja empurrado para frente.

4 – Uma pessoa está calçada com meia e sobre uma superfície encerada (lisa). Em determinado momento tenta correr e fica deslizando, por que isto acontece?

Porque a força exercida no chão não consegue abater para sair da posição inicial.

5 – O barco da figura é capaz de deslocar-se? Explique.

Não, pois as forças estão dentro de um mesmo sistema, para o barco andar a hélice tem que empurrar o ar para trás.





A Física nos Brinquedos

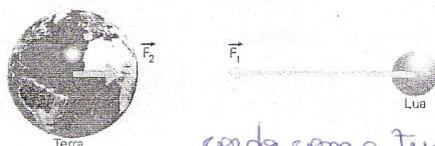
148

Nome _____

Turma _____

Responda as questões abaixo:

1 – É fato conhecido que a Terra exerce uma força de atração sobre a Lua. Pela terceira Lei de Newton, podemos concluir que a Lua também atrai a Terra. A figura abaixo foi encontrada em um livro de Física, ilustrando as forças de ação e reação entre a Terra e a Lua. Há um grave erro nesta ilustração. Diga qual é este erro.



A imagem mostra que somente a lua exerce uma força de atração e é aí que se encontra o erro, pois de acordo com a terceira lei de Newton, toda ação contém reação, então na figura as atrações devida m ter a mesma força.

2 – Usando a terceira lei de Newton, procure explicar como um avião à hélice se movimenta impulsionado por essa peça. Há necessidade de atmosfera para que este avião possa ser acelerado?

A rotação mais rápida de hélice faz com que tenha uma reação sobre a atmosfera e este retorna uma reação aumentando assim a velocidade.

3 – Um balão (bexiga) é cheio de ar, depois é solto e sai voando pela sala. Como se explica isto?

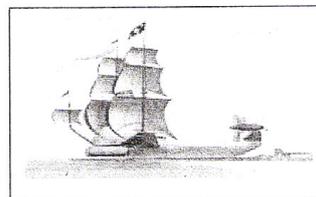
O ar exerce uma força sobre a bexiga e quando é solta a bexiga devolve uma reação fazendo-a assim voar pela sala.

4 – Uma pessoa está calçada com meia e sobre uma superfície encerada (lisa). Em determinado momento tenta correr e fica deslizando, por que isto acontece?

Por causa do impacto que não existe e como não tem reação ^{muito} e mínimo também na a muita reação fazendo a pessoa deslizar e assim mover-se lentamente.

5 – O barco da figura é capaz de deslocar-se? Explique.

Não, pois o vento deveria vir da direção oposta e só assim o navio se moveria.





A Física nos Brinquedos

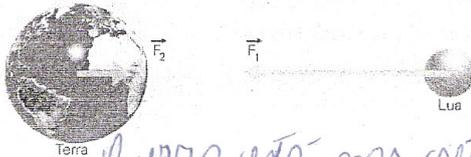
150

Nome _____

Turma _____

Responda as questões abaixo:

1 – É fato conhecido que a Terra exerce uma força de atração sobre a Lua. Pela terceira Lei de Newton, podemos concluir que a Lua também atrai a Terra. A figura abaixo foi encontrada em um livro de Física, ilustrando as forças de ação e reação entre a Terra e a Lua. Há um grave erro nesta ilustração. Diga qual é este erro.



O erro está nas setas que demonstram forças diferentes, o que não equivale ao terceiro lei de Newton, que diz que a força que você exerce no objeto, você recebe na reação.

2 – Usando a terceira lei de Newton, procure explicar como um avião à hélice se movimenta impulsionado por essa peça. Há necessidade de atmosfera para que este avião possa ser acelerado?

Sim, porque a atmosfera não participa do processo de ação e reação. A hélice exerce uma força sobre o ar, fazendo com que ele reaja impulsionando o avião.

3 – Um balão (bexiga) é cheio de ar, depois é solto e sai voando pela sala. Como se explica isto?

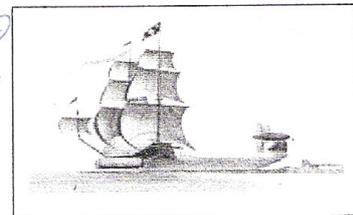
Isto se explica pelo terceiro lei de Newton, que ao empurrar o ar para trás, o ar empurra o balão para a frente.

4 – Uma pessoa está calçada com meia e sobre uma superfície encerada (lisa). Em determinado momento tenta correr e fica deslizando, por que isto acontece?

Porque a superfície não oferece atrito, que o faria caminhar, mas a superfície está imprópria para fazer a reação, fazendo com que a pessoa se deslize.

5 – O barco da figura é capaz de deslocar-se? Explique.

Sim, porque a hélice está recorrendo ao ar e a reação, pois as forças estão no mesmo sentido, para que o barco possa se deslocar.



Sim, porque a hélice está voltada para trás, pois a força que ela exerce sobre o vento faria com que o vento reagisse, deslocando o barco.

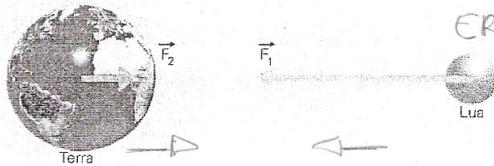


Nome _____

Turma _____

Responda as questões abaixo:

1 – É fato conhecido que a Terra exerce uma força de atração sobre a Lua. Pela terceira Lei de Newton, podemos concluir que a Lua também atrai a Terra. A figura abaixo foi encontrada em um livro de Física, ilustrando as forças de ação e reação entre a Terra e a Lua. Há um grave erro nesta ilustração. Diga qual é este erro.



ERRO: As forças exercidas pela Terra e a Lua são diferentes

R: as forças tem que ser iguais

2 – Usando a terceira lei de Newton, procure explicar como um avião à hélice se movimenta impulsionado por essa peça. Há necessidade de atmosfera para que este avião possa ser acelerado? Não

A hélice nada empurrando os ventos para baixo exerce os a reação e os ventos reage empurrando os helicópteros p. cima.

3 – Um balão (bexiga) é cheio de ar, depois é solto e sai voando pela sala. Como se explica isto?

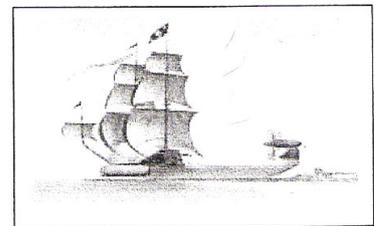
O balão sopra a reação de ser encheido e ao ser solto, o ar sai, fazendo a reação

4 – Uma pessoa está calçada com meia e sobre uma superfície encerada (lisa). Em determinado momento tenta correr e fica deslizando, por que isto acontece?

Porque não há atrito entre os pés e a superfície

5 – O barco da figura é capaz de deslocar-se? Explique.

Não, porque é preciso que a hélice esteja para fora do barco. Pois a força tem que ser externa.





A Física nos Brinquedos

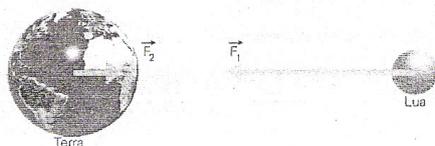
152

Nome _____

Turma _____

Responda as questões abaixo:

1 – É fato conhecido que a Terra exerce uma força de atração sobre a Lua. Pela terceira Lei de Newton, podemos concluir que a Lua também atrai a Terra. A figura abaixo foi encontrada em um livro de Física, ilustrando as forças de ação e reação entre a Terra e a Lua. Há um grave erro nesta ilustração. Diga qual é este erro.



As forças têm que ser iguais e não é o caso da figura

2 – Usando a terceira lei de Newton, procure explicar como um avião à hélice se movimenta impulsionado por essa peça. Há necessidade de atmosfera para que este avião possa ser acelerado?

Sim

3 – Um balão (bexiga) é cheio de ar, depois é solto e sai voando pela sala. Como se explica isto?

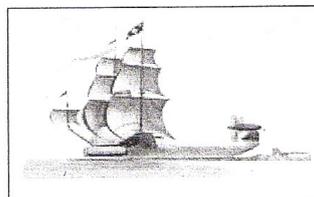
Depois de solto, ele é jogado para trás e o balão é jogado para frente

4 – Uma pessoa está calçada com meia e sobre uma superfície encerada (lisa). Em determinado momento tenta correr e fica deslizando, por que isto acontece?

Porque não tem um atrito que não segura ele no chão

5 – O barco da figura é capaz de deslocar-se? Explique.

Não por que eles estão no mesmo sistema



ANEXO 2 – Pós-testes dos alunos do Grupo Controle



A Física nos Brinquedos

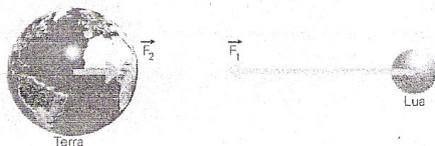
154

Nome

Turma

Responda as questões abaixo:

1 – É fato conhecido que a Terra exerce uma força de atração sobre a Lua. Pela terceira Lei de Newton, podemos concluir que a Lua também atrai a Terra. A figura abaixo foi encontrada em um livro de Física, ilustrando as forças de ação e reação entre a Terra e a Lua. Há um grave erro nesta ilustração. Diga qual é este erro.



A função de Terra ser menor que a de Lua. Se fosse assim, haveria uma colisão.

2 – Usando a terceira lei de Newton, procure explicar como um avião à hélice se movimenta impulsionado por essa peça. Há necessidade de atmosfera para que este avião possa ser acelerado?

Sim, porque a hélice empurra o ar, que reage empurrando o avião. A atmosfera é necessária, porque só tem ar

3 – Um balão (bexiga) é cheio de ar, depois é solto e sai voando pela sala. Como se explica isto?

O ar sai rapidamente da bexiga, que é impulsionada.

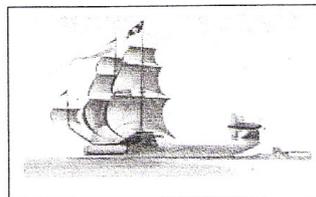
no etnos-jornal

4 – Uma pessoa está calçada com meia e sobre uma superfície encerada (lisa). Em determinado momento tenta correr e fica deslizando, por que isto acontece?

Porque o atrito entre o chão e a meia é menor com o chão encerado.

5 – O barco da figura é capaz de deslocar-se? Explique.

Não.





A Física nos Brinquedos

155

Nome

Turma

Responda as questões abaixo:

1 – É fato conhecido que a Terra exerce uma força de atração sobre a Lua. Pela terceira Lei de Newton, podemos concluir que a Lua também atrai a Terra. A figura abaixo foi encontrada em um livro de Física, ilustrando as forças de ação e reação entre a Terra e a Lua. Há um grave erro nesta ilustração. Diga qual é este erro.



Não sei

2 – Usando a terceira lei de Newton, procure explicar como um avião à hélice se movimenta impulsionado por essa peça. Há necessidade de atmosfera para que este avião possa ser acelerado?

Sim

3 – Um balão (bexiga) é cheio de ar, depois é solto e sai voando pela sala. Como se explica isto?

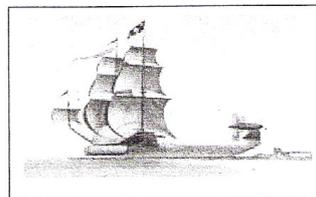
Por que o gás no seu interior impulsiona a bexiga.

4 – Uma pessoa está calçada com meia e sobre uma superfície encerada (lisa). Em determinado momento tenta correr e fica deslizando, por que isto acontece?

Porque a meia desliza.

5 – O barco da figura é capaz de deslocar-se? Explique.

Não. O vento que o ventilador vai impulsionar não é suficiente para mover o barco.





A Física nos Brinquedos

156

Nome _____

Turma _____

Responda as questões abaixo:

1 – É fato conhecido que a Terra exerce uma força de atração sobre a Lua. Pela terceira Lei de Newton, podemos concluir que a Lua também atrai a Terra. A figura abaixo foi encontrada em um livro de Física, ilustrando as forças de ação e reação entre a Terra e a Lua. Há um grave erro nesta ilustração. Diga qual é este erro.



Não está!

2 – Usando a terceira lei de Newton, procure explicar como um avião à hélice se movimenta impulsionado por essa peça. Há necessidade de atmosfera para que este avião possa ser acelerado?

Sim

3 – Um balão (bexiga) é cheio de ar, depois é solto e sai voando pela sala. Como se explica isto?

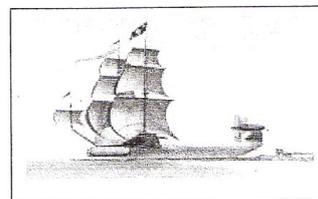
Porque o ar impulsiona a bexiga.

4 – Uma pessoa está calçada com meia e sobre uma superfície encerada (lisa). Em determinado momento tenta correr e fica deslizando, por que isto acontece?

Porque a meia desliza.

5 – O barco da figura é capaz de deslocar-se? Explique.

Não





A Física nos Brinquedos

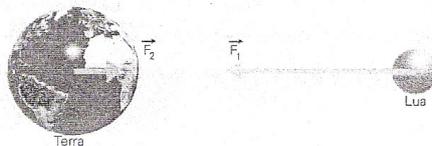
157

Nome

Turma

Responda as questões abaixo:

1 – É fato conhecido que a Terra exerce uma força de atração sobre a Lua. Pela terceira Lei de Newton, podemos concluir que a Lua também atrai a Terra. A figura abaixo foi encontrada em um livro de Física, ilustrando as forças de ação e reação entre a Terra e a Lua. Há um grave erro nesta ilustração. Diga qual é este erro.



A Lua ~~exerce~~ mais peso na Terra.

2 – Usando a terceira lei de Newton, procure explicar como um avião à hélice se movimenta impulsionado por essa peça. Há necessidade de atmosfera para que este avião possa ser acelerado?

Sim. A Hélice se movimenta e a reação é empurrar o ar.

3 – Um balão (bexiga) é cheio de ar, depois é solto e sai voando pela sala. Como se explica isto?

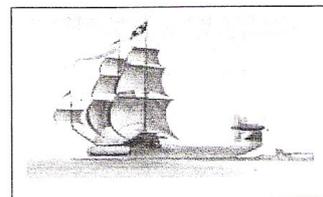
O ar preso no balão está com uma certa pressão, quando ele é liberado exerce uma propulsão.

4 – Uma pessoa está calçada com meia e sobre uma superfície encerada (lisa). Em determinado momento tenta correr e fica deslizando, por que isto acontece?

Tem que haver atrito para ocorrer o movimento.

5 – O barco da figura é capaz de deslocar-se? Explique.

Não, o ventilador faz um trabalho contrário da vela.





A Física nos Brinquedos

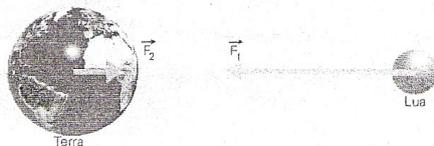
158

Nome _____

Turma _____

Responda as questões abaixo:

1 – É fato conhecido que a Terra exerce uma força de atração sobre a Lua. Pela terceira Lei de Newton, podemos concluir que a Lua também atrai a Terra. A figura abaixo foi encontrada em um livro de Física, ilustrando as forças de ação e reação entre a Terra e a Lua. Há um grave erro nesta ilustração. Diga qual é este erro.



em azul que é o F_2 porque toda ação tem uma reação e os dois pontos estão retos

2 – Usando a terceira lei de Newton, procure explicar como um avião à hélice se movimenta impulsionado por essa peça. Há necessidade de atmosfera para que este avião possa ser acelerado?

Sim porque a hélice gira levantando o avião

3 – Um balão (bexiga) é cheio de ar, depois é solto e sai voando pela sala. Como se explica isto?

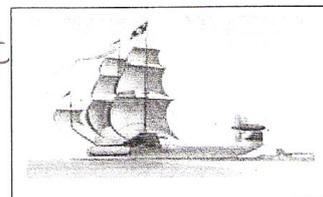
porque o ar sai do balão e impulsiona o balão

4 – Uma pessoa está calçada com meia e sobre uma superfície encerada (lisa). Em determinado momento tenta correr e fica deslizando, por que isto acontece?

porque a meia faz deslizar sobre a cera na superfície

5 – O barco da figura é capaz de deslocar-se? Explique.

Sim porque a vela recebe o vento do ventilador que é empurrado para frente.





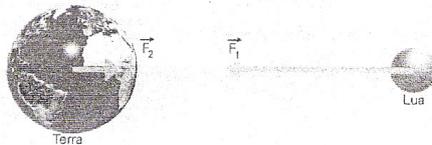
A Física nos Brinquedos

159

Nome *W. ...*Turma *1^o*

Responda as questões abaixo:

1 – É fato conhecido que a Terra exerce uma força de atração sobre a Lua. Pela terceira Lei de Newton, podemos concluir que a Lua também atrai a Terra. A figura abaixo foi encontrada em um livro de Física, ilustrando as forças de ação e reação entre a Terra e a Lua. Há um grave erro nesta ilustração. Diga qual é este erro.



É que a lua está com uma força de atração maior do que a Terra

2 – Usando a terceira lei de Newton, procure explicar como um avião à hélice se movimenta impulsionado por essa peça. Há necessidade de atmosfera para que este avião possa ser acelerado?

Sim, pois não se precisa de uma força atrito

3 – Um balão (bexiga) é cheio de ar, depois é solto e sai voando pela sala. Como se explica isto?

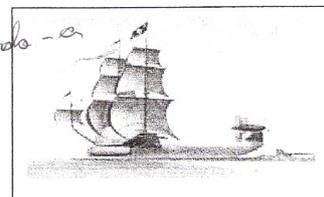
É porque ele é impulsionado pelo ar e a pressão nele contida.

4 – Uma pessoa está calçada com meia e sobre uma superfície encerada (lisa). Em determinado momento tenta correr e fica deslizando, por que isto acontece?

Porque a meia não tem atrito sobre o chão liso

5 – O barco da figura é capaz de deslocar-se? Explique.

Sim, pois se uma força impulsionando - a





A Física nos Brinquedos

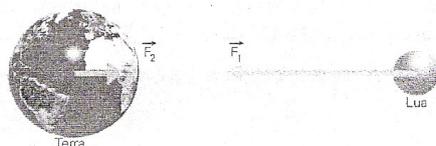
160

Nome _____

Turma _____

Responda as questões abaixo:

1 – É fato conhecido que a Terra exerce uma força de atração sobre a Lua. Pela terceira Lei de Newton, podemos concluir que a Lua também atrai a Terra. A figura abaixo foi encontrada em um livro de Física, ilustrando as forças de ação e reação entre a Terra e a Lua. Há um grave erro nesta ilustração. Diga qual é este erro.



O erro é que a Lua está com uma força de atração maior que a da Terra

2 – Usando a terceira lei de Newton, procure explicar como um avião à hélice se movimenta impulsionado por essa peça. Há necessidade de atmosfera para que este avião possa ser acelerado?

Acho que sim, mas não sei explicar.

3 – Um balão (bexiga) é cheio de ar, depois é solto e sai voando pela sala. Como se explica isto?

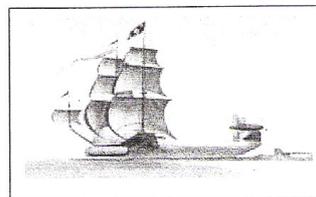
É porque ele é impulsionado pelo ar

4 – Uma pessoa está calçada com meia e sobre uma superfície encerada (lisa). Em determinado momento tenta correr e fica deslizando, por que isto acontece?

Porque a meia não tem atrito sobre o chão liso.

5 – O barco da figura é capaz de deslocar-se? Explique.

Sim, Sim, porque o barco é movido pelo ar, ou seja, pelos ventiladores





A Física nos Brinquedos

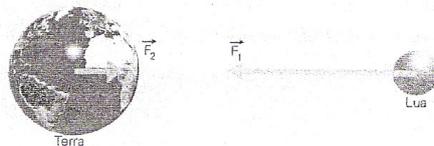
161

Nome _____

Turma _____

Responda as questões abaixo:

1 – É fato conhecido que a Terra exerce uma força de atração sobre a Lua. Pela terceira Lei de Newton, podemos concluir que a Lua também atrai a Terra. A figura abaixo foi encontrada em um livro de Física, ilustrando as forças de ação e reação entre a Terra e a Lua. Há um grave erro nesta ilustração. Diga qual é este erro.



O corpo menor exercendo mais força

2 – Usando a terceira lei de Newton, procure explicar como um avião à hélice se movimenta impulsionado por essa peça. Há necessidade de atmosfera para que este avião possa ser acelerado?

Com o giro da hélice o ar em baixos do avião é retirado dando força de voo

3 – Um balão (bexiga) é cheio de ar, depois é solto e sai voando pela sala. Como se explica isto?

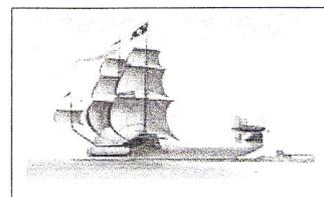
~~A densidade do ar contido no balão~~
~~e mais~~ ele sai pela força de saída do ar.

4 – Uma pessoa está calçada com meia e sobre uma superfície encerada (lisa). Em determinado momento tenta correr e fica deslizando, por que isto acontece?

a meia junta com o chão não cria um atrito resistente

5 – O barco da figura é capaz de deslocar-se? Explique.

Sim porque o ar impulsionado torna o movimento possível.





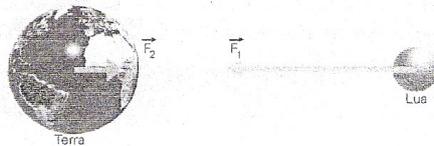
A Física nos Brinquedos

162

Nome *A*Turma *1*

Responda as questões abaixo:

1 – É fato conhecido que a Terra exerce uma força de atração sobre a Lua. Pela terceira Lei de Newton, podemos concluir que a Lua também atrai a Terra. A figura abaixo foi encontrada em um livro de Física, ilustrando as forças de ação e reação entre a Terra e a Lua. Há um grave erro nesta ilustração. Diga qual é este erro.



Porque a terra exerce uma força maior, e não a lua. a terra atrai a lua e não ao contrario

2 – Usando a terceira lei de Newton, procure explicar como um avião à hélice se movimenta impulsionado por essa peça. Há necessidade de atmosfera para que este avião possa ser acelerado?

Sim.

3 – Um balão (bexiga) é cheio de ar, depois é solto e sai voando pela sala. Como se explica isto?

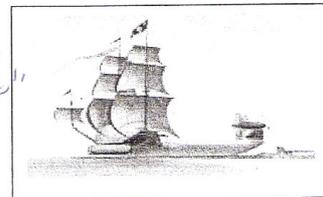
Por que acabou o ar dentro da bexiga assim o ar atmosferico é maior.

4 – Uma pessoa está calçada com meia e sobre uma superfície encerada (lisa). Em determinado momento tenta correr e fica deslizando, por que isto acontece?

Por que a pouco atrito entre a meia e o chão.

5 – O barco da figura é capaz de deslocar-se? Explique.

Sim. Por causa que o ventilador exerce uma força, "vento" sobre a vela.





A Física nos Brinquedos

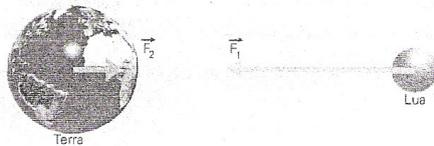
163

Nome _____

Turma / _____

Responda as questões abaixo:

1 – É fato conhecido que a Terra exerce uma força de atração sobre a Lua. Pela terceira Lei de Newton, podemos concluir que a Lua também atrai a Terra. A figura abaixo foi encontrada em um livro de Física, ilustrando as forças de ação e reação entre a Terra e a Lua. Há um grave erro nesta ilustração. Diga qual é este erro.



o vetor que é \vec{F}_1

2 – Usando a terceira lei de Newton, procure explicar como um avião à hélice se movimenta impulsionado por essa peça. Há necessidade de atmosfera para que este avião possa ser acelerado?

Sim

3 – Um balão (bexiga) é cheio de ar, depois é solto e sai voando pela sala. Como se explica isto?

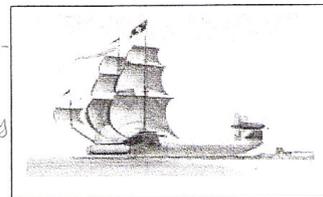
A reação do ar do fora do bexiga e movimento do gás a de dentro do bexiga

4 – Uma pessoa está calçada com meia e sobre uma superfície encerada (lisa). Em determinado momento tenta correr e fica deslizando, por que isto acontece?

Por que tem muito óleo no chão

5 – O barco da figura é capaz de deslocar-se? Explique.

Ele se desloca por causa do ação do vento e também por causa das ^{velas} ~~casco~~ se não tivesse as velas ele não se movimentaria





A Física nos Brinquedos

164

Nome _____

Turma _____

Responda as questões abaixo:

1 – É fato conhecido que a Terra exerce uma força de atração sobre a Lua. Pela terceira Lei de Newton, podemos concluir que a Lua também atrai a Terra. A figura abaixo foi encontrada em um livro de Física, ilustrando as forças de ação e reação entre a Terra e a Lua. Há um grave erro nesta ilustração. Diga qual é este erro.



Sol erro está na força, pois ambas se atraem e na figura se força é menor na Terra

2 – Usando a terceira lei de Newton, procure explicar como um avião à hélice se movimenta impulsionado por essa peça. Há necessidade de atmosfera para que este avião possa ser acelerado?

Sim, pois, em função da contrapartida do impulso da atmosfera

3 – Um balão (bexiga) é cheio de ar, depois é solto e sai voando pela sala. Como se explica isto?

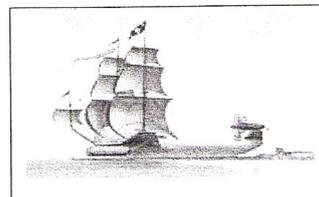
a pressão concentrada, e tão grande que o impulso realizado pelo volume faz tal movimento

4 – Uma pessoa está calçada com meia e sobre uma superfície encerada (lisa). Em determinado momento tenta correr e fica deslizando, por que isto acontece?

Porque, não há atrito para regular a gravidade

5 – O barco da figura é capaz de deslocar-se? Explique.

Sim, porque a força é diretamente "atrada" pela vela assim formando o movimento





A Física nos Brinquedos

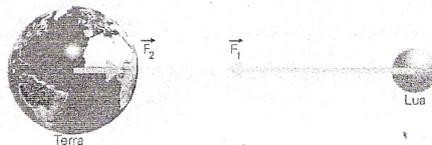
165

Nome

Turma

Responda as questões abaixo:

1 – É fato conhecido que a Terra exerce uma força de atração sobre a Lua. Pela terceira Lei de Newton, podemos concluir que a Lua também atrai a Terra. A figura abaixo foi encontrada em um livro de Física, ilustrando as forças de ação e reação entre a Terra e a Lua. Há um grave erro nesta ilustração. Diga qual é este erro.



~~Não sei~~
 Pq a terra tem uma força maior do que a da lua

2 – Usando a terceira lei de Newton, procure explicar como um avião à hélice se movimenta impulsionado por essa peça. Há necessidade de atmosfera para que este avião possa ser acelerado?

ação e reação da hélice no ar
 sim
 O ar exerce uma força na hélice

3 – Um balão (bexiga) é cheio de ar, depois é solto e sai voando pela sala. Como se explica isto?

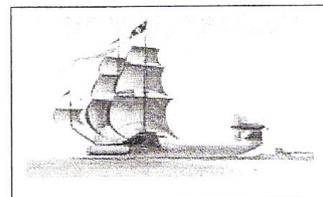
temperatura dentro da bexiga, e é impulsionado pelo ar

4 – Uma pessoa está calçada com meia e sobre uma superfície encerada (lisa). Em determinado momento tenta correr e fica deslizando, por que isto acontece?

Não sei

5 – O barco da figura é capaz de deslocar-se? Explique.

sim pq da ação do ar causado pelo ventilador sobre a vela





A Física nos Brinquedos

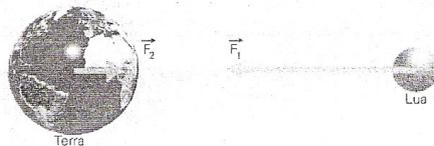
166

Nome _____

Turma _____

Responda as questões abaixo:

1 – É fato conhecido que a Terra exerce uma força de atração sobre a Lua. Pela terceira Lei de Newton, podemos concluir que a Lua também atrai a Terra. A figura abaixo foi encontrada em um livro de Física, ilustrando as forças de ação e reação entre a Terra e a Lua. Há um grave erro nesta ilustração. Diga qual é este erro.



o erro está na força, por que eles se atraem por mesmo ponto e certo é \vec{F}_1 , \vec{F}_2 .

2 – Usando a terceira lei de Newton, procure explicar como um avião à hélice se movimenta impulsionado por essa peça. Há necessidade de atmosfera para que este avião possa ser acelerado?

Sim

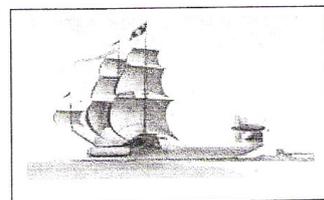
3 – Um balão (bexiga) é cheio de ar, depois é solto e sai voando pela sala. Como se explica isto?

que a pressão de fora do balão é maior do que o ar de dentro do balão, e o que faz voar pela sala.

4 – Uma pessoa está calçada com meia e sobre uma superfície encerada (lisa). Em determinado momento tenta correr e fica deslizando, por que isto acontece?

5 – O barco da figura é capaz de deslocar-se? Explique.

Pelo ar que o ventilador faz, tem mais força, que com o oxigênio co nida que faz o barco andar.



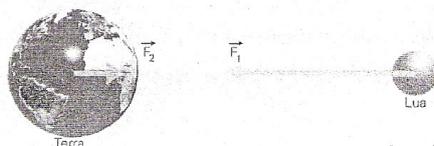


Nome

Turma

Responda as questões abaixo:

1 – É fato conhecido que a Terra exerce uma força de atração sobre a Lua. Pela terceira Lei de Newton, podemos concluir que a Lua também atrai a Terra. A figura abaixo foi encontrada em um livro de Física, ilustrando as forças de ação e reação entre a Terra e a Lua. Há um grave erro nesta ilustração. Diga qual é este erro.



A força maior é a da Terra, e não da Lua.

2 – Usando a terceira lei de Newton, procure explicar como um avião à hélice se movimenta impulsionado por essa peça. Há necessidade de atmosfera para que este avião possa ser acelerado?

Sim. A força da gravidade e da hélice atuam proporcionalmente, fazendo voar.

3 – Um balão (bexiga) é cheio de ar, depois é solto e sai voando pela sala. Como se explica isto?

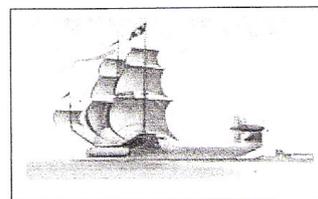
A pressão e o ar dentro deles tornam-se menor voando estes, e é impulsionada pelo ar e pressão quando saem provocando uma força.

4 – Uma pessoa está calçada com meia e sobre uma superfície encerada (lisa). Em determinado momento tenta correr e fica deslizando, por que isto acontece?

Há uma força exercida que impulsiona.

5 – O barco da figura é capaz de deslocar-se? Explique.

Não, pois a força não é proporcional ao tamanho do barco.





A Física nos Brinquedos

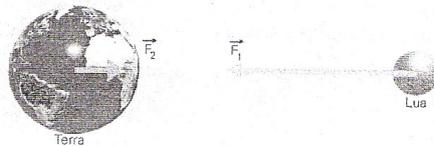
168

Nome

Turma

Responda as questões abaixo:

1 – É fato conhecido que a Terra exerce uma força de atração sobre a Lua. Pela terceira Lei de Newton, podemos concluir que a Lua também atrai a Terra. A figura abaixo foi encontrada em um livro de Física, ilustrando as forças de ação e reação entre a Terra e a Lua. Há um grave erro nesta ilustração. Diga qual é este erro.



A Terra exerce maior força sobre a Lua, e não a Lua sobre a Terra.

2 – Usando a terceira lei de Newton, procure explicar como um avião à hélice se movimenta impulsionado por essa peça. Há necessidade de atmosfera para que este avião possa ser acelerado?

Sim

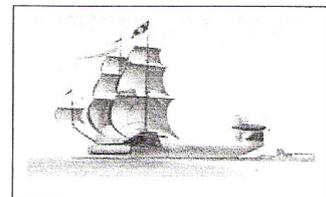
3 – Um balão (bexiga) é cheio de ar, depois é solto e sai voando pela sala. Como se explica isto?

Porque o ar exerce uma força e ela sai voando.

4 – Uma pessoa está calçada com meia e sobre uma superfície encerada (lisa). Em determinado momento tenta correr e fica deslizando, por que isto acontece?

5 – O barco da figura é capaz de deslocar-se? Explique.

Sim, porque o ventilador vai ~~empurrar~~ fazer com que a vela se mexa e mova o barco.





A Física nos Brinquedos

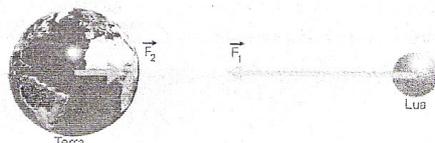
169

Nome

Turma

Responda as questões abaixo:

1 – É fato conhecido que a Terra exerce uma força de atração sobre a Lua. Pela terceira Lei de Newton, podemos concluir que a Lua também atrai a Terra. A figura abaixo foi encontrada em um livro de Física, ilustrando as forças de ação e reação entre a Terra e a Lua. Há um grave erro nesta ilustração. Diga qual é este erro.



não sei

2 – Usando a terceira lei de Newton, procure explicar como um avião à hélice se movimenta impulsionado por essa peça. Há necessidade de atmosfera para que este avião possa ser acelerado?

Sim

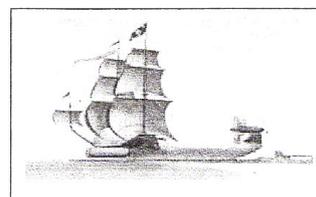
3 – Um balão (bexiga) é cheio de ar, depois é solto e sai voando pela sala. Como se explica isto?

ele é levado ~~por forças do ar~~ pelas forças do ar (oxigênio).

4 – Uma pessoa está calçada com meia e sobre uma superfície encerada (lisa). Em determinado momento tenta correr e fica deslizando, por que isto acontece?

5 – O barco da figura é capaz de deslocar-se? Explique.

Eu acho que ele se move em função do vento que o impulsionará.



ANEXO 3 – Avaliações da Metodologia



A Física nos Brinquedos

171

Nome =

Turma

a) Como você avalia a aula de Física dada utilizando brinquedos?

Achei uma aula muito interessante, pois através dos brinquedos, ficou mais fácil a compreensão do conteúdo.

b) O que você mais gostou na aula?

A interatividade.

c) Que sugestão você daria para aprimorar esta metodologia?

Aplicar este método em mais aulas, para que todos tenham acesso a isto.

d) O que você desconhecia e aprendeu sobre a terceira Lei de Newton, a lei da ação e reação?

Desconhecia a aplicação (teoria sim).

O que aprendi a teoria e aplicação.

e) Você gostaria de continuar participando da pesquisa de aulas ensinadas a partir da "Física nos Brinquedos?"

Sim!

Obrigado por sua colaboração!

Prof. Zaldo Borges



A Física nos Brinquedos

172

Nome

Turma

a) Como você avalia a aula de Física dada utilizando brinquedos?

Fei um metodo simples e educativo
Para aprender fisica, brincando

b) O que você mais gostou na aula?

Do CD com o balão e o skate

c) Que sugestão você daria para aprimorar esta metodologia?

Com mais pesquisas com os alunos

d) O que você desconhecia e aprendeu sobre a terceira Lei de Newton, a lei da ação e reação?

Que as forças da ação e reação são da
mesma intensidade

e) Você gostaria de continuar participando da pesquisa de aulas ensinadas a partir da "Física nos Brinquedos?"

Sim

Obrigado por sua colaboração!

Prof. Zaldo Borges



A Física nos Brinquedos

173

Nome _____

Turma _____

a) Como você avalia a aula de Física dada utilizando brinquedos?

Muito melhor para o ensino. Um modo mais fácil para aprender.

b) O que você mais gostou na aula?

O do co e do skate

c) Que sugestão você daria para aprimorar esta metodologia?

Fazer mais pesquisas com alunos

d) O que você desconhecia e aprendeu sobre a terceira Lei de Newton, a lei da ação e reação?

Que com a mesma intensidade que você dá, você recebe, possui a entender tudo mais fácil.

e) Você gostaria de continuar participando da pesquisa de aulas ensinadas a partir da "Física nos Brinquedos?"

Sim

Obrigado por sua colaboração!

Prof. Zaldo Borges



A Física nos Brinquedos

174

Nome ' _____

Turma 1^oB

a) Como você avalia a aula de Física dada utilizando brinquedos?

Um método mais ~~total~~
fácil de aprendizagem

b) O que você mais gostou na aula?

O cd, balão e skate

c) Que sugestão você daria para aprimorar esta metodologia?

Que fossem utilizadas mais brincadeiras e
opiniões dos alunos

d) O que você desconhecia e aprendeu sobre a terceira Lei de Newton, a lei da ação e reação?

Que ocorre na mesma intensidade que ocorre da

e) Você gostaria de continuar participando da pesquisa de aulas ensinadas a partir da "Física nos Brinquedos?"

Sim -

Obrigado por sua colaboração!

Prof. Zaldo Borges



A Física nos Brinquedos		175
Nome		Turma

a) Como você avalia a aula de Física dada utilizando brinquedos?

É um método divertido que deu para aprender melhor brincando.

b) O que você mais gostou na aula?

O cd e o balão

c) Que sugestão você daria para aprimorar esta metodologia?

Menos teoria, já ajuda a entender.

d) O que você desconhecia e aprendeu sobre a terceira Lei de Newton, a lei da ação e reação?

Que você recebe com a mesma intensidade que você dá.

e) Você gostaria de continuar participando da pesquisa de aulas ensinadas a partir da "Física nos Brinquedos?"

Sim...

Obrigado por sua colaboração!

Prof. Zaldo Borges



A Física nos Brinquedos

176

Nome

Turma

a) Como você avalia a aula de Física dada utilizando brinquedos?

Acho que foi um método mais prático de aprender física, uma maneira mais fácil de interagir com os alunos e os alunos com a física.

b) O que você mais gostou na aula?

Oca e o balão, gostei também do skate.

c) Que sugestão você daria para aprimorar esta metodologia?

Mais pesquisas com os alunos, aulas com os alunos se interagindo

d) O que você desconhecia e aprendeu sobre a terceira Lei de Newton, a lei da ação e reação?

Que a mesma intensidade que o corpo dá ele recebe igualmente, a força é a mesma da ação e reação

e) Você gostaria de continuar participando da pesquisa de aulas ensinadas a partir da "Física nos Brinquedos?"

Claro que sim *_*

Obrigado por sua colaboração!

Prof. Zaldo Borges



A Física nos Brinquedos		178
Nome	Turma	

a) Como você avalia a aula de Física dada utilizando brinquedos?

foi boa por ser ensinado como mover os brinquedos

b) O que você mais gostou na aula?

A parte que explica conteúdos com brinquedos

c) Que sugestão você daria para aprimorar esta metodologia?

d) O que você desconhecia e aprendeu sobre a terceira Lei de Newton, a lei da ação e reação? *no sentido do bolar e m ED que pode se deslocar*

e) Você gostaria de continuar participando da pesquisa de aulas ensinadas a partir da "Física nos Brinquedos?"

Sim Gostaria

Obrigado por sua colaboração!

Prof. Zaldo Borges



A Física nos Brinquedos

179

Nome _____

Turma _____

a) Como você avalia a aula de Física dada utilizando brinquedos?

Uma aula diferente que chama mais a atenção dos alunos e um modo de aprender com mais facilidade.

b) O que você mais gostou na aula?

O modo como se usou os brinquedos para demonstrar como aquela lei funcionava.

c) Que sugestão você daria para aprimorar esta metodologia?

Não acho necessário nada mais a aula foi simplesmente ótima.

d) O que você desconhecia e aprendeu sobre a terceira Lei de Newton, a lei da ação e reação?

Com esta aula pude esclarecer qualquer dúvida que eu ~~estava~~ ainda tinha.

e) Você gostaria de continuar participando da pesquisa de aulas ensinadas a partir da "Física nos Brinquedos?"

É uma experiência ótima e divertida seria legal participar de ~~as~~ aulas como essa.

Obrigado por sua colaboração!

Prof. Zaldo Borges



A Física nos Brinquedos		180
Nome	Turma	

a) Como você avalia a aula de Física dada utilizando brinquedos?

Um método bom, simples e que interessa aos estudantes.

b) O que você mais gostou na aula?

A maneira de explicação do professor.

c) Que sugestão você daria para aprimorar esta metodologia?

Do meu ver, assim está ótimo.

d) O que você desconhecia e aprendeu sobre a terceira Lei de Newton, a lei da ação e reação?

Independente da massa, a força é a mesma.

e) Você gostaria de continuar participando da pesquisa de aulas ensinadas a partir da "Física nos Brinquedos?"

Sim.

Obrigado por sua colaboração!

Prof. Zaldo Borges



A Física nos Brinquedos		181
Nome _____	Turma _____	

a) Como você avalia a aula de Física dada utilizando brinquedos?

Boa. Pois fica mais fácil de entender na prática.

b) O que você mais gostou na aula?

Da brincadeira com a bexiga

c) Que sugestão você daria para aprimorar esta metodologia?

Continue assim.

d) O que você desconhecia e aprendeu sobre a terceira Lei de Newton, a lei da ação e reação?

Aprendi que...

Não depende da massa entre os corpos que a força será equivalente

e) Você gostaria de continuar participando da pesquisa de aulas ensinadas a partir da "Física nos Brinquedos?"

Sim.

Obrigado por sua colaboração!

Prof. Zaldo Borges



A Física nos Brinquedos

182

Nome

Turma

a) Como você avalia a aula de Física dada utilizando brinquedos?

Fascinante! O aluno assume um interesse pela Física muito superior ao de dentro de salas de aula convencionais.

b) O que você mais gostou na aula?

A utilização de experimentos reais e não imaginários (como ocorre no quadro negro)

c) Que sugestão você daria para aprimorar esta metodologia?

A utilização de filmagens reais e computadores.

d) O que você desconhecia e aprendeu sobre a terceira Lei de Newton, a lei da ação e reação?

Aprendi que barcos não andam com os seus ventiladores voltados para dentro do barco e porque o ser humano consegue andar.

e) Você gostaria de continuar participando da pesquisa de aulas ensinadas a partir da "Física nos Brinquedos?"

Sim, foi de grande produtividade.

Obrigado por sua colaboração!

Prof. Zaldo Borges



A Física nos Brinquedos

183

Nome _____

Turma _____

a) Como você avalia a aula de Física dada utilizando brinquedos?

Um modo bem diferente e bem mais produtivo.

b) O que você mais gostou na aula?

De tudo. Foi algo bem diferente e mais fácil de entender.

c) Que sugestão você daria para aprimorar esta metodologia?

trazer um Play 2. Brinquedos, acho que tá bom.

d) O que você desconhecia e aprendeu sobre a terceira Lei de Newton, a lei da ação e reação?

A parte de como o foguete se move no espaço.

e) Você gostaria de continuar participando da pesquisa de aulas ensinadas a partir da "Física nos Brinquedos?"

SIM!

Obrigado por sua colaboração!

Prof. Zaldo Borges



A Física nos Brinquedos		184
Nome _____	Turma _____	

a) Como você avalia a aula de Física dada utilizando brinquedos?

Muito bom, os alunos se interessaram mais, assim aprendendo mais com a prática.

b) O que você mais gostou na aula?

O brinquedo do balão

c) Que sugestão você daria para aprimorar esta metodologia?

Aplicar de fato: montando um grande laboratório ou sala, uma experimentoteca.

d) O que você desconhecia e aprendeu sobre a terceira Lei de Newton, a lei da ação e reação?

O exemplo do balão

e) Você gostaria de continuar participando da pesquisa de aulas ensinadas a partir da "Física nos Brinquedos?"

Sim, mas agora com foco no 2º e 3º ano (os conteúdos).

Obrigado por sua colaboração!

Prof. Zaldo Borges



A Física nos Brinquedos

185

Nome _____

Turma _____

a) Como você avalia a aula de Física dada utilizando brinquedos?

A utilização dos brinquedos para explicar Física, foi algo extraordinário, que me deu uma visão mais ampla sobre os brinquedos, porque a partir do momento que você entende toda a formação de algo, um especial os brinquedos, não só para

b) O que você mais gostou na aula?

De saber que a Física faz parte de algo tão presente em nossas vidas, que desde pequenos, era algo que nós não dávamos para nos distrair, e ao mesmo tempo desejamos algo mais que tanto nos acompanha

c) Que sugestão você daria para aprimorar esta metodologia?

Não tenho nada a declarar, pois já foi algo bastante curioso aprender a Física nos brinquedos.

d) O que você desconhecia e aprendeu sobre a terceira Lei de Newton, a lei da ação e reação?

Sobre como o carro da cavalo da pau e a pessoa deslizar mesmo superfície lisa, porque eu nunca imaginei que o que acontece, é através de forças que existem na Física.

e) Você gostaria de continuar participando da pesquisa de aulas ensinadas a partir da "Física nos Brinquedos?"

Claro que sim, amei a aula e toda a explicação ficou tudo bem claro agora.

Obrigado por sua colaboração!

Prof. Zaldo Borges

La volta-los com os olhos da Física e não como um brinquedo qualquer.



A Física nos Brinquedos

186

Nome

Turma

a) Como você avalia a aula de Física dada utilizando brinquedos?

Muito bom

b) O que você mais gostou na aula?

Da simplicidade

c) Que sugestão você daria para aprimorar esta metodologia?

Desenvolver o método mostrando mais o lado científico

d) O que você desconhecia e aprendeu sobre a terceira Lei de Newton, a lei da ação e reação?

Que em certas situações não se diferem ação e reação

e) Você gostaria de continuar participando da pesquisa de aulas ensinadas a partir da "Física nos Brinquedos?"

Sim

Obrigado por sua colaboração!

Prof. Zaldo Borges

AUTORIZAÇÃO PARA USO DE IMAGEM

Autorizo o professor Ertzaldo Cavalcanti Borges Pimentel a utilizar minha imagem em sua dissertação "A FÍSICA NOS BRINQUEDOS – O BRINQUEDO AO RECURSO INSTRUCIONAL NO ENSINO DA TERCEIRA LEI DE NEWTON" no trabalho final do Mestrado em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília. Brasília DF, novembro de 2007

Nome do(a) aluno(a)	Responsável pelo(a) aluno(a)	Assinatura do(a) responsável
Hallyson Rodrigues Uchoa		[Assinatura]
Carla Souto Rosa		[Assinatura]
Rayane Santana Farias		[Assinatura]
Maura Grazieli Santos		[Assinatura]
Edinaldo S. Nascimento		[Assinatura]
Carmlina F. N. Sales		[Assinatura]
Fábio Volodost		[Assinatura]
Fernanda R. Lima		[Assinatura]
Fábio Santos Reis		[Assinatura]
Hely Wolfara S. Valverde		[Assinatura]
Galinauffereus		[Assinatura]
Débora Anselm F. da Silva		[Assinatura]
Thaís Silva e Souza	Manilene Lourenço Silva	[Assinatura]
Jacques Ueno	Jacques Ueno	[Assinatura]
Diavés Azeite	MARIE AZEITE	[Assinatura]
Guilherme Rocio de Araujo	Roberto Roberto de Araujo	[Assinatura]
Claudia Tayanna F. Moraes	Claudia Tayanna F. Moraes	[Assinatura]
Claudia Tayanna F. Moraes	Lame F. de Sousa	[Assinatura]
Karina Hammü	Antônio Hammü	[Assinatura]
Karolina Hammü	Antônio Hammü	[Assinatura]
Thaís Silva da Silva	Kátia Silva dos Santos	[Assinatura]

ANEXO 4 – Autorizações para uso de imagem