

## ESTUDO DA CONSERVAÇÃO DO MOMENTO ATRAVÉS DO PRINCÍPIO DA CINESTESIA

**Mauryléia Marques FERREIRA (1); Jacques Cousteau da Silva BORGES (2)**

(1) Departamento da Indústria e do Meio Ambiente – CEFET-RN/UNED – Mossoró

Rua Raimundo Firmino de Oliveira, nº 400 – Costa e Silva

Mossoró-RN – CEP: 59 628-330

[mauryleia@cefetrn.br](mailto:mauryleia@cefetrn.br)

(2) Departamento Acadêmico de Formação de Professores – CEFET-RN

Av. Salgado Filho, 1159 Morro Branco CEP 59.000-000 Natal-RN

[cousteau@cefetrn.br](mailto:cousteau@cefetrn.br)

### RESUMO

A compreensão das leis físicas sempre foram desafios para os estudantes do Ensino Médio, entretanto o que percebemos ao longo do tempo é que o entendimento da Física é facilitado pelo uso de recursos experimentais durante as aulas, principalmente os que envolvem a participação direta do aluno. A partir disso, desenvolvemos o estudo dos princípios de conservação do momento linear e momento angular utilizando dois recursos experimentais que envolveram a participação do aluno. Para a conservação do momento linear utilizamos um carro de rolimã, constituído de dois carros acoplados por uma trava de madeira e construídos com MDF e rodas de patins. Para a conservação do momento angular utilizamos uma cadeira giratória e uma roda de bicicleta com “punhos”, “pedaleiras” enroscadas no eixo. Os experimentos realizados se basearam no Princípio da Cinestesia, ou seja, da sensação ou percepção do movimento que um indivíduo tem de seu corpo. Nas aulas de conservação do momento linear, o carro de rolimã é desligado da trava de madeira, de modo que os dois carros foram colocados um frente ao outro. Em cada carro sentou-se um aluno e assim foi provocada uma colisão entre eles. O movimento percebido pelos alunos serviu como base de construção do conhecimento a cerca da conservação do momento linear. Na prática desenvolvida para a conservação do momento angular, o aluno sentou-se sobre a cadeira, segurando a roda de bicicleta sobre os “punhos” localizando o eixo na vertical. O aluno deu um impulso sobre a roda fazendo-a girar, assim ele percebeu que ele girou em sentido contrário ao da roda. Através dos experimentos, os alunos perceberam a mudança de velocidade percebida no movimento desenvolvido por eles. Pode-se chegar a uma aprendizagem significativa sobre a conservação do momento linear e angular, uma vez que o aluno fez parte desse processo de ensino.

**Palavras-chave:** conservação do momento, aprendizagem significativa, cinestesia

## 1. INTRODUÇÃO

A Física é uma ciência que sempre representou um desafio para os estudantes. A dificuldade do ensino de física é evidente quando lecionada de forma abstrata e utilizando excessivamente a matemática, uma vez que a teoria exposta aos alunos dessa forma nem sempre se relaciona com seu cotidiano. De acordo com FERREIRA, et al, (2006) “os livros didáticos contribuem para o embasamento teórico, mas por si só não levam o conhecimento para todos. Nem sempre as ilustrações são viáveis para eliminar as barreiras existentes entre os alunos e o mundo abstrato dos fenômenos físicos”. Este processo é tradicional, pois os alunos são levados a entender a física somente através de gráficos e equações matemáticas. A Física é uma ciência de caráter experimental, segundo BORGES e ALBINO (2007) “ela esta sujeita não apenas a cálculos, formula e simulações numéricas [...] Esta sujeita também a pesquisa no campo da investigação experimental”. Portanto, deve conter recursos que viabilizem a prática experimental em sala de aula. Em relação ao ensino de Física no Nível Médio, os parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) propõem um currículo baseado no domínio de competências básicas e que tenham vínculo com as diversas situações do cotidiano dos alunos, buscando dar significado ao conhecimento escolar, mediante a contextualização dos conteúdos trabalhados em sala de aula (ROMANO, 2004).

Lembrando que é proposta pedagógica dos PCN “aplicar as tecnologias associadas às Ciências Naturais na escola, no trabalho e em outros contextos relevantes para sua vida” (MEC, 2000, p 96). E completa Castro: “[...] Assim, enquanto educadores devemos romper com uma diretriz de conteúdo e estanque, trazendo cada vez mais para a sala de aula temas modernos, mais próximos da realidade dos alunos [...]” (CASTRO, *et al*, 2003, p.3).

Diante desta afirmação, é fácil perceber a importância de experimentos em sala de aula. Já que estes trazem o conhecimento de uma forma mais palpável e acessível aos alunos. Dessa forma vê-se a necessidade de trabalhar com experimentos, principalmente àqueles que envolvem a participação direta dos alunos já que a pouca (ou nenhuma) prática experimental contribui com as dificuldades já encontradas no processo de ensino-aprendizagem dessa ciência.

O presente trabalho propõe o ensino-aprendizagem da conservação do momento linear e do momento angular utilizando duas práticas experimentais interativas. Os aparatos permitem ao aluno interagir com os experimentos, percebendo os efeitos do movimento e suas variações sobre seu corpo, em cada situação-problema. Para isso utilizamos como fundamentação teórica o conceito de cinestesia.

Segundo a enciclopédia WIKIPÉDIA (2008), cinestesia diz respeito a senso-percepção dos movimentos corporais em relação ao ambiente à sua volta. Na medicina e na psicologia esta palavra alude à percepção que um indivíduo tem de seu corpo, particularmente dos movimentos que este realiza. Esta sensação é facilitada pela presença de receptores sensoriais, ou seja, de estruturas responsáveis pela interação do corpo com o mundo externo. Um exemplo desses receptores sensoriais são os localizados na cóclea do ouvido interno e pela percepção da mobilidade muscular. A cinestesia é empregada em algumas situações como em alguns jogos eletrônicos que incorporam a totalidade do corpo do jogador em cenas de aventura, como por exemplo, a sensação de executar uma curva numa moto através de inclinações, fornece ao jogador essa sensação. Também atores utilizam esse princípio em memorização de scripts, geralmente recitando algumas linhas em voz alta. Isso faz com que eles acabem por perceber a mobilidade muscular que servem como receptores sensoriais.

Aplicando a cinestesia ao ensino da Dinâmica, encontramos neste trabalho as práticas realizadas com os alunos a partir da utilização de dois aparatos experimentais.

O primeiro se baseia na conservação do momento Linear, através da utilização de um carro didático, a exemplo de um “carrinho de rolimã”. O aparato foi confeccionado no Laboratório de Física do CEFET-RN. A partir de folhas de MDF, construíram-se dois modelos, que se comunicam através de rolagamentos localizados no carro inferior. Os dois carros são ligados por uma trava e foi dimensionado de modo a comportar um aluno. Tal experimento é adaptado do modelo exposto por LAWS e PFISTER (1995), e já se mostrou eficiente quanto a sua aplicação como instrumento de ensino em sala de aula (FERREIRA, *et al*, 2006).

O segundo experimento, este bastante comum, é constituído por uma cadeira giratório e pesos diversos. Praticamente qualquer laboratório de Física possui algo semelhante, embora isso não signifique que o aparato esteja sendo utilizado de forma adequada nas aulas sobre conservação do momento angular e explicações

sobre o momento de inércia, temas que se apresentam um pouco mais complicados nas series iniciais no Nível Médio de Ensino. Além da cadeira, uma roda, semelhante à de uma bicicleta, também é empregada, com o intuito de mostrar as variações no momento angular. Ambos são itens de fácil aquisição ou de construção em oficinas especializadas.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Em diversos fenômenos físicos é necessário agrupar os conceitos de massa e velocidade vetorial. Isto ocorre, por exemplo, em situações como colisões mecânicas, explosões de uma bomba (fragmentos), recuo das armas de fogo, propulsão a jato etc. Assim torna-se conveniente a definição de quantidade de movimento que é uma das grandezas mais importantes da Física. A quantidade de movimento ou o momento é uma grandeza que relaciona a massa e a velocidade de um corpo. Quanto maior a quantidade de movimento de um corpo maior terá que ser a força para modificar a velocidade do mesmo.

Assim o momento linear é uma grandeza vetorial com a direção e o sentido da velocidade e cujo módulo é o produto entre a massa e a velocidade. Por definição matemática temos:

$$\vec{Q} = m\vec{v} \quad [\text{Eq. 01}]$$

Onde:  $Q$  = quantidade de movimento ou momento linear (Kg·m/s)

$m$  = massa do corpo (Kg)

$v$  = velocidade do corpo (m/s)

A quantidade de movimento é obtida através da soma dos movimentos dirigidos para as mesmas partes e a subtração daqueles que se dirigem a partes contrárias não sofre mudança a partir da ação dos corpos entre si. Assim a ação e reação existente entre corpos que interagem produzem mudanças iguais em direções contrárias. Sendo assim, se os movimentos são dirigidos para as mesmas partes, seja o que for que se acrescente ao movimento do corpo precedente será subtraído do corpo que se segue, de modo que a soma será a mesma que antes. Caso os corpos se encontrem com movimentos contrários a diferença dos movimentos dirigidos as partes permanecerá constante.

Em outras palavras, o vetor quantidade de movimento total de um sistema será constante, não podendo ser alterado pela ação de forças internas (forças trocadas entre os corpos de um mesmo sistema).

$$\Delta Q = 0$$

$$Q_{\text{inicial}} = Q_{\text{final}} \quad [\text{Eq. 02}]$$

A partir de algumas observações dos movimentos não lineares, como as trajetórias curvas, podemos perceber que existe um princípio de conservação, diferente da conservação do momento linear, também presente, já que sempre que uma parte de um sistema é posto para rotacionar em algum sentido, a outra parte do sistema é posta a girar em sentido oposto. Logo, esta conservação está presente também nos movimentos de rotação, que podem surgir aos pares, ou serem transferidos de um corpo para outro. Portanto, da mesma forma que nas translações, os movimentos de rotação também possuem uma lei de conservação. Podemos chamar essa lei de Princípio da Conservação da Quantidade de Movimento Angular: Em um sistema isolado a quantidade de movimento angular total se conserva.

A tendência de um corpo que perde sua rotação devagar é manter sua velocidade e também a direção do eixo de rotação. É o que acontece com um pião, que tende a ficar em pé! E com a bicicleta, que devido à rotação de suas rodas, se mantém em equilíbrio. A própria Terra mantém a inclinação de seu eixo quase inalterada durante milhões de anos, o que nos proporciona as estações do ano. Em todos estes casos, os movimentos só se alteram porque há interações com outros corpos, embora bastante pequenas.

Um bom (e Clássico!) exemplo do momento angular e sua conservação é o de um bailarino (ou patinador, mergulhador, ginasta olímpico). Este personagem gira ao redor de seu eixo vertical, com uma determinada velocidade angular ( $w$ ). Ao fechar ou abrir os seus braços, o bailarino aumenta a sua velocidade de giro, pois ao fazer isso, altera o seu momento de Inércia ( $I$ ), porém, mantém constante o seu momento angular, conforme equação 03.

$$L = I \cdot w \quad [\text{Eq. 03}]$$

A Figura 1 mostra bem essa explicação clássica, embora desenhos e diagramas ajudem na compreensão, não é um conceito tão simples de entender a primeira vista, principalmente se o aluno nunca tiver visto algo semelhante, ou não ter se atentado a este detalhe, o que é passível de ocorrer.



**Figura 1. Exemplos Clássicos de explicação da conservação do momento angular em Livros didáticos.**

**Fonte: GREF (1998)**

### **3. METODOLOGIA**

Lembrando que a proposta Metodológica desse trabalho é utilizar-se de experimentos interativos para os estudos das leis da dinâmica, onde os discentes da disciplina de Física nas series iniciais podem apreender os conceitos Físicos de uma forma simples, rápida e até mesmo lúdica, a partir da observação e da percepção das variações do movimento sobre o seu corpo (cinestesia).

Para isso, duas propostas experimentais foram traçadas, com base nos experimentos. Em primeiro plano é apresentada a metodologia a ser utilizado na dinâmica das translações, com a utilização do carro didático como instrumento de uma aula interativa. Em seguida observa-se aplicabilidade da cadeira giratória e outras ferramentas a serem levadas ao encontro dos alunos quando o tema da aula for a dinâmica das rotações.

#### **3.1. Carro Didático**

O carro didático, como já mencionado, é composto por dois modelos, um carro “inferior” e um carro superior. Os carros encaixam perfeitamente um sobre o outros, sendo quatro rolamentos o único contato entre eles, minimizando assim os efeitos provocados pelo atrito.

Inicialmente o carro é apresentado aos alunos, mostrando os seus detalhes e as funções de seus elementos. A Figura 2(b) detalha os componentes dos carros, e na Tabela 1 observamos os detalhes das dimensões dos elementos, dessa forma, pode-se ter uma idéia da escala do carrinho. Como o objetivo é que os alunos sejam as “massas dos bloquinhos”, tão comum nas aulas de quadro e giz, é importante que as dimensões sejam suficientes para comportar os alunos. As dimensões mostradas se adequaram perfeitamente aos alunos do CEFET-RN e da Escola Estadual Winston Churchill, locais onde esta atividade foi realizada.

Se possível, providenciar também uma balança apropriada para medição do peso aparente dos alunos, já que são estes que irão atuar como massas nas experimentações.

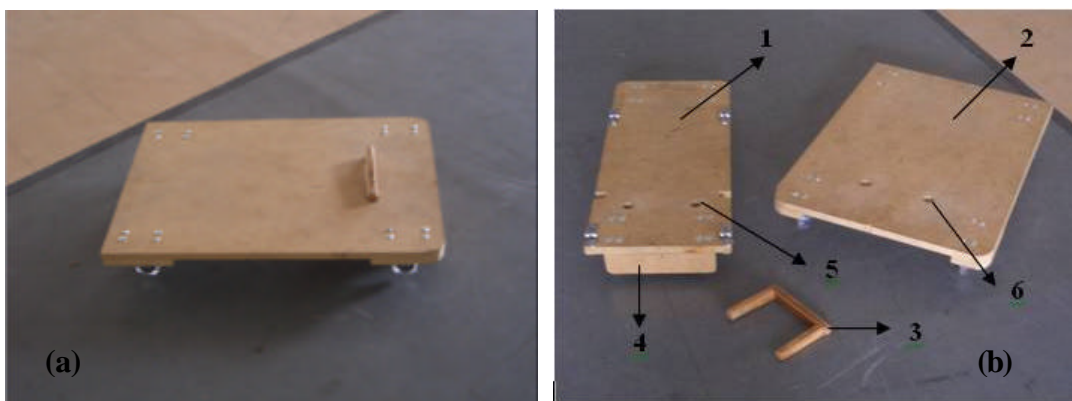


Figura 2. (a) Visão geral do carro Didático; (b) especificação dos componentes expressos na tabela 1.

Fonte: Núcleo de Inclusão – CEFET-RN

TABELA 1: Medidas estabelecidas para a construção do carro.

Nº	Parte do experimento	Medidas
1	Carro menor	72,3cm x 30,2cm
2	Carro maior	73,0cm x 50,2cm
3	Eixo central da trava	17,0cm
	Eixos laterais da trava	11,2cm
4 <sup>1</sup>	Reboque	23,0cm x 5,5cm
5, 6	Orifício para encaixar a trava	$\phi = 2,5\text{cm}$
	Altura entre os dois carros	1,4cm

Os experimentos realizados com o carro didático tiveram a participação direta dos alunos durante as aulas. Em um dos experimentos realizados com o carro, vemos a possibilidade de participação de dois alunos, onde cada um poderia sentar sobre o carro que estaria posicionado um de frente para o outro (ver Figura 3).



Figura 3. Nessa experiência os carros são separados e devem ser posicionado um de frente para o outro.

Fonte: FERREIRA, *et al* (2005)

<sup>1</sup> O reboque consiste num pedaço de MDF com as dimensões expostas acima. Nele ainda encontra-se um orifício que permite a passagem do cabo de aço.

O experimento foi realizado com alunos de massas variadas para que tivéssemos várias relações e assim fossem avaliadas ao final do processo. Os alunos envolvidos na prática deveriam aplicar uma força sobre o carro que está a sua frente. A distância poderá ser anotada, para isso poderá ser feita uma marcação sobre o piso para notificar as distâncias percorridas pelos carros após a interação.

Em termos de comparação dos efeitos sentidos pelos alunos quanto ao movimento, é possível acrescentar massas sobre o carrinho e repetir o processo, afim dos alunos terem como comparar em termos de massa e velocidade desenvolvida nessa situação.

Outra experiência que poderá ser feita é utilizar uma prancha sobre os dois carros e pedir que um aluno se desloque sobre a prancha colocada sobre os carros (ver Figura 4).

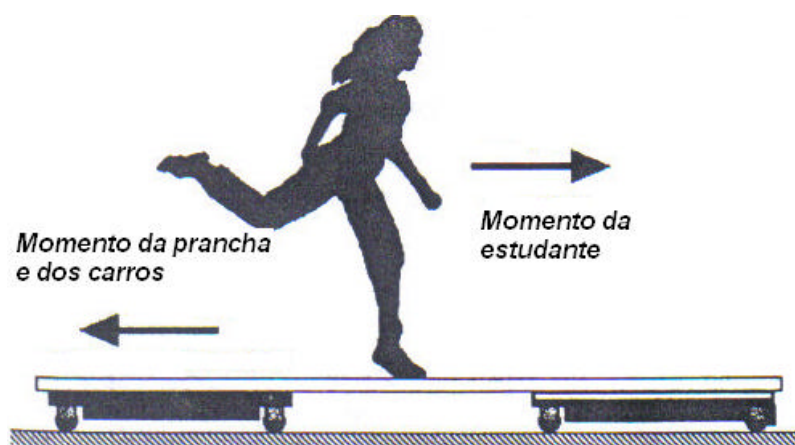


Figura 4. Nessa experiência o aluno movimenta-se sobre uma prancha posicionada sobre os carros.

Fonte: LAWS e PFISTER (1995)

### 3.2. Cadeira Giratória

A cadeira giratória é um aparato experimental presente em praticamente em qualquer laboratório de Física. Está tão bem consolidada que livros didáticos já sugerem este tipo de experiência em sala de aula (ver Figura 5).

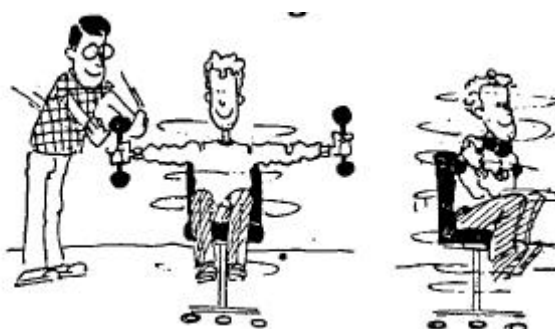


Figura 5. Experimento Clássico da cadeira giratória em Livro didático.

Fonte: GREF (1998)

Lembrando que este tipo de atividade experimental é indispensável. De acordo com os autores “A Construção dos experimentos, na maioria das vezes, reside na necessidade que os alunos têm de representar de forma simples o que geralmente se complica nos livros didáticos” (BORGES e ALBINO, 2007).



É o caso da cadeira giratória. Uma aula com esta cadeira (ver Figura 6 (a) e (b)) chega a ser “inesquecível” em alguns casos, já que é um conteúdo trabalhado de forma lúdica é interessante para o alunado, uma vez que o “corpo de prova” (o aluno) é capaz de perceber em seu corpo a variação na velocidade angular, ao variar o seu momento de inércia.

Porém essa aula não deve se restringir a uma simples brincadeira de “abrir e fechar” de braços, pois muitas outras atividades podem ser aplicadas em uma aula sobre conservação do momento angular.



**Figura 6. Experimento Interativo sobre conservação do momento angular**

**Fonte: BORGES e ALBINO (2007)**

Com a ajuda de uma roda de bicicleta, ou elemento semelhante, é possível mostrar experimentalmente a conservação do momento angular em sua forma vetorial, pois ao movimentar uma roda de bicicleta (em movimento) sobre a cadeira giratória, altera-se a direção do vetor momento angular. Para poder então haver conservação, a base sobre a qual o aluno esta fixado realiza um movimento angular, conservando o momento do total do sistema.

Utiliza-se a roda de bicicleta, pois a maior parte da massa desta se encontra em sua região periférica, aumentando assim o seu momento de Inércia. Dessa forma o vetor momento angular também possuirá um alto módulo, pois conforme equação 03, o seu valor depende diretamente do valor do momento de inércia e da velocidade angular com que a roda de bicicleta esta girando. Uma boa solução é o pneu de bicicleta também com água, aumentando ainda mais a massa total do objeto. Deve-se, contudo, garantir que o atrito entre a roda e o eixo de apoio seja mínimo.

Neste trabalho utilizou-se uma roda didática própria para esse fim, confeccionado em ferro fundido, e com um rolamento em seu eixo de apoio. Uma haste comprida foi fixada ao eixo, garantindo a uma boa mobilidade do sistema girante, bem como a mantendo distante do aluno, por uma questão de segurança.



**Figura 7. Experimento Interativo sobre conservação do momento angular**

**Fonte: Arquivo da Mostra Anual de Física do RN – CEFET-RN**

Agora com a roda didática aliada a cadeira giratória, o experimento proposto pode sanar as dúvidas dos alunos a partir de explicações-demostrativas, como por exemplo, a curva de uma moto apenas inclinado-a (ver Figura 7 (a)) e o funcionamento de um helicóptero (ver Figura 7 (b)), e tudo isso a partir da observação (o que já é um grande avanço se comparado a aulas restritas a quadro e giz), e da percepção do movimento sentido por eles. Os alunos acabam por “brincar” de piloto de moto e/ou de helicóptero, com o movimento gerado pela variação do momento angular.

#### 4. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DE DADOS

Para a experiência realizada com o carro (ver Figura 3), os alunos perceberam que após a aplicação da força, aquele que possuísse maior massa deslocava-se menos do que o de massa menor. Em termos de velocidade foi percebido que os que possuíam maior massa desenvolviam uma velocidade menor, quando comparada aos que possuíam uma massa menor.

Os alunos perceberam através do movimento sentido pelo seu corpo e observado pelo corpo do colega, a relação entre massa e variação da quantidade de movimento, verificando que para uma massa maior a variação da quantidade de movimento é menor quando comparada a variação sofrida por um corpo com massa menor. Este deslocamento dos carros ocorreu em sentidos opostos, evidenciando, portanto o sentido da quantidade de movimento dos carros após a aplicação da força. Assim o princípio da conservação da quantidade de movimento fica evidenciado através desse experimento (ver Figura 6).



**Figura 8. O aluno com massa maior sofreu um deslocamento menor do que o aluno de menor massa.**

**Fonte: FERREIRA, *et al* (2005)**

A aula utilizando o carro de rolimã mostrou-se bem interessante, proporcionando ao processo de ensino-aprendizagem uma eficácia maior, uma vez que as aulas aconteceram fora do ambiente de sala de aula, além de ter exigido do aluno uma participação maior nas aulas através de sua interatividade com o experimento.

Com relação aos experimentos da dinâmica de rotação, existe uma dificuldade natural de quantificar as variáveis envolvidas. Não é tão simples mensurar o momento de inércia de um aluno com os braços abertos, ou encontrar a velocidade angular da roda giratória. Os valores de massa dos alunos envolvidos nas práticas não são suficientes para determinar tais dados, levando a prática experimental para o campo de experimento puramente demonstrativo.

Porém, este fato não desmerece a eficiência da aplicação da percepção do movimento circular pelo aluno (cinestesia). Em relação a uma aula puramente teórica, esta metodologia se mostrou bem mais atrativa, despertando o interesse por parte dos alunos, e fazendo com que a aprendizagem se dê de forma bem mais simples e rápida, sem exigir grandes esforços (ou imaginação) para compreensão. Embora os alunos tenham deixado que a imaginação toma-se de conta em alguns momentos. Foi possível identificar até mesmo



“barulhos de motos fazendo curvas”, como também “ruídos de helicópteros aterrissando” ou pedidos de socorro típicos em quedas desse veículo.

## 5. CONCLUSÕES

O uso de experimentos durante as aulas de Física comprovou a necessidade dos alunos perceberem na realidade o que a teoria exposta numa aula expositiva e mecânica, não deixa evidente. As experiências realizadas utilizando a interação do aluno e a percepção de movimento sentida pelos mesmos mostrou-se mais atrativa quando comparada a uma aula puramente teórica.

O mais importante do uso de experimentos interativos foi a possibilidade dos alunos poderem sentir o movimento e suas implicações através de sua interação direta com o experimento. De um modo geral os alunos encontraram em suas percepções, uma ponte capaz de estabelecer ligações e significados.

Essa interatividade também tornou possível a participação de todos durante as práticas, levando o aluno a sair da condição passiva para uma situação em que ele próprio constrói o campo conceitual, uma vez que ele é parte integrante do processo de ensino-aprendizagem.

Utilizando experimentos interativos conseguimos que as aulas de Física fossem explanadas de forma mais consistente, dinâmica e inovadora capaz de despertar o interesse do aluno.

## REFERÊNCIAS

BORGES, J. C. S., ALBINO JUNIOR, A., **A MOSTRA ANUAL DE FÍSICA DO RN: Ciência acessível a todos**. Revista Holos (Online), v.3, p.16 - 25, 2007.

CASTRO, Ronaldo A. de; CORREIA Filho, João A.; GONÇALVES, Heitor A., **A inserção da física moderna no ensino médio**, in: XV Simpósio Nacional do Ensino de Física, p 1780 – 1789, 2003.

FERREIRA, Mauryleia Marques; *et al.* **Análise das Leis de Newton através de Experimentos com um carro didático**. In: CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA, 1., 2006, Natal. **Anais ...** Natal: CEFET-RN. 1 CD-ROM.

**A contribuição da construção de modelos acessíveis para o ensino da física**. In: CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA, 1., 2006, Natal. **Anais ...** Natal: CEFET-RN. 1 CD-ROM.

GRAF, Grupo de Reelaboração do Ensino de Física; **Leituras de Física: Mecânica**. Instituto de Física da USP, 140p, 1998.

LAWS, Priscila; PFISTER, Hans. **Kinesthesia-1: Apparatus to Experience 1-D Motion**. The Physics Teacher, Vol. 33, April 1995.

MEC, **Bases Legais dos PCN – Ensino Médio**, Ministério da educação, 2002. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/baseslegais.pdf> Acesso em: 16 de dezembro de 2007.

ROMANO, Jair Carlos. Governo do Estado do Rio Grande do Norte: Ensino Médio de qualidade. Física. Natal: Sistema de Ensino Holos, 2004.

WIKIPÉDIA, A Enciclopédia livre. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Cinestesia> Acesso em: 15 mar. 2007