

ESTRATÉGIAS PARA UTILIZAR O PROGRAMA PROMETEUS NA ALTERAÇÃO DAS CONCEPÇÕES EM MECÂNICA♦

Gobara, Shirley Takeco¹ [gobara@dfi.ufms.br]

Piubéli, Umbelina Giacometti² [umbelina@dfi.ufms.br]

Rosa, Paulo Ricardo da Silva³ [rosa@dfi.ufms.br]

Bonfim, Aline Kassab⁴ [larine@enersulnet.br]

1,2,3,4 Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS

Resumo

Este artigo apresenta uma metodologia na qual simulações são usadas de modo a explorar as possibilidades apontadas pela estratégia de conflito cognitivo como uma ferramenta para modificar as concepções espontâneas apresentadas pelos estudantes, em nível universitário básico, no desenvolvimento do conteúdo Leis de Newton. Nossa abordagem do problema foi baseada no uso de um programa de simulação especialmente desenvolvido com este objetivo, chamado *Prometeus*. Realizamos três experimentos para verificar a eficácia do programa e propor a melhor estratégia de ensino a ser adotada ao utilizá-lo. Inicialmente o programa foi testado independente da seqüência formal de ensino desenvolvida pelo professor. Os resultados mostraram que a abordagem utilizada foi útil para levar os estudantes a questionar suas crenças pessoais mas a estratégia, baseada no uso do programa de forma isolada, não mostrou a capacidade de promover mudanças significativas nas idéias prévias dos estudantes. Na segunda oportunidade, o programa foi inserido no plano de ensino da disciplina como um recurso instrucional e foi introduzido após a formalização do conteúdo Leis de Newton. Os resultados obtidos não foram satisfatórios e um terceiro experimento foi realizado, com algumas modificações em relação ao experimento anterior. Os resultados deste último sugerem que a nova estratégia somada à motivação do grupo experimental influenciaram de forma significativa na modificação das concepções dos estudantes desse grupo. Apresentaremos uma discussão sucinta do programa, um resumo dos dois experimentos iniciais e um relato do último.

1. Introdução

Um dos assuntos já bastante discutidos pelos pesquisadores em ensino de Ciências está relacionado com as concepções espontâneas que os estudantes apresentam independente da escolarização. Essas concepções são esquemas explicativos construídos por meio da interação do indivíduo com o mundo físico e que revelam a maneira como cada pessoa interpreta os fenômenos de seu cotidiano. Algumas dessas concepções referem-se a conceitos em Física, sendo, muitas vezes, opostas aos modelos aceitos e utilizados no meio científico.

Na década de 70 as pesquisas buscaram levantar as diferentes concepções apresentadas pelos estudantes em relações a enúmeros conceitos de Física. Dentre os primeiros trabalhos encontra-se o realizado por Viennot (1979) com estudantes franceses. Os resultados deste trabalho mostram quais são as concepções mais freqüentes em Mecânica, mais especificamente com relação aos conceitos de força e Leis de Newton, e são de grande interesse para a pesquisa que desenvolvemos. Pesquisas posteriores dedicaram-se a identificar concepções em outras áreas da Física como Termodinâmica, Eletricidade e Óptica.

Na década de 80 as pesquisas apresentaram modelos que, inicialmente, propunham a substituição e/ou alterações dessas concepções para concepções científicas. As pesquisas, ainda, mostraram que uma das principais características das concepções espontâneas é a sua forte resistência a modificações. Mesmo professores de Física podem apresentar algum tipo de concepção espontânea em algum campo da Física. Outro problema relacionado às concepções espontâneas é que o ensino formal das escolas nem sempre é suficiente para que o modelo científico seja incorporado à estrutura cognitiva do estudante. Muitos estudantes, mesmo após terem cursado a disciplina Física, continuam utilizando os modelos espontâneos para explicar fenômenos físicos.

Não existe, entretanto, consenso na comunidade dos pesquisadores em Ensino de Física sobre a melhor maneira de levar um estudante a modificar suas concepções espontâneas, e nem mesmo se isto é um objetivo válido. Dentre as proposições que sugerem a modificação das concepções espontâneas, aquela expressa por Posner et al. (1982) aponta para a possibilidade de mudança conceitual quando os estudantes são colocados frente a situações onde as capacidades preditivas das concepções espontâneas falham. Essa idéia é muito difícil de ser colocada em prática. As concepções espontâneas são construídas em contato direto com o mundo real e, portanto, é muito difícil obter situações do cotidiano que possam estar em contradição com as previsões derivadas das idéias dos estudantes. Por exemplo, no laboratório nós não podemos criar situações onde não existam forças resistivas para realizar o movimento sem atrito algum. Para um estudante iniciante, isto é absolutamente necessário para demonstrar que não existe necessidade de que uma força seja aplicada para que o movimento se mantenha.

O uso de computadores em Educação, por sua vez, abre novas perspectivas e desafios para as pesquisas nesta área, em particular em Ensino de Física. No final do século vinte, com a introdução dos computadores pessoais e a acessibilidade de manuseios e o desenvolvimento de múltiplos aplicativos, a possibilidade de desenvolver aplicações mais baratas com objetivos educacionais tornou-se real. Como conseqüência, inúmeros artigos abordando formas de introduzir e utilizar o computador nos meios educacionais (formais e informais) têm surgido nas últimas décadas. As diversas formas de utilização de programas educacionais apresentadas na literatura podem ser agrupados em seis categorias: *Administração*, *Simulação*, *Instrução Assistida por Computador*, *Controle de Experimentos*, *Análise de Dados* e *Outras Aplicações* (Rosa, 1995). Um programa usado com objetivos educacionais pode ser classificado (e geralmente este é o caso) em duas ou mais dessas categorias.

Neste trabalho, nosso interesse é na categoria Simulação, a qual pode ser dividida em duas subcategorias: *Simulação Passiva* e *Simulação Dinâmica*. Por Simulação Dinâmica entendemos aquela que exige dos estudantes a criação de modelos ou, ao menos, a definição dos valores de parâmetros de uma dada situação. Por outro lado, por Simulação Passiva entendemos o tipo de simulação que não envolve qualquer processo de decisão por parte do estudante. O programa desenvolvido para esta pesquisa, chamado **Prometeus** (Rosa et al., 1997), pertence à primeira subcategoria. **Prometeus** é um programa que exige que os estudantes façam escolhas entre diferentes modelos propostos.

Nosso objetivo ao conceber o programa **Prometeus** foi criar condições similares àquelas que provocam o aparecimento das concepções espontâneas. Para atingir este objetivo, fazemos uso de um ambiente de simulação em microcomputador. Com este procedimento temos em mente induzir os estudantes a levantar questões para si mesmos sobre suas idéias anteriores e levá-los a comparar estas idéias com os resultados obtidos a partir das simulações feitas pelo programa.

Dentre as muitas questões que podem ser levantadas sobre este assunto, a questão que permeou o presente trabalho foi a seguinte: é possível alterar as concepções espontâneas apresentadas pelos estudantes em Mecânica usando um ambiente baseado em microcomputador capaz de criar um mundo virtual no qual essas concepções sejam verdadeiras?

Realizamos três experimentos para verificar a eficácia do programa Prometeus e propor a melhor estratégia de ensino a ser adotada ao utilizá-lo. Apresentaremos uma discussão sucinta do programa na seção 2. Uma síntese dos dois experimentos iniciais e os seus resultados mais relevantes na seção 3. Um relato do último experimento na seção 4, enquanto as principais conclusões serão apresentadas na seção 5 e a Bibliografia na seção 6.

2. O programa **Prometeus**

Prometeus é um programa escrito na linguagem C++. Ele é projetado para rodar sob os ambientes DOS, Windows e OS/2, sem necessidade de recompilação, e sob os sistemas operacionais System 7 e 8 e Unix com poucas modificações e recompilação, uma vez que seu código fonte não utiliza recursos do sistema intensivamente.

O programa tem dois módulos: um módulo de gerência (usado pelos pesquisadores ou pelo professor) e um módulo de usuário (usado pelos estudantes).

O primeiro módulo executa as tarefas de gerência do sistema pelo professor, registrando todas as interações dos alunos com o programa. Este módulo é composto de dois sub-módulos: Inclusão/Exclusão e Relatórios. A parte de Inclusão/Exclusão permite ao gerente do sistema cadastrar novos usuários e excluir usuários antigos. O sub-

módulo Relatórios permite ao gerente obter informações, tanto em nível individual como em nível de grupo, sobre o desempenho dos estudantes enquanto utilizam o programa: escolhas feitas, tempo gasto em cada seção, valores médios de tempo gasto por seção, etc.

O segundo módulo, responsável pela apresentação das simulações, apresenta a interface gráfica na qual ocorre a interação entre o estudante e o programa. Para usar o programa é necessário o uso de uma senha, a qual é fornecida automaticamente pelo programa quando o estudante é cadastrado.

O programa contém quatro tipos de situações do cotidiano: *Saque*, *Planetas*, *Circular* e *Vôlei*. A idéia básica é reproduzir situações do mundo real e dar ao estudante oportunidades de comparar os resultados das simulações com sua experiência de vida.

A categoria *Vôlei* apresenta várias situações onde um garoto faz um saque sobre uma rede em uma quadra de Vôlei. A segunda categoria, *Saque*, apresenta o mesmo garoto batendo na bola de modo que a bola vá para cima e o garoto a pegue quando ela desce até a sua mão. A terceira categoria de problemas, *Circular*, mostra o menino segurando uma bola que gira em torno do garoto, em círculos, ligada a ele por uma corda fina. Por fim a categoria *Planetas* mostra um planeta que gira em torno do Sol. A órbita e a velocidade do planeta obedecem as leis de Kepler.

Para cada categoria de simulação, existem três ou quatro sub-situações, com pequenas variações entre elas (por exemplo, o ponto onde a imagem é congelada). Qual situação será explorada é uma escolha do estudante. Para cada situação o estudante dispõem de cinco opções. Cada opção apresenta um diagrama de força mostrando uma ou mais forças, as quais são as possíveis causas do movimento observado. Naturalmente, a opção aceita como correta pela comunidade científica está presente e as outras opções são as concepções espontâneas normalmente encontradas em pesquisas sobre o assunto.

O *modus operandi* do programa é o seguinte: o estudante escolhe uma dada situação e o programa simula a escolha feita de acordo com as leis da Física **corretas** para aquele caso. Após alguns segundos o programa pára e congela a imagem na tela, perguntando ao estudante qual dentre as opções apresentadas é a correta. Após o estudante ter escolhido uma delas o programa continua a simulação mas, agora, seguindo a lei proposta pelo estudante. A nova trajetória dos vários objetos é calculada através da solução numérica da segunda lei de Newton, usando como força resultante aquela proposta pelo estudante. Após algumas simulações (alguns segundos) o programa pergunta ao estudante se esse deseja continuar com aquela simulação ou trabalhar em outra situação.

O programa Prometeus foi concebido de modo a apresentar duas características principais:

- a) As simulações devem seguir as regras propostas pelos estudantes.
- b) O programa não dá a resposta correta. Mesmo quando a resposta dos estudantes é a resposta considerada correta o programa não diz ao estudante se ele acertou ou não.

O objetivo principal é tentar provocar um conflito entre as crenças dos estudantes e os resultados da simulação sempre que o estudante estiver frente a um resultado inesperado, em conflito com as predições obtidas a partir das suas concepções espontâneas. A estratégia geral adotada consiste em colocar os estudantes em uma situação onde o resultado *esperado* pelo estudante e o resultado da simulação não concordam, a menos que a resposta dada pelo estudante seja a correta.

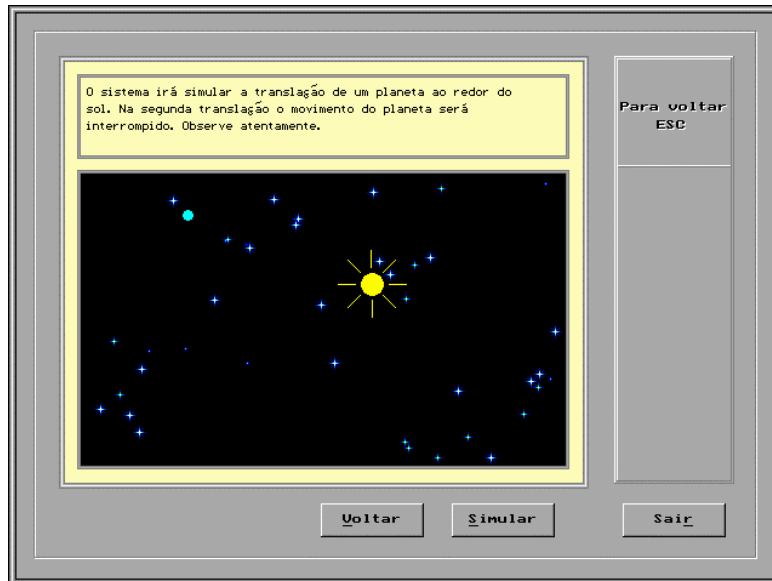


Figura 1- Simulação do movimento da Terra (em azul claro) em torno do Sol

Uma situação típica de trabalho consiste em simular uma dada situação comum aos problemas apresentados nos livros didáticos de Física, como a mostrada na figura 1. Nesta figura, mostramos uma situação da classe chamada *Planetas*. Nela, a Terra está em azul e o Sol em amarelo. A simulação começa com o planeta girando em torno do Sol, seguindo as leis de Kepler.

Após o planeta ter executado algumas voltas em torno do Sol a simulação é parada e os estudante são perguntados sobre qual (is) é (são) a (s) força(s) que governam o fenômeno. Então, eles podem escolher entre cinco opções, as quais são mostradas na lateral esquerda da imagem que aparece na tela do computador como mostrado pela figura2.

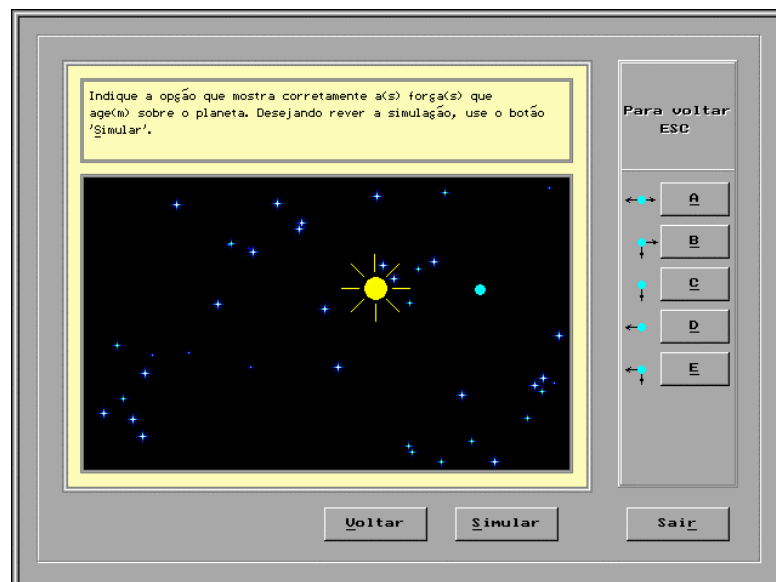


Figura 2 – Opções apresentadas aos alunos em uma das simulações na situação Planetas

As opções disponíveis são aquelas detectadas pela pesquisa em concepções espontâneas (Viennot, 1979; Gilbert & Zylberztajn, 1985; Peduzzi. & Peduzzi, 1985a; Silveira et al., 1986; Guimarães, 1987). Com este procedimento, pretendemos oferecer aos estudantes os caminhos epistemológicos pelos quais eles seguiriam naturalmente se eles tivessem as concepções espontâneas. Quando uma das opções apresentadas é escolhida, o programa simula o movimento do planeta seguindo a lei de força proposta pelo estudante. Algumas repetições são feitas e então o programa pergunta o que o estudante deseja fazer. São oferecidas duas alternativas: o estudante pode prosseguir com a mesma simulação ou ele pode começar uma outra simulação. Estas duas alternativas são propostas mesmo no caso de uma resposta correta.

3. Síntese dos dois experimentos iniciais

Os experimentos foram realizados com o objetivo de analisar como o uso do programa Prometeus influencia na alteração das concepções espontâneas de alunos em nível universitário básico. Faremos uma discussão sucinta sobre os pressupostos teóricos que nortearam a pesquisa e um relato breve dos dois experimentos realizados.

Vários trabalhos abordando concepções espontâneas são encontrados na literatura. Dentre os primeiros trabalhos encontra-se o realizado por Viennot (Viennot, 1979) com estudantes franceses. Os resultados deste trabalho mostram quais são as concepções em Mecânica mais frequentes, mais especificamente com relação aos conceitos de força e Leis de Newton, e são de grande interesse para a pesquisa que desenvolvemos.

Os principais resultados obtidos por Viennot (1979) em seu trabalho pioneiro sobre concepções espontâneas aborda a relação entre força e velocidade e estão resumidos abaixo.

(A) *Existência de uma força intrínseca ao corpo em movimento que explica a permanência deste em movimento após ser lançado.*

(B) *Força e velocidade são proporcionais, variação da força corresponde à variação da velocidade.*

(C) *Indiferenciação entre força e energia cinética.*

Embora as pesquisas tenham exaustivamente discutido a forte resistência dos estudantes em abandonar as concepções espontâneas, elas também têm mostrado que o ensino formal nem sempre é suficiente para que o modelo científico seja incorporado à estrutura cognitiva do estudante. Muitos estudantes, mesmo após terem cursado a disciplina Física, continuam utilizando os modelos espontâneos para explicar fenômenos físicos. O que implica no desenvolvimento de metodologias de ensino que levem em consideração as idéias prévias dos estudantes e que tenham como objetivo a substituição do conceito espontâneo pelo científico.

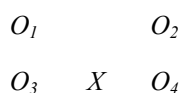
Uma das propostas que foram desenvolvidas com esse objetivo é o modelo de mudança conceitual (Posner, 1982). Segundo Posner, é necessário criar situações que não possam ser satisfatoriamente explicadas pelos modelos espontâneos (conflito cognitivo) e, a partir destas insatisfações, levar o estudante ao novo conceito. Essas insatisfações com o modelo atual constituem os chamados desequilíbrios na teoria de Piaget (Piaget & Inhelder, 1971; Piaget, 1975; Piaget 1978), que serviu de base para o trabalho de Posner. De acordo com Piaget, um indivíduo constrói, através de experiência direta com o mundo físico, os esquemas de assimilação aos quais vão-se incorporando as novas experiências com o passar do tempo. Quando uma nova situação não pode ser explicada por esquemas presentes na estrutura cognitiva, ocorre um desequilíbrio que pode levar a diferentes caminhos. Segundo Piaget, a assimilação ocorre quando uma nova idéia é “transformada” para adaptar-se à estrutura cognitiva antes de ser incorporada a ela. A acomodação ocorre quando os esquemas se modificam e, por consequência, a estrutura se modifica para incorporar a nova idéia. Há ainda a possibilidade de refutação da nova situação pelo sujeito, que mantém inalterada sua estrutura cognitiva.

O modelo de mudança conceitual de Posner tem por objetivo levar à acomodação de novos conceitos. Mas, para que esta ocorra, o estudante deve manifestar insatisfações com relação as concepções existentes e, além disso, o novo conceito deve ser inteligível, plausível, prever novos fenômenos e possibilitar o desenvolvimento de pesquisas posteriores. Caso contrário, o estudante não sentirá necessidade de mudança.

3.1. Delineamento e resultados do Experimento I

O programa Prometeus, no primeiro experimento, foi testado independente da seqüência formal de ensino desenvolvida pelo professor. Com esta abordagem, nós objetivávamos criar nos estudantes o conflito conceitual da maneira apontada por Posner et al. (1982): uma insatisfação com suas idéias anteriores quando estas idéias perdem o seu caráter preditivo.

De modo a investigar a eficiência da estratégia escolhida para alterar as concepções espontâneas dos estudantes optamos por um delineamento experimental com pré e pós testes (Campbell and Stanley, 1979):



Neste tipo de diagrama, o tempo flui da esquerda para a direita e cada linha mostra uma seqüência de

observações para cada grupo. O símbolo O_x significa que foi feita uma observação rotulada por x para aquele grupo. Assim, O_1 significa a primeira observação para o grupo para o qual os dados são mostrados na primeira linha. Esta observação é seguida por outra, simbolizada por O_2 . O símbolo X significa que nós aplicamos o tratamento ao segundo grupo e este tratamento foi aplicado entre a primeira e a segunda observações desse grupo (aqui simbolizadas por O_3 e O_4). É importante observar que a observação rotulada como O_1 para o primeiro grupo (primeira linha) é feita ao mesmo tempo que a observação rotulada como O_3 para o segundo grupo.

Os grupos de controle e experimental, ambos com 15 estudantes, foram retirados de uma turma de Física Teórica do curso de Engenharia da UFMS. Esta disciplina cobre conteúdos de Mecânica e Termodinâmica. Como toda turma regular de uma universidade, a turma da qual os grupos de controle e experimental foram retirados não é formada aleatoriamente a partir da população total. Logo, os grupos de controle e experimental, embora formados por escolha aleatória *dentro da turma*, onde a atribuição de um aluno da turma ao grupo de controle ou ao grupo experimental foi feita por sorteio, não satisfazem o critério de escolha aleatória dentro da população, daí a necessidade de um delineamento de tipo experimental com pré-teste (Campbell e Stanley, 1979).

O programa não foi usado no ambiente de sala de aula como ferramenta instrucional por parte do professor. E os estudantes do grupo experimental receberam as seguintes orientações sobre o uso do programa:

- a) O comparecimento ao laboratório de computação era opcional e os estudantes iam ao laboratório em horários diferentes dos horários de aula.
- b) Os estudantes pertencentes ao grupo experimental tinham livre acesso ao laboratório de computação.

O uso do programa pelo grupo experimental foi opcional pois pretendíamos verificar uma segunda questão, se o programa, por si só, seria capaz de estimular os estudantes em uma situação onde não há obrigatoriedade de participar das sessões de simulação.

O grupo de controle não teve interação alguma com o programa durante o estudo. Ambos os grupos tiveram o mesmo professor.

Foram usados como pré-teste três verificações independentes.

1. Um teste escrito sobre concepções espontâneas.
2. A análise dos escores no exame de Física do vestibular.
3. Um Teste de Associação Numérica de Conceitos.

O pós-teste por sua vez, também era composto por três verificações independentes:

1. Um teste escrito sobre concepções espontâneas, diferente do pré-teste.
2. A análise de entrevistas tomadas enquanto os alunos utilizavam o programa.
3. Um Teste de Associação Numérica de Conceitos, diferente do pré-teste.

Os resultados obtidos dos diferentes instrumentos acima referidos somados aos resultados das entrevistas realizadas com os estudantes do grupo experimental, mostraram que a estratégia baseada no uso do programa, usada de forma independente do trabalho em sala, não se mostrou eficaz para modificar as concepções espontâneas dos estudantes. As entrevistas mostraram que a confiança dos estudantes em suas idéias prévias é mais fraca após a interação com o programa. Entretanto, os estudantes não mostraram uma clara modificação dessas crenças em direção às idéias científicas. Estes estudantes ao escolherem a opção que simulava uma das concepções espontâneas se surpreendiam e buscavam outras opções. E em momento algum eles manifestaram, explicitamente, dúvidas se o programa estava certo ou não. Todos aceitaram a hipótese de que o programa estava correto, o que sugere que o computador gera nos estudantes confiança absoluta.

O programa também confirmou, através das respostas escolhidas nas diferentes simulações, as concepções espontâneas desses estudantes anteriormente detectadas no pré-teste escrito. Portanto, o programa pode ser usado como uma ferramenta de detecção dessas concepções no lugar de testes escritos.

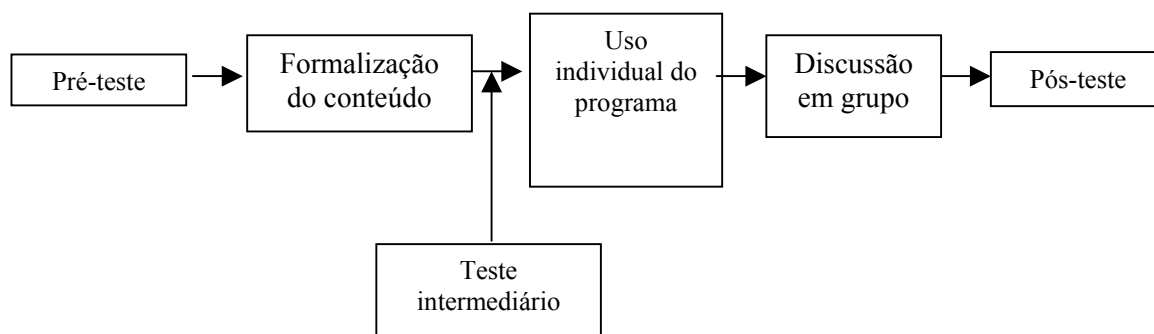
Os resultados desse primeiro experimento, embora não tenham conduzido os estudantes à mudança que esperávamos, nos levou a supor que se o programa fosse inserido no plano de ensino da disciplina como uma ferramenta regular, respeitadas os preceitos da estratégia por conflito cognitivo, os seus efeitos poderiam ser mais fortes e observáveis.

3.2. Delineamento e resultados do Experimento II

O segundo experimento foi realizado, levando em conta os resultados e os objetivos do primeiro. O programa Prometeus, neste caso, foi utilizado como material instrucional durante o desenvolvimento do conteúdo Leis de

Newton para os alunos da disciplina de Física Geral e Experimental do curso de Matemática – Licenciatura Plena, no ano de 2000. Este grupo era constituído, inicialmente, por 18 estudantes. Durante o decorrer das atividades, alguns estudantes desistiram da disciplina e até mesmo do curso, o que é comum em cursos da área de Exatas.

A metodologia da pesquisa adotada foi esquematizada pelo diagrama abaixo:



O delineamento inicialmente escolhido foi: $O \quad X \quad O$
 $O \quad O$

ou seja, constituído por um grupo experimental e um grupo de controle. Novamente, a impossibilidade de se dividir o grupo escolhido em dois outros grupos, fez com que executássemos o seguinte delineamento:

$O \quad X \quad O$

classificado como um delineamento pré-experimental (Campbell e Stanley, 1979).

A primeira atividade realizada no desenvolvimento dessa pesquisa foi a aplicação de um pré-teste (07/04/00), para identificar as concepções do grupo. Em seguida, o conteúdo Leis de Newton foi introduzido e formalizado durante as aulas. Após a formalização desse conteúdo os estudantes realizaram o teste intermediário (30/05/00), cujo objetivo era verificar se alguma mudança havia ocorrido apenas com o estudo formal das Leis de Newton.

Na aula seguinte ao teste intermediário ocorreu a primeira interação, individual e obrigatória, com o programa Prometeus. Nesta oportunidade, foi sugerido aos estudantes que utilizassem o programa em novas interações. Após a interação, no mesmo dia, houve uma discussão em sala de aula sobre as situações do Prometeus para verificar se o programa havia causado insatisfações nos estudantes em relação às concepções espontâneas. Após um intervalo de um mês e alguns dias, foi aplicado o pós-teste aos estudantes (11/07/00).

A análise dos testes da amostra considerada (alunos que participaram dos três testes) consistiu na comparação qualitativa das respostas apresentadas no pré-teste, dos alunos que não haviam interagido com o programa Prometeus, com as respostas do teste intermediário, realizado após as aulas sobre o conteúdo Leis de Newton, e o pós-teste, realizado após a interação com o programa. E uma entrevista com o professor da disciplina.

Analisando o pré-teste aplicado aos estudantes, verificamos que as concepções mais frequentes para o grupo escolhido foram as mesmas sugeridas pelo trabalho pioneiro de Viennot(1997). Todos os estudantes revelaram possuidores de concepções espontâneas exaustivamente repertoriadas pela literatura citada na introdução deste.

Nas sub-seções que se seguem serão apresentadas os resultados das análises de cada teste, relatando-se as possíveis mudanças nos modelos espontâneos dos estudantes, bem como a sua permanência e resistência à mudança dos mesmos.

3.2.1 resultados do Pré-Teste e Teste Intermediário

A análise do pré-teste dos estudantes que participaram do experimento II nos confirmou, como já era esperado, que as concepções apresentadas por esse grupo eram as mesmas sugeridas pelo trabalho de Viennot.

No teste intermediário não foram constatadas alterações significativas nas concepções espontâneas desses estudantes. Eles continuaram apresentando a idéia de força na direção do movimento, como podemos verificar nas respostas dos estudantes para a questão 1 desse teste. Tratava-se de uma pedra lançada horizontalmente. Todas as respostas dos estudantes envolveram duas forças: uma na horizontal, que faz o corpo ir para frente, e outra na vertical, que faz o corpo cair. A análise do teste intermediário nos confirmou que o ensino formal não foi suficiente para levar esses estudantes a abandonarem os seus modelos espontâneos e também para nos certificarmos de que não havia ocorrido mudanças anteriormente ao tratamento experimental, neste caso a utilização do programa Prometeus.,

3.2.2 Análise da interação dos alunos com o programa Prometeus

Durante o período entre a primeira interação com o programa e o último teste aplicado, os estudantes tiveram acesso livre ao Prometeus e foi-lhes recomendado que o utilizassem outras vezes. Os dados armazenados no próprio programa revelaram que as interações foram poucas e não corresponderam às nossas expectativas, o que foi interpretado como um desinteresse desses estudantes pelo programa.

Após a primeira interação ocorreu a discussão com o grupo, que consistiu na análise das situações do programa, as quais foram discutidas uma por uma, no quadro, com os estudantes. Segundo a professora, responsável pela disciplina e pela execução da metodologia adotada, durante a discussão os estudantes não mostraram insatisfações com seus modelos espontâneos. Ao longo dessa discussão, segundo a professora, os estudantes conseguiram responder algumas questões corretamente por serem muito semelhantes.

3.2.3 Análise e Resultado do pós-teste

O pós-teste foi constituído por 11 questões de múltipla escolha, aplicada após os estudantes terem interagido com o programa Prometeus e discutido sobre as situações do programa com o professor. O objetivo desse teste foi verificar a ocorrência de alterações com relação às concepções apresentadas no pré-teste e no teste intermediário.

Nas questões 1, 2, 3 e 4 foi solicitado aos estudantes que assinalassem a alternativa que representava as forças que estavam agindo sobre o corpo em movimento.

A questão 1 tratava de uma bolinha de snooker que recebia uma tacada de um jogador e que se movia sobre a mesa em direção à caçapa. Com exceção do estudante DE, todos assinalaram alternativas que continham uma força na direção do movimento da bolinha, revelando, assim, a permanência do modelo espontâneo.

A segunda questão tratava de um bloco que era jogado de baixo para cima ao longo de um plano inclinado liso (a figura no teste representava o corpo subindo). Não houve acertos nessa questão. Os estudantes LC e RO consideraram uma força na direção do plano mas no sentido contrário ao movimento do bloco. O restante do grupo considerou uma força na direção do plano e no mesmo sentido do movimento atuando sobre o corpo (“puxando-o para cima”).

Na questão 3, que tratava de uma pedra lançada horizontalmente da janela de um edifício, e na questão 4, que tratava da trajetória parabólica de uma bolinha tacada por um golfista, ocorreu um grande número de acertos. A questão 3 do pós-teste e a questão 1 do teste intermediário eram idênticas. Ao verificarmos o desempenho dos estudantes em ambos os testes constatamos uma melhora significativa no número de acertos, passando de zero no teste intermediário para seis no pós-teste. Esse resultado nos pareceu indicar que esses estudantes, ao interagirem com o programa, teriam sido influenciados a ponto de questionar e reavaliar os conceitos envolvidos nesta questão visto que, uma situação semelhante às questões 3 e 4 foi sugerida no programa Prometeus. Trata-se da situação de um garoto que dá um saque numa bola de vôlei e, após a bola atravessar a rede, a imagem é congelada. Pede-se então, que o estudante escolha a alternativa que representa as forças que atuam nesta situação.

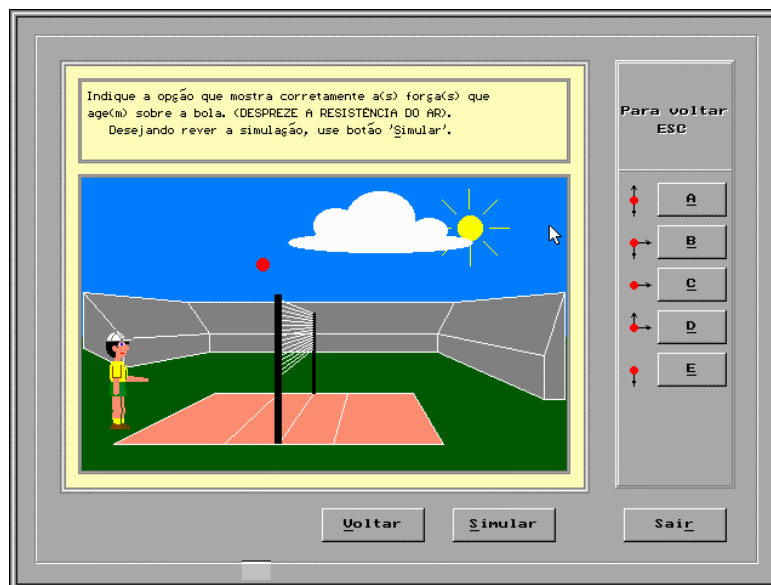


Figura 1 – Tela do Prometeus – situação voleibol

A análise das outras questões do pós-teste entretanto revelou a forte presença de concepções observadas no pré-teste e no teste intermediário. Os estudantes continuavam associando aumento de força com o aumento de velocidade.

No geral, verificamos que os estudantes não obtiveram bons desempenhos. A análise dos testes mostrou que nem o ensino formal e nem o programa Prometeus foram, no espaço de tempo observado, potencialmente eficazes para alterar os modelos espontâneos da maioria dos estudantes do grupo considerado. A este resultado soma-se a desmotivação manifestada por esses estudantes em relação à disciplina Física Geral e Experimental, já que se tratava de estudantes de um curso de Matemática. Entretanto, de acordo com a professora responsável pela disciplina, o comentário que se ouviu dos estudantes foi o seguinte: “*O programa serviu para nos mostrar que não sabemos as Leis de Newton, como pensávamos saber.*” Essa afirmação pode ser analisada sob dois aspectos: um que confirma o resultado observado no experimento I em relação a crença absoluta no programa e o outro aspecto está relacionado ao papel auto avaliativo do programa evidenciado nas manifestações espontâneas dos estudantes.

Esses resultados embora não tenham levado ao objetivo maior que era a alteração das concepções desses estudantes, eles revelaram algumas mudanças no comportamento dos estudantes em relação ao primeiro experimento, guardadas as limitações comparativas entre os experimentos. Restava ainda investigar outras hipóteses que não tinham sido esgotadas nos dois experimentos anteriores: a intensificação das discussões das situações propostas pelo Prometeus entre os estudantes e o professor e a motivação pelo assunto.

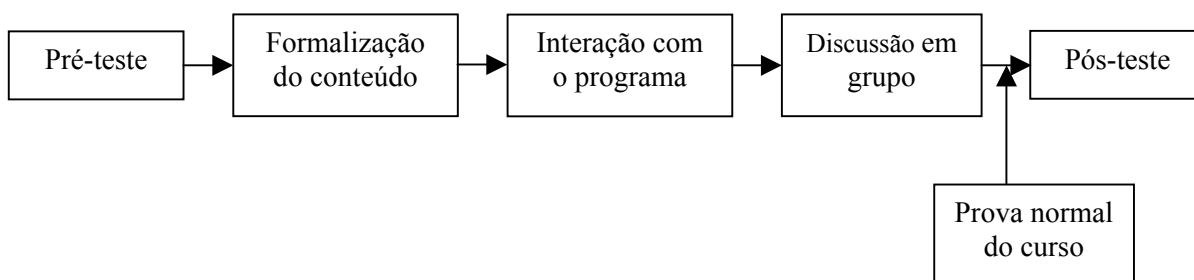
4. Metodologia e desenvolvimento do Experimento III

Como continuidade do nosso trabalho, para verificar se o programa Prometeus poderia contribuir na alteração de concepções espontâneas dos estudantes, implementamos um novo experimento com uma metodologia semelhante à anterior porém para uma amostra experimental diferente, visto que, neste caso, estávamos interessados em verificar o aspecto motivacional do conteúdo do programa. O grupo escolhido foi uma turma de alunos do curso de Bacharelado em Física/2001, constituída por calouros e dependentes na disciplina de Mecânica e Termodinâmica F.

O delineamento escolhido foi : $O \quad X \quad O$

o mesmo utilizado no experimento II, com apenas um grupo experimental. A diferença entre as metodologias é que, nesta última, os estudantes interagiram uma única vez com o programa, não foi aplicado o teste intermediário e intensificamos a discussão das situações apresentadas no programa. Essa escolha foi tomada considerando os resultados das pesquisas relatadas anteriormente (Rosa et al, 2000; Bonfim, 2001).

O diagrama abaixo mostra como a metodologia da pesquisa foi desenvolvida:



Primeiramente foi aplicado o pré-teste (10/04/01) e, em seguida, foi ministrado todo o conteúdo Leis de Newton aos estudantes. Após a formalização do conteúdo, os estudantes interagiram com o programa Prometeus seguida da discussão, com o grupo, das situações apresentadas pelo programa. A última atividade foi a aplicação do pós-teste (01/06/01), sendo que no período entre a interação com o programa e o pós-teste, os estudantes realizaram a prova normal do curso sobre o conteúdo de Dinâmica.

Do grupo inicial, 26 estudantes realizaram o pré-teste, 21 realizaram o pós-teste e 21 interagiram com o programa. Como nosso critério foi incluir na amostra final analisada apenas os estudantes que participaram das três atividades, pudemos analisar somente os testes de 14 estudantes.

O pré-teste foi elaborado contendo 6 questões de múltipla escolha, as quais já haviam sido utilizadas no teste intermediário para o grupo de estudantes da Matemática. Além de escolherem uma alternativa, os estudantes deveriam justificá-la.

As mesmas concepções observadas no pré-teste do grupo da Matemática foram identificadas para o grupo da Física como mostram os exemplos abaixo:

Exemplo para concepção (A):

Justificativa do estudante SA para a questão da pedra lançada horizontalmente: *“existem duas forças agindo sobre a pedra, uma horizontal que fez com que a pedra fosse lançada para fora da janela, e outra vertical para baixo, atraindo para o solo”*

Exemplo para concepção (B) :

Justificativa do estudante DE para a questão do garoto empurrando a caixa: *“...pois a força aplicada é um pouco maior que a força de atrito, logo a velocidade vai ser constante e também pequena”*.

No pós-teste, com questões já utilizadas em testes do grupo de Matemática, verificamos mudanças para diversos estudantes. O estudante DA, na 5ª questão do pré-teste, sobre o garoto empurrando a caixa, justificou a escolha de uma alternativa que continha concepção espontânea: *“se a força diminuir com a ação de uma força externa contrária a ela, sua velocidade também diminuiria.”* Já no pós-teste, para a questão do elevador que é semelhante à citada anteriormente, o estudante justificou a escolha da alternativa correta: *“mesmo que a força aplicada pelo motor diminua, continua sendo maior que a peso, então existe uma aceleração e a velocidade aumenta.”*

A análise do pós-teste mostrou ainda que o maior número de erros ocorreu nas questões 5 e 6, referentes ao motor exercendo força sobre o elevador e que abordam a concepção de força proporcional à velocidade.

A tabela 2 apresenta uma comparação entre o desempenho dos estudantes em ambos os testes: (S = sim, presença de concepções e N = não, ausência de concepções). Como pudemos concluir da análise dos testes, todos os estudantes que receberam “S” na tabela 2 continuavam apresentando a concepção (B). Os estudantes AL, DE, RO e VI foram os únicos que continuaram apresentando também a concepção (A).

| Aluno | Acertos | | Concepções | |
|-------|-----------|-----------|------------|-----------|
| | Pré-teste | Pós-teste | Pré-teste | Pós-teste |
| AF | 6 | 7 | N | N |
| AL | 0 | 3 | S | S |
| AP | 1 | 7 | S | N |

| | | | | |
|----|---|---|---|---|
| CL | 2 | 7 | S | N |
| DA | 1 | 7 | S | N |
| DE | 0 | 0 | S | S |
| GE | 1 | 6 | S | S |
| HA | 1 | 5 | S | S |
| KE | 1 | 3 | S | S |
| RA | 0 | 7 | S | N |
| RO | 1 | 3 | S | S |
| SA | 0 | 7 | S | S |
| VI | 0 | 2 | S | S |
| YA | 0 | 4 | S | S |

Tabela 2 - Tabela comparativa de desempenho dos estudantes

O que a tabela acima mostra é que a maioria dos estudantes evoluiu, quanto ao número de acertos nas questões, do pré-teste para o pós-teste. Exceção é feita, como pode ser visto, ao estudante DE, que não apresentou nenhuma evolução, e ao estudante AF, que não apresentou concepções espontâneas em nenhum dos testes.

Para o grupo da Física, a discussão das situações ocorreu com a apresentação das situações do programa utilizando-se de um datashow. De acordo com a professora², o comportamento dos estudantes de Física foi muito diferente daquele dos estudantes de Matemática.

Segundo a professora, já na atividade de interação com o Prometeus, os estudantes mostraram-se animados, inclusive fazendo disputas entre si para ver quem conseguia acertar as questões com o menor número de tentativas. Durante a discussão em sala de aula, entre o professor e os estudantes, estes participaram fazendo perguntas e também discutindo entre si.

O comportamento observado neste caso, que diferiu da turma de Matemática, pode ser justificado principalmente pelo interesse desses estudantes pela disciplina e pelo conteúdo, Leis de Newton, já que se tratava de alunos do curso de Física. Para este grupo, segundo a professora, a atividade de interação com o programa foi mais interessante, e alguns estudantes manifestaram vontade de mostrá-lo para colegas que não são do curso de Física a fim de “testá-los”. Ela afirmou ainda que, ao comparar as turmas experimentais da Matemática e da Física, a primeira foi mais apática e passiva durante a execução do programa e principalmente na discussão em grupo.

Os resultados apresentados na análise dos testes sugerem que a nova metodologia adotada somada à motivação dos estudantes de Física contribuiu para o bom desempenho obtido no pós-teste, em relação às concepções apresentadas no pré-teste.

5. Conclusões

Sabe-se que, a partir da interação com o mundo físico, as pessoas e, em particular, os estudantes, constroem os chamados modelos espontâneos, os quais são utilizados para explicar os fenômenos observados no dia a dia. Tais modelos, como a nossa pesquisa também confirmou, são dificilmente alterados através da simples exposição de conteúdo científico aos estudantes.

As principais concepções em Mecânica, apresentada na literatura, foram identificadas nos pré-teste dos três experimentos. A interação dos estudantes com o programa revelou potencialmente útil para detectar essas concepções.

Cabe aqui reforçarmos que o objetivo principal de nossa pesquisa não foi testar a qualidade do programa Prometeus, mas as influências que ele poderia causar na alteração de concepções espontâneas quando inserido no desenvolvimento do conteúdo de uma disciplina. Os nossos resultados mostraram que uma estratégia baseada apenas na interação isolada do estudante com o programa, não seria a mais adequada de acordo com as análises dos testes do experimentos I.

No segundo experimento, a primeira interação dos estudantes com o programa Prometeus ocorreu após o teste intermediário, quando já havia sido estudado todo o conteúdo Leis de Newton. Foi sugerido aos estudantes que, além da primeira interação (obrigatória), eles voltassem ao laboratório para utilizar o programa outras vezes.

² A professora responsável pela disciplina Mecânica e Termodinâmica F para o curso de Bacharelado em Física/2001 foi a mesma do grupo da Matemática.

Nossa expectativa, ao inserirmos o programa no desenvolvimento do conteúdo da maneira como fizemos, era de que os estudantes o utilizassem várias vezes, levantando questões que, pouco a pouco, pudessem levá-los a substituir o modelo espontâneo pelo científico. Como foi visto na análise da interação dos alunos com o programa, a falta de interesse e atenção necessários nessa atividade foi um fator que contribuiu desfavoravelmente aos resultados esperados ao final desta etapa do trabalho.

Um outro fator que contribuiu para os resultados insatisfatórios dessa etapa pode ser atribuído à falta de motivação dos estudantes em relação à disciplina Física Geral e Experimental, considerando-se que eram estudantes de Matemática. Como consequência desses resultados, desenvolvemos uma estratégia com semelhanças à anterior, para uma turma de estudantes do curso de Física. Os resultados obtidos para essa nova amostra foram satisfatórios, mesmo tendo ocorrido uma única interação com o programa. Esse resultado pode ser atribuído, neste caso, ao interesse dos estudantes pelo programa, o que os motivou a se dedicarem às atividades e, principalmente, a participarem energeticamente da discussão das situações do programa. A discussão do programa foi considerada a atividade mais importante para este grupo e fundamental para esgotar as insatisfações provocadas pelas situações apresentadas pelo programa. Neste caso, uma única interação com possibilidades de várias tentativas, por parte dos estudantes, foi suficiente para o bom desempenho verificado no pós-teste.

As estratégias que desenvolvemos utilizando o programa Prometeus, com o objetivo de levar os estudantes a alterarem seus modelos espontâneos pelos modelos científicos, devem servir de referência para professores que queiram trabalhar as concepções de seus estudantes. As situações propostas pelo Programa Prometeus não se esgotam apenas nas simulações realizadas pelo estudante como os experimentos mostraram, é preciso escolher estratégias adequadas. Essas estratégias podem e devem ser buscadas em função das características de cada grupo. Não podemos deixar que a existência dessas concepções seja ignorada durante o ensino de conteúdos em Física, mesmo que estas se mostrem muito resistentes às mudanças.

6 Bibliografia

1. BONFIM, A. K. (2000/2001) *Influência do uso do programa Prometeus na alteração das concepções espontâneas de estudantes de Física Básica*. Projeto de Iniciação Científica.
2. CAMPBELL, D. T.; STANLEY, J. C. (1979) *Delineamentos experimentais e quase-experimentais de pesquisa*. (São Paulo: EPU/EDUSP)
3. DRIVER, R.; ECKISON, G. (1983) Theories in action : Some theoretical and empirical issues in the study of students' conceptual framework in science. *Studies in Science Education*, 10, pp. 37-60.
4. GOBARA, S.T.; ROSA, P.R.S.; PIUBELI, U.G. (2000) *Análise da influência do uso de microcomputadores nas alterações das concepções espontâneas em nível universitário básico*. Trabalho apresentado na VII Conferência Interamericana sobre Educação em Física, Porto Alegre (Canela), 03 a 07 de julho de 2000.
5. GILBERT J. K.; ZYLBERZTAJN A. (1985) A conceptual framework for science education : the case study of force and movement, *European Journal of Science Education*, 7(2), pp. 107-120.
6. GUIMARÃES, L. A. M. (1987) *Concepções prévias x concepções oficiais na física do segundo grau*. Dissertação de Mestrado. Niterói, Universidade Federal Fluminense. 174 p.
7. OGBORN J. (1985) Understanding students understanding: an example from dynamics. *European Journal of Science Education*, 7(2), pp. 141-150.
8. PIAGET, J., INHELDER, D. *O desenvolvimento das quantidades físicas na criança*. Rio de Janeiro, Zahar Editores, 1971.
9. PIAGET, J. *Vida e obra*. In: *A epistemologia genética; Sabedoria e ilusões da Filosofia; Problemas de Psicologia Genética*. São Paulo, Abril Cultural, 1978. (Os Pensadores).
10. PIAGET, J. *A equilíbrio das estruturas cognitivas - Problema central do desenvolvimento*. Trad. Marion Merlone dos Santos Penna. Zahar Editores, Rio de Janeiro, 1975. Ciências da Educação.
11. PEDUZZI, O. Q. e PEDUZZI, S. (1985a) Força e movimento de projéteis. *Cad. Cat. De Ensino de Física* 2(3).
12. PEDUZZI, O. Q. e PEDUZZI, S. (1985a) O conceito intuitivo de força no movimento e as duas primeiras leis de Newton. *Cad. Cat. De Ensino de Física* 2(1).
13. POSNER, G.J.; STRIKE, K. A.; HEWSON, P.W.; GERTZOG, W.A (1982) Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), pp. 211-227.
14. ROSA, P. R. S. (1995) O uso de computadores no ensino de Física. Parte I: potencialidades e uso real.

- Revista Brasileira de Ensino de Física*, **17**(2), pp. 182-195.
15. ROSA, P. R. S. et al (1997) *Memorial descritivo...*
 16. SILVEIRA, F. L.; MOREIRA, M. A. & AXT, R. Validação de um teste para detectar se o aluno possui a concepção newtoniana sobre força e movimento. *Ciência e Cultura*, **38**(12), 1986.
 17. VIENNOT, L. (1979) Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*, **2**(1), pp. 205-221.