



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

JOSÉ OSVALDO NOGUEIRA BEZERRA

INVESTIGAÇÃO SOBRE O AUXÍLIO DO *SOFTWARE*
MODELLUS NO ESTUDO DA CINEMÁTICA

FORTALEZA
2010

JOSÉ OSVALDO NOGUEIRA BEZERRA

INVESTIGAÇÃO SOBRE O AUXÍLIO DO *SOFTWARE*
MODELLUS NO ESTUDO DA CINEMÁTICA

Monografia submetida à Coordenação do Curso de Graduação em Licenciatura em Física, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciado em Física.

Área de concentração: Ensino de Física

Orientador: Professor Especialista Ricardo Normando Ferreira de Paula

FORTALEZA
2010

B574i

Bezerra, José Osvaldo Nogueira

Investigação sobre o auxílio do *software Modellus* no estudo da Cinemática / José Osvaldo Nogueira Bezerra. – Fortaleza: [s.n.], 2010.
62 f.: Il.

Orientador: Prof. Ricardo Normando Ferreira de Paula

Área de concentração: Ensino de física

Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Ceará,
Departamento de Física, Fortaleza, 2010

1. Física – estudo e ensino. 2. Ensino de física

CDD 530.07

JOSÉ OSVALDO NOGUEIRA BEZERRA

INVESTIGAÇÃO SOBRE O AUXÍLIO DO *SOFTWARE*
MODELLUS NO ESTUDO DA CINEMÁTICA

Monografia submetida à Coordenação do Curso de Graduação em Licenciatura Plena em Física, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Licenciado em Física. Área de concentração: Ensino de Física.

Aprovada em ____ / ____ / ____.

BANCA EXAMINADORA

Professor Especialista Ricardo Normando Ferreira de Paula (Orientador)
Universidade Federal do Ceará – UFC

Professor Ms. Francisco Hebert Lima Vasconcelos (Co-orientador)
Universidade Federal do Ceará – UFC

Professora Dra. Ivoneide Pinheiro de Lima
Universidade Estadual do Ceará – UECE (Examinadora externa)

A meu pai, a minha mãe, a minha noiva, ao meu filho, as minhas irmãs e a minha sogra.

AGRADECIMENTOS

Aos professores Ricardo Normando e Francisco Hebert, pela ajuda na elaboração desse trabalho e observações bastante profícuas.

Aos professores do departamento de Física, pela séria dedicação em relação ao ensino de Física.

A minha amada noiva, Patrícia, por todo o apoio e compreensão que me ajudaram a me concentrar neste trabalho.

Aos meus colegas de Licenciatura, pelo apoio benéfico ao longo desses árduos quatro anos de muita dedicação.

“Porque, para que, para quem, quando,
onde, como, com que meios,... ensinar
Física?”

(Professor Dr. Afrânio de Araújo
Coelho)

RESUMO

Apresenta uma investigação sobre uso de simulações em termos de motivação e auxílio na compreensão de enunciados de problemas de Física em relação a alunos da educação básica. Expõe as características e as bases de fundamentação teórica do Construcionismo e sua relação com o ensino mediado pelo computador. Demonstra as características da simulação, da modelagem, da programação. Descreve as características e propriedades do *software* de modelagem *Modellus*. Relata considerações obtidas das opiniões dos alunos a respeito do uso de simulação como ferramenta pedagógica. Realiza comparações entre as respostas de alunos estabelecidos em dois grupos, experimental e de controle, a questionários e trabalhos dirigidos. Tem como objetivos verificar as vantagens do uso de simulações no ensino de Física e a existência de um caráter motivacional das mesmas. Demonstra que o uso de uma simulação pode favorecer o aprendizado da interpretação de gráficos em Cinemática e a compreensão de problemas encontrados em livro-textos de Física.

Palavras-chave: Compreensão. Simulação. Motivação. *Modellus*. Construcionismo.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Mapa cognitivo sobre o <i>Modellus</i> (VEIT E TEODORO, 2002, p.91).....	33
Figura 3.2 - Tela inicial da versão 4.01 do <i>Modellus</i> (<i>Software Modellus 4.01</i>).....	34
Figura 5.1 – Grupo experimental - 09/09/2010 (Apêndice A) (<i>Software Microsoft Office Enterprise 2007</i>).....	39
Figura 5.2 – Grupo de controle - 09/09/2010 (Apêndice A) (<i>Software Microsoft Office Enterprise 2007</i>).....	40
Figura 5.3 – Grupo de controle - 04/10/2010 (Apêndice B) (<i>Software Microsoft Office Enterprise 2007</i>).....	41
Figura 5.4 – Grupo de controle - 04/10/2010 (Apêndice E) (<i>Software Microsoft Office Enterprise 2007</i>).....	42
Figura 5.5 – Grupo experimental – 07/10/2010 (Apêndice B) (<i>Software Microsoft Office Enterprise 2007</i>).....	43
Figura 5.6 – Grupo experimental – 07/10/2010 (Apêndice C) (<i>Software Microsoft Office Enterprise 2007</i>).....	44
Figura 5.7 – Grupo experimental – 07/10/2010 (Apêndice D) (<i>Software Microsoft Office Enterprise 2007</i>).....	45
Figura 5.8 – Grupo experimental – 07/10/2010 (Apêndice E) (<i>Software Microsoft Office Enterprise 2007</i>).....	46
Figura 5.9 – Histograma de frequência referente aos dados da tabela 1 (<i>Software Microsoft Office Enterprise 2007</i>).....	48
Figura 5.10 – Histograma de frequência referente aos dados da tabela 3 (<i>Software Microsoft Office Enterprise 2007</i>).....	49

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Frequência de alunos nas categorias “apuro e coerência”, “incoerência” e “não responderam”.....47
- Tabela 2** – Algumas medidas estatísticas das categorias referentes à atividade exploratória (Apêndice A), ao primeiro questionário (Apêndice B) e ao primeiro trabalho dirigido (Apêndice D).....48
- Tabela 3** – Frequência de alunos nas categorias “duas questões certas”, “uma questão certa” e “nenhuma questão certa”.....49

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OS PRINCÍPIOS CONSTRUCIONISTAS	14
2.1. As contribuições de Dewey.....	17
2.2 As contribuições de Paulo Freire.....	18
2.3. As contribuições de Paulo Freire.....	20
2.4. As contribuições de Lev Vygotsky.....	23
3. SIMULAÇÃO, MODELAGEM, PROGRAMAÇÃO E <i>MODELLUS</i>	27
4. METODOLOGIA	34
5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	39
5.1. Primeiro dia de aplicação – grupo experimental (Apêndice A).....	39
5.2. Primeiro dia de aplicação – grupo de controle (Apêndice A)	40
5.3. Segundo dia de aplicação – grupo de controle (Apêndice B).....	41
5.4. Segundo dia de aplicação – grupo de controle (Apêndice E).....	42
5.5. Terceiro dia de aplicação – grupo experimental (Apêndice B).....	43
5.6. Terceiro dia de aplicação – grupo experimental (Apêndice C)	44
5.7. Terceiro dia de aplicação – grupo experimental (Apêndice D).....	45
5.8. Terceiro dia de aplicação – grupo experimental(Apêndice E).....	45
5.9. Descrição estatística dos dados.....	47
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
APÊNDICES	57

1. INTRODUÇÃO

Apesar de que a idéia do uso das tecnologias da informação e comunicação no âmbito educacional seja uma premissa aceita pelos educadores, deparamo – nos com a necessidade de olharmos para as mesmas de forma crítica, pois corremos o risco de estarmos utilizando tais recursos fundamentados em um senso pedagógico tradicional e tecnicista. Isso implica uma subutilização dessas tecnologias, pois não fazemos com que elas auxiliem a construção do conhecimento, mas a memorização de informações que está cabalmente sujeita a se perder com o passar do tempo.

Dessa forma, este trabalho consiste numa investigação a respeito das vantagens de uso do *software* educacional *Modellus*, ferramenta cognitiva usada para auxiliar a assimilação de conhecimento simbólico, enfocando a compreensão de enunciados de Física e a motivação que ele pode fornecer a partir de seus recursos.

A referida investigação ocorreu de forma criteriosa com base em dados obtidos numa pesquisa de campo realizada com alunos da educação básica de duas escolas estaduais de ensino fundamental e médio da periferia de Fortaleza

Adotaremos como referencial teórico as idéias do Construcionismo de Papert (1994) para nos guiar na investigação nos apontando caminhos e possibilidades relativamente ao enfoque do uso do computador como uma ferramenta que auxilia o estudante na representação de suas idéias e construção do seu conhecimento.

Acreditamos que o Construcionismo seja uma adequada teoria para a investigação dos usos do computador numa perspectiva educacional, pois ela preconiza a ação do estudante sobre seus conteúdos e o registro da mesma.

Os resultados da pesquisa serão analisados de acordo com a comparação das respostas dadas por um grupo de alunos no qual simulações originadas a partir do *software Modellus* foram aplicadas, o grupo experimental, com as respostas fornecidas por um grupo no qual não houve a aplicação das mesmas, levando – se também em consideração aspectos de motivação e participação nas atividades da pesquisa.

O comportamento dos alunos participantes das atividades da pesquisa de campo também será analisado como base na participação dos mesmos e nas reações e propostas de situação que eles por ventura vierem a colocar.

A escolha do *software Modellus* está pautada no fato de que ele promove a elaboração de simulações interativas por meio de uma linguagem clara, o que nos possibilita tanto a execução de atividades exploratórias quanto de criação. Além disso, ele nos permite elaborar e reelaborar representações de nossas idéias e testar nossas hipóteses.

Além disso, as simulações criadas por meio do *Modellus* exploram com eficiência a representação de gráficos de cinemática o que pode nos auxiliar no ensino de grandezas como velocidade, aceleração, entre outras. Ele também pode nos ajudar a representar a natureza do movimento, bem como a alteração de valores para parâmetros.

As simulações também foram elaboradas tendo como pano de fundo situações comuns ao cotidiano dos alunos as quais foram estabelecidas por eles mesmos, haja vista que consideramos que esse tipo de atitude deve ser considerado ao realizarmos nossas práticas educativas. Também utilizamos como contexto, para nossas simulações, situações oriundas de questões de livros didáticos utilizados pelos alunos.

A justificativa para esse trabalho reside no fato de que a investigação do *Modellus* pode nos ajudar a entender um novo tipo de abordagem baseado na construção do conhecimento de acordo com os princípios construcionistas de Papert utilizando o computador e, mais especificamente, a simulação como ferramenta de mediação pedagógica em que o aluno exponha a suas idéias e aprendam por meio da ação.

Outra razão para a realização desta obra consiste no fato de podermos analisar as ações dos alunos com base no ciclo descrição – execução – reflexão – depuração – descrição (Valente, 1999) relativamente ao uso de uma simulação, observando também aspectos relacionados ao papel de quem a utiliza como recurso pedagógico.

Escolhemos como conteúdo para a aplicação da simulação a parte da Mecânica intitulada de Cinemática, pois estamos cientes de que o mesmo é o primeiro assunto tratado em Física nas escolas. Além disso, a Cinemática é vista tanto no nono ano do Ensino Fundamental quanto no primeiro ano do Ensino Médio.

No entanto, uma ressalva importante é necessária relativamente à profundidade de como a Cinemática é tratada nas séries referidas anteriormente. No nono do ensino fundamental a Cinemática é vista de forma superficial, haja vista que também são dados princípios fundamentais de Química nessa série, o que reduz a carga horária para a Física. No primeiro ano do ensino médio, a Cinemática recebe um tratamento mais profundo, pois nesse caso a compartimentalização curricular estabelece a Física como disciplina isolada e aumenta a carga horária da mesma.

O objetivo geral é investigar a motivação e o auxílio que as simulações elaboradas a partir de recursos fornecidos pelo *software* educacional *Modellus* pode propiciar em relação à compreensão de enunciados de problemas de Física por parte de alunos do Ensino Médio, bem como encontrar características que as coloquem dentro do ciclo de descrição-execução-reflexão-depuração-descrição.

Os objetivos específicos deste trabalho são: investigar o auxílio que a mediação fornecida por simulações criadas a partir do *Modellus* aos alunos em termos de compreensão de enunciados de problemas de Física com base em atividades de exploração; analisar a questão da motivação que o *software* educacional *Modellus* pode propiciar; verificar a eficiência do *Modellus* em permitir o entendimento da interpretação de gráficos da cinemática; analisar as características de uma simulação que se encaixam dentro do ciclo de descrição-execução-reflexão-depuração-descrição.

Este trabalho está organizado em seis capítulos que serão brevemente apresentados a seguir:

No capítulo 2, apresentamos as características da abordagem construcionista de uso do computador como auxílio para a construção do conhecimento, mostrando a postura do aluno, o ciclo de descrição-execução-reflexão-depuração-descrição e as bases de fundamentação do Construcionismo.

No capítulo 3, expomos algumas características dos *software* de simulação, modelagem, programação. Além disso, mostramos o *software* de modelagem computacional *Modellus*, pois o utilizamos para a elaboração das simulações utilizadas na aplicação da pesquisa.

Em seguida, no capítulo 4, mostraremos os procedimentos metodológicos utilizados na aplicação da pesquisa, expondo os recursos e instrumentos utilizados para a coleta de dados e as ações realizadas durante a mesma.

Depois disso, no capítulo 5, apresentaremos e analisaremos os resultados obtidos por meio da pesquisa.

Finalmente, no capítulo 6, apresentaremos as considerações finais a que chegamos ao analisarmos os resultados dessa investigação.

2. OS PRINCÍPIOS CONSTRUCIONISTAS

De maneira simplificada, podemos definir Construcionismo como a construção do conhecimento por meio de uma ação, por parte do aluno, de caráter concreto a qual propiciará a elaboração de algo que possa ser considerado um resultado evidente produzido com o auxílio do computador e de interesse do aprendiz. De acordo com Almeida (2000, p. 33), “É o aluno que coloca o conhecimento no computador e indica as operações que devem ser executadas para produzir as respostas desejadas.”

Assim podemos ver nesta definição que o emprego do computador corresponde a uma ferramenta que possibilita ao aluno resolver problemas significativos, ou seja, problemas solucionados de acordo com seus próprios modelos intelectuais, ou melhor, segundo aquilo que faz sentido na mente dele.

Dessa forma, o aluno detém o controle das ações sobre a máquina, não recebendo da mesma a informação de forma passiva. Os princípios construcionistas vão de encontro a essa passividade ao propor que o aluno atue em um ambiente em que haja a possibilidade de realizar várias ações de acordo com a vontade do aprendiz. Essa afirmação é ratificada por Almeida (2000, p. 32), quando propõe que o computador “lhe permite buscar informações em redes de comunicação à distância, navegar entre nó e ligações, de forma não – linear, segundo seu estilo cognitivo e seu interesse momentâneo”.

Em outras palavras, podemos afirmar também que o Construcionismo preconiza que a mediação do computador deve propiciar uma aprendizagem ativa por parte do aluno no sentido de promover a construção de seus conhecimentos a partir de seus próprios atos.

Essa ênfase na aprendizagem ativa apresenta como vantagem adicional a participação ativa do aluno, na medida em que é ele o real protagonista do processo de aprendizagem. Conforme, Almeida (2000, p. 34), “quando se trabalha sob a ótica da aprendizagem ativa, a interação que se estabelece entre as ações do aluno e as respostas do computador promove a participação ativa do aluno”.

O Construcionismo foi elaborado pelo professor de Matemática Seymour Papert nascido em Pretória, África do Sul, adaptando os princípios do Construtivismo piagetiano a atividades pedagógicas dentro do âmbito educacional. Ele também elaborou a

linguagem de programação Logo que se utiliza de recursos simples para originar novas situações de aprendizagem.

Papert também pertenceu à equipe de pesquisadores de Jean Piaget no Centro de Epistemologia Genética. Ele promoveu a síntese de conceitos de inteligência artificial com os princípios da teoria piagetiana. De acordo com Almeida,

“Ao articular conceitos da inteligência artificial com a teoria piagetiana, Seymour Papert propôs inicialmente uma metodologia, uma ‘filosofia’, e uma linguagem de programação Logo, que constituíram a abordagem construcionista. Posteriormente, com o advento de novas ferramentas de informática, suas idéias foram aplicadas a outros ambientes computacionais...”
(ALMEIDA, 2000, p.49)

Uma característica interessante do Construcionismo é a idéia de junção entre os domínios concreto e formal uma vez que os aspectos concretos da realidade são tomados como fonte de idéias e de modelos visando à elaboração de construções mentais. Segundo Papert *apud* Almeida (2000, 35), “A relação entre o concreto e formal é dialética, na medida em que o pensamento abstrato também é uma ferramenta que serve, como muitas outras, para intensificar o pensamento concreto.”

Uma vantagem considerada muito positiva na abordagem construcionista refere – se ao fato de o professor poder ter maiores possibilidades de entender aquilo que se passa na mente do aluno, pois a representação daquilo que o estudante realizou no computador fica acessível ao professor o qual poderá analisar as estratégias do aluno, os conceitos que ele adotou e as dificuldades que ele encontrou nas atividades mediadas pelo computador. Além disso, permite ao professor fazer com que os alunos relacionem os conhecimentos prévios com os novos conhecimentos.

Segundo Papert *apud* Almeida (2000, p. 34), esse tipo de postura do professor possibilita

“A interação do sujeito com a máquina, mas, sobretudo, possibilita a aprendizagem ativa, ou seja, permite ao sujeito criar modelos a partir de experiências anteriores, associando o novo com o velho na construção de programas constituídos por uma seqüência de comandos logicamente estruturados, desenvolvendo a idéia de organização hierárquica e revelando seu estilo de construção mental e representação simbólica.” (ALMEIDA, 2000, p. 34).

Dentro dessa perspectiva, o professor pode adequar sua prática pedagógica aos princípios construcionistas baseado no paradigma de programação denominado procedural

que se utiliza do ciclo descrição-execução-reflexão-depuração-descrição para realizar atividades mediadas por computador. Segundo Valente (1993), um esclarecimento sintético sobre este ciclo pode ser assim resumido.

“... o aluno realiza uma série de atividade que são de extrema importância na aquisição de novos conhecimentos. Primeiro, a interação com o computador através da programação requer a *descrição* em termos de uma linguagem formal e precisa. Segundo, o computador *executa* fielmente a descrição fornecida e o resultado obtido é fruto somente do que foi solicitado à máquina. Terceiro, o resultado obtido permite ao aluno *refletir* sobre o que foi solicitado ao computador. Finalmente, se o resultado não corresponde ao que era esperado, o aluno terá que *depurar* a idéia original através da aquisição de conteúdos ou de estratégias.” (VALENTE, 1993, p.3)

De acordo com as características desse ciclo, podemos inferir que ele auxilia na construção do conhecimento por forçar o aluno a buscar novas informações para a obtenção de um resultado que ele tinha em mente. Além disso, como ele está usando suas próprias soluções, haverá o estímulo de sua criatividade.

Esse ciclo também apresenta a vantagem de servir como âncora para que o aluno não somente pense sobre o conteúdo que está estudando, mas também reflita sobre este pensamento, ou seja, ele promove a metacognição. Dessa forma, o computador estaria servindo como um “espelho da mente”. Assim, segundo Almeida (2000, p.36), “... O pensar deve incidir sobre conteúdos de um objeto em investigação que envolva distintas áreas do conhecimento (pensar – sobre) ou também sobre o pensar sobre o próprio conhecimento (pensar-sobre-o-pensar)...”.

Dentro dessa perspectiva, o erro também precisa ser repensado com o objetivo de sair dos binômios certo – errado e punição – premiação, mas como algo necessário para que o aluno reflita sobre o que aconteceu de errado. Segundo Valente (1993, p. 3), “...essa abordagem exige mudanças profundas no sistema educacional, como a alteração do papel atribuído ao erro (não mais para ser punido, mas para ser depurado) ...”. Além disso, o professor precisa adotar outras medidas dentro de sua prática pedagógica para que esse ciclo se processe. Segundo Almeida (2000, p. 41), o professor deve adotar as seguintes medidas:

“... compreender a representação da solução do problema que o aluno adotou; acompanhar a depuração, tentar identificar as hipóteses, os conceitos e os possíveis equívocos envolvidos no programa e assumir o erro como uma defasagem ou discrepância entre o obtido e o pretendido. Assim, o professor intervém no processo de representação do aluno, ajuda – o a tomar consciência de suas dificuldades e a superá – las, a compreender os conceitos envolvidos, a

buscar informações pertinentes, a construir novos conhecimentos e a formalizar esses conhecimentos.” (ALMEIDA, 2000, p. 41)

A teoria construcionista elaborada por Papert (1994) se fundamenta nas idéias de alguns pensadores contemporâneos as quais não apresentam um caráter de adversidade, porém de complementaridade no sentido de deixar a referida teoria mais consistente e coerente. Papert se inspirou nas idéias de Dewey, Freire, Piaget e Vigotski.

2.1. AS CONTRIBUIÇÕES DE DEWEY

Segundo Almeida (2000, p.50), dentro do conjunto das idéias de Dewey, encontramos o princípio da continuidade o qual estabelece que uma nova experiência seja originada de experiências anteriores do indivíduo de tal forma que os novos conhecimentos são construídos a partir de conexões com conhecimentos obtidos no passado.

No entanto, de acordo a mesma autora (2000, p.50), para que a educação acarrete o crescimento do aluno, “é necessário que as experiências tenham significado educativo e motivem aluno para o prazer da descoberta”.

Dewey (1979) também estabeleceu o princípio da interação que, segundo Dewey *apud* Almeida (2000, p.51), “toda experiência humana é social e decorre de interações, em que estão envolvidas condições externas, ou objetivos, e condições internas. A interação é decorrente do equilíbrio entre esses dois fatores.”

Dentro dessa perspectiva, o professor tem um importante papel que segundo Dewey *apud* Almeida (2000, p.51),

“... O professor precisa identificar situações que conduzam ao desenvolvimento, ou seja, reconhecer as situações em que as interações ocorrem. Isso significa que ‘o meio o ou o ambiente é formado pelas condições, quaisquer que sejam, em interação com as necessidades, desejos, propósitos e aptidões pessoais de criar a experiência em curso’.” (ALMEIDA, 2000, p. 51)

Outra idéia interessante a se percebida nas idéias de Dewey (1974) é o papel da máquina em relação ao homem como reguladora das interações. Dentro dessa perspectiva, Almeida (2000, p. 51), nos aponta:

“A máquina é vista como um instrumento produzido pelo homem para regular interações e garantir eficientemente determinadas conseqüências; e é aperfeiçoada à medida que é utilizada. Nessa definição, Dewey refere – se às modificações que o homem produz nas máquinas por ele projetadas, mas não às relações dialéticas que se estabelecem entre o homem e os instrumentos produzidos por ele à medida que se apropria deles, o que provoca modificações não apenas nos instrumentos, mas também em si mesmo.” (ALMEIDA, 2000, p. 51)

Devemos também entender a visão que Dewey (1979) tem a respeito da finalidade primordial da educação. De acordo com Dewey *apud* Almeida, encontramos:

“O fim último da educação é o ‘autodomínio’, ou seja, a ‘formação da capacidade de domínio de si mesmo’, o que não significa desgoverno. Dewey propõe substituir o controle ou domínio externo pela liberdade de movimento, de ação e de julgamento, como um meio de reflexão sobre a realização dos próprios impulsos e atos à luz de suas conseqüências. Liberdade é autodomínio”. (ALMEIDA, 2000, p. 51 – 52)

Diante das idéias de Dewey (1979), Papert (1994) adota a experiência significativa como conceito chave para originar um ambiente de aprendizagem e de descoberta. Assim, de acordo com Almeida (2000, p. 52), notamos

“Papert retoma de Dewey a importância dada à experiência significativa para a criação de um ambiente de aprendizagem e descoberta, no qual alunos e educadores se engajem num trabalho de investigação científica em que ocorrem o processo cíclico ação – testagem – depuração – generalização, o autodomínio na representação e o estabelecimento de conexões entre os conhecimentos que o aluno possui – o *velho* – para a construção de um *novo* conhecimento.” (ALMEIDA, 2000, p. 52)

Assim podemos perceber na visão de Papert a necessidade de um trabalho de parceria entre professores e alunos para que esse “ambiente de aprendizagem e descoberta” possa existir de fato.

2.2. AS CONTRIBUIÇÕES DE PAULO FREIRE:

Para Paulo Freire (1979), a educação deve estabelecer condições para que o aluno construa seu próprio conhecimento, ao invés de colocar o aluno como um ser passivo no qual se “deposita” informações acabadas. Freire *apud* Almeida (2000, p. 53) nos aponta

“... a educação deve deixar espaço para o aluno construir seu próprio conhecimento, sem se preocupar em repassar conceitos prontos, o que freqüentemente ocorre na prática tradicional, que faz do aluno em ser passivo, em quem se ‘depositam’ os conhecimentos para criar um banco de respostas em sua mente”. (ALMEIDA, 2000, p. 53)

Freire (1979) também afirma que as relações entre ação e reflexão são desenvolvidas pelo homem a partir da experiência concreta, ou seja, o homem desenvolve essas relações de acordo com aquilo que ele faz em sua vida. Segundo Freire *apud* Almeida (2000, p.53), “não pode haver reflexão e ação fora da relação homem – realidade”.

Conforme nos aponta Freire *apud* Almeida (2000, p. 53), essa relação entre homem e realidade é originada quando o homem adquire a compreensão de sua realidade e a transforma. No entanto, essa transformação também modifica o próprio homem, promovendo também a mudança de sua ação e reflexão em um processo dialético.

A pedagogia defendida por Freire (1995) estabelece a prática educativa como tendo importância fundamental no resgate da liberdade; pois, para ele, a educação deve promover o diálogo entre o conhecimento informal do aluno e o formal trabalhado na vivência escolar. Dessa forma, Freire *apud* Almeida (2000, p.53-54) nos aponta

“Freire defende a educação progressista e emancipadora no sentido histórico e libertário, em que a prática educativa é o ‘ elemento fundamental no processo de liberdade. A educação deve priorizar o diálogo entre o conhecimento que o educando – sujeito histórico de seu próprio processo de aprendizagem – traz e a construção de um saber científico.” (ALMEIDA, 2000, p. 53 – 54)

Nesse diálogo, conforme nos informa a referida autora, o senso comum passa a ser fonte para se alcançar um novo nível de conhecimento de natureza científica que continue a ter sentido para o aluno.

Freire (1995) tem uma visão positiva em relação ao uso da técnica e dos computadores na educação. No entanto, ele aponta a ocorrência do caráter benéfico do computador de acordo com a visão e princípios de quem o utilizam. De acordo com Freire *apud* Almeida (2000, p.54), encontramos

“A educação não se reduz à técnica, ‘ mas não se faz sem ela’. Utilizar computadores na educação, ‘ em lugar de reduzir, pode expandir, pode expandir a capacidade crítica e criativa de nossos meninos e meninas. Dependendo de quem o usa, a favor de quem e para quem e para quê.” (ALMEIDA, 2000, p. 54)

Dentro desse conjunto de idéias, Papert (1994) toma como principal contribuição a crítica freiriana relativa à “educação bancária”. Nas palavras de Almeida (2000, p. 54), constatamos

“Papert retoma de Freire a crítica à ‘educação bancária’ e assume para a alfabetização a dimensão de ‘ler a palavra’ e ‘ler o mundo’, no sentido de permitir ao aluno tornar – se sujeito de seu próprio aprendizado, por meio da experiência direta.” (ALMEIDA, 2000, p. 54)

No entanto, de acordo com a referida autora, Papert (1994) apresenta uma crítica ao estabelecer que as práticas de uma educação progressista nos moldes freirianos são infrutíferas em tornar o estudante sujeito do processo de aprendizado por não apresentar uma ferramenta, que pode ser o computador, para a sua implementação.

2.3. AS CONTRIBUIÇÕES DE JEAN PIAGET

Para Piaget (1972), o conhecimento é tido como uma construção, o que implica que ele não pode ser transmitido. De acordo com Piaget *apud* Almeida (2000, p. 58), o conhecimento é “construído progressivamente por meio de ações e coordenações de ações, que são interiorizadas e se transformam.”

Diante disso, a teoria de Piaget (1972) reconhece o homem como um ser ativo na medida em que ele constrói suas estruturas mentais em interação com o meio. Andrade (2003, p. 72) estabelece que “o ser humano nasce em condições de, em contato com o meio, construir seus esquemas de ação e de coordená – los em sistemas e estruturas...”.

Piaget (1972) enxerga a inteligência como uma forma de adaptação do sujeito ao meio. Diante disso, Piaget *apud* Andrade (2003, p. 72) nos aponta

“... O ser humano, segundo Piaget, nasce em condições de, em contato com o meio, construir seus esquemas de ação e de coordená – los em sistemas e estruturas. Por intermédio das ações (corporais e mentais) constroem – se estruturas cognitivas ou mentais...” (ANDRADE, 2003, p. 72)

Conforme Almeida (2000, p. 59), as ações interiorizadas dão origem a transformações que fazem com essas estruturas sejam formadas, conservadas ou alteradas.

Três conceitos importantes encontrados na teoria de Piaget (1972) referem – se à assimilação, à acomodação e à equilíbrio. A assimilação corresponde à integração de elementos do objeto às estruturas do sujeito enquanto que acomodação corresponde à transformação que um objeto assimilado pode provocar em um esquema ou estrutura do sujeito. A adaptação corresponderia a um equilíbrio entre os dois, o que Piaget denominou de *equilíbrio*.

Becker *apud* Almeida (2000, p.59) nos expõe a relação entre esses três conceitos e o de experiência.

“... a experiência não é recepção, mas ação e construção progressivas. (...) A objetividade da experiência é uma conquista da assimilação e da acomodação combinadas, isto é, da atividade intelectual do sujeito.”
(ALMEIDA, 2000, p. 59)

Andrade (2003, p. 72) nos aponta que a generalização como uma condição necessária para o conhecimento. De acordo com ele, “o conhecimento procede da ação que se generaliza por aplicação a novos objetos um esquema, uma espécie de conceito prático”. Becker *apud* Almeida (2000, p.59) nos define esquema como “aquilo que é generalizável numa determinada ação”.

Almeida (2000, p 60) nos aponta também outra noção muito conhecida dentro da teoria piagetiana: os estágios sequenciais de desenvolvimento das estruturas da inteligência. De acordo com a autora, temos os seguintes estágios:

- **Estágio sensório-motor** – caracterizado pela centralização no próprio corpo, objetivação e inteligência prática; esse estágio tem duas tarefas essenciais: a aquisição da capacidade simbólica, incluindo a linguagem, e a aquisição do objeto permanente;
- **Estágio operacional** – corresponde ao período da inteligência representativa e das operações concretas de números, classes e relações;
- **Estágio formal** – ou das relações representativas, constituído pela utilização da lógica formal e do raciocínio lógico-dedutivo.” (ALMEIDA, 2000, p.60)

A teoria de Piaget (1972) também estabelece que a existência de estruturas cognitivas seja condição necessária para que as situações vividas pelo aprendiz tenham a capacidade de influenciar o desenvolvimento do mesmo. De acordo com Almeida (2000, p. 61), “As situações somente poderão influenciar no desenvolvimento do indivíduo se ele já construiu estruturas que lhe permitam assimilar essas situações, apropriar – se delas e empregá – las nas construções de novos conhecimentos.”

Dessa forma, apesar de a teoria de Piaget (1978) enfatizar a aprendizagem por meio da ação do aprendiz, ele deve apresentar as estruturas cognitivas para agir sobre os objetos. De acordo com Becker *apud* Almeida (2000, p. 61), “a construção do conhecimento envolve conteúdos específicos e conteúdos estruturais”.

Almeida (2000, p. 61) nos aponta o papel da Pedagogia diante dessa visão de construção do conhecimento, enfatizando a existência de uma metodologia que possibilite a ação e a reflexão do aprendiz. Nessa perspectiva, a referida autora nos explicita

“... Se as estruturas lógicas do pensamento são adquiridas pela própria ação do sujeito sobre o meio, cabe à Pedagogia propiciar condições para a construção progressiva dessas estruturas, por meio de métodos ativos que envolvam a experimentação, a reflexão e a descoberta...” (ALMEIDA, 2000, p. 61)

Porém esses métodos devem ser realizados de uma forma a distinguir o fazer e o compreender, pois a prática pedagógica não apresentará um caráter reflexivo. Caso contrário, ela se perderá apenas no fazer. Diante disso, Piaget *apud* Almeida nos explicita a diferença entre fazer e compreender

“... Fazer é compreender em ação uma dada situação em grau suficiente para atingir os fins propostos, e compreender é conseguir dominar, em pensamento, as mesmas situações até poder resolver os problemas por elas levantados, em relação ao porquê e ao como das ligações constatadas...” (ALMEIDA, 2000, p. 61)

A contribuição da teoria de Piaget (1978) em relação aos pressupostos construcionistas refere – se ao fato de que, levando – se em conta que o construtivismo prioriza a ação do aprendiz sobre conteúdos específicos, o computador permite transformar ação do mesmo em conhecimento e permite àqueles que observam o aluno uma melhor compreensão do processo cognitivo. De acordo com Mantoan *apud* Almeida (2000, p. 62), o uso computador permite

“transformar ações em conhecimentos (...) desvelando os caminhos possíveis que ele (aluno) pode adotar para resolver um problema, ao mesmo tempo em que proporciona aos que o observam elementos para melhor compreender o processo cognitivo e/ou incitá – lo.” (ALMEIDA, 2000, p. 62)

Papert (1994), além de considerar o aspecto cognitivo da teoria de Piaget (1978) relativamente à compreensão da aprendizagem, propõe – se a fazer com que ela

também inclua, com maior ênfase, o aspecto afetivo. De acordo com Papert *apud* Almeida (2000, p. 63),

“... ‘a compreensão da aprendizagem deve referir – se à gênese do conhecimento’ e constituir ‘um ensaio numa epistemologia genética aplicada, que se amplia para além da ênfase cognitiva de Piaget, com o intuito de incluir a preocupação com o afetivo’ a partir dos mecanismos de aproximação dos objetos de conhecimento, no contexto das práticas pedagógicas em ambiente computacional.” (ALMEIDA, 2000, p. 62)

Além disso, Papert (1994) também discorda de Piaget (1978) na medida em que este atribui uma grande importância a hierarquia dos estágios de desenvolvimento. Papert atribui uma ênfase maior aos materiais disponíveis para a construção das estruturas mentais, considerando o computador como um destes instrumentos. No entanto, tal instrumento teria a capacidade de promover um melhor trabalho de conhecimentos que só seria possível caso o indivíduo estivesse no estágio formal de desenvolvimento. De acordo com Papert *apud* Almeida (2000, p. 63), “o computador – instrumento cultural produzido pelo homem – permite ‘mudar os limites entre o concreto e o formal’”.

Outra contribuição de Piaget (1978) ao Construcionismo apontada por Valente (1999, p. 39) refere – se à compreensão conceitualizada, ou seja, a criança atentar para o modo e os conceitos envolvidos na realização de uma tarefa. De acordo com ele, encontramos

“... A criança pode fazer uma determinada tarefa, mas não compreender como ela foi realizada, nem está atenta aos conceitos envolvidos na tarefa. Piaget também observou que a passagem desta forma prática de conhecimento para o compreender é realizado por intermédio da tomada de consciência, que não constitui um tipo de iluminação (o dar o estalo), mas a um nível de conceitualização. Esse nível de conceitualização é alcançado graças a um processo de transformação de esquemas de ação em noções e em operações. Assim, por uma série de coordenações de conceitos mais complexos, a criança pode passar do nível de sucesso prematuro para um nível de compreensão conceitualizada.” (VALENTE, 1999, p. 39)

Dessa forma, o computador deve ser visto como uma ferramenta pedagógica que propicie a tomada de consciência para o aluno, ou seja, para que ele entenda àquilo que ele está fazendo com o auxílio do computador.

2.4. AS CONTRIBUIÇÕES DE LEV VYGOTSKY

De forma complementar a teoria construtivista piagetiana, a teoria socioconstrutivista de Vygotsky (1988) vem nos oferecer uma explicação para o desenvolvimento cognitivo humano por meio do reconhecimento do caráter social do mesmo, pois um pressuposto básico do socioconstrutivismo é de que o ser humano torna – se sujeito na medida em que ocorre a interação com o outro, no qual a cultura tem um importante papel. Segundo Vygotsky *apud* d’Ávila (2006, p.95), “ ... o funcionamento psicológico do homem é formado ao longo da história humana, sendo, pois, moldado pela cultura.”

Outra idéia que fundamenta a teoria socioconstrutivista de Vygotsky (1988) consiste em considerar que as funções psíquicas superiores apresentam uma origem cultural. Podemos perceber esse fato de forma evidente observando – se o conteúdo de sua mais célebre proposição, a Lei Genética Geral do Desenvolvimento Cultural. Segundo Wertsch *apud* Almeida (2000, p.68), encontramos

“Quaisquer funções no desenvolvimento cultural de crianças aparecem duas vezes, ou em dois planos. Primeiro, ela aparece no plano social, e depois no plano psicológico. Primeiro ela aparece entre pessoas como uma categoria interpsicológica, e depois no interior da criança como uma categoria intrapsicológica”. (ALMEIDA, 2000, p. 68)

Dessa forma, de acordo com a referida autora, podemos também notar que essa internalização das informações culturalmente estruturadas não ocorre por absorção passiva, porém por um processo de transformação, de síntese.

De acordo com a sua teoria, Vygotsky (19889) também considera a linguagem como um determinante do desenvolvimento do pensamento e lhe confere especial importância em relação à mediação entre sujeito e objeto. Segundo Vygotsky *apud* Almeida, observamos que

“... a linguagem e o desenvolvimento sociocultural determinam o desenvolvimento do pensamento. Assim, o sistema simbólico fundamental na mediação sujeito-objeto é a linguagem humana, instrumento de mediação verbal do qual a palavra é a unidade básica”. (ALMEIDA, 2000, p. 68)

Outro detalhe interessante para se apontar na teoria de Vygotsky (1989) é a idéia da plasticidade cerebral. Segundo d’Ávila (2006, p. 95), este pressuposto pode ser

explicado basicamente considerando – se o fato de que Vygotsky considera o cérebro humano como um sistema aberto que apresenta modos de funcionamento modelados ao longo da história do indivíduo. Além disso, este pressuposto seria um grande diferencial entre as idéias de Piaget e Vygotsky. De acordo com a referida autora,

“O postulado da plasticidade cerebral contrapõe – se às teorias que colocam o desenvolvimento cognitivo como processo que passa por etapas mentais fixas, ocasionando, dessa maneira, o surgimento de comportamentos mentais (e sociais) típicos.” (D’ÁVILA, 2006, p. 95)

Outro conceito interessante de se observar na teoria de Vygotsky (1988) é o construto da zona proximal de desenvolvimento (ZPD). Vygotsky *apud* Almeida (2000, p. 69), nos apresenta uma definição para esse construto como sendo

“... ‘a distância entre o nível de desenvolvimento atual, como determinado pela independência na resolução de problemas’ por crianças e o nível superior de ‘desenvolvimento potencial, como determinado através da resolução de problemas com a ajuda de adultos ou em colaboração com outras crianças mais capazes’”. (ALMEIDA, 2000, p. 69)

De acordo com a referida autora, Vygotsky (1988) considerou que a criança tinha sua atuação situada entre esses extremos, desenvolvimento potencial e atual, que definem a zona de desenvolvimento proximal.

Uma das contribuições de Vygotsky (1989) para a teoria de Papert (1994) refere – se ao papel de grande relevância da palavra nas interações estabelecidas em um ambiente de aprendizagem. Segundo Almeida (2000, p. 70), observamos

“A perspectiva de Vygotsky que Papert retoma refere – se ao papel da palavra na aprendizagem. A palavra é um elemento fundamental nas inter-relações (aluno-aluno, aluno-professor, aluno-computador) que se estabelecem em um ambiente de aprendizagem informatizado.” (ALMEIDA, 2000, p. 69)

Esse ambiente informatizado favorecido pela mediação da linguagem por meio da palavra deve acontecer de acordo do ciclo descrição-execução-reflexão-depuração-descrição. Almeida (2000, p. 70) nos explicita isso quando fala que

“Esse ambiente favorece o desenvolvimento de processos mentais superiores quando empregado segundo o ciclo descrição-execução-reflexão-depuração. Uma vez que as idéias representadas no computador expressão o mundo tal como o sujeito o percebe, ele propicia a comunicação desse mundo às outras pessoas que, por sua vez, se envolvem na construção compartilhada de conhecimentos

sobre esse mundo percebido. Isso provoca o pensamento reflexivo e a depuração de idéias”. (ALMEIDA, 2000, p. 70)

Almeida (2000, p. 70) também nos aponta a forma de atuação do professor em relação às idéias de Vygotsky (1988). De acordo com a referida autora, o professor deve apresentar atividades que se dão inicialmente no plano interpsicológico e cujos temas sejam pertinentes ao contexto do aluno, para que se forme

“um campo de percepção que é explorado com o auxílio do computador. O objetivo é levar os alunos a operar com aspectos da situação para melhor compreendê-la, para interligar as informações com conhecimentos que já possui, para apreender os conceitos e as representações envolvidas no processo.” (ALMEIDA, 2000, p. 70)

Dessa forma, a explicitação dessas poucas proposições a respeito do Construcionismo nos fornece subsídios para uma investigação do uso do computador e, em particular, da utilização de *software* de simulação pautada nas ações e pensamentos do aluno, visando à verificação dos ganhos pedagógicos que a aplicação de uma simulação pode oferecer em um contexto de sala de aula.

No entanto, devemos conhecer as particularidades dos tipos de *software* que podem facilitar o uso do computador numa perspectiva construcionista como a simulação, a modelagem e programação. Estas particularidades serão tema do próximo capítulo dessa obra. Utilizaremos o *software* de modelagem *Modellus* como exemplo particular, explicitando algumas de suas características.

3. SIMULAÇÃO, MODELAGEM, PROGRAMAÇÃO E *MODELLUS*

Os *software* de simulação, modelagem e de programação podem atuar como responsáveis pela ocorrência da aprendizagem de cunho construcionistas, haja vista que a partir de atividades de exploração, investigação e descoberta, o aluno é impelido em direção a construção individual do conhecimento. Diante disso, eles podem ser comparados aos sistemas físicos uma vez que o aprendiz retira suas conclusões do comportamento daquilo que eles podem executar. Thompson *apud* Baranauskas et al (1999, p.58), nos explicitam essa visão

“... Sistemas, nessa classe, são um análogo dos sistemas físicos estudados por cientistas: não ensinam nem instruem, apenas têm um determinado comportamento. É o aprendiz, como cientista, que aprende os princípios, analisando o comportamento do sistema em experimentação.”
(BARANAUSKAS ET AL, 1999, p. 58)

Para que haja a efetiva ocorrência da aprendizagem por intermédio dos princípios do Construcionismo, esses *software* devem ser orientados por determinados princípios. Esses princípios podem ser resumidamente descritos como: a preponderância da construção do conhecimento (a aprendizagem ocorre de maneira efetiva quando o estudante constrói seu próprio conhecimento), controle por parte do estudante (ele tem um controle que, embora não seja exclusivo, é mais significativo da interação na aprendizagem) e individualização do *feedback*, a resposta oferecida pelo *software*, determinada pelo estudante (o que corresponde ao fornecimento de um *feedback* rico como função da interação, sob a forma de ação e escolhas, do aluno com o sistema).

A grande vantagem prática de se utilizar esses tipos de *software* consiste no fato de que eles possibilitam a visualização da evolução temporal de fenômenos que seriam muito difíceis, impossíveis ou perigosos de serem realizados na prática.

O uso desses *software* vai de encontro às práticas tradicionais de ensino, pois o fato de o professor se esforçar em explicar os fenômenos apenas com o uso de “giz e quadro negro” pode desfavorecer a compreensão do aluno. Essa proposição é confirmada por Lawson e Mcdemort *apud* Santos e Moret (1999, p.303), quando explicitam que “conceitos complexos e difíceis de visualizar, quando apresentados sob uma metodologia

mediada pela oralidade ou pela escrita, costumam demonstrar dificuldade de aprendizagem.”

Consideramos que os referidos autores também explicitam o fato de que esse tipo de abordagem apresenta ao estudante uma visão negativa do processo de ensino – aprendizagem de Física o que faz da mesma uma matéria pouco atraente e “difícil”. Eles são enfáticos quando afirmam que “... Um ensino das ciências baseado exclusivamente ou predominantemente em discursos transmite uma idéia muito incompleta e muito pouco sedutor do que é a ciência e de como ela se constrói.”

Além disso, a necessidade de *software* que possibilitem a evolução temporal de fenômenos estaria respaldada pelo fato de o professor apresentar a evolução dinâmica dos mesmos, o que agregaria valor a sua prática pedagógica. De acordo com Santos e Moret (2006, p. 305), podemos observar que

“... Por maior que seja a capacidade de explanação de determinado professor, este defrontará com as dificuldades de expor um fenômeno físico dinâmico a partir de recursos estáticos de que dispõe. É quase impossível, usando apenas giz e quadro negro, representar a dinâmica de um evento em uma seqüência de instantâneos – como desenhos de uma animação.” (SANTOS E MORET, 2006, p. 304)

No entanto, esses tipos de *software* devem ser utilizados de tal forma que as atividades elaboradas com o auxílio dos mesmos apresentem – se como situações problemas que sejam desafiadores e promovam o conflito entre aquilo que o aluno já sabe de fato e aquilo que ele se propõe a saber. De acordo com Piaget *apud* Nascimento (2007, p. 141), “A presença de algum conflito entre o que o aluno sabe e o que ele quer saber é o que realmente provoca o interesse e vontade dele permanecer numa atividade, e é um componente essencial do conflito cognitivo.”

A atividade de programação refere – se ao uso do computador como uma ferramenta que tem por finalidade a resolução de problemas. De acordo com Valente *apud* Baranauskas et al (1999, p. 63), nessa perspectiva, o computador é uma “ferramenta que o aprendiz utiliza para desenvolver algo e o aprendizado ocorre pelo fato de estar executando uma tarefa pelo computador”. Além disso, a atividade de programação exige um envolvimento do aprendiz de tal forma que ele necessariamente precisa processar informações. De acordo com Valente (1999, p. 92), constatamos que “a realização de um programa exige que o aprendiz processe informação, transforme – a em conhecimento que, de certa maneira, é explicitado no programa.”

De acordo com Baranauskas et al (1999, p. 63 – 64), “um programa representa descrições escritas de um processo de pensamento, o qual pode ser examinado, discutido com outros e depurado.”

A modelagem consiste no uso do computador para representarmos um determinado fenômeno ou processo com o objetivo claro de analisar e estudar como ele se comporta com o passar do tempo por meio do *feedback* produzido o qual corresponde a uma simulação.

Entretanto, existem sistemas de simulação isoladamente que já apresentam um modelo implementado do fenômeno a ser estudado. Dessa forma, o usuário desse tipo de *software* tem apenas a função de alterar os parâmetros e observar o comportamento do fenômeno.

Valente (1999, p. 102) apresenta uma distinção básica em termos de escolha do fenômeno a ser estudado interessante entre simulação e modelagem quando esclarece que

“... a diferença entre o *software* de simulação e o de modelagem está em quem escolhe o fenômeno e em quem desenvolve o seu modelo. No caso da simulação, isso é feito *a priori* e fornecido ao aprendiz. No caso da modelagem, é o aprendiz quem escolhe o fenômeno, desenvolve o seu modelo e implementa – o no computador.” (VALENTE, 1999, p.102)

Em relação à simulação, cabe esclarecermos que podemos encontrar dois tipos de simulações: simulação aberta ou fechada. Essa classificação está baseada no quanto a simulação nos permite implementar aspectos do fenômeno explorado. De acordo com Valente (1999, p. 102 – 103), encontramos uma diferenciação plausível para esses dois tipos de simulação

“... Na simulação fechada, o fenômeno é previamente implementado no computador e os valores de alguns parâmetros são passíveis de serem alterados pelo aprendiz. (...) Na simulação aberta, o aprendiz é encorajado a descrever ou implementar alguns aspectos do fenômeno. A simulação pode fornecer algumas situações já previamente definidas e outras devem ser complementadas por ele...” (VALENTE, 1999, p.102)

De acordo com Baranauskas et al (1999, p. 60), a atividade de modelagem (e, por extensão, podemos inferir que a de simulação) também apresenta determinadas vantagens por propiciar o trabalho de certas habilidades e atitudes dos alunos. Assim, de acordo com os referidos autores

“... Modelagem tem sido defendida para o desenvolvimento de habilidades em resolução de problemas, tomada de decisão, apresentação e comunicação do entendimento e do conhecimento que o estudante tem em um dado domínio.” (BARANAUSKAS ET AL, 1999, p. 60)

Valente (1999) nos chama a atenção para o fato de que a simulação ou modelagem não promovem a aprendizagem por si só. Essa constatação nos leva a afirmar que o professor tem uma importante função de ajudar o aluno a estabelecer pontes entre a realidade e aquilo que foi trabalhado na simulação. Conforme corrobora Valente (1999, p.103) quando afirma que:

“... por si só a simulação ou a modelagem não cria a melhor situação de aprendizagem. Para que a aprendizagem ocorra, é necessário criar condições para que o aprendiz se envolva com o fenômeno e essa experiência seja complementada com elaboração de hipóteses, leituras, discussões e o uso do computador para validar essa compreensão do fenômeno. Nesse caso, o professor tem o papel de auxiliar o aprendiz a não formar uma visão distorcida a respeito do mundo (...) e criar condições para o aprendiz fazer a transição entre a simulação e o fenômeno no mundo real. Esta transição não ocorre automaticamente e, portanto, deve ser trabalhada.” (VALENTE, 1999, p.102)

Dentre esses quatro tipos de *software*, destacamos as simulações interativas originadas a partir dos recursos oferecidos pelo *Modellus*, que simula fenômenos modelados matematicamente.

De acordo com Santos e Moret (2006, p.305), através do uso dessas simulações, “o aprendiz poderá, por meio da ação, trocar significados e modificar a animação para atender seus objetivos gerais e específicos.”

Para que o *Modellus* gere uma simulação interativa, é necessário que seja implementado um modelo do fenômeno a ser simulado. De acordo com Boch *apud* Santos e Moret (2006, p.306), podemos encontrar uma explicação plausível para o conceito de modelo. Assim, encontramos:

“... um modelo é uma simplificação da realidade que, assim como mitos e metáforas, ajudam a trazer sentido para o nosso mundo (...) Dessa forma, um modelo oferece, a seu usuário, uma maneira de compreender o que antes era um problema incompreensível. Ele tenta representar um acontecimento a que se reporta. Quando são relacionados com acontecimentos dinâmicos, os modelos são facilmente perceptíveis se providenciarmos uma animação que exiba sua evolução temporal. Quando um modelo evolui temporalmente e permite uma interação com o usuário, chamamos de animação interativa.” (SANTOS E MORET, 2006, p. 306)

De acordo com Santos e Moret (2006), encontramos uma justificativa para o uso de animações interativas (simulações) para retratar conteúdos de Física

“...Grande parte dos conteúdos de física das escolas do ensino médio está aportado nos modelos dinâmicos, os quais estabelecem referência matemática entre o tempo e quantidades físicas. Desta forma, a utilização de simulações computacionais para o ensino da física pode ser vista sob dois aspectos: a animação do movimento em estudo e a representação gráfica; ambos permitem uma melhor compreensão dos aspectos matemáticos e físicos que envolvem o conceito em estudo.” (SANTOS E MORET, 2006, p. 306)

Um *software* de modelagem computacional em particular interessante para a elaboração de simulações em Cinemática é o *Modellus*, pois ele apresenta recursos como “origem” para trabalharmos matematicamente com a questão de um mesmo referencial para dois ou mais móveis, “indicador de nível” para alterarmos mais facilmente parâmetros como velocidade inicial, aceleração, entre outras. Uma definição interessante e precisa para o *Modellus* é proposta por Veit e Teodoro (2002)

“*Modellus* é uma ferramenta cognitiva para auxiliar a internalização de conhecimento simbólico, preferencialmente em contexto de atividades de grupo e de classe, em que a discussão, a conjectura e o teste de idéias são atividades dominantes, em oposição ao ensino diretor por parte do professor...” (VEIT E TEODORO, 2002, p. 90)

O *Modellus* também favorece a obtenção de conhecimentos e capacidades por propiciar a familiarização do aprendiz com novas idéias, por meio da elaboração e re-elaboração de representações de fenômenos físicos. Dessa forma, como Veit e Teodoro (2002) retificam, encontramos o *Modellus*

“... permite ao usuário fazer e refazer representações, explorando – as sobre as mais diversas perspectivas. Desse modo, facilita a familiarização com essas representações, criando de certo modo uma intimidade entre aprendiz e representação, intimidade essa que muito dificilmente resulta de simples observação ocasional de equações e fundamental para a reificação dos objetos formais...” (VEIT E TEODORO, 2002, p. 90)

Por prescindir do conhecimento uma linguagem especial de programação para o seu uso, o *Modellus* exige que o estudante escreva as equações no mesmo. Dessa forma, ele se constitui numa poderosa ferramenta para se trabalhar o significado de parâmetros e de funções. De acordo com Veit e Teodoro (2002)

“Dispondo de uma ferramenta computacional, o processo de modelagem adquire contornos mais concretos, pois o aprendiz pode utilizar essa função em um contexto específico e explorar o significado dos seus parâmetros e da função em si. Especialmente, se a ferramenta dispensar o conhecimento de uma linguagem especial de programação. Essa é uma das maiores virtudes do *Modellus*: a sintaxe de escrita é praticamente a mesma que se usa ao escrever um modelo no papel, tanto para funções quanto para equações diferenciais ordinárias. Assim, o usuário não precisa aprender nenhuma linguagem de programação, bastando conhecer o simbolismo matemático...” (VEIT E TEODORO, 2002, p. 90)

O *Modellus* também permite a construção de múltiplas representações de uma mesma situação, por fornecer recursos que expressam, além da simulação propriamente dita, o comportamento gráfico de um fenômeno e o uso de tabelas para avaliação quantitativa de grandezas.

Ainda de acordo com Veit e Teodoro (2002, p.93), ele também possibilita a “avaliação da qualidade de um modelo na descrição de dados experimentais, quer disponíveis na forma de gráficos ou de fotografias, quanto de vídeos.”

Outra característica relevante do *Modellus* consiste nas duas formas de possíveis de utilização educacional do mesmo: o trabalho com atividades de criação - “aprender fazendo”- ou a utilização de atividades exploratórias – “aprender explorando”. Veit e Teodoro (2002) nos explicitam bem esses dois tipos de utilização do *Modellus*

“Sob o ponto de vista educacional, *Modellus* possibilita tanto o *aprender fazendo* quanto o *aprender explorando*, já que tanto aprendiz pode construir seus próprios modelos, de um modo muito direto (...) assim como pode explorar modelos feitos pelo professor ou por outros...” (VEIT E TEODORO, 2002, p. 93)

Essas características do *Modellus* são extremamente benéficas para o aluno, pois permite que ele trabalhe com várias linguagens utilizadas no contexto da Física, idéia esta que vai ao encontro daquilo que é preconizado pelos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM). Além disso, o uso do *Modellus* favorece outras habilidades e competências estabelecidas nos PCNEM como, por exemplo, utilizar e compreender de tabelas, gráficos e relações matemáticas gráficas; compreender enunciados que envolvam códigos e símbolos físicos; desenvolver a capacidade de investigação física.

Apresentamos a seguir um mapa conceitual que explicita algumas características sobre o *Modellus*:

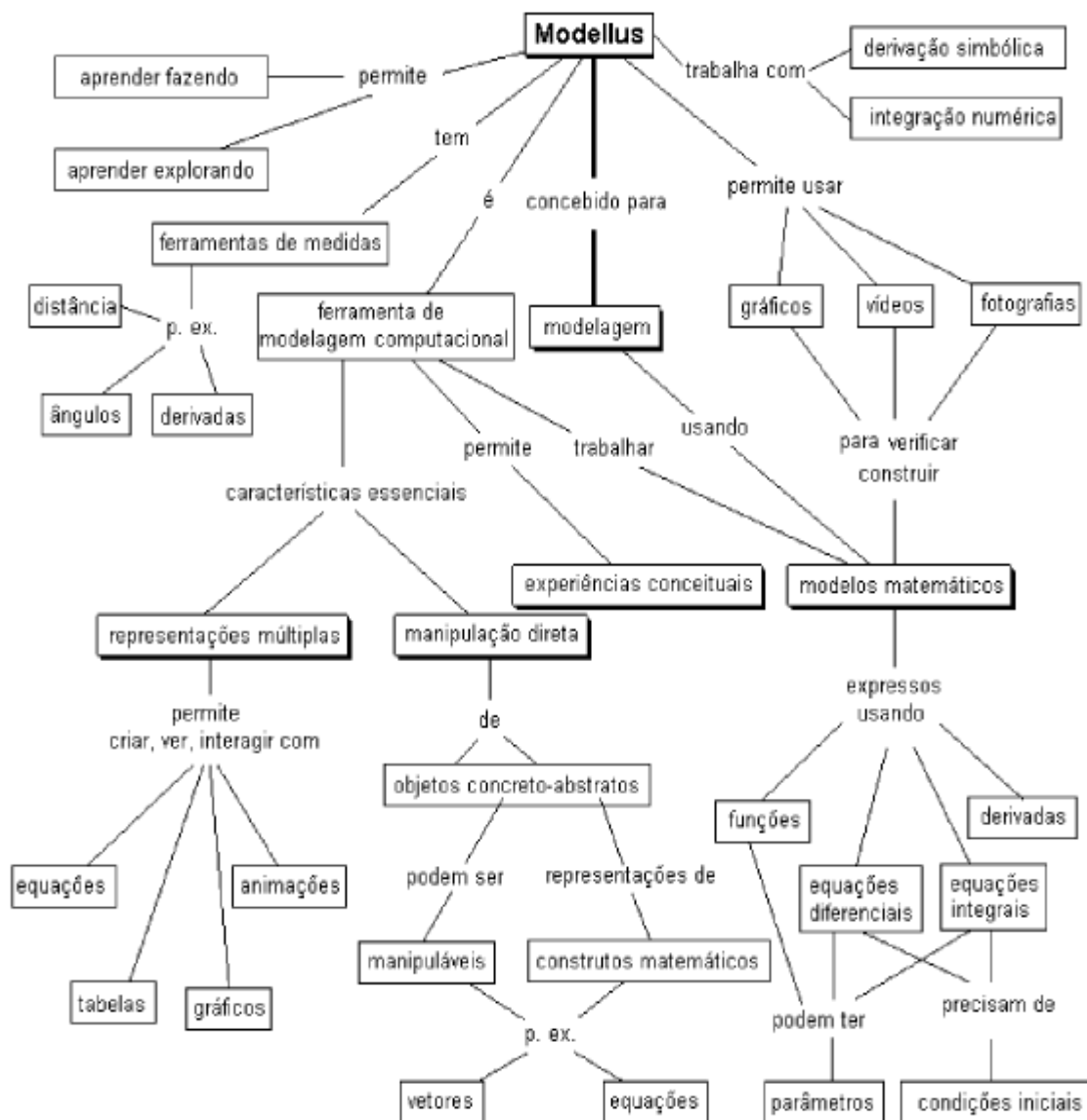


Figura 3.1 – Mapa cognitivo sobre o *Modellus* (VEIT e TEODORO, 2002, p. 91)

Dentre a variedade de detalhes que o mapa conceitual acima esclarece, alguns deles merecem destaque: o que o *Modellus* permite realizar em termos de metodologia de uso da ferramenta - “aprender fazendo” e “aprender explorando”; apresenta uma definição sucinta do *Modellus* - “ferramenta de modelagem computacional”; expõe exemplos de suas ferramentas de medida - “distância”, “ângulos”, “derivadas”; expõe seu objetivo principal - “concebido para modelagem” e ferramentas de suporte gráfico - “gráficos”, “vídeos”, “fotografias”.

Apresentamos também a tela inicial da versão 4.01 do *Modellus* o qual utilizamos na aplicação de nossa pesquisa:

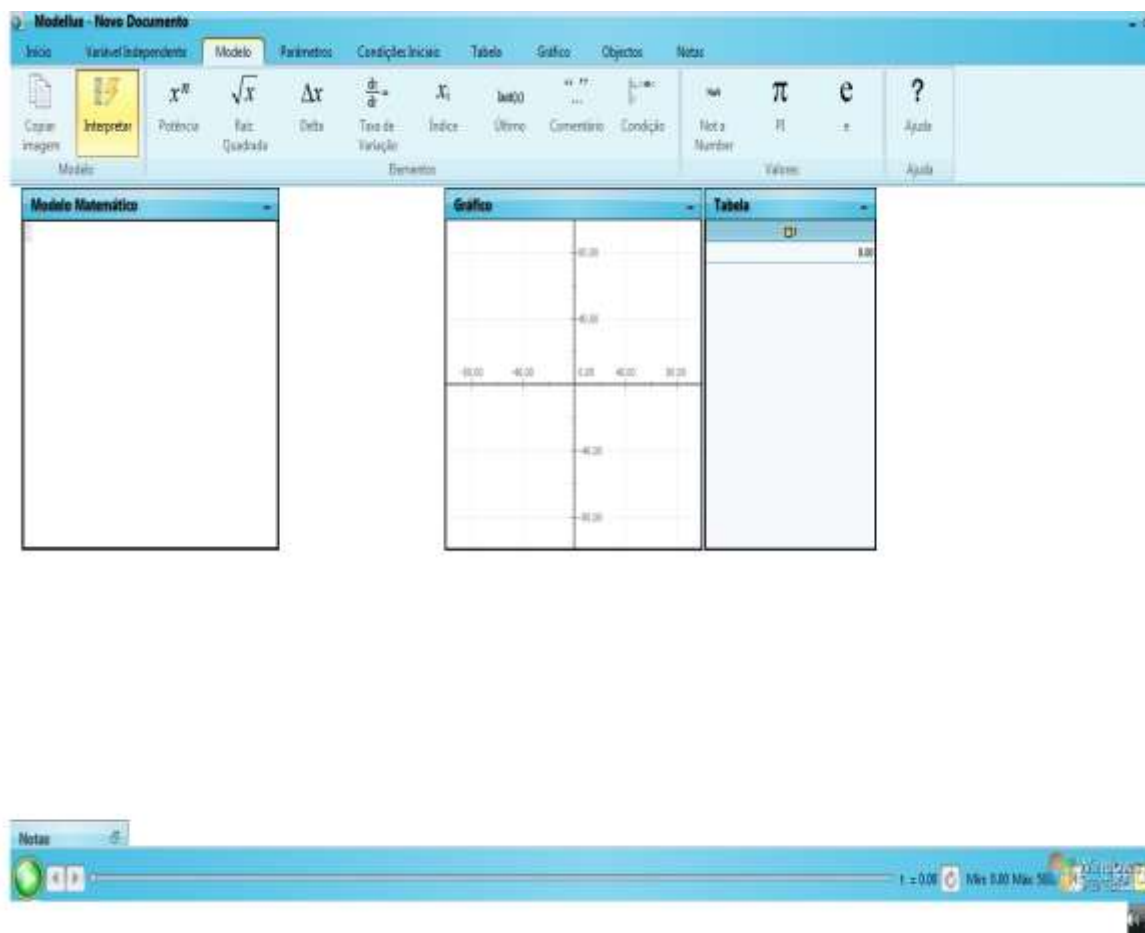


Figura 3.2 – Tela inicial da versão 4.01 do *Modellus*

Dessa forma, a partir da breve explanação que fizemos neste capítulo tivemos a oportunidade de conhecer as características essenciais dos tipos de *software* utilizados, bem como tivemos a oportunidade de constatar aspectos dos mesmos em relação ao contexto de ensino e as possibilidades de uso do *Modellus*.

Após essa explicação sobre esses *softwares* utilizados no contexto educacional, passaremos a detalhar os procedimentos metodológicos utilizados durante a aplicação da pesquisa referente a este trabalho.

4. METODOLOGIA

A aplicação dessa pesquisa foi realizada durante três dias em duas escolas estaduais de ensino fundamental e médio distintas com alunos do nono ano do Ensino Fundamental e primeiro ano do Médio: inicialmente, no dia 9 de setembro de 2010, no laboratório de informática de uma das escolas estaduais com alunos do nono ano do Ensino Fundamental e primeiro ano do Ensino Médio; em seguida, nos dias 4 e 7 de outubro do mesmo ano, na sala de aula da turma A do primeiro ano do ensino médio e no laboratório de informática da outra escola com alunos das demais turmas de primeiro ano. A justificativa para a escolha de alunos nas referidas séries está pautada no fato de que há um estudo da Cinemática durante o período de curso das mesmas.

No primeiro dia de aplicação, estavam presentes 24 alunos dos quais 17 pertenciam ao nono ano da manhã enquanto que 7, ao primeiro da tarde. Inicialmente explicamos aos alunos que o objetivo daquela atividade consistia numa pesquisa de campo com o interesse de investigar o potencial pedagógico de simulações.

Desenvolvemos um questionário (Apêndice A) de atividade exploratória com duas questões teóricas objetivas que nos serviram de base para a elaboração de duas simulações. As questões foram elaboradas com base em situações do cotidiano, no caso um acidente de trânsito e um lançamento de um objeto. Além disso, as questões foram relativamente fáceis, acarretando apenas um pouco de raciocínio.

Dividimos os 24 alunos em dois grupos de 12, os grupos experimental e de controle. No de controle, foi pedido que respondessem às perguntas inicialmente com base apenas nos conhecimentos prévios, sem que houvesse a aplicação da simulação que representasse o fenômeno em questão. No experimental, solicitamos aos alunos que só respondessem após a aplicação da simulação.

Sugerimos aos alunos que colocassem as iniciais dos nomes para que não houvesse a exposição indevida dos mesmos acrescentados das letras E, para se referir ao grupo experimental da pesquisa, e C, para o de controle.

Elaboramos previamente a simulação com base nos recursos oferecidos a partir do software de modelagem *Modellus* 4.01. Na primeira questão, utilizamos como situação – problema um carro inicialmente com velocidade constante sofre uma desaceleração para não atropelar um pedestre enquanto que, na segunda, simulamos um lançamento vertical para cima.

Antes da aplicação da atividade, pedimos para que os alunos dissessem o que vinha a mente deles quando pensavam em conceitos de Cinemática como velocidade, posição, aceleração, entre outros. Essa atitude foi para ter uma idéia inicial sobre o que eles pensavam sobre o assunto. Colocamos os termos na lousa para não esquecermos o que eles disseram.

Houve um momento em que eles falaram no seguinte termo “placas de sinalização de trânsito” e, nesse momento, iniciamos uma discussão sobre a razão da necessidade de limitar a velocidade com que os motoristas trafegam.

Quando o aluno que disse tal termo, perguntamos – lhe sobre algum motivo que justifica aplicação de multas por excesso de velocidade e ele disse que seria para que não houvesse acidentes.

Em seguida, iniciamos a aplicação com a simulação que ilustrava a primeira questão de fato. A simulação consistia basicamente de um automóvel que descrevia inicialmente um movimento retilíneo uniforme até cem unidades de comprimento e, em seguida, freava com uma desaceleração de módulo constante de 2,0 unidades de comprimento por unidade de tempo ao quadrado para evitar a colisão.

Os alunos interagiram com o software na medida em que enunciavam valores progressivos da velocidade inicial do carro e verificavam as conseqüências da variação dos valores. Colocamos também que o limite de velocidade na “estrada” daquela animação era de 50 unidades de comprimento por unidade de tempo. Na verdade, por uma questão de simplificação e de didática, nos referimos a estas unidades como quilômetros e quilômetros por hora e outras unidades mais familiares aos alunos.

No dia 4 de outubro de 2010, realizamos a segunda aplicação da pesquisa com 24 alunos da turma A do primeiro ano do Ensino Médio da segunda escola estadual durante um intervalo de uma aula, ou seja, 50 minutos na própria sala de aula dos alunos.

Utilizamos como instrumento de coleta de dados dois questionários e dois trabalhos dirigidos os quais foram aplicados no mesmo dia. Definimos trabalho dirigido como um conjunto de questões que se referem ao assunto abordado em sala de aula. Ao longo desta obra, simbolizaremos o trabalho dirigido pelas iniciais do mesmo, T.D.

Como forma de estimular os alunos a se engajarem na atividade, solicitamos ao professor responsável pelas turmas dos alunos do primeiro ano da escola citada acima que fornecesse um ponto na média dos mesmos.

Elaboramos os questionários (Apêndice B e C) com três questões subjetivas dotadas de um espaço – linhas pautadas – para que os alunos registrassem suas anotações. Utilizamos o primeiro questionário como forma de verificar conhecimentos a respeito de conceitos teóricos a respeito de movimento retilíneo uniforme e uniformemente variado. Usamos o segundo questionário para apreender aspectos relacionados à motivação e a opinião dos alunos a respeito do uso de atividades realizadas com o auxílio do computador.

No entanto, pelo fato de não termos apresentado nenhuma atividade usando -se *software Modellus* aos alunos do grupo de controle, solicitamos aos mesmos que não respondessem ao segundo questionário. Além disso, quando indagamos sobre a opinião dos alunos a respeito do uso de modelagem, pedimos para que os alunos emitissem juízo apenas sobre a mesma, mas também em relação à simulação e a qualquer outra atividade de Física realizada com o auxílio do computador.

O primeiro trabalho dirigido consistiu em duas questões subjetivas simples de aplicação de conhecimentos relativos a movimento retilíneo uniforme (M.R.U.) e movimento retilíneo uniformemente variado (M.R.U.V.) com o mesmo estilo de espaço dos questionários para as respostas dos alunos. A primeira questão versava especificamente em uma situação de encontro de dois móveis em M.R.U., enquanto que a segunda, versou sobre o problema de encontrar um valor de velocidade após o decurso de determinado intervalo de tempo.

O segundo trabalho dirigido consistiu de duas questões objetivas de gráficos de M.R.U. e M.R.U.V. A primeira questão consistiu de três gráficos de posição em função do tempo referentes a três móveis em M.R.U. distintos com velocidades diferentes e pedia para que o aluno marcasse o móvel de maior velocidade. A segunda questão é referente a três gráficos de velocidade em função do tempo para três móveis em M.R.U.V. com acelerações distintas e requeria que os alunos marcassem a opção que representasse o móvel com menor aceleração.

Os alunos que realizaram as atividades da pesquisa no dia 04 foram tomados como pertencentes ao grupo de controle da pesquisa, pois não realizamos a intervenção com a simulação modelada a partir do *Modellus a priori*.

No dia 7 de outubro de 2010, realizamos a aplicação da pesquisa para o grupo experimental por meio dos mesmos questionários e trabalhos dirigidos. No entanto, após uma breve explicação a respeito do *Modellus* e das atividades daquele dia, realizamos a intervenção com o uso de simulações.

Elaboramos as simulações com base nos problemas apresentados no primeiro trabalho dirigido. Com o auxílio dos alunos, modelamos em sala de aula uma situação de encontro de dois móveis em M.R.U. e substituímos os parâmetros pelos valores apresentados na questão. Requisitamos aos alunos que eles falassem a respeito do que eles observaram durante o encontro dos móveis e eles nos responderam que conseguiram apreender dois aspectos importantes: primeiro, eles se encontravam num instante comum aos dois e, segundo, quando eles se encontravam as posições encontravam, a posição dos mesmos eram iguais.

Ainda contando com a participação dos alunos, modelamos o fenômeno exposto na segunda questão do primeiro trabalho dirigido. Como se tratava de um móvel em M.R.U.V., escrevemos as funções horárias do espaço e da velocidade em função do tempo ditas pelos alunos. Optamos por representar os gráficos da velocidade e da posição em função do tempo, pois a questão requeria que eles determinassem o valor da velocidade após o móvel percorrer uma determinada distância. Pedimos novamente para os alunos para que eles falassem sobre o que eles podiam encontrar de importante na simulação e eles responderam que o móvel percorria a distância referida e chegava a uma velocidade correspondente num mesmo instante.

Além disso, em cada uma das simulações, pedimos aos alunos que expressassem suas hipóteses a respeito do comportamento dos móveis quando eles propunham uma determinada alteração de algum dos parâmetros para posterior teste da hipótese com o auxílio das simulações.

Dessa forma, por meio desses procedimentos metodológicos, obtivemos dados tanto a partir do que os alunos falaram e escreveram nos trabalhos dirigidos e questionários que serão alvo de análise no próximo capítulo deste trabalho.

5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1. PRIMEIRO DIA DE APLICAÇÃO - GRUPO EXPERIMENTAL (APÊNDICE A)

Dos 12 alunos submetidos à atividade exploratória (Apêndice A) do primeiro dia de aplicação da pesquisa como participantes do grupo experimental, encontramos os seguintes resultados: 3 alunos responderam as questões com apuro, coerência e reflexão atendendo aos objetivos das questões propostas na atividade; 6 alunos apresentaram respostas incoerentes, imprecisas e/ou incompletas e 3 alunos não responderam nenhuma das questões.

Estes resultados são esboçados graficamente a seguir em termos de porcentagens:

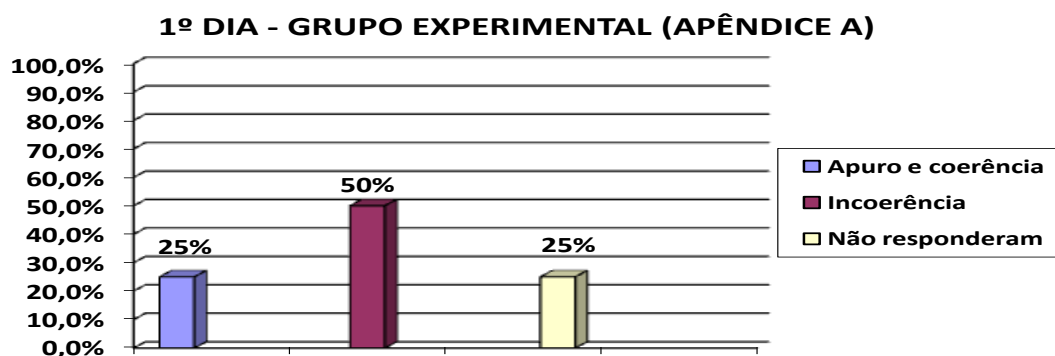


Figura 5.1 – Grupo experimental - 09/09/2010 (Apêndice A)

Este gráfico nos mostra que a maioria dos alunos do grupo experimental respondeu de forma incoerente, enquanto que as duas outras categorias tiveram a mesma porcentagem de alunos.

5.2. PRIMEIRO DIA DE APLICAÇÃO – GRUPO DE CONTROLE (APÊNDICE A)

Considerando – se os 12 alunos submetidos à atividade exploratória (Apêndice A) do primeiro dia de aplicação da pesquisa como participantes do grupo de controle, encontramos os seguintes resultados: 2 alunos responderam as questões com apuro, coerência e reflexão atendendo aos objetivos das questões propostas na atividade; 3 alunos apresentaram respostas incoerentes, imprecisas e/ou incompletas e 7 alunos não responderam nenhuma das questões.

Estes resultados são esboçados graficamente a seguir em termos de porcentagens:

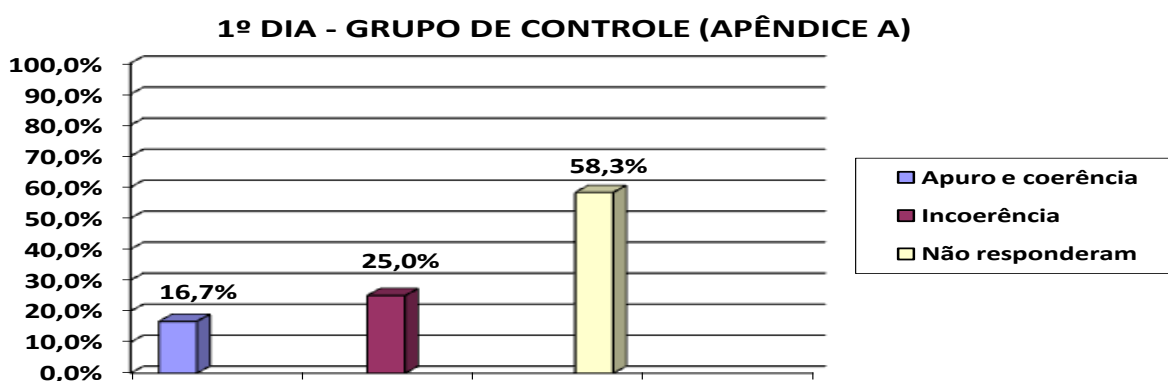


Figura 5.2 – Grupo de controle - 09/09/2010 (Apêndice A)

Este gráfico nos mostra que a grande maioria dos alunos do grupo de controle não respondeu às questões da atividade exploratória (Apêndice A).

5.3. SEGUNDO DIA DE APLICAÇÃO – GRUPO DE CONTROLE (APÊNDICE B)

Dos 23 alunos submetidos ao primeiro questionário (Apêndice B) e integrantes do grupo de controle: 1 aluno respondeu com apuro e coerência as três questões; 9 alunos responderam de forma imprecisa, incoerente e/ou incompleta e 13 não responderam nenhuma questão.

Um esboço gráfico destes resultados em termos de porcentagens é apresentado a seguir:

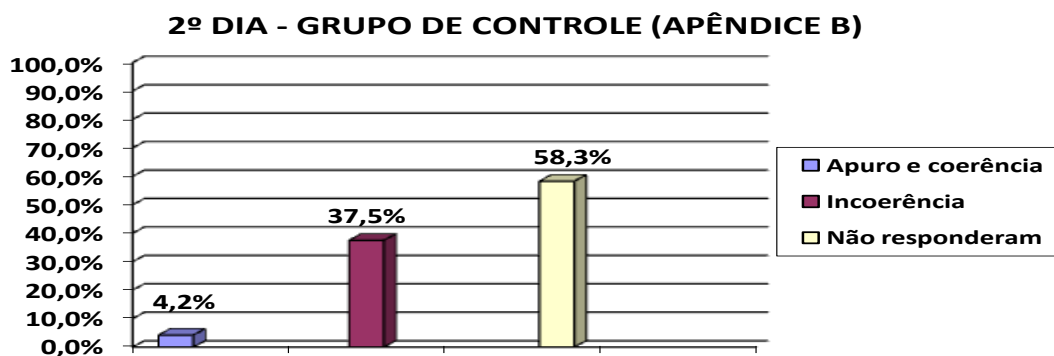


Figura 5.3 – Grupo de controle - 04/10/2010 (Apêndice B)

Este gráfico nos expõe claramente que uma porcentagem mínima de alunos do grupo de controle respondeu com apuro e coerência e a grande maioria não respondeu as questões do primeiro questionário (Apêndice B)

5.4. SEGUNDO DIA DE APLICAÇÃO – GRUPO DE CONTROLE (APÊNDICE E)

Em relação ao segundo trabalho dirigido (Apêndice E), os resultados pertinentes aos 23 alunos que participaram da aplicação como integrantes do grupo de controle foram os seguintes: 7 alunos acertaram as duas questões; 11 alunos acertaram uma das duas questões e 6 alunos não acertaram nenhuma das duas questões.

Estes resultados são esboçados em termos de porcentagens graficamente a seguir:

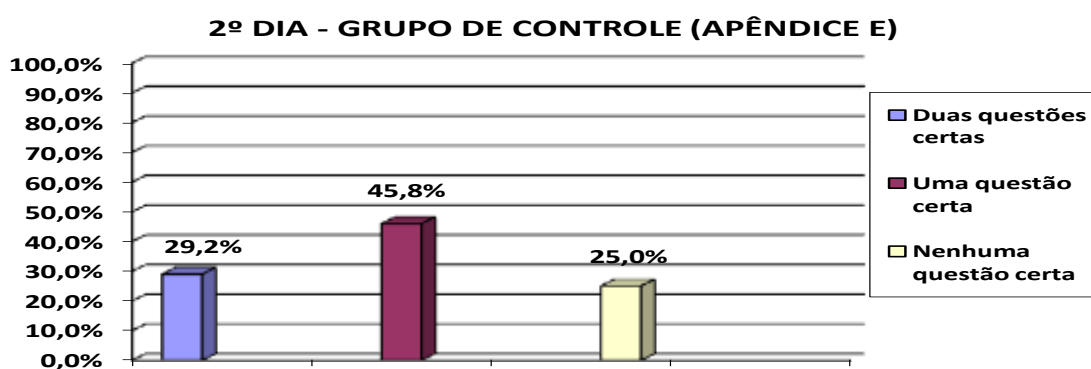


Figura 5.4 – Grupo de controle – 04/10/2010 (Apêndice E)

O gráfico representado acima nos mostra que o maior percentual de alunos do grupo de controle recaiu na categoria daqueles que responderam apenas uma questão do segundo trabalho dirigido (Apêndice E).

5.5. TERCEIRO DIA DE APLICAÇÃO – GRUPO EXPERIMENTAL (APÊNDICE B)

Dos 13 alunos que responderam ao primeiro questionário como integrantes do grupo experimental da pesquisa (Apêndice B), encontramos que: 6 alunos responderam o questionário com apuro e coerência; 5 alunos responderam o questionário de forma imprecisa, incoerente e/ou incompleta e 2 alunos não responderam nenhuma das questões do questionário.

Estes resultados são esboçados em termos de porcentagens graficamente a seguir:

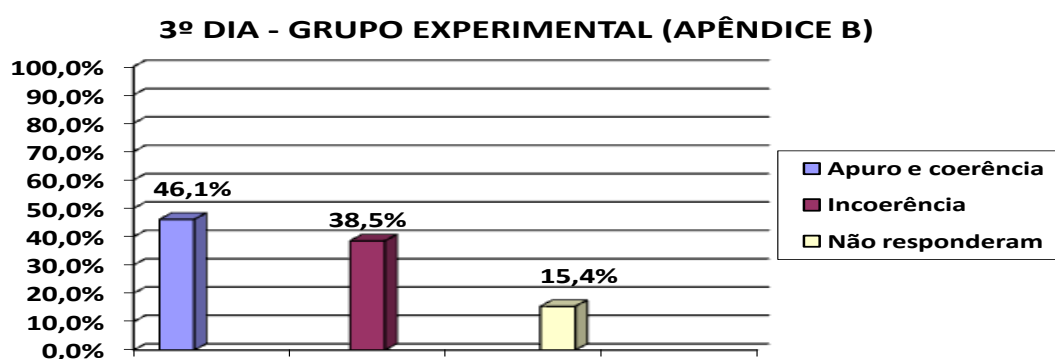


Figura 5.5 – Grupo experimental – 07/10/2010 (Apêndice B)

O gráfico representado acima nos revela que um maior percentual dos alunos do grupo experimental respondeu ao primeiro questionário (Apêndice B) com apuro e coerência.

5.6. TERCEIRO DIA DE APLICAÇÃO – GRUPO EXPERIMENTAL (APÊNDICE C)

Em relação aos alunos integrantes do grupo experimental, que responderam as questões do segundo questionário (Apêndice C), encontramos que: 8 alunos foram favoráveis e se sentiram motivados com o uso da modelagem, da simulação e do *Modellus*; 3 foram parcialmente favoráveis e motivados pelo uso das ferramentas referidas anteriormente e apenas 2 alunos foram desfavoráveis e não se sentiram motivados por meio do uso das mesmas.

Estes dados estão esboçados em termos de porcentagens a seguir:

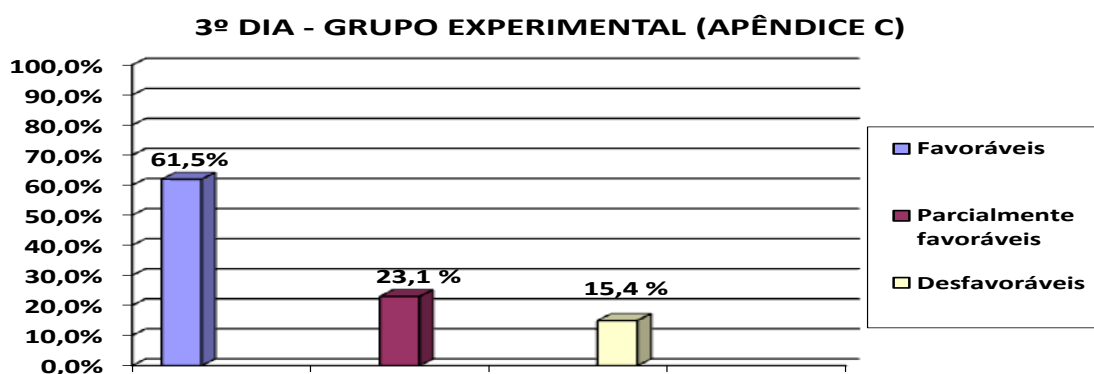


Figura 5.6 – Grupo experimental – 07/10/2010 (Apêndice C)

O gráfico esboçado acima com base nas respostas ao segundo questionário (Apêndice C) nos revela claramente que a maioria dos alunos do grupo experimental se sentiu motivada e foi favorável ao uso da modelagem, da simulação e do *Modellus*.

5.7. TERCEIRO DIA DE APLICAÇÃO – GRUPO EXPERIMENTAL (APÊNDICE D)

Em relação aos alunos integrantes do grupo experimental, que responderam as questões do primeiro trabalho dirigido (Apêndice D), encontramos que: 6 alunos responderam as duas questões com apuro e coerência; 4 alunos responderam de forma incoerente, imprecisa e/ou incompleta e apenas 3 alunos não responderam a nenhuma das duas questões.

Estes dados estão esboçados em termos de porcentagens a seguir:

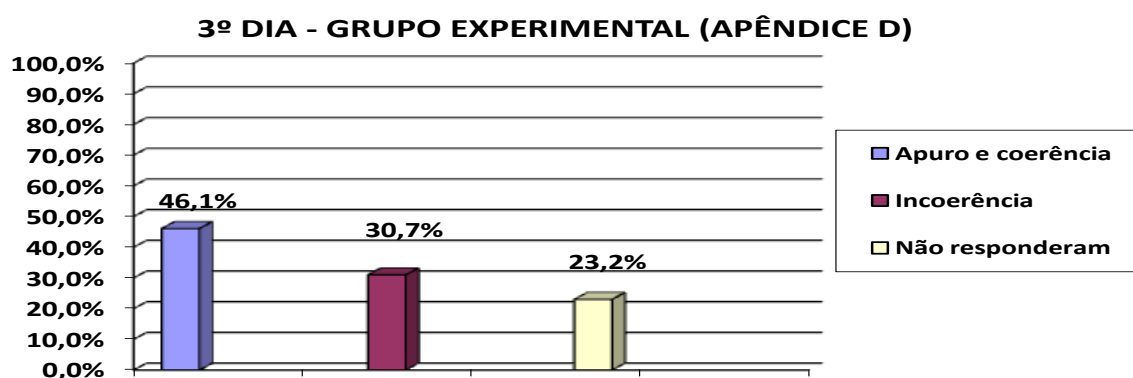


Figura 5.7 – Grupo experimental – 07/10/2010 (Apêndice D)

O gráfico acima nos revela que a maioria dos alunos do grupo experimental respondeu as questões do primeiro trabalho dirigido (Apêndice D) com apuro e coerência.

5.8. TERCEIRO DIA DE APLICAÇÃO – GRUPO EXPERIMENTAL (APÊNDICE E)

Em relação aos alunos integrantes do grupo experimental, que responderam as questões do primeiro trabalho dirigido (Apêndice E), encontramos que: 6 alunos responderam as duas questões com apuro e coerência; 4 alunos responderam de forma incoerente, imprecisa e/ou incompleta e apenas 3 alunos não responderam a nenhuma das duas questões.

Estes dados estão esboçados em termos de porcentagens a seguir:

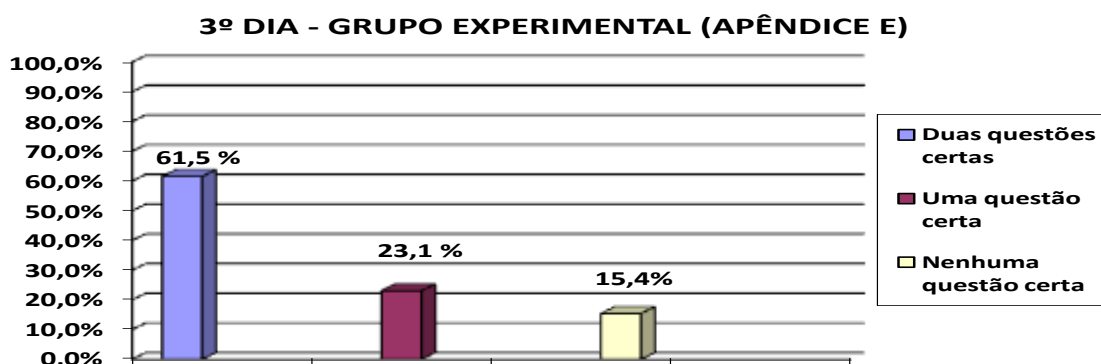


Figura 5.8 – Grupo de experimental – 07/10/2010 (Apêndice E)

O gráfico acima nos revela que houve um maior percentual de alunos do grupo experimental respondeu duas questões do segundo trabalho dirigido (Apêndice E).

5.9. DESCRIÇÃO ESTATÍSTICA DOS DADOS

A tabela abaixo mostra a frequência de alunos classificados nas categorias “apuro e coerência”, “incoerência” e “não responderam” referentes à atividade exploratória (Apêndice A), ao primeiro questionário (Apêndice B) e ao primeiro trabalho dirigido (Apêndice D).

Tabela 1 – Frequência de alunos nas categorias “apuro e coerência”, “incoerência” e “não responderam”

	Apuro e coerência	Incoerência	Não responderam
1º Dia de aplicação - grupo de controle (Apêndice A)	2	3	7
1º Dia de aplicação - grupo experimental (Apêndice A)	3	6	3
2º Dia de aplicação - grupo de controle (Apêndice B)	1	9	13
3º Dia de aplicação - grupo experimental (Apêndice B)	6	5	2
3º Dia de aplicação - grupo experimental (Apêndice D)	6	4	3

FONTE: Pesquisa direta

Utilizando – se os dados presentes na tabela 1, podemos obter a média, a mediana, a moda, o desvio padrão e os valores máximos e mínimos para cada categoria. Dessa forma, encontramos:

Tabela 2 – Algumas medidas estatísticas das categorias referentes à atividade exploratória (Apêndice A), ao primeiro questionário (Apêndice B) e ao primeiro trabalho dirigido (Apêndice D).

Categorias	Média	Mediana	Moda	Desvio padrão	Máximo	Mínimo
Apuro e coerência	3,6	3	6	2,05912602	6	1
Incoerência	5,4	5	-	2,05912602	9	3

Não responderam 5,6 5 3 4,07921561 13 2

FONTE: Pesquisa direta

Por meio dos dados presentes nas tabelas 1 e 2, podemos notar que, com exceção dos resultados do grupo experimental do primeiro dia de aplicação, o número de alunos do grupo experimental que responderam as questões com apuro e coerência foi superior a média. Além disso, o número de alunos dos grupos experimental tanto do primeiro quanto do segundo dia de aplicação de pesquisa que responderam de forma incoerente é menor que a média para a referida categoria.

Um histograma de frequência representativo dos dados presentes na tabela 1 é apresentado a seguir:

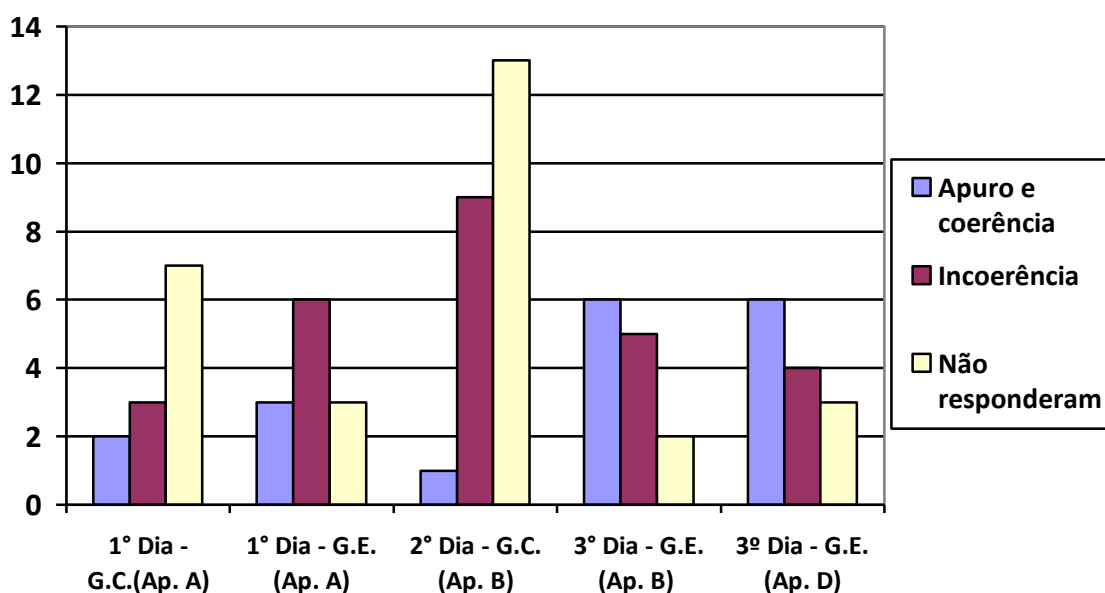


Figura 5.9 – Histograma de frequência referente aos dados da tabela 1

A tabela a seguir mostra a frequência de alunos que acertaram duas, uma e nenhuma questão do segundo trabalho dirigido (Apêndice E).

Tabela 3 – Frequência de alunos nas categorias “duas questões certas”, “uma questão certa” e “nenhuma questão certa”.

	Duas Questões certas	Uma Questão certa	Nenhuma questão certa

2º Dia de aplicação - grupo de controle (Apêndice E)	7	11	6
3º Dia de aplicação - grupo experimental (Apêndice E)	6	4	3

FONTE: Pesquisa direta

Um histograma de frequência representativo dos dados presentes na tabela 3 é apresentado a seguir:

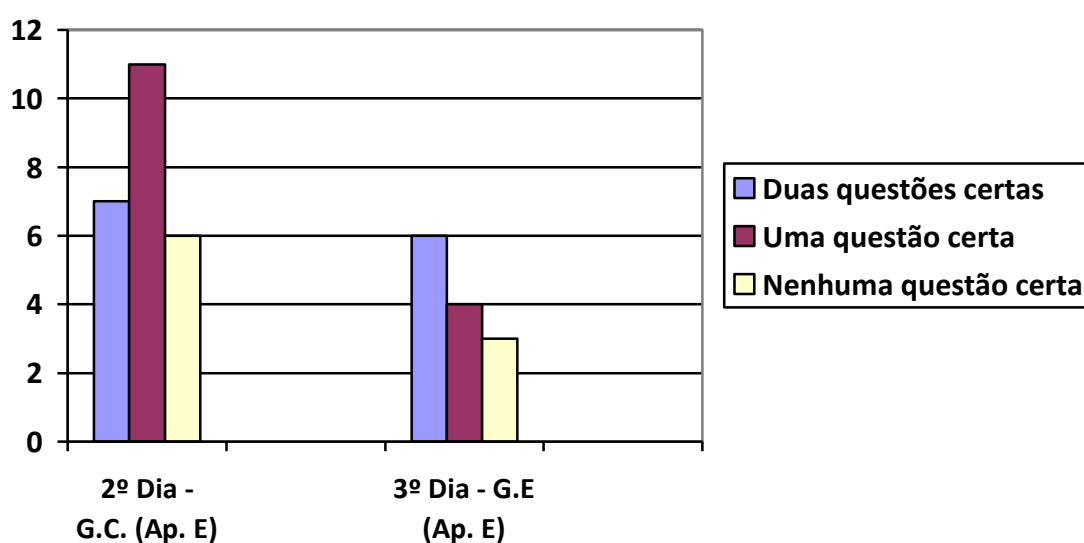


Figura 5.10 – Histograma de frequência referente aos dados da tabela 3

Os dados referentes ao histograma acima nos revela que houve um número maior de alunos do grupo de controle que responderam apenas uma questão do trabalho dirigido (Apêndice E). Além disso, notamos também um número maior de alunos do grupo de controle que não respondeu a nenhuma questão do referido trabalho dirigido (Apêndice E).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio das atividades realizadas durante o primeiro dia (09/09/2010) de aplicação da pesquisa de campo, tivemos a oportunidade de constatar que os alunos foram receptivos e cooperativos em relação ao envolvimento dos mesmos, pois observamos que eles propuseram hipóteses e explicações para elucidar as situações-problema.

Os alunos também se mostraram dispostos a expor suas dúvidas. Por exemplo, durante a questão relativa à simulação do acidente e a dificuldade para frear (Apêndice A), um dos estudantes nos indagou sobre o caso do freio ABS como uma forma de frear o carro de maneira mais eficiente. Explicamos para tal aluno que o agente físico responsável pela frenagem correspondia à força de atrito estático entre a superfície do pneu e a da pista e tal agente independe do mecanismo de frenagem do automóvel.

Isso demonstrou que a aplicação da simulação suscitou idéia sobre o que promove a frenagem de um automóvel, ou seja, fez com que o aluno pensasse sobre as causas das variações da velocidade ou, mais precisamente, sobre o agente físico denominado força sem perceber.

Acreditamos que, pelo fato de termos perguntado inicialmente o que vinha a mente deles quando falamos em movimento, velocidades e grandezas físicas de mesma natureza, houve essa participação. É possível que isso seja um aspecto comprovativo em relação à noção de que levar em consideração os conhecimentos prévios dos alunos promove a motivação para o envolvimento das atividades.

Tivemos também a oportunidade de constatar que, durante aplicação dessa simulação, houve pouca dispersão por parte dos alunos os quais se mostraram interessados nas idéias e questionamentos levantados. Esse fato reforça a idéia de que, caso a situação – problema seja desafiante do ponto de vista do aluno, ele terá sua atenção capturada pela simulação.

Pudemos também encontrar características do ciclo descrição-execução-reflexão-depuração-descrição nas atividades referentes à aplicação da simulação, porém com características próprias.

Em relação à descrição, pudemos constatar que ela se tornou limitada, uma vez que somente possibilitou ao aluno expressar seus pensamentos quando da alteração de valores para determinados parâmetros. No entanto, no caso da simulação do acidente, os

alunos puderam diferenciar os casos de pista seca e pista molhada, quando diminuíram o módulo da aceleração. No caso do lançamento de um objeto na lua, os alunos puderam diferenciar o caso do lançamento de um objeto na Terra e na Lua, deixando os valores da velocidade inicial constante para os dois casos. Dessa forma, pudemos observar que o aluno podia explicitar seu raciocínio em termos da descrição do caso que queria observar alterando um parâmetro e deixando outro constante.

A execução fornecida pelo computador mostrou aos alunos o comportamento do fenômeno em função da alteração do parâmetro que eles estabeleceram. Podemos dizer que a execução mostrou aos alunos de forma fidedigna o que eles propunham inicialmente visualizar. Esse *feedback* foi interessante, pois transmite uma dinamicidade aos fenômenos simulados ao mostrar a evolução temporal dos mesmos.

A aplicação da simulação permitiu ao aluno refletir sobre o comportamento do fenômeno quando da alteração de parâmetros e manutenção de outros parâmetros constante. No caso da simulação do acidente, a reflexão se referiu a tomada de consciência por parte do aluno da relação entre o valor da velocidade inicial do carro antes da frenagem e o quanto ele andava até que o mesmo parasse. Já no caso da simulação do lançamento vertical de um objeto, eles refletiram sobre a relação entre a velocidade inicial, a aceleração gravitacional e altura máxima alcançada pelo objeto.

A depuração foi percebida quando, após termos chegado a algumas conclusões sobre o comportamento do fenômeno com a alteração de uma variável e a manutenção de outra constante, eles explicitaram o anseio de visualizar o fenômeno com uma alteração da grandeza que inicialmente foi colocada como constante. No caso da simulação do acidente, os alunos indagaram sobre a maior dificuldade de frear em uma pista molhada. Indagamos a eles sobre como seria possível representar esse caso na simulação e eles responderam que seria necessário diminuir o módulo da desaceleração de frenagem. Já no caso da simulação do lançamento, após termos simulado na Terra, como seria possível alterar os parâmetros para simular esse caso. Eles falaram que seria necessário diminuir para um sexto da aceleração da gravidade na Terra para que simulássemos o fenômeno na Lua.

Quando os alunos pensaram em outros casos dos fenômenos abordados, eles descreviam o que queriam, propondo a alteração de outros parâmetros, e repetiam as ações que foram anteriormente descritas.

Comparando - se os gráficos dos grupos experimental e de controle do primeiro dia de aplicação, observamos que houve uma porcentagem um pouco maior de alunos do

grupo de controle que não respondeu a nenhuma das questões da atividade exploratória (Apêndice A). Além disso, houve uma maior porcentagem de alunos do grupo experimental que respondeu as questões da mesma com apuro e coerência. Isso demonstrou que aplicação da simulação possibilitou a motivação para que os alunos que responderam de forma incoerente, imprecisa e/ou incompleta tentassem, pelo menos, responder as questões da referida atividade e forneceu orientações para os alunos que responderam as questões de forma apurada e coerente.

No entanto, observamos que o percentual de alunos do grupo experimental que respondeu de forma incoerente foi maior em relação ao percentual de alunos do grupo de controle classificados na mesma categoria. A explicação para esse desvio corresponde ao fato de que, por falta de compromisso em tentar interpretar as questões da atividade exploratória e dificuldades de leitura, um número considerável de alunos simplesmente tomaram trechos do enunciado da questão e transcreveram como forma de explicação.

Em relação à aplicação das atividades do segundo dia (04/10/2010) de aplicação da pesquisa para com os alunos do grupo de controle, notamos que os mesmos não apresentaram um compromisso efetivo em responder as atividades. Como um dos fatores explicativos para esse fato, constatamos que eles estavam cansados e impacientes, pois a aula de Física utilizada para a investigação correspondeu à quinta aula. Além disso, eles também não apresentaram bases suficientemente sólidas em Cinemática, devido provavelmente à ausência prolongada de um professor de Física.

Comparando – se os resultados dos grupos de controle e experimental relativamente à resolução do primeiro questionário (Apêndice B), notamos que uma porcentagem menor de estudantes do segundo foi classificado nas categorias “incoerência” e “não respondeu” em relação ao primeiro. Além disso, constatamos que a porcentagem de alunos do grupo experimental classificada na categoria “apuro e coerência” foi um pouco superior em relação à porcentagem do grupo de controle para a mesma categoria. Considerando – se que utilizamos simulações para mostrar características dos conceitos teóricos abordados nas questões de tal questionário, este fato pode nos indicar o uso de simulações originadas a partir do *Modellus* favoreceu uma melhor compreensão dos conceitos de posição (ou espaço) inicial e referencial e características do M.R.U. e do M.R.U.V. Além disso, o aluno teve condições de formular as definições dos conceitos por conta própria, indicando que a simulação teve um considerável papel na construção do conhecimento por parte do aluno.

Em relação ao segundo questionário (Apêndice C) o qual se referia a aspectos de motivação e a opinião dos alunos a respeito de modelagem, simulação e do uso do computador como ferramenta pedagógica de forma geral, notamos que a grande maioria dos alunos se sentiu motivada e é favorável ao uso de tais ferramentas em sala de aula. Além disso, comparando – se gráfico relativo aos resultados do segundo questionário (Apêndice C) para o grupo experimental com os outros gráficos referentes ao mesmo grupo, notamos que, assim como a maioria dos estudantes apresentou resultados satisfatórios, a maioria dos alunos também é favorável e se sentiu motivada.

Outra constatação que nos mostrou esse caráter motivacional do *software Modellus* é o contraste observado quando comparamos os resultados dos grupos referentes ao primeiro trabalho dirigido (Apêndice D): enquanto a grande maioria dos alunos do grupo experimental respondeu, ainda que de forma incoerente, imprecisa e/ou incompleta, nenhum aluno do grupo de controle respondeu a nenhuma questão. Isso demonstra que os alunos do grupo de controle não apresentaram nem base para responder de forma apurada e coerente, nem motivação para tentar responder ainda que forma imprecisa.

Podemos também afirmar que tal fato indicou que os alunos do grupo experimental foram beneficiados por uma melhor compreensão de certos aspectos fundamentais para a resolução das questões resultantes da modelagem das mesmas e suas conseqüentes simulações.

Em relação à comparação dos resultados referentes ao segundo trabalho dirigido (Apêndice E), que versava sobre a interpretação de gráficos, notamos que a porcentagem de alunos do grupo experimental que acertaram as duas questões do trabalho foi um pouco melhor que a de alunos que acertaram uma e duas questões. Isso demonstra que os recursos da simulação do *Modellus* referentes à elaboração de gráficos podem auxiliar de forma benéfica a interpretação dos mesmos.

Apesar de termos focado esta investigação para o domínio da Cinemática, podemos sugerir como outros caminhos possíveis para futuras análises abordagem de conceitos relacionados à Dinâmica como a relação entre a intensidade de forças aplicadas a um objeto e aceleração adquirida pelo mesmo por meio de uma simulação com o objetivo de estudar qual a importância da mesma em uma situação de tratamento de concepções prévias ou ainda aproveitar a mesma temática dessa pesquisa, porém dando maior ênfase ao uso da modelagem.

Apesar de reconhecermos o potencial pedagógico da simulação, da modelagem e da programação no contexto do ensino da Física, necessitamos desenvolver mais pesquisas para que esse potencial seja colocado em prática de forma mais eficaz de forma que os alunos sejam apoiados na visualização dos fenômenos físicos e na construção de seus conhecimentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Maria E. Informática na Educação In: ProInfo: **Informática e Formação de Professores/Secretaria de Educação a Distância**. Brasília: Ministério da Educação, Seed, 2000; vol. 1. (p.19-47)

_____. As Bases da Proposta de Papert In: ProInfo: **Informática e Formação de Professores/Secretaria de Educação a Distância**. Brasília: Ministério da Educação, Seed, 2000; vol. 1. (p. 49-75)

ANDRADE, Pedro F. Aprender por Projetos, Formar Educadores In: VALENTE, J.A. (org.) **Formação de Educadores para o Uso da Informática Educativa**. Campinas: UNICAMP/NIED, 1999. (p.57-83)

BARANAUSKAS, Maria C.; ROCHA, Heloisa V.; MARTINS, Maria C. e D'ABREU, João V. Uma Taxonomia para Ambientes de Aprendizado Baseados no Computador In: **O Computador na Sociedade do Conhecimento**. Campinas: UNICAMP/NIED, 1999 (p.49-87)

D'ÁVILA, Cristina. Por uma Didática Colaborativa no Contexto das Comunidades Virtuais de Aprendizagem In: SANTOS, Edméa O. e ALVES, Lynn (org.) **Práticas Pedagógicas e Tecnologias Digitais**. Rio de Janeiro: E-papers, 2006. (p. 91-106)

NASCIMENTO, Anna Christina de A. Objetos de Aprendizagem: A Distância entre A Realidade e a Promessa In: PRATA, Carmem L e NASCIMENTO, Anna Christina de A (org.) **Objetos de Aprendizagem: Uma Proposta de Recurso Pedagógico**. Brasília: MEC, SEED, 2007.

SANTOS, Gustavo H. e MORET, Marcelo A. *Modellus*: Animações Interativas Mediando a Aprendizagem Significativa dos Conceitos de Física no Ensino Médio In: SANTOS, Edméa O. e ALVES, Lynn (org.) **Práticas Pedagógicas e Tecnologias Digitais**. Rio de Janeiro: E-papers, 2006. (p. 303-320)

VALENTE, J. A. Análise dos Diferentes Tipos de *Software* Usados Na Educação In: VALENTE, J. A. (org.) **O Computador na Sociedade do Conhecimento**. Campinas: UNICAMP/NIED, 1999 (p.89-110)

VALENTE, J. A. (1993). **O Uso Inteligente do Computador na Educação**. Disponível em: <<http://www.proinfo.mec.gov.br/upload/biblioteca/215.pdf>>

VEIT, Eliane A. e TEODORO, Vitor D. Modelagem no Ensino/Aprendizagem de Física e os Novos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. *Revista Brasileira de Ensino Física*, n. 24, 2002. (p.87-96)

APÊNDICE A – ATIVIDADE EXPLORATÓRIA**ATIVIDADE EXPLORATÓRIA**

01. Os usuários de automóveis devem estar sujeitos a uma legislação específica, o Código Brasileiro de Trânsito, que prescreve as normas que os usuários devem seguir ao utilizarem seus veículos sob pena de aplicação de multas e perda de pontos na carteira de motorista, CNH, caso se constate o descumprimento das leis do referido código. Um desses tipos de multa é por exceder a velocidade máxima permitida. Por exemplo, caso uma pessoa suponhamos que uma pessoa dirija seu carro com uma velocidade de 80 km/h numa pista cujo máximo permitido para a velocidade é 60 km/h e onde as forças resistivas de atrito promovem uma desaceleração de 2 m/s^2 , ele teria dificuldades para frear. Nesse sentido, com base em conceitos de Física, a aplicação da multa se justifica por que:

- (a) Dirigir em velocidades acima da máxima permitida pode acarretar atropelamentos em virtude da dificuldade para frear.
- (b) O governo quer apenas arrecadar dinheiro ao aplicar multas não havendo nenhuma justificativa plausível em termos de Física.
- (c) As altas velocidades podem estragar completamente a estrada devido ao atrito entre as superfícies da estrada e dos pneus.
- (d) Uma desaceleração baixa provocada por altas velocidades como a que foi explicitada pode estragar a estrada.
- (e) A resistência da força de atrito devido as altas velocidades estraga somente a pista, não afetando a superfície do pneu.

Apresente uma justificativa que lhe levou a marcar algum dos itens acima.

02. “A Terra é Azul”. Com essas palavras, Yuri Gagarin descreveu sua admiração em relação à Terra vista do espaço sideral há muitos anos. Há alguns anos, em uma entrevista para uma emissora de televisão dos Estados Unidos, um famoso astronauta disse que poderia ter morrido devido ao salto que ele deu na superfície da Lua. Considerando que a aceleração gravitacional da lua é um sexto da aceleração da Terra, podemos concluir que a justificativa Física para esse caso seria a seguinte:

- (a) O salto poderia rasgar a roupa do astronauta impedindo que ele tenha o equipamento necessário para sua sobrevivência.
- (b) A pequena velocidade inicial do salto poderia fazer com que ele atingisse uma altitude enorme podendo escapar do campo gravitacional lunar devido à pequena aceleração gravitacional lunar.
- (c) O salto o faria gastar muita energia o que lhe cansaria e impossibilitaria de voltar à nave.
- (d) O atrito entre as superfícies do calçado do astronauta e do solo lunar derreteria o solado do calçado.
- (e) O salto não representaria nenhum risco ao astronauta.

Dê uma justificativa para a sua escolha:

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO 1**QUESTIONÁRIO – 1**

01. O que você entende por espaço inicial em Cinemática? E que relação ele tem com o conceito de referencial?

02. Compare diferenciando Movimento Retilíneo Uniforme (M.R.U.) e Movimento Retilíneo Uniformemente Variando (M.R.U.V.)?

03. Para você, o que são as grandezas físicas velocidade e aceleração e como elas se relacionam aos tipos de movimento estudados na questão anterior?

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO 2**QUESTIONÁRIO – 2**

01. Qual a sua opinião sobre o uso da modelagem, ou mais especificamente, do software educacional *Modellus* nas aulas de Física?

02. Você acredita que o professor de Física deve utilizar a modelagem para ministrar suas aulas? Comente.

03. Em sua opinião, quais foram às facilidades e as dificuldades em relação ao uso do software *Modellus*?

APÊNDICE D – T.D. 1**T.D. 1 - CONCEITOS TEÓRICOS**

01. Dois móveis, A e B, movimentam – se de acordo com as funções horárias: $S_A = 90 - 2.t$ e $S_B = 4.t$, em unidades do S.I. Determine o instante e a posição de encontro dos móveis.

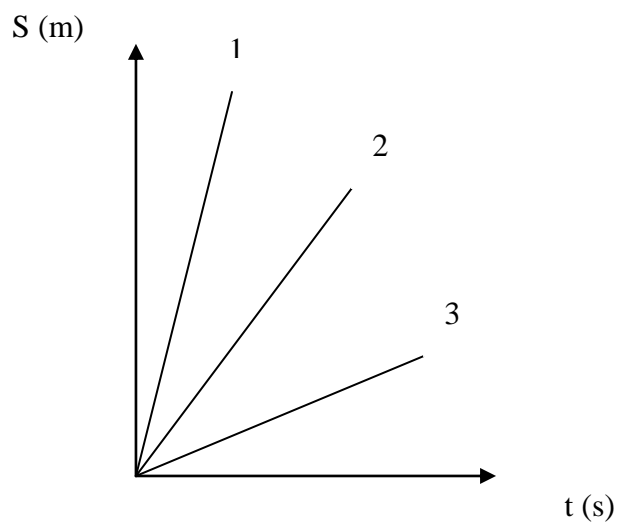
02. Um móvel percorre 180 m partindo do repouso. Se o móvel tem aceleração constante de $2,0 \text{ m/s}^2$, qual será sua velocidade no final do trajeto? Esboce os gráficos $s = f(t)$ e $v = f(t)$.

APÊNDICE E – T.D. 2

T.D. 2 (2º T.D.) - INTERPRETAÇÃO GRÁFICA

01. Os gráficos da posição em função do tempo abaixo representam três móveis em Movimento Retilíneo Uniforme (móveis 1, 2 e 3). Qual deles apresenta a maior velocidade?

- (a) 1 (b) 2 (c) 3 (d) n.d.a.



02. No diagrama da velocidade contra o tempo, são esboçados os gráficos de três móveis em Movimento Retilíneo Uniformemente Variado. Qual deles apresenta a menor aceleração?

- (a) 1 (b) 2 (c) 3 (d) n.d.a.

