

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA**

**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**O USO DAS NOVAS TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO
NO ENSINO DE FÍSICA: UMA ABORDAGEM ATRAVÉS DA MODELAGEM
COMPUTACIONAL**

MARCELO ESTEVES DE ANDRADE

Porto Alegre

2010

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA**

**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**O USO DAS NOVAS TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO
NO ENSINO DE FÍSICA: UMA ABORDAGEM ATRAVÉS DA MODELAGEM
COMPUTACIONAL***

MARCELO ESTEVES DE ANDRADE

Dissertação realizada sob a orientação do Prof. Dr. Silvio Luis Souza Cunha e apresentada ao Instituto de Física da UFRGS em preenchimento parcial aos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física.

Porto Alegre

2010

* Trabalho parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Este trabalho é dedicado a Camila, Valdira e Léo.

AGRADECIMENTOS

- Agradeço primeiramente a Deus, o autor da vida, da sabedoria e do próprio conhecimento, a Ele sejam dadas todas as honras.
- A minha esposa Camila pela dedicação, empenho e paciência, sem ela eu não chegaria aqui, esta conquista também é dela.
- A minha família, que apesar da distância, sempre me incentivou a conquistar mais e mais, especialmente aos meus pais, que apesar do pouco conhecimento científico, me deram uma educação da mais alta classe.
- Ao meu orientador, Prof. Dr Silvio Cunha, pela dedicada e sabia orientação destinada a mim.
- A todos os meus grandes amigos, queria poder colocar o nome de todos aqui mas a lista é grande.
- A todos os meus alunos, especialmente os das turmas de primeiro ano de 2009 que participaram na aplicação deste projeto.
- Ao Instituto Adventista Cruzeiro do Sul, pelo incentivo e ajuda durante todo o curso.
- Aos meus colegas de turma.

“A função da verdadeira educação é desenvolver a juventude para pensar, e não apenas refletir os pensamentos de outras pessoas.” *Ellen. White*

RESUMO

Neste projeto, utilizamos algumas tecnologias da informação e comunicação para desenvolver uma estratégia de ensino de Física para o Ensino Médio abordando o tópico da cinemática. A estratégia contou com a utilização de aulas e testes virtuais e também com atividades de modelagem computacional com o programa *Modellus*. Todas as atividades foram aplicadas no laboratório de informática e mediadas pelo computador. Esta estratégia foi aplicada em duas turmas do primeiro ano do Ensino Médio do Instituto Adventista Cruzeiro do Sul, localizado na cidade de Taquara, RS, entre os meses de março e maio, do ano letivo de 2009, e contou com uma carga horária de 22 horas – aula. O projeto teve como referencial teórico a Teoria dos Campos Conceituais de Gerard Vergnaud, que diz que a conceitualização é o centro do desenvolvimento cognitivo. Todo o material desenvolvido foi colocado em forma de um hipertexto que está disponível na internet de modo que outros professores façam uso destes recursos. Através das observações feitas durante a aplicação desta proposta, vimos que uma estratégia de ensino baseada no uso de tecnologias como estas, permitem um aprendizado mais eficaz, visto que o contato e a interação dos alunos com o objeto de estudo e com as ferramentas educacionais é muito maior quando comparado com as metodologias tradicionais, por isso esta estratégia apresenta um grande potencial como recurso educacional para o ensino de Física.

Palavras chave: Modelagem Computacional, *Modellus*, cinemática, campos conceituais.

ABSTRACT

In this project, we use some of the new technologies of information and communication to develop a strategy for teaching physics to high school addressing the topic of kinematics. The strategy included the use of virtual classes and tests and also with activities of computer modeling with the program *Modellus*. All activities were computer-mediated implemented in the computer lab. This strategy was applied to two groups: the first year of high school of the Instituto Adventista Cruzeiro do Sul, located in the city of Taquara RS between March and May of the academic year 2009, and had a workload of 22 hours - in class. The project is theoretical based on the Theory of Conceptual Fields by Gerard Vergnaud, which says that the conceptualization is the center of cognitive development. All the material developed was placed in the form of a hypertext that is available on the Internet so that other teachers can make use of these resources. Through observations made during the implementation of this proposal, we saw that a strategy based on the use of technologies like these, allow a more effective learning, as the contact and interaction of students with the object of study and educational tools is greater when compared with traditional methods, so this strategy has great potential as an educational resource for the teaching of physics.

Keywords: Computer Modeling, *Modellus*, kinematics, conceptual fields.

SUMÁRIO

CAPITULO 1 – INTRODUÇÃO	9
CAPITULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1 O USO DE NOVAS TECNOLOGIAS COMPUTACIONAIS NO ENSINO	14
2.2 O USO DA MODELAGEM COMPUTACIONAL APLICADA AO ENSINO DE FÍSICA	17
CAPITULO 3 - REFERENCIAL TEORICO	21
CAPITULO 4 - PRODUTO EDUCACIONAL	26
4.1 CONTEXTO DE APLICAÇÃO	26
4.2 MATERIAL DESENVOLVIDO	27
4.2.1 O hipertexto	28
4.2.2 Aulas virtuais	29
4.2.3 Testes virtuais	35
4.2.4 Atividades de modelagem computacional	35
CAPITULO 5 – METODOLOGIA	47
5.1 ESTRUTURA GERAL	47
5.2 CONTEÚDOS E OBJETIVOS DE ENSINO	48
5.3 APLICAÇÃO DA PROPOSTA	51
5.3.1 Aplicação do Módulo 1 – Conceitualização	51
5.3.2 Aplicação do Módulo 2 – Situações-Problema	53
5.4 AVALIAÇÕES E RESULTADOS	58
CAPITULO 6 - CONCLUSÃO	61
REFERÊNCIAS	67
APÊNDICES	69
APÊNDICE A – TESTES CONCEITUAIS	70
APÊNDICE B – ROTEIROS DAS ATIVIDADES DE MODELAGEM COMPUTACIONAL	77
APENDICE C – AVALIAÇÕES APLICADAS	86
APENDICE D – CD-ROOM COM MATERIAL INSTRUCIONAL	88

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas o ensino de Física na escola secundária tem sido amplamente discutido nos meios acadêmicos e muitas propostas de mudanças tem sido apontadas pelos especialistas da área com o objetivo de que tenhamos uma melhor qualidade no ensino de Física, pois vemos que a metodologia tradicional, uso exclusivo de aulas expositivas e resolução de exercícios, não tem levado os alunos a um desenvolvimento pleno das habilidades que se pretende desenvolver no ensino de Física. Dentre as estratégias apontadas para a melhoria do ensino nesta área destaca-se o uso das novas tecnologias da informação e comunicação, as chamadas TIC's.

Segundo Veit e Teodoro (2002) a utilização destas novas tecnologias ainda está muito defasada em relação ao seu uso científico, necessitando que, para cada área específica do conhecimento, se incorporem as tecnologias no processo de ensino-aprendizagem, conforme orientações dos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (BRASIL 1999), que por sua vez, também apontam a importância da atualização no ensino em relação às TIC's, de forma que o professor seja levado a abordagens e metodologias de ensino mais atuais e eficazes, visando desenvolver as competências e habilidades pelo aluno, em cada disciplina.

Com o advento da informática e da *Internet*, o mundo atual tem sido dominado pelo uso das tecnologias em basicamente todos os setores da sociedade, fazendo com que os alunos desde cedo já tenham um interesse e domínio dos recursos tecnológicos existentes. Reside, então, neste fato uma grande oportunidade para usarmos os recursos da tecnologia em nossa prática pedagógica, de forma a implementarmos estratégias de ensino mais eficazes tendo em vista os objetivos propostos para o ensino de Física no Ensino Médio.

O avanço do conhecimento na área tecnológica propicia aos alunos uma maior interatividade e agilidade na busca pelo saber científico. Agilidade, velocidade de comunicação e praticidade fazem parte da rotina dos estudantes e, muitas vezes, essas

características não são acompanhadas no meio escolar, devido à falta de recursos físicos ou, muitas vezes, pela incapacidade de investir em tecnologia, tornando a aprendizagem menos atraente para os alunos (COELHO, 2002).

Caso não ocorra uma adequação das escolas e dos profissionais da área de educação na produção, desenvolvimento e aplicação de tais tecnologias, o mundo escolar ficará cada vez mais distante do mundo dos alunos. (GONÇALVES, 2005).

A utilização das novas tecnologias da informação e comunicação no processo educacional só é justificada se de fato contribuir para a melhoria e o crescimento na qualidade do ensino e da aprendizagem, por isso a aplicação das tecnologias deve estar em constante avaliação de modo que de fato se verifique a melhoria na construção do conhecimento por parte do aluno, o que de outra forma não justificaria o uso destas novas práticas.

Segundo Araujo (2002) dentre as propostas didáticas mais significativas podemos destacar as principais modalidades de uso do computador no ensino de Física: tutoriais (*Interactive Journey Through Physics, The Particle Adventure*); aquisição de dados (*Science Workshop, Real Time Physics, VideoPoint*); simulação (*Interactive Physics, xyZET, Graphs and Tracks*); modelagem (*Stella, Dynamo, PowerSim, Cellular Modelling System, Modellus*).

Dentre as modalidades de ferramentas computacionais para o ensino de Física que foram citadas, destacamos aqui a modelagem computacional que tem se mostrado uma ferramenta com um grande potencial para a aprendizagem. Falando sobre a modelagem, Araújo, Brandão e Veit (2008) destacam que:

No contexto científico contemporâneo, o processo de modelagem assume um papel fundamental na busca por respostas que auxiliam o homem a compreender o mundo em que vive, já no contexto do ensino a modelagem potencializa estratégias de ensino que levem os alunos a construir o conhecimento de forma mais ampla.

A modelagem computacional se baseia na construção de um modelo de um fenômeno natural a partir da identificação de variáveis e parâmetros envolvidos no fenômeno em questão, e das equações matemáticas que regem tal fenômeno, e a partir desta construção, o modelo pode ser simulado, explorado, testado e também ser expandido para situações mais gerais.

Dentre os programas de modelagem disponíveis atualmente, destacamos aqui o *Modellus* (Teodoro, Vieira e Clérigo, 1997). O *Modellus* é um software de modelagem de distribuição livre para fins educacionais que permite que estudantes e professores simulem de forma dinâmica, diversos fenômenos físicos utilizando modelos matemáticos regidos a partir de funções e equações, apenas escrevendo estas equações de forma direta dentro do programa, ou seja, da mesma forma que o aluno aprendeu a escrever uma equação usando lápis e papel, sem a necessidade de metáforas auxiliares, como no caso de outros programas de modelagem como o STELLA, POWERSIM, e VENSIM por exemplo. O *Modellus* também permite uma representação variada, de forma que quem usa, pode ver e interagir de forma dinâmica com o modelo criado a partir das equações, das tabelas, das animações e das saídas gráficas que o programa fornece.

Numa estratégia didática com o uso de uma ferramenta computacional como esta, o professor passa a ter um outro papel dentro do processo de ensino, que é o papel de conduzir o aluno na construção do conhecimento em Física, e não apenas em um transmissor de uma informação que já vem pronta para o aluno, papel este que ao longo dos anos tem sido criticado e se mostrado de pouca utilidade.

Este papel é modificado, pois através de atividades com modelagem o aluno entra em contato direto com o objeto de estudo, e também é levado a atuar de forma direta nas atividades, de modo que o ensino fica centrado nele, cabendo ao professor apenas a condução e a orientação destas atividades.

Um outro problema que tem sido detectado no ensino de Física é o grande tempo dedicado à parte operacional matemática envolvida nos fenômenos físicos. É fato que não podemos minimizar a importância da Matemática dentro da Física, mas muitas vezes os conceitos e princípios envolvidos nos temas abordados, acabam se perdendo dentro de uma abordagem apenas algébrica e aritmética dos fenômenos e situações, passa-se muito tempo fazendo cálculos e pouco tempo interpretando os significados de cada termo ou equação matemática.

No uso da modelagem computacional a parte matemática tem um papel importante, porém ela é usada como uma linguagem de representação, onde a análise e interpretação das grandezas, conceitos, princípios e variantes representadas pela

linguagem matemática em uma situação ou fenômeno ganham a atenção principal dentro de um dado tema estudado.

Devido a estes fatores, entendemos que atividades com o uso do computador, tal como a modelagem computacional, têm um grande potencial para enriquecer e tornar mais dinâmica a aprendizagem de Física, de modo que com esta ferramenta se crie uma estratégia didática que possa ser aplicada no contexto da sala de aula.

Decidimos, então, criar uma proposta de ensino de Física baseada em atividades de modelagem computacional usando o programa *Modellus* como principal ferramenta didática para a aprendizagem, bem como outras ferramentas computacionais auxiliares, tais como aulas disponibilizadas no formato pdf do Adobe Acrobat e testes virtuais com o programa *Hot Potatoes*.

Para desenvolver esta proposta escolhemos como tópico de estudo a Cinemática Escalar em uma dimensão, abordando os conceitos de posição, deslocamento, distância percorrida, velocidade, aceleração, funções horárias, movimento retilíneo uniforme, movimento retilíneo uniformemente variado e toda a parte gráfica envolvida nestes tópicos.

Para a maior parte dos alunos que estão ingressando no Ensino Médio, este tópico é o primeiro contato com a Física, de modo que uma estratégia baseado no uso do computador teria um apelo maior em relação ao interesse dos alunos, para se iniciar o estudo de Física, do que as tradicionais aulas expositivas. Cabe lembrar aqui que não somos contra o uso das aulas expositivas. Na verdade a exposição é extremamente importante no processo de ensino, mas a crítica aqui é contra estratégias de ensino baseadas exclusivamente na exposição, quando se deveria usar uma diversidade de estratégias e procedimentos.

O material instrucional desenvolvido para aplicação deste projeto foi baseado na teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud.

Esse referencial foi escolhido, pois ele sugere que as duas partes mais importantes de uma área de estudo são os conceitos e as situações que envolvem estes conceitos. As atividades de modelagem computacional fazem a ponte entre estas duas

partes, a parte conceitual e as situações, devido a isto este referencial foi escolhido e será descrito de forma mais detalhada no capítulo 3.

Decidimos então criar dois módulos de atividades, um primeiro modulo envolvendo toda a parte conceitual da cinemática, através de aulas e testes interativos com o uso do computador, e um segundo módulo contendo as atividades com o programa *Modellus*.

O ciclo de atividades foi aplicado então, no Instituto Adventista Cruzeiro do Sul, localizado na cidade de Taquara, RS, e as atividades foram realizadas em duas turmas de primeiro ano do Ensino Médio entre os meses de Março e Maio de 2009 e envolveu uma carga de 22 horas/aula para cada uma das duas turmas. A escola conta com um laboratório de informática de última geração, contendo 24 computadores, o que permitiu que os alunos trabalhassem com pelo menos um computador para cada dupla de alunos, e todo o projeto foi aplicado no laboratório com o uso do computador.

No capítulo 2, apresentamos uma revisão da literatura sobre artigos envolvendo a utilização de recursos tecnológicos em geral aplicados ao ensino de Física, como também aplicações envolvendo diretamente o uso da modelagem computacional. No capítulo 3, descrevemos o referencial teórico utilizado, que foi a teoria dos campos conceituais de Gerard Vergnaud e os principais princípios desta teoria que foram utilizados neste trabalho.

No capítulo 4, apresentamos detalhadamente material didático produzido, e no capítulo 5 a forma como este foi utilizado, ou seja a metodologia de trabalho, mostrando também como o referencial teórico foi utilizado dentro do trabalho. No capítulo 6, discutimos as principais conclusões relativas a aplicação e utilização desta estratégia didática.

CAPÍTULO 2

REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo, apresentamos uma revisão da literatura referente aos últimos anos de publicações em importantes revistas brasileiras da área de ensino de Física como o Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF) e a Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), assim como trabalhos de pós-graduação referentes à aplicação de tecnologias da informação à área de ensino.

Dividimos então esta revisão em dois tópicos: O uso geral de tecnologias computacionais no ensino de Física; e o uso da modelagem computacional aplicada ao ensino de física principalmente com o programa *Modellus* em atividades na educação básica e superior.

2.1 O USO DE TECNOLOGIAS COMPUTACIONAIS NO ENSINO

Nos últimos anos o uso do computador como ferramenta complementar de ensino tem crescido amplamente com o advento da tecnologia nas últimas décadas fica cada vez mais evidente que o uso deste instrumento no contexto de sala de aula se torna um processo irreversível, e com o passar do tempo as escolas, têm se adequando a esta realidade, buscando ter em suas unidades laboratórios de informática equipados com computadores e acesso a *internet*.

Portanto, é um consenso que o computador entra hoje como uma nova ferramenta de ensino, assim como o livro didático, as apostilas, e experimentos.

Dentro deste contexto, precisamos nos preocupar com a forma que essa ferramenta é utilizada, de modo que ela não se torne um fim, mas sim um meio para ajudar no processo de ensino, pois apesar desta ferramenta já ser uma realidade seu uso ainda apresenta algumas falhas no que diz respeito a sua aplicação.

Fiolhais e Trindade (2003) destacam algumas das causas da não utilização dos computadores por parte dos professores, verificando que não ocorre integração das novas tecnologias com as disciplinas e destacam alguns problemas de natureza técnica e didática. Dentre elas são apontadas:

- a rápida desatualização dos equipamentos (*hardware*), o que faz necessário que estes sejam renovados constantemente, e que também recebam a manutenção adequada, fato que exige a necessidade de pessoal habilitado;
- a desproporção entre o número de alunos e computadores, o que faz com que muitos alunos tenham que ocupar o mesmo computador, prejudicando assim a aprendizagem;
- os programas possuem algumas deficiências pedagógicas e também não tem um caráter atrativo, o que faz com que os alunos não tenham um interesse maior na sua utilização;
- nem todos os programas existentes são relevantes, não podendo o professor analisar devidamente quais seriam uteis as suas necessidades pedagógicas;
- os professores não possuem uma formação adequada para o uso de tais tecnologias.

Um outro problema apontado por Nogueira e Rinaldi (2003), é que a maioria dos *softwares* educacionais existentes no mercado, possuem a característica comum de não serem interativos, pois independem das concepções dos alunos-usuários, sendo preconcebidos de forma a simular situações-problema, ou meramente na condição de verificar o acerto ou o erro do aluno colocado diante de questões objetivas.

Em um artigo sobre as possibilidades e limitações do uso da informática no ensino, Medeiros e Medeiros (2002) destacam os riscos de utilizarmos de uma forma não crítica as simulações computacionais no ensino da Física, pois apresentam algumas desvantagens que são geralmente negligenciadas pelos usuários, pois as simulações geralmente abordam um modelo idealizado da realidade que em muitos casos não é confirmada na prática, e se essa diferença entre o modelo ideal e o real não for percebida, as simulações podem transmitir uma concepção do fenômeno que é oposta à qual se pretendia transmitir com seu uso.

Um outro ponto desfavorável é a não garantia de aprendizagem com o uso da informática, pois esta pode limitar a possibilidade de os estudantes perceberem erros experimentais, já que os resultados das animações e simulações são pré-determinados.

É preciso, então, uma sensibilidade muito grande por parte do professor, ao elaborar uma estratégia de ensino baseada em alguns destes recursos tecnológicos de modo que ele não venha a cair nestes erros didáticos ou técnicos, transformando assim, o que seria uma ferramenta com potencial para aprendizagem em uma proposta ineficaz. Com estes cuidados em mente, apresentamos agora alguns dos aspectos positivos para a utilização do computador de modo que o professor possa elaborar estratégias de ensino que visem ampliar e dinamizar o ensino através do uso desta ferramenta.

No mesmo artigo já citado, Medeiros e Medeiros (2002) também apontam algumas das vantagens do uso do computador, principalmente no que se refere ao uso de simulações:

- permitem que os alunos testem e gerem suas próprias hipóteses;
- apresentam uma versão simplificada da realidade pela desmistificação de conceitos abstratos em seus mais importantes elementos;
- tornam conceitos abstratos mais concretos;
- reduzem a ambigüidade e ajudam a identificar relacionamentos de causa e efeito na descrição de fenômenos complexos;
- engajam os estudantes em tarefas, muitas vezes, com alto nível de interatividade;
- servem como preparação inicial para ajudar na compreensão do papel de um laboratório;
- auxiliam os estudantes a aprenderem sobre o mundo natural, vendo e interagindo com os modelos científicos subjacentes que não poderiam ser inferidos através da observação direta;
- acentuam a formação de conceitos e promovem a mudança conceitual.

Rezende (2002) ao discutir o uso do computador sob um enfoque construtivista destaca algumas das características que potencializam o uso das ferramentas computacionais aplicadas ao ensino:

As principais características das novas tecnologias da informação e da comunicação presentes na elaboração de materiais didáticos e projetos fundamentados na abordagem construtivista seriam: (1) a possibilidade de interatividade; (2) as possibilidades que o computador tem de simular aspectos da realidade; (3) a possibilidade que as novas tecnologias de comunicação, acopladas com a informática, oferecem de interação a distância e (4) a possibilidade de armazenamento e organização de informações representadas de várias formas, tais como textos, vídeos, gráficos, animações e áudios, possível nos bancos de dados eletrônicos e sistemas multimídia.

Dentro desta perspectiva, os recursos tecnológicos podem ser utilizados de modo a transformar o conteúdo em si, em uma forma de conhecimento mais amplo e atraente para o aluno, devido a seu caráter interativo e dinâmico, fato que não acontece com a metodologia de ensino tradicional, proporcionando ao aluno o exercício de habilidades que vão ampliar a sua capacidade de selecionar informações, resolver problemas e aprender de uma forma independente.

2.2 O USO DA MODELAGEM COMPUTACIONAL APLICADA AO ENSINO DE FÍSICA.

De acordo com Veit e Teodoro (2002) a introdução da modelagem no processo ensino/aprendizagem possibilita uma melhor compreensão do seu conteúdo e contribui para o desenvolvimento cognitivo em geral, pois a modelagem facilita a construção de relações e significados, favorecendo a aprendizagem construtivista.

Em um artigo sobre atividades de modelagem computacional, Dorneles, Araujo e Veit (2006) destacam que nestas atividades além de poder atuar sobre a variação de parâmetros e valores iniciais, o aluno tem acesso aos elementos básicos. O aluno pode também, construir seu próprio modelo, desde sua estrutura matemática ou icônica até a análise dos resultados gerados por ele, ou fazer alterações em modelos computacionais previamente construídos.

Nestas atividades, que possuem um caráter fortemente interativo, os alunos são levados a fazer generalizações, comparações, testar e modificar variáveis dentro de um

dado fenômeno estudado de forma que o aprendizado de Física se torna mais amplo e mais dinâmico.

Segundo estes mesmos autores, se o aluno é instigado com questões apropriadas, que requeiram interação com o modelo, pode-se favorecer a reflexão deste sobre os efeitos de suas ações sobre os resultados gerados pelo modelo computacional.

Dentro deste contexto, o programa de modelagem *Modellus* se destaca entre outras ferramentas de modelagem devido a sua facilidade de utilização, pois ele não utiliza uma linguagem exclusiva e também pelo fato de ser um programa livre para fins educacionais.

Com o *Modellus*, os alunos podem ser submetidos tanto a atividades exploratórias, que são as atividades onde os alunos têm a possibilidade de alterar os valores de variáveis e parâmetros de um dado modelo pré-estabelecido, como também em atividades expressivas ou de construção, onde dado um certo fenômeno o aluno construirá seu próprio modelo dentro do programa. O *Modellus* se torna então, uma ferramenta cognitiva que irá ajudar o professor na construção do conhecimento de Física por parte do estudante.

Veit e Teodoro (2002) ao fazer uma análise da aplicação do programa *Modellus*, relacionando a sua aplicação com os novos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 1999) demonstram através de um mapa, figura 2.1, alguns dos elementos e principais características desta ferramenta.

Em seu trabalho de dissertação de mestrado, Araujo (2002) destaca então algumas das características que são interessantes no uso do *Modellus*:

- a construção e a exploração de múltiplas representações de modelos;
- a análise da qualidade dos modelos;
- o reforço do pensamento visual, sem memorização dos aspectos de representação formal, através de equações e outros processos formais;
- a abordagem de forma integrada dos fenômenos naturais, ou simplesmente representações formais;
- o trabalho individual e em classe, em que a discussão, a conjectura e o teste de idéias são atividades dominantes.

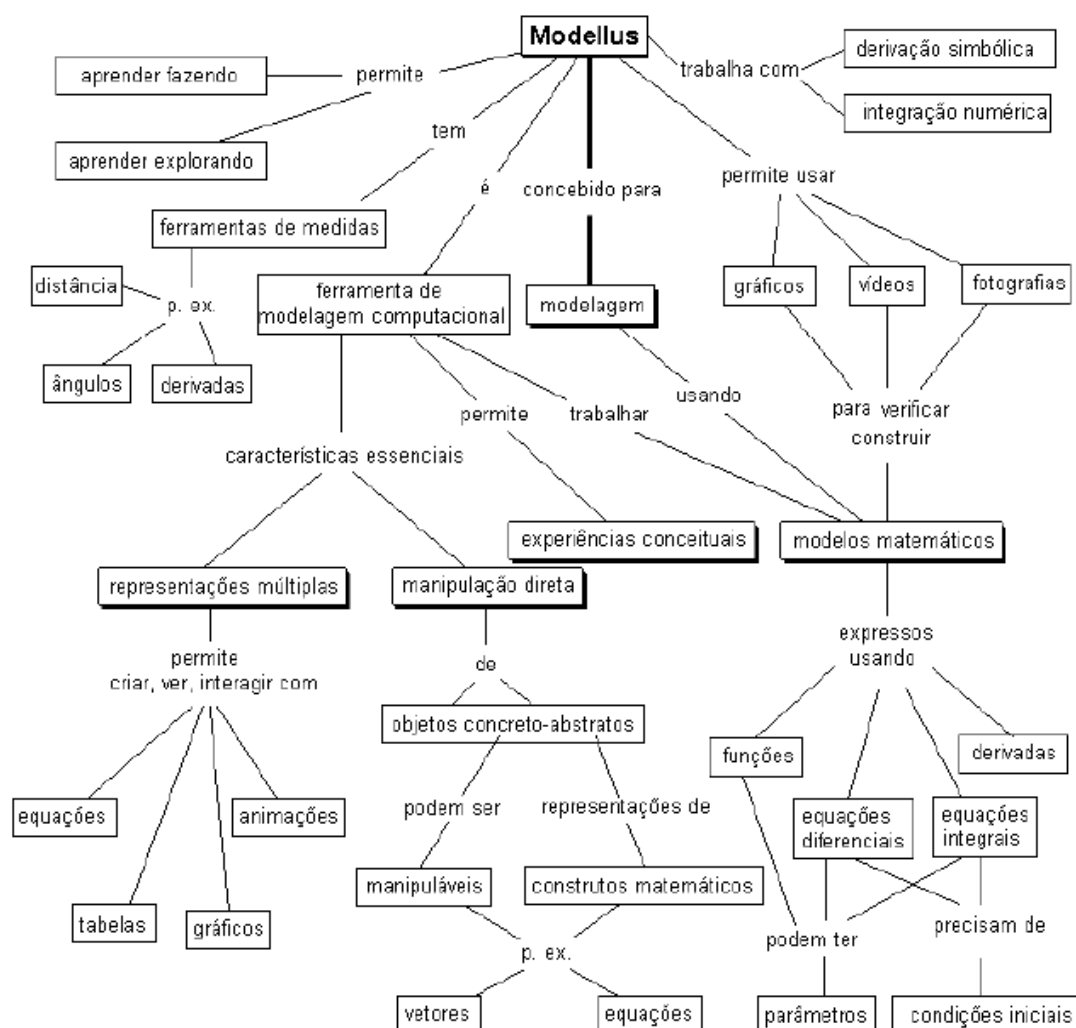


Figura 2.1: Principais características do *Modellus* (Veit e Teodoro, 2002)

Neste mesmo trabalho o autor descreve uma experiência de aplicação do *Modellus* com atividades complementares às aulas de Física no auxílio à interpretação de gráficos de cinemática, em uma disciplina de Física Geral no Instituto de Física da Universidade Federal do Rio do Sul, e ao avaliar o resultado deste estudo diz que o grupo exposto ao tratamento com o *Modellus*, obteve um desempenho médio melhor do que o grupo submetido apenas ao método tradicional de ensino.

Tais resultados sugerem que o uso de atividades de modelagem, através do *Modellus*, pode auxiliar o professor complementando sua prática docente, inclusive em uma escala maior. Araujo cita também que o fator motivação também foi muito importante, pois além do interesse natural despertado pelo uso de microcomputadores, os resultados sugerem que a aplicação de atividades de modelagem exerce uma influência positiva na predisposição do indivíduo para aprender Física. Isto ocorre na medida em que a relevância de determinadas relações matemáticas e conceitos é percebida pelo aluno durante o processo de interação com os modelos conceituais, permitindo que o conteúdo visto anteriormente por ele, e que até então estava muito abstrato, passe a ter um referencial mais concreto.

Vemos então uma gama de argumentos positivos para a utilização da modelagem computacional como ferramenta para o ensino de Física, mas apesar de todas as vantagens apresentadas com o uso desta ferramenta, a maior parte das propostas de utilização se concentram no ensino superior e em disciplinas de Física Geral e nenhuma das revistas citadas no início deste capítulo apresenta propostas aplicadas ao Ensino Médio. No capítulo seguinte, apresentamos o referencial teórico utilizado na aplicação desta proposta de ensino.

CAPITULO 3

REFERENCIAL TEORICO

Neste capítulo, faremos uma descrição do referencial teórico adotado para o desenvolvimento deste projeto de ensino, que foi a teoria dos campos conceituais de Gérard Vergnaud. Falaremos de uma forma geral sobre a teoria, dizendo o que ela é e os princípios e conceitos envolvidos nela, depois falaremos sobre como ela está relacionada com a nossa proposta de trabalho.

A teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud é uma teoria cognitivista, que diz que o centro do desenvolvimento cognitivo é a conceitualização (VERGNAUD, 1996b, *apud.* MOREIRA 2002). Ela é uma teoria psicológica referente ao processo de conceitualização do real, que possibilita a identificação e o estudo, das continuidades e rupturas entre conhecimentos do ponto de vista de seu conteúdo conceitual (VERGNAUD, 1990, *apud.* MOREIRA, 2002).

Vergnaud investiga o desenvolvimento cognitivo a partir da análise do que podemos chamar de sujeito em situação. É o estudo de como o conhecimento se desenvolve no sujeito a partir das situações que ele enfrenta e a partir disto, podemos pesquisar e compreender melhor o desenvolvimento deste sujeito à medida que ele aprende.

Vergnaud parte do princípio que o conhecimento está organizado em campos conceituais, e que o domínio destes campos ocorre através de um longo período de tempo (VERGNAUD, 1982, *apud.* MOREIRA, 2002). Um campo conceitual pode ser definido como um conjunto de problemas e situações cujo tratamento requer conceitos, procedimentos e representações de tipos diferentes, mas intimamente relacionados (VERGNAUD, 1983b, *apud.* MOREIRA, 2002).

Dentro do estudo das ciências em geral, temos vários exemplos de campos conceituais associados a cada uma das áreas. Na Biologia, por exemplo, temos o campo

conceitual da citologia, o da genética, o da botânica. Na Física temos os campos conceituais da Cinemática, da Ondulatória, e da Eletricidade, só para citar alguns.

Vergnaud descreve o seu conceito de campo conceitual a partir de três princípios (VERGNAUD, 1983a, *apud*. MOREIRA, 2002):

- 1 – Um conceito não se forma dentro de um só tipo de situação
- 2 – Uma situação não se analisa com um só conceito
- 3 – A construção e apropriação de todas as propriedades de um conceito, é um processo que se estende por um longo período de tempo, com analogias e mal entendidos entre situações, concepções, procedimentos e significantes.

A partir disto, para que o individuo se desenvolva no que diz respeito à aprendizagem de um campo conceitual, ele deve dominar uma série de conceitos, situações, formas de raciocínio, procedimentos, representações, e ações, todas de formas variadas, mas todas elas conectadas.

Então, podemos afirmar que na teoria de Vergnaud, o desenvolvimento cognitivo está intimamente relacionado com as situações enfrentadas pelo sujeito e com a conceitualização. Logo, é através de situações e problemas, que os conceitos ganham sentido para o individuo.

Desta forma Vergnaud define conceito como um conjunto de três elementos, as situações, os invariantes, e as representações simbólicas (VERGNAUD, 1983a, *apud*. MOREIRA, 2002).

O conjunto de situações é o que dá sentido ao conceito e ele é chamado de referente do conceito. Os invariantes por sua vez têm a função operacional relativa ao conceito, eles são os objetos, as propriedades e as relações ligadas ao conceito, e são reconhecidos e usados para analisar e dominar as situações do primeiro conjunto. O conjunto dos invariantes é chamado de significado do conceito. O conjunto de representações simbólicas envolve a linguagem natural, gráficos, diagramas, e sentenças formais, que podem ser usadas para indicar e representar esses invariantes e, conseqüentemente, representar as situações e os procedimentos para lidar com elas. Este

conjunto é chamado de significante do conceito (VERGNAUD, 1983a, *apud*. MOREIRA, 2002).

Já que as situações dão significado aos conceitos, quanto mais situações forem dominadas pelo indivíduo, mais amplo se tornará o sentido deste conceito para ele. Os invariantes por sua vez, tratam das propriedades que definem o objeto e dos procedimentos adotados pelo aluno para resolver as situações. As representações simbólicas permitem que o sujeito se expresse sobre o conceito relacionando o significado com as propriedades dos conceitos. Estes três conjuntos se relacionam então, de forma dinâmica, para que se alcance o desenvolvimento cognitivo dentro de um campo conceitual (MOREIRA 2002).

Dentro desta relação, surge outro conceito muito importante na teoria de Vergnaud, que é o conceito de esquema. Para Vergnaud, um esquema é a organização do comportamento para uma classe de situações, e é nos esquemas que se deve pesquisar os elementos cognitivos que fazem com que a ação do sujeito seja operatória (VEERGNAUD, 1996c, *apud*. MOREIRA, 2002).

Os esquemas que o sujeito utiliza nas várias situações e os significantes é que dão sentido aos conceitos para esse sujeito (VERGNAUD, 1990, *apud*. MOREIRA, 2002). Como os esquemas se referem ao conjunto de situações, deve-se dar ênfase à interação esquema-situação, pois é através desta interação que o sujeito chega ao entendimento, ou a resolução de uma dada situação, qualquer que seja a sua natureza.

Vergnaud (1998, p. 173) identifica 4 ingredientes de um esquema, que são:

- (1) Metas (objetivos) e antecipações, pois um esquema está orientado sempre à resolução de uma determinada classe de situações.
- (2) Regras de ação, busca por informações e controle, que são os elementos que dirigem a seqüência de ações do sujeito;
- (3) Invariantes operatórios (teoremas-em-ação e conceitos-em-ação) que dirigem o reconhecimento, por parte do indivíduo, dos elementos pertinentes à situação e, portanto, guiam a construção dos modelos mentais;
- (4) Possibilidades de inferência (ou raciocínios) que permitem determinar as regras e antecipações a partir das informações e dos invariantes operatórios dos quais dispõe o sujeito.

Desses ingredientes, os invariantes operatórios, cujas categorias principais são os teoremas-em-ação e conceitos-em-ação, constituem a base conceitual implícita que permite obter a informação pertinente e, a partir dela e dos objetivos a alcançar, inferir as regras de ação mais pertinentes (VERGNAUD, 1996, p. 201). Esses por sua vez são os conhecimentos que estão dentro dos esquemas do sujeito.

Através então de atividades didáticas, os alunos podem ser submetidos a diversos tipos de situações e problemas de modo que possam evocar seus esquemas para dar conta de tais situações, no momento em que são levados a responderem certas questões dentro de uma dada situação ou problema, e desta forma eles fazem uso de seus teoremas e conceitos em ação.

Teorema em ação é uma proposição considerada como verdadeira sobre a realidade, conceito em ação é uma categoria de pensamento tida como pertinente. (VERGNAUD, 1996 p. 202). Falando sobre os invariantes operatórios Moreira destaca:

Esse conhecimento é principalmente implícito e o aprendiz tem dificuldades em expressá-los. É através do processo de explicitação do conhecimento por parte do aluno que os teoremas e conceitos em ação podem se tornar verdadeiros teoremas e conceitos científicos, cabe ao professor mediar este evento colocando os alunos sob diversas situações de um determinado campo conceitual de forma que ele explicita este conhecimento e amplie o seu repertório de esquemas. (Moreira, 2002, p. 17)

Neste aspecto, a Modelagem Computacional tem um grande potencial para que se alcance este objetivo, pois através dela o professor pode submeter os seus alunos a uma grande variedade de atividades, de forma que muitas situações relativas a um campo conceitual sejam dominadas e assim se chegue ao sentido dos conceitos relativos a este campo conceitual. O preparo e a execução destas atividades podem ser tais, que os alunos, ao usarem seus esquemas para enfrentar determinadas situações, explicitem seu conhecimento de modo que através da mediação do professor estes conhecimentos se tornem verdadeiros conhecimentos científicos.

Portanto, acreditamos que uma proposta para o ensino de cinemática baseada em atividades de modelagem computacional usando o programa *Modellus*, se encaixa muito bem dentro do contexto da teoria dos Campos Conceituais, pois esse permite que qualquer situação imaginável dentro deste campo conceitual seja criada e simulada dentro do programa, permitindo assim a análise dos conceitos da teoria dentro de uma gama muito grande de situações.

A teoria dos Campos Conceituais também se enquadra dentro de nossa proposta no que se refere ao papel do professor, que segundo Moreira (MOREIRA 2002, p. 17) é o de conduzir o processo de explicitação do conhecimento implícito do aluno, que por sua vez pode acontecer através de atividades que coloquem o aluno em contato com situações de ensino em que o professor faça a mediação entre o aluno e o novo conhecimento que se queira desenvolver. Esta característica foi bem marcante ao longo do desenvolvimento deste projeto de ensino, principalmente através das atividades de modelagem computacional. No próximo capítulo faremos uma descrição do material desenvolvido para a aplicação desta proposta de ensino.

CAPITULO 4

PRODUTO EDUCACIONAL

Neste capítulo, descrevemos o contexto de aplicação da proposta de ensino, os conteúdos trabalhados dentro da área abordada, e também uma descrição detalhada do material instrucional desenvolvido para a aplicação deste projeto de ensino.

4.1. CONTEXTO DE APLICAÇÃO

A proposta principal deste projeto de ensino foi a utilização de tecnologias computacionais como recurso principal para as aulas de Física.

A aplicação da proposta se deu em duas turmas do primeiro ano do Ensino Médio do Instituto Adventista Cruzeiro do Sul, localizado na cidade de Taquara RS.

A escola possui um amplo laboratório de informática equipado com computadores de última geração e com acesso à *Internet*, o que possibilitou que toda a nossa proposta de ensino fosse realizada com o uso do computador como ferramenta principal. O laboratório conta também com um funcionário que monitora as atividades realizadas e dá um suporte para as atividades desenvolvidas no laboratório. Este funcionário teve um conhecimento prévio da nossa proposta de ensino e pode, desta forma, ajudar na aplicação do projeto em relação a algumas das dificuldades dos alunos no que se diz respeito à manipulação do computador e das ferramentas utilizadas.

O projeto foi aplicado durante os meses de Março, Abril e Maio do ano letivo de 2009, totalizando um período de 22 horas-aula para cada turma.

O tema escolhido para trabalharmos foi a cinemática escalar em uma dimensão, e o programa do projeto se encaixou dentro do cronograma de ensino previsto para este tópico, cronograma este que é feito anualmente. Logo, a aplicação do projeto não prejudicou o cronograma previsto para os outros conteúdos do programa anual de ensino destas turmas.

Dividimos esses temas em cinco tópicos, como segue abaixo:

- 1 – Conceitos básicos (Posição, deslocamento, distância percorrida, trajetória e referencial).
- 2 – Velocidade.
- 3 – Aceleração.
- 4 – Movimento Uniforme.
- 5 – Movimento Uniformemente Acelerado.

A partir da escolha destes tópicos, destacamos então os objetivos de ensino que pretendíamos atingir e, a partir destes, manter a sequência do programa e o material instrucional. Estes objetivos serão detalhados no Capítulo 5.

4.2:MATERIAL DESENVOLVIDO

O material desenvolvido foi projetado para ser aplicado dentro das 22 horas-aula do programa estipulado. Foram basicamente 4 tipos de materiais desenvolvidos e utilizados:

- 1 – Cinco aulas virtuais em slides no formato pdf do Adobe Acrobat.
- 2 – Cinco testes virtuais elaborados com o programa *Hot Potatoes*, cada um contendo oito questões.
- 3 - Dez atividades de modelagem computacional com o programa *Modellus*.
- 4 – Dez roteiros e questionários para as atividades de modelagem.

Cada uma das cinco aulas virtuais estava associada a um dos testes, assim como cada uma das dez atividades de modelagem estava associada aos roteiros e questionários.

Construímos então um hipertexto que abrigou todas estas atividades, e que também continha instruções pedagógicas e técnicas relativa à utilização deste material por parte de outros professores.

Este hipertexto foi disponibilizado em forma de CD-ROM, e também foi hospedado durante a aplicação do projeto no site www.bibliacs.marceloesteves.com, que é um provedor de apoio da escola em que o projeto foi aplicado. Desta forma todo o material, assim como a sua proposta de utilização fica disponível para o uso em outras escolas e em outros contextos.

4.2.1. O hipertexto

Elaboramos o hipertexto na linguagem HTML (Hiper Text Markup Language) que permite o uso de menus, ícones, links, janelas e outros recursos mais, possibilitando uma navegação dinâmica dentro do material desenvolvido.

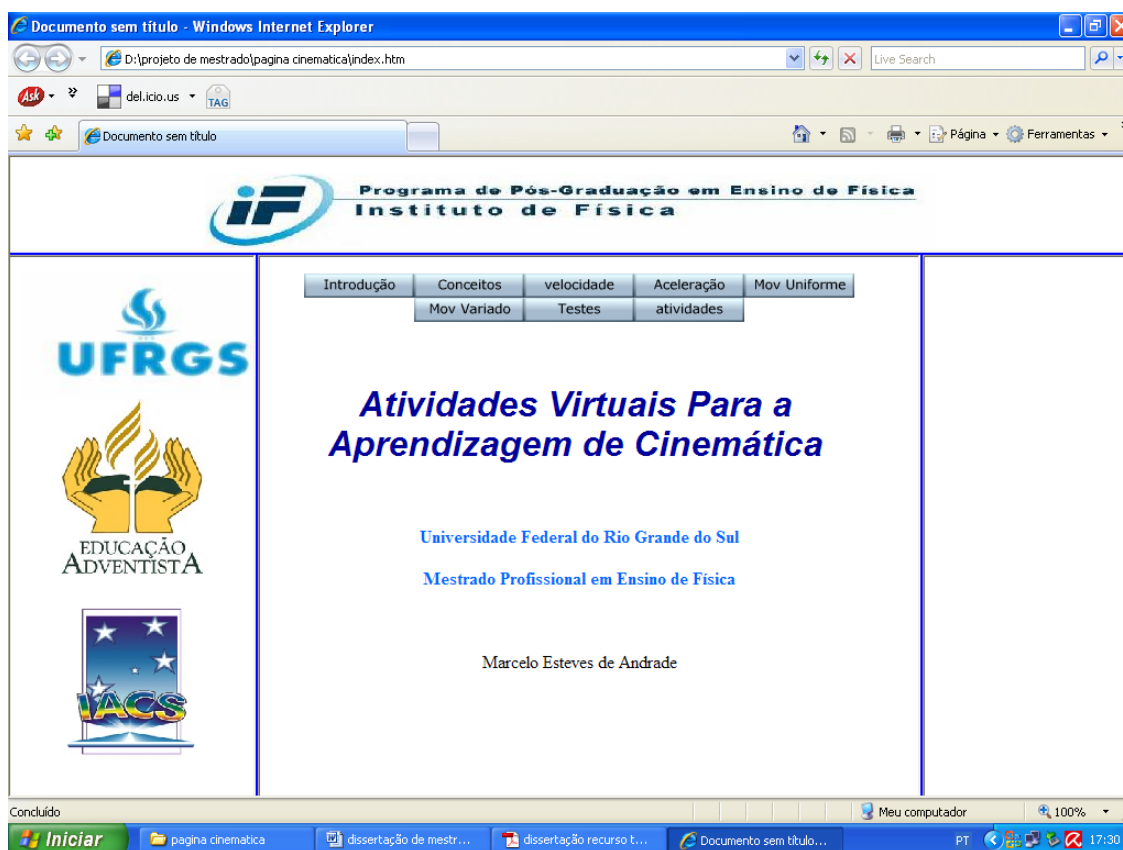


Figura 4.1: Tela de apresentação do Hipertexto

O hipertexto (Figura 4.1) foi projetado de modo que o usuário siga a sequência pré-estabelecida dentro do programa de ensino, isto devido a questões pedagógicas e

metodológicas. Primeiro o usuário deve passar por cada uma das cinco aulas virtuais, ao final de cada aula fazer o teste associado e depois das cinco aulas e dos cinco testes passar para as atividades de modelagem. Desta forma a navegação dentro do hipertexto ficou bem simples e de fácil conexão entre as partes do mesmo, evitando que o usuário se perca ao utilizar estes materiais.

Na tela inicial na parte superior, aparece o Menu que permite ao usuário navegar pelo hipertexto como mostra a Figura 4.1. O primeiro botão, intitulado de introdução, leva o usuário a um pequeno texto de explicação da proposta de ensino, e também algumas orientações sobre a utilização dos recursos contidos no hipertexto. Esta tela também contém um link de acesso à página oficial do programa *Modellus*, que por sua vez também dá várias dicas e exemplos de utilização do programa. Do segundo ao sexto botão, temos as aulas virtuais, cada botão leva o usuário a uma aula, que aparecem na seguinte sequência: Conceitos, Velocidade, Aceleração, Movimento Uniforme, Movimento Uniformemente Variado. As aulas podem ser salvas no computador de quem está utilizando, ou podem simplesmente ser abertas e visualizadas diretamente no hipertexto. O sétimo botão leva o usuário aos cinco testes virtuais que devem ser realizados dentro do hipertexto e o oitavo leva às atividades de modelagem com seus respectivos roteiros.

4.2.2 Aulas virtuais

As aulas virtuais foram de grande importância dentro da aplicação deste projeto, através delas os conceitos foram inicialmente apresentados aos alunos, e trabalhados dentro da perspectiva do referencial teórico, que como foi citado no Capítulo 3 sugere que a conceitualização é o principal fator do desenvolvimento cognitivo, por isso, estas aulas tiveram um papel fundamental dentro da aplicação do projeto.

As aulas foram criadas dentro do programa Microsoft Power Point, e publicadas no formato pdf do Adobe Acrobat. Procuramos criar aulas que fossem atrativas no que diz respeito ao visual e que ao mesmo tempo não fossem tão carregadas de texto, de forma que o conteúdo de cada *slide* pudesse ser absorvido em pequenas partes ao longo de cada exposição e discussão.

Dividimos então as aulas de acordo com a divisão dos tópicos feita inicialmente.

Aula 1: Conceitos básicos

Aula 2: Velocidade

Aula 3: Aceleração

Aula 4: Movimento Retilíneo Uniforme

Aula 5: Movimento Retilíneo Uniformemente Variado.

Faremos agora uma descrição mais detalhada de cada uma destas aulas, no que diz respeito aos aspectos visuais e pedagógicos.

Aula 1: Conceitos básicos

Esta aula teve como objetivo introduzir o tema da cinemática dando uma idéia geral ao aluno do que se trata essa área, e mostrar que o objeto de estudo dela é o movimento, analisando-o sem se preocupar com as suas causas, introduzindo também os conceitos básicos da cinemática. O primeiro conceito abordado é o próprio conceito de movimento, e a partir da sua definição logo fizemos uma ligação para os conceitos de posição e referencial e suas definições. Para trabalhar o conceito de referencial utilizamos uma situação do cotidiano que foi ilustrada a partir de uma imagem mostrada na Figura 4.2.

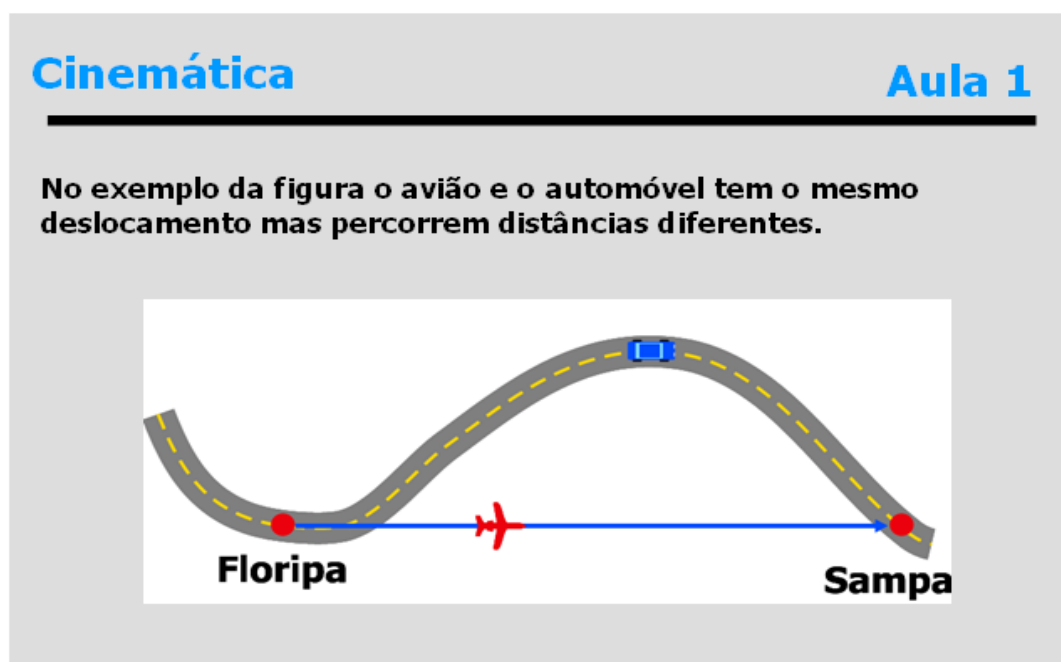


Figura 4.2: Aula 1 - Conceitos Básicos.

Logo depois, é apresentada a diferença entre distância percorrida e deslocamento que também foi analisada a partir de uma situação que mostra dois movimentos diferentes e como estes conceitos se apresentam nestes movimentos. A aula é encerrada então, com o conceito de trajetória.

Aula 2: Velocidade

Nesta aula trabalhamos exclusivamente o conceito de velocidade. Começamos então dando uma definição verbal para a velocidade falando sobre suas características e da sua importância na hora de se analisar um movimento. Logo após introduzimos a definição matemática de velocidade e também do conceito de velocidade média, seguido de um exemplo envolvendo um movimento entre três cidades, onde se calculou a velocidade média envolvida nos percursos (Fig. 4.3).

Cinemática
Aula 2

Velocidade Média

Para exemplificar, considere um automóvel que faz uma viagem de Curitiba a São Paulo gastando um tempo de 6h e depois de São Paulo ao Rio de Janeiro gastando um tempo de 6,5h. As distâncias entre estas cidades estão ilustradas na figura.



Distância Curitiba - São Paulo: 408 km
Distância São Paulo - Rio de Janeiro: 429

Figura 4.3: Aula 2 – Velocidade.

Depois disso, abordamos o conceito de velocidade instantânea, e finaliza falando sobre as unidades da velocidade e sobre transformações de unidades.

Aula 3: Aceleração

Na Aula três o conceito de aceleração é trabalhado. A aula começa abordando uma situação em que um corpo em movimento tem sua velocidade alterada, ora aumentando ou diminuindo, a partir disto a aceleração é definida em termos de variação da velocidade.

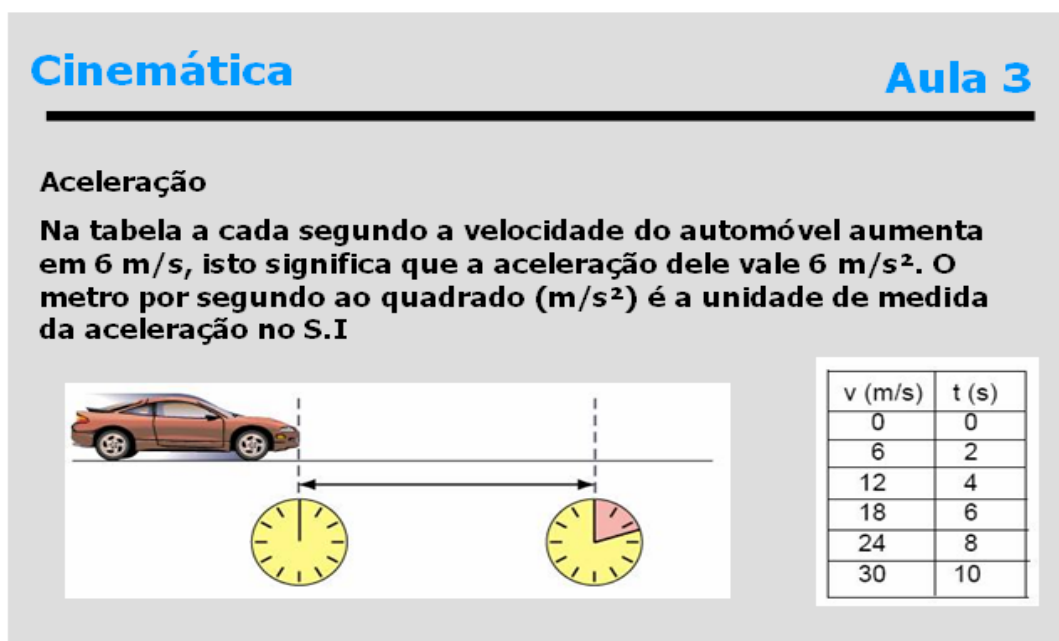


Figura 4.4: Aula 3 – Aceleração.

Depois disto um exemplo numérico é trabalhado (Fig. 4.4) e ai então a definição matemática é mostrada. Ao final da aula é discutido o sinal da aceleração e a sua influência no movimento.


Aula 4: Movimento Retilíneo Uniforme

Na aula 4 se inicia um estudo mais sistemático do movimento, depois de abordar o que é velocidade e aceleração, o foco agora é estudar os movimentos em suas

classificações específicas e o primeiro a ser abordado foi então o movimento retilíneo uniforme. O estudo se inicia mostrando uma definição simples do movimento uniforme e falando sobre suas características, logo após se faz uma classificação em termos de velocidade do referencial do movimento, mostrando o significado da velocidade positiva e negativa. Depois disto é introduzido o conceito de função horária da posição e seus elementos e dois exemplos numéricos são desenvolvidos, um envolvendo a escrita da função horária em termos das variáveis (Fig. 4.5) e outro envolvendo a classificação do movimento dos corpos em questão.

Cinemática **Aula 4**

Vejam os um exemplo:



A função horária deste movimento é:

$$X = 2 + 5.t$$

E como a velocidade é positiva, a posição do corpo vai sempre aumentando em relação ao referencial.

Figura 4.5: Aula 4 – Movimento Retilíneo Uniforme

Aula 5: Movimento Retilíneo Uniformemente Variado

Nesta aula, é apresentado o estudo do movimento uniformemente variado. Mostra-se então a principal característica deste movimento, que é a mudança uniforme da velocidade devido à presença da aceleração, destacando também a possibilidade de uma aceleração positiva ou negativa. Logo após é feita uma classificação do movimento

variado, usando um quadro para mostrar a classificação do movimento a partir dos sinais da velocidade e da aceleração e também usando desenhos com vetores (Fig. 4.6). Depois disto são apresentadas as funções da posição, da velocidade e a equação de Torricelli, e dois exemplos são estudados. O estudo termina abordando o movimento de queda livre como uma aplicação do movimento variado.

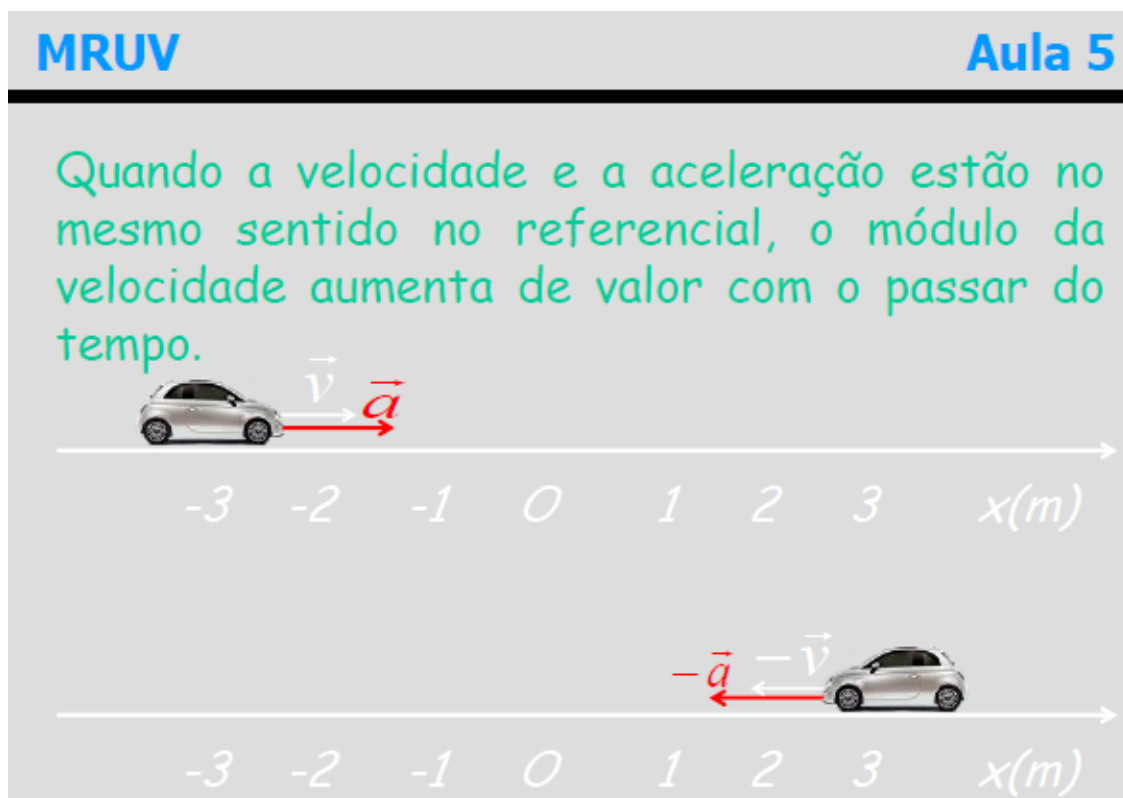


Figura 4.6: Aula 5 – Movimento Retilíneo Uniformemente Variado

4.2.3 Testes Virtuais

Associado a cada uma das aulas temos um teste virtual. Ele foi criado para que fosse aplicado logo após a realização de cada aula correspondente. Desta forma, foram produzidos 5 testes, abordando os mesmos tópicos das aulas e na mesma sequência das aulas.

Os testes foram produzidos com o programa *Hot Potatoes* que é um programa destinado à criação de testes e questionários de vários tipos e formas. No nosso trabalho escolhemos o teste tipo múltipla escolha. O programa permite a confecção do teste com

o número de questões que se queira e também com o número de alternativas mais adequado.

Escolhemos então fazer cada teste com um número de oito questões e cada uma delas com quatro alternativas, tendo apenas uma como verdadeira. O programa gera ao final de cada teste um resultado em termos de porcentagem, de modo que ao realizar o teste, o usuário saberá quais questões acertou e quanto isso representa em termos percentuais.

Ao elaborar as questões, levamos em conta os conhecimentos adquiridos em cada aula, de forma que cada questão fizesse alusão a um conceito ou situação que acabara de ser vista no conteúdo da aula.

No Teste 1, que abordava os conceitos básicos, as questões tiveram como objetivo identificar se o aluno sabia identificar e diferenciar os conceitos de posição, deslocamento e distância percorrida e também da definição de referencial e trajetória.

No Teste 2, que tratou da velocidade, trabalhou-se a própria definição de velocidade, a diferença entre velocidade média e instantânea, as unidades da velocidade e também questões numéricas envolvendo velocidade, distância e tempo.

No Teste 3, sobre aceleração, a ênfase das questões foi sobre o significado da aceleração e qual a sua implicação para o movimento, e também foram inseridas algumas questões numéricas.

No Teste 4, que tinha questões sobre movimento retilíneo uniforme, as perguntas foram focadas nas características deste movimento, e também em questões que envolviam a função horária da posição.

No Teste 5, que finalizava a série, tratou-se sobre o movimento retilíneo uniformemente variado, dando também ênfase às características do movimento, e em questões que envolviam as funções horárias.

As versões completas dos testes são mostradas no Apêndice A.

4.2.4 Atividades de Modelagem Computacional

As atividades de modelagem computacional foram construídas com o programa *Modellus*. Como já foi dito, o *Modellus* foi escolhido devido a sua facilidade de manuseio e também ao grande potencial interativo e visual que ele possui, permitindo assim uma participação ativa dos alunos ao desenvolverem as atividades.

As atividades foram concebidas para ter um caráter progressivo, ou seja, começamos com atividades simples, que exigiam pouco do aluno, até que se chegasse a atividades mais complexas, obedecendo sempre uma progressividade linear de modo que o ritmo do aprendizado também fosse crescente.

Em modelagem, as atividades são divididas em duas categorias, as atividades exploratórias, que são atividades onde o modelo do fenômeno já vem pronto, e o usuário vai apenas explorar o modelo a partir das variáveis e parâmetros já existentes. O segundo tipo de atividade são as chamadas expressivas ou de criação, que o usuário, a partir de um fenômeno dado irá criar o modelo a partir de equações matemáticas, e depois irá testar e explorar o modelo que ele mesmo criou. O segundo tipo de atividade requer mais conhecimento e prática por parte do usuário e por isso só é recomendada depois de certo domínio nas atividades exploratórias e também de um bom conhecimento do que diz respeito ao fenômeno que se quer modelar.

Tendo isso em vista, criamos inicialmente, dez atividades de modelagem, oito atividades de caráter exploratório e duas, expressivas. Para cada atividade foi criado também um roteiro, que guiava o usuário na exploração ou criação de cada modelo em questão.

Seguem abaixo as dez atividades e seus tópicos, listadas na seqüência em que foram aplicadas.

Atividade 1: Velocidade, distância e tempo 1 (exploratória).

Atividade 2: Velocidade, distância e tempo 2 (exploratória).

Atividade 3: Movimento Retilíneo Uniforme 1 (exploratória).

Atividade 4: Movimento Retilíneo Uniforme 2 (exploratória).

Atividade 5: Movimento Retilíneo Uniforme 3 (expressiva).

Atividade 6: Movimento Retilíneo Uniformemente Variado 1 (exploratória).

Atividade 7: Movimento Retilíneo Uniformemente Variado 2 (exploratória).

Atividade 8: Movimento Retilíneo Uniforme e Variado 1 (exploratória).

Atividade 9: Movimento Retilíneo Uniforme e Variado 2 (exploratória).

Atividade 10: Movimento Retilíneo Uniforme e Variado 3 (expressiva).

Descreveremos agora as dez atividades de modelagem computacional.

1 – Velocidade, distância e tempo 1 (Exploratória).

O objetivo desta atividade é trabalhar uma situação que envolvesse a relação entre a velocidade, a distância e o tempo, em um movimento onde a velocidade era constante, mas sem falar ainda de movimento uniforme. A situação escolhida foi de uma mulher que corre a uma velocidade de 2m/s (Fig 4.7). Como essa é uma atividade de exploração, o modelo matemático já estava pronto e visível para o usuário. A janela de gráfico nos fornece um gráfico para a distância e outro para a velocidade, e a tabela fornecia os valores de velocidade a cada instante de tempo.

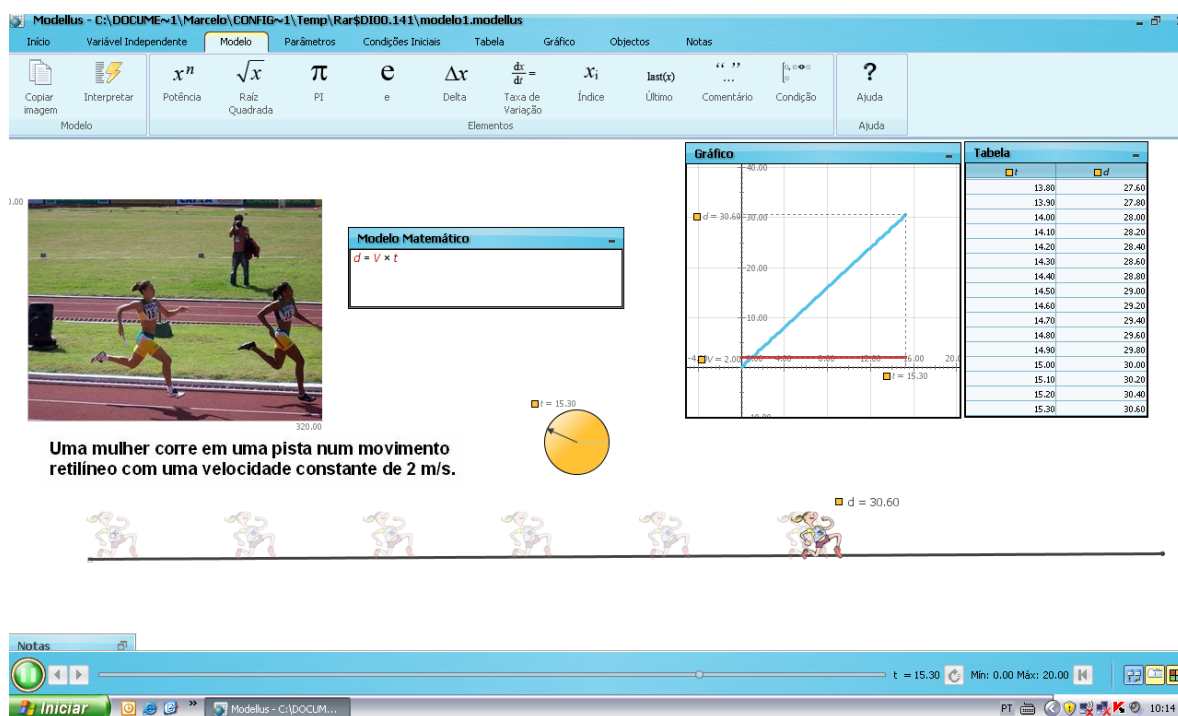


Figura 4.7: Atividade 1 – Velocidade, distância e tempo.

O roteiro conduz o usuário através de perguntas de interpretação e também perguntas numéricas. Para responder algumas delas o usuário deveria alterar o valor da velocidade dada inicialmente para chegar na resposta desejada.

Atividade 2: Velocidade, distância e tempo 2 (Exploratória)

A atividade dois também teve como objetivo trabalhar a relação entre velocidade distância e tempo, mas com uma situação ligeiramente diferente, onde um automóvel fazia um percurso saindo da cidade de Porto Alegre, passando por Florianópolis e Curitiba até chegar a São Paulo (Fig.4.8). As distâncias entre estas cidades eram dadas e as perguntas se concentravam nos tempos dos percursos feitos com diferentes velocidades. A janela gráfica mostrava o gráfico da velocidade e da distância e a tabela nos dava a distância para cada instante de tempo.

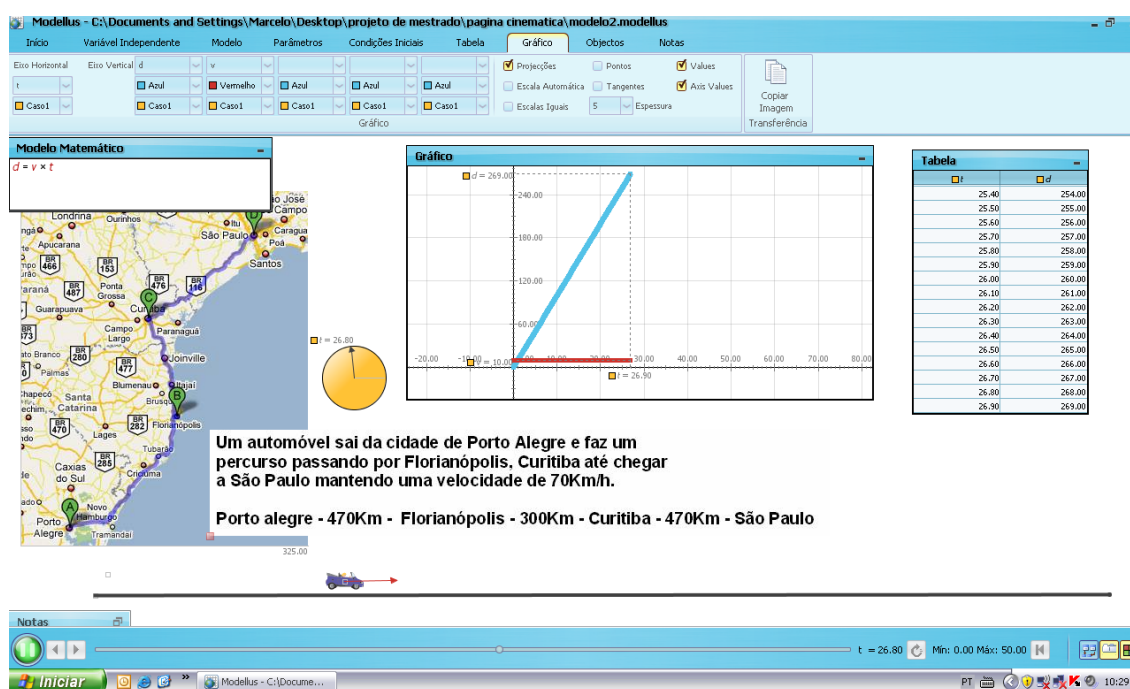


Figura 4.8: Atividade 2 – Velocidade, distância e tempo 2.

Atividade 3: Movimento Retilíneo Uniforme 1 (Exploratória)

O objetivo desta atividade é analisar de uma forma geral uma situação envolvendo um movimento retilíneo uniforme. A situação envolvia um automóvel com uma velocidade de 70km/h que estava inicialmente no marco de 30 km de uma certa rodovia (Fig 4.9). Mais uma vez a janela gráfica fornecia o gráfico da velocidade e também da posição, e a tabela fornecia a posição em cada instante de tempo. Nesta atividade foi trabalhada a interpretação da situação em termos do tipo de movimento que estava sendo efetuado e também questões envolvendo a determinação ou do tempo ou da posição do corpo. Nesta atividade também são abordadas questões com outros valores de velocidades incluindo valores negativos, e a subsequente interpretação desta mudança dentro do modelo.

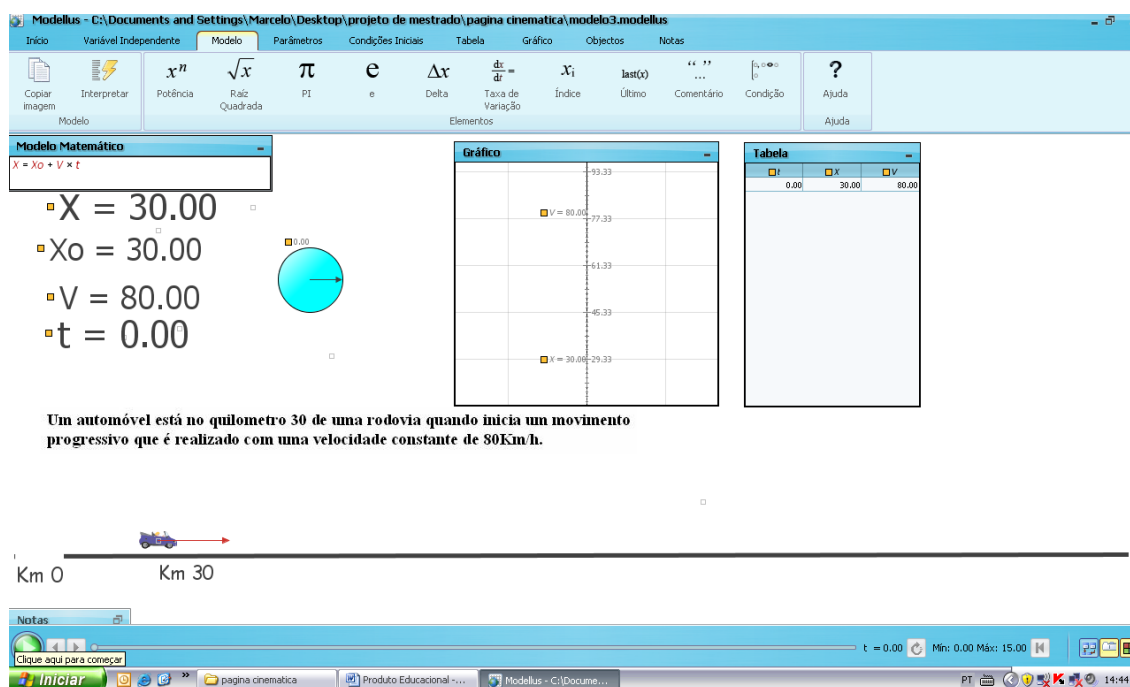


Figura 4.9: Atividade 3 – Movimento Retilíneo Uniforme 1.

Atividade 4: Movimento Retilíneo Uniforme 2, problema com dois corpos (Exploratória)

O objetivo desta aula é analisar uma situação de movimento uniforme envolvendo dois corpos, onde aluno deve entender a condição para que aconteça uma ultrapassagem, deve determinar a posição e o tempo de encontro, e visualizar estes aspectos nos gráficos.

A situação foi retirada de uma questão de vestibular da FEI (Faculdade de Engenharia Industrial-SP). Inicialmente um corpo chamado de A, está na posição de 50m e com uma velocidade de 50m/s e um segundo corpo chamado de B está na posição 100m com uma velocidade de 30m/s. A partir daí as perguntas levam à interpretação do movimento de cada um dos corpos, das suas posições em tempos posteriores e principalmente no que se refere ao ponto de encontro dos dois. Perguntas também são feitas para valores diferentes das velocidades dadas inicialmente.

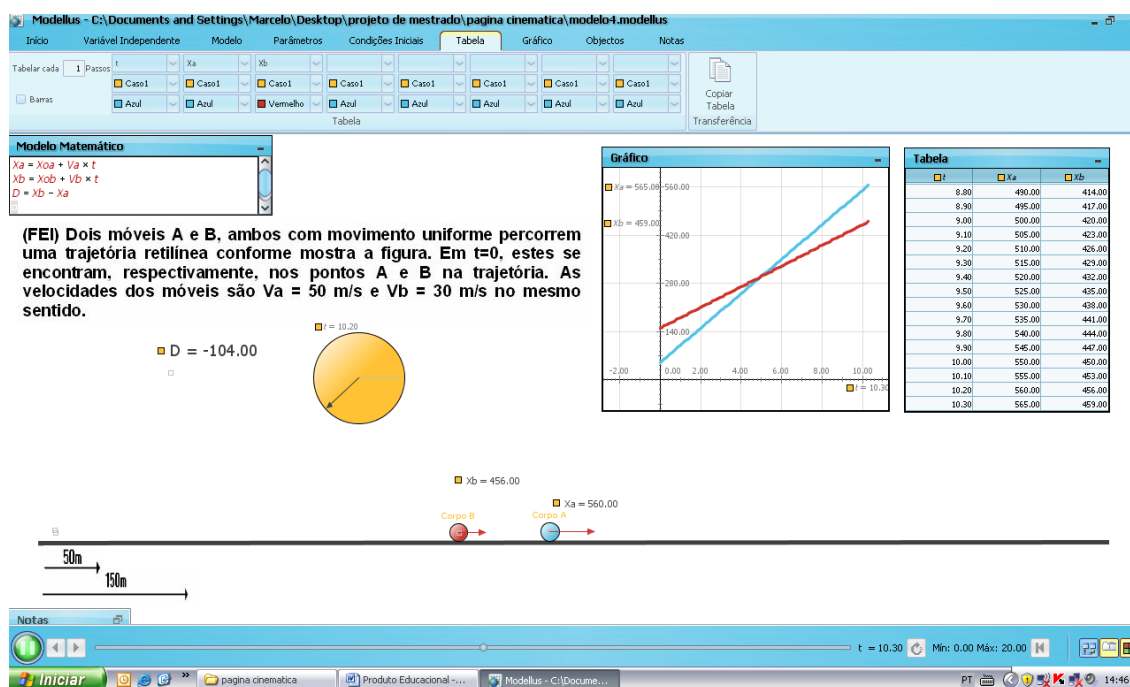


Figura 4.10: Atividade 4 – Movimento Retilíneo Uniforme 2, problema com dois corpos.

Atividade 5: Movimento Retilíneo Uniforme 3 (Expressiva)

Esta atividade também aborda uma situação de movimento uniforme, porém a atividade tem um caráter expressivo, ou seja, de criação. O objetivo geral dela é, portanto, a criação do modelo matemático para o caso de um movimento retilíneo uniforme envolvendo um corpo, e a análise desta situação. O aluno deve comparar o comportamento do seu modelo com o comportamento esperado para uma situação como esta e, a partir disto, verificar a consistência do seu modelo.

Inicialmente é dada a situação que se quer modelar sem que o modelo matemático esteja escrito para o usuário (Fig4.11). O roteiro de estudo guia o usuário na construção do modelo, mas sem dar as respostas, as equações ou as ligações que devem existir entre as variáveis utilizadas no modelo.

O usuário deve então escrever o modelo matemático adequado, criar variáveis, inserir objetos, fazer conexões entre as variáveis e os objetos e pedir as saídas gráfica e de tabela. Depois disto o usuário deve então responder as questões propostas, que

possuem basicamente as mesmas características das questões abordadas nas situações anteriores.

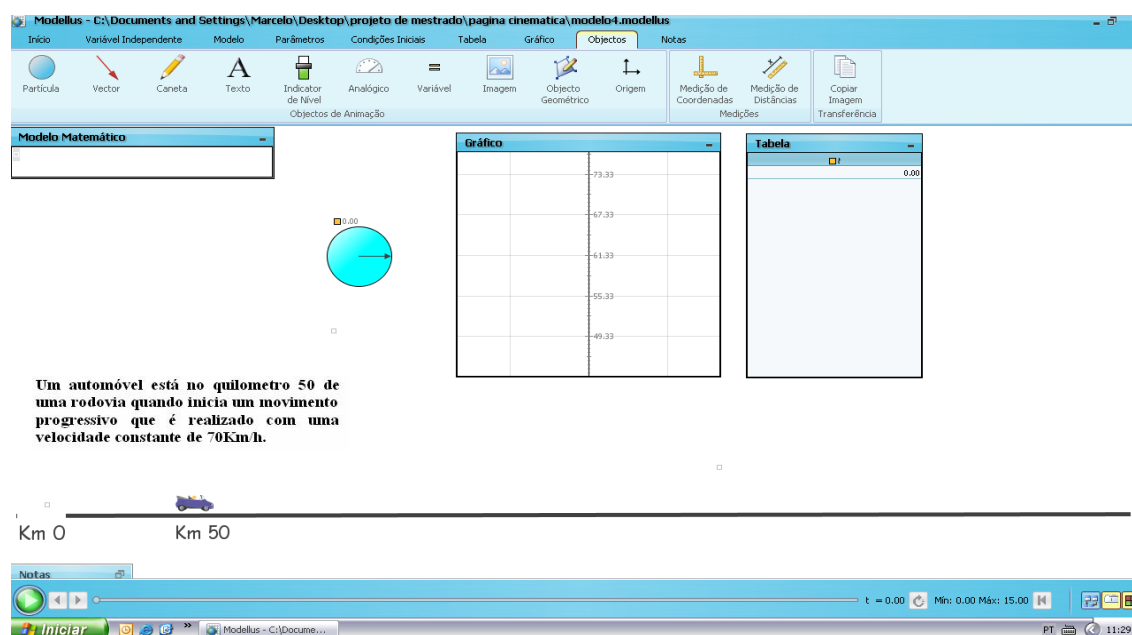


Figura 4.11: Atividade 5 – Movimento Retilíneo Uniforme 3.

Atividade 6: Movimento Retilíneo Uniformemente Variado 1 (Exploratória)

Nesta atividade, o objetivo geral é o de analisar uma situação de movimento variado, ou seja, movimentos que possuem aceleração não nula. O aluno deveria identificar a relação entre os sinais da velocidade e da aceleração com o comportamento dos gráficos. Na situação estudada (Fig 4.12) um corpo com uma velocidade inicial de 1m/s e uma aceleração de 1,55m/s² parte da posição inicial de 2m.

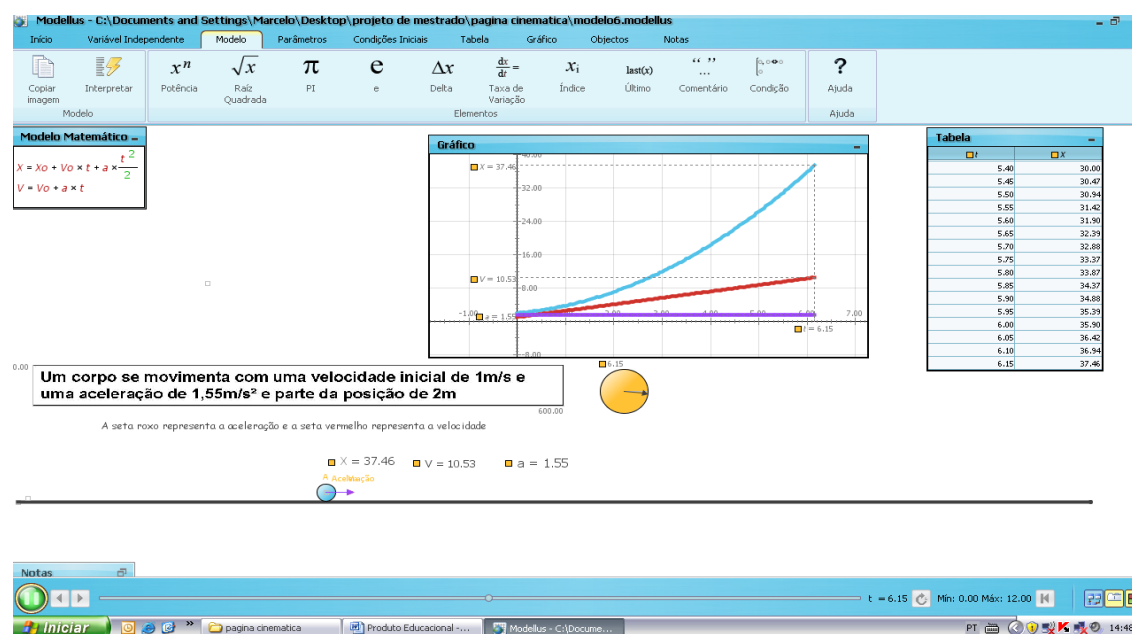


Figura 4.12: Atividade 6 – Movimento Retilíneo Uniformemente Variado 1.

O modelo matemático foi construído a partir das funções horárias da posição e da velocidade, e uma das janelas fornece os gráficos da posição, da velocidade e da aceleração. As questões do roteiro se concentram na interpretação dos gráficos, na classificação do movimento, na identificação de valores de posição e velocidade para determinados instantes de tempo e também em questões que envolviam a mudança nos parâmetros iniciais. Na partícula em movimento foram fixados dois vetores, um representando a velocidade e outro representando a aceleração, de modo que o usuário visualizasse o comportamento dessas variáveis ao longo do movimento.

Atividade 7: Movimento Retilíneo Uniformemente Variado 2

Esta atividade também aborda uma situação de movimento variado (Fig. 4.13) mas com uma aceleração menor que zero, nela o aluno deve perceber o significado da aceleração negativa e como ela afeta o movimento. O aluno também deve reconhecer o efeito do sinal negativo da aceleração no comportamento dos gráficos. As questões abordam a compreensão dos conceitos citados acima. As funções da posição e da velocidade constituem o modelo matemático, a janela gráfica fornece os diagramas da posição, velocidade e aceleração por tempo, e na partícula também foram fixados dois vetores, um representando a velocidade outro representando a aceleração.

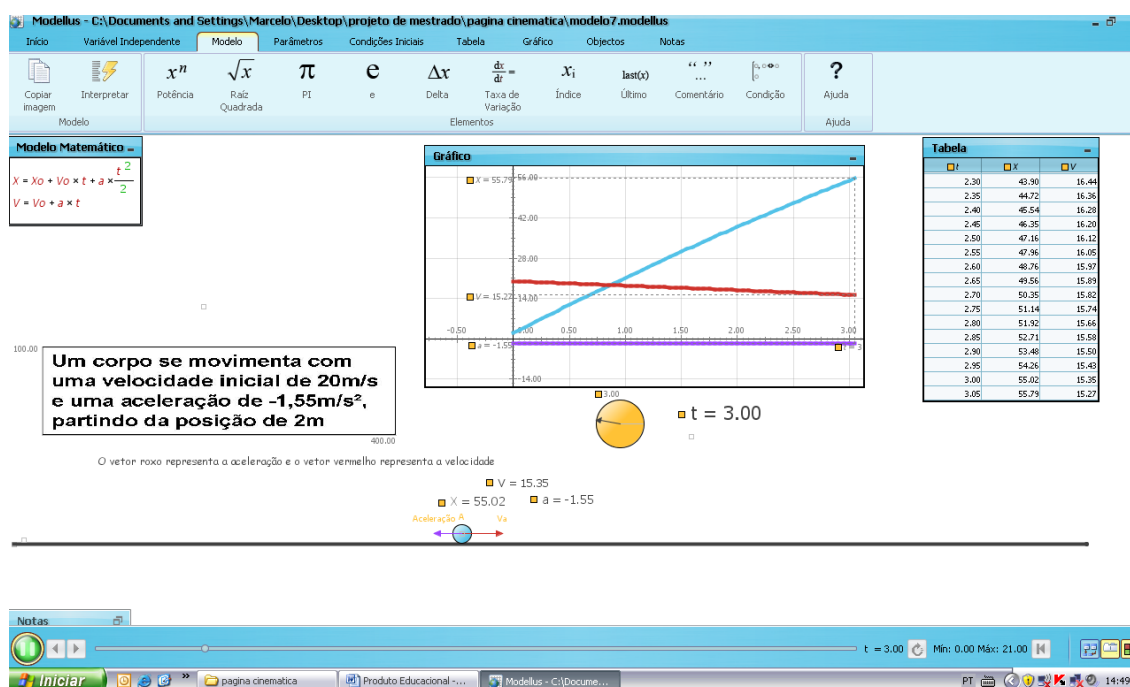


Figura 4.13: Movimento Retilíneo Uniformemente Variado 2.

Atividade 8: Movimento Retilíneo Uniforme e Movimento Retilíneo Uniformemente Variado 1 (Exploratória)

Nesta aula é trabalhada uma situação onde temos os dois tipos de movimento, o uniforme e o variado. Utilizamos o movimento de três corpos, dois deles possuindo aceleração e um deles não (Fig. 4.14). Neste caso só utilizamos os gráficos da posição de cada corpo, pois como são três corpos, se representássemos todos os três gráficos, a janela ficaria visualmente muito carregada. Devido ao fato de termos três corpos e dois tipos de movimento, esta atividade exige um pouco mais das habilidades do usuário, em comparação com as demais atividades.

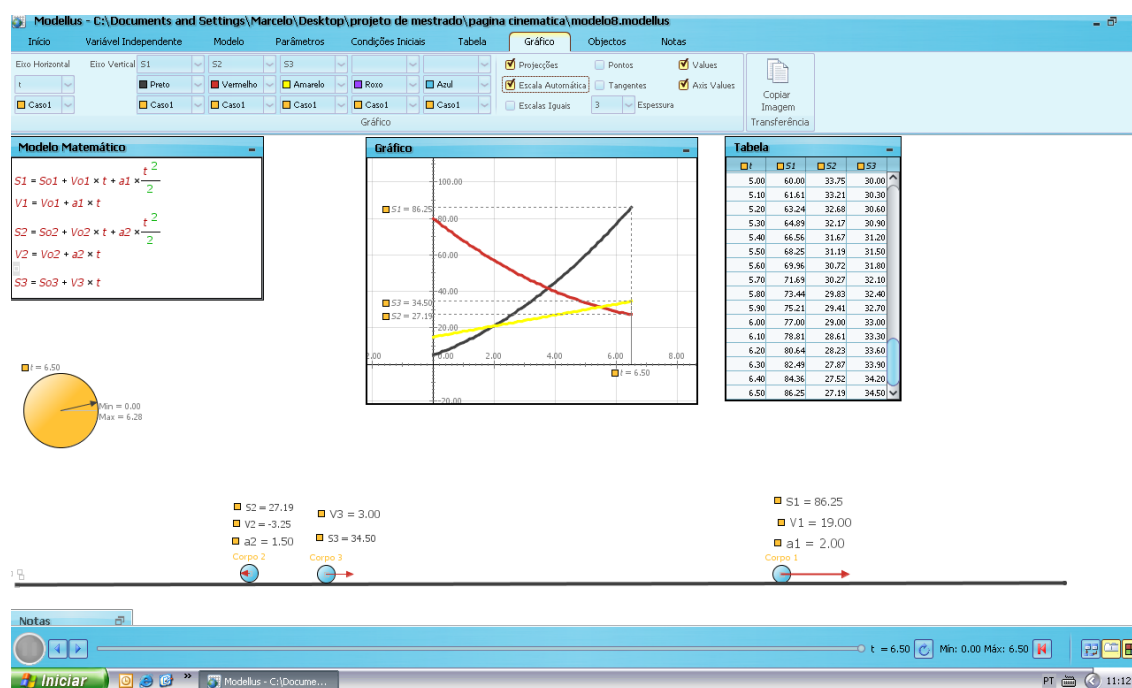


Figura 4.14: Movimento Retilíneo Uniforme e Variado 1.

Atividade 9: Movimento Retilíneo Uniforme e Variado 2 (Exploratória)

Esta atividade repete a situação da Atividade 8, onde temos 3 corpos e dois tipos de movimento (Fig. 4.15), a diferença aqui é que apenas um dos corpos possui aceleração. As questões são basicamente as mesmas da Atividade 8, envolvendo a

interpretação dos gráficos, descrição dos movimentos e a determinação dos pontos de encontro. O objetivo de colocar atividades semelhantes, como já foi, dito é de fixar os conceitos envolvidos e de trabalhar as dificuldades de interpretação gráfica encontradas na primeira versão da atividade.

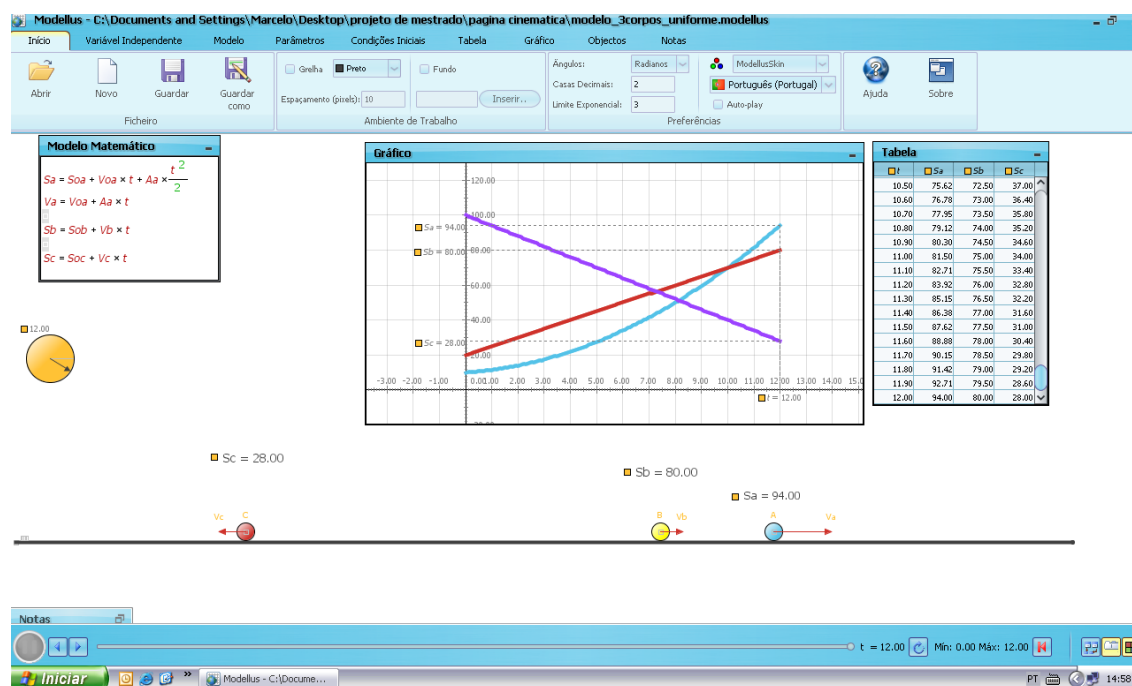


Figura 4.15: Movimento Retilíneo Uniforme e Variado 2.

Atividade 10: Movimento Retilíneo Uniforme e Variado 3 – Expressiva

Depois das últimas quatro atividades exploratórias, temos então a Atividade 10 com um caráter expressivo. A situação abordada foi a de dois corpos, que chamamos de A e B, um com aceleração e outro sem aceleração (Fig. 4.16). O corpo A possui uma aceleração de 1m/s^2 e uma velocidade inicial de 1m/s , já o segundo corpo possui uma velocidade de 30m/s que se mantém constante ao longo do movimento, e os corpos estão a uma distância inicial de 100m um do outro, com o corpo A atrás.

A partir disto, o usuário deve criar o modelo matemático para cada um dos corpos, fazer as conexões entre os objetos e as variáveis e gerar as saídas de gráfico e tabelas, depois disto rodar o modelo. Logo após o usuário deve responder as perguntas do roteiro, que se concentram na interpretação dos gráficos, na determinação dos pontos

de encontro, na classificação dos movimentos, e também em perguntas onde é necessária a mudança nos valores iniciais dos parâmetros para respondê-las.

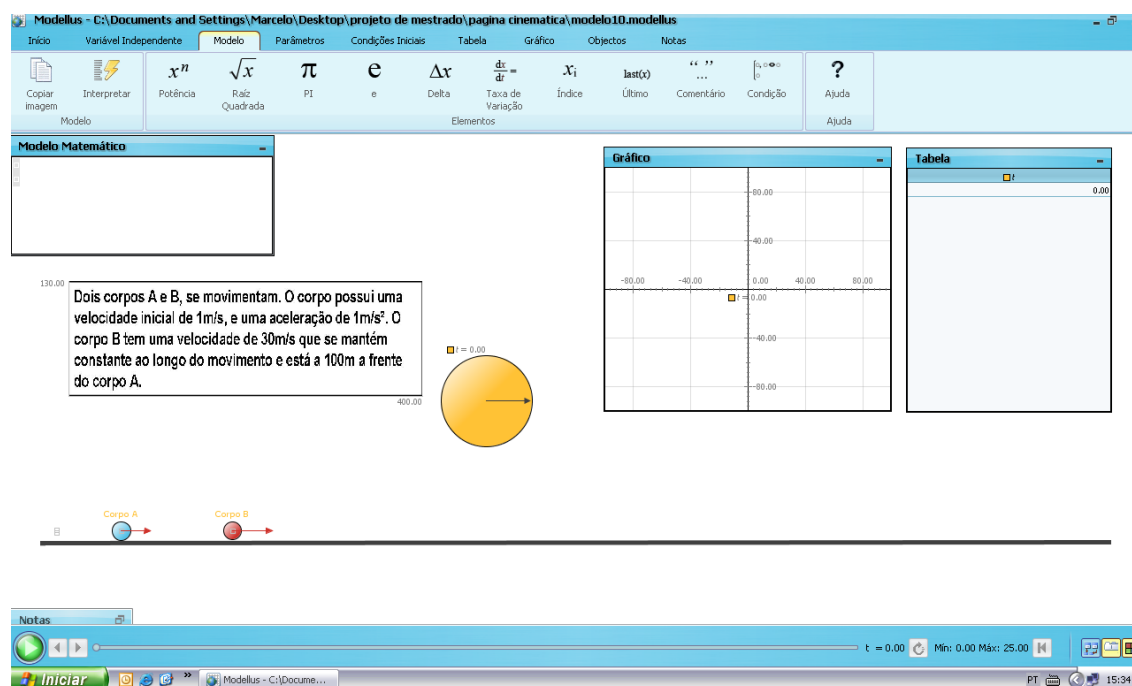


Figura 4.16: Movimento Retilíneo Uniforme e Variado 3.

Na aplicação do projeto, depois da Atividade 5 e da Atividade 10, aplicamos uma atividade prática de avaliação no laboratório de informática. A primeira delas envolvendo o movimento retilíneo uniforme com dois corpos, bem semelhante à atividade 4, de caráter exploratório e a segunda envolvendo uma situação com três corpos, dois com aceleração e um sem aceleração, semelhante à atividade 8, estas atividades tiveram como objetivo a avaliação dos usuários em relação à aprendizagem dos conteúdos e também da utilização da ferramenta. Faremos uma explanação mais detalhada da aplicação desta atividade no capítulo sobre a metodologia. Estas duas atividades de avaliação estão disponíveis no Apêndice C. No próximo Capítulo descrevemos a metodologia empregada e sua relação com o referencial teórico escolhido.

CAPITULO 5

METODOLOGIA

Neste Capítulo descrevermos a metodologia de aplicação da proposta, assim como os conteúdos e a forma como o referencial teórico e as ferramentas didáticas foram usadas para alcançarmos os objetivos definidos.

5.1 ESTRUTURA GERAL

Para desenvolver a metodologia de aplicação do nosso projeto de ensino levamos em conta outros três elementos deste projeto, de modo que a associação destes garantisse uma estrutura coerente ao mesmo. Estes três elementos são os objetivos de ensino, o referencial teórico, e as ferramentas didáticas. Juntos, estes quatro elementos formaram a estrutura básica de nossa proposta. Tentamos representar aqui, estes quatro elementos, através de 4 perguntas-chave que nos dão uma idéia geral de tudo que envolveu este projeto.

As 4 perguntas são: “Aonde queremos chegar ?” “No que nos basearemos para poder chegar ?” “O que usaremos para chegar ?” “E como iremos chegar ?” Estas perguntas representam respectivamente os objetivos de ensino, o referencial teórico, as ferramentas didáticas, e a metodologia. Representar estes elementos desta forma nos dá uma clareza ao planejar e executar o projeto, como também nos mostra a relação entre cada um destes elementos. Descrevemos abaixo estes elementos em forma de um diagrama (Fig. 5.1) e a forma como este projeto em si responde a estas perguntas.

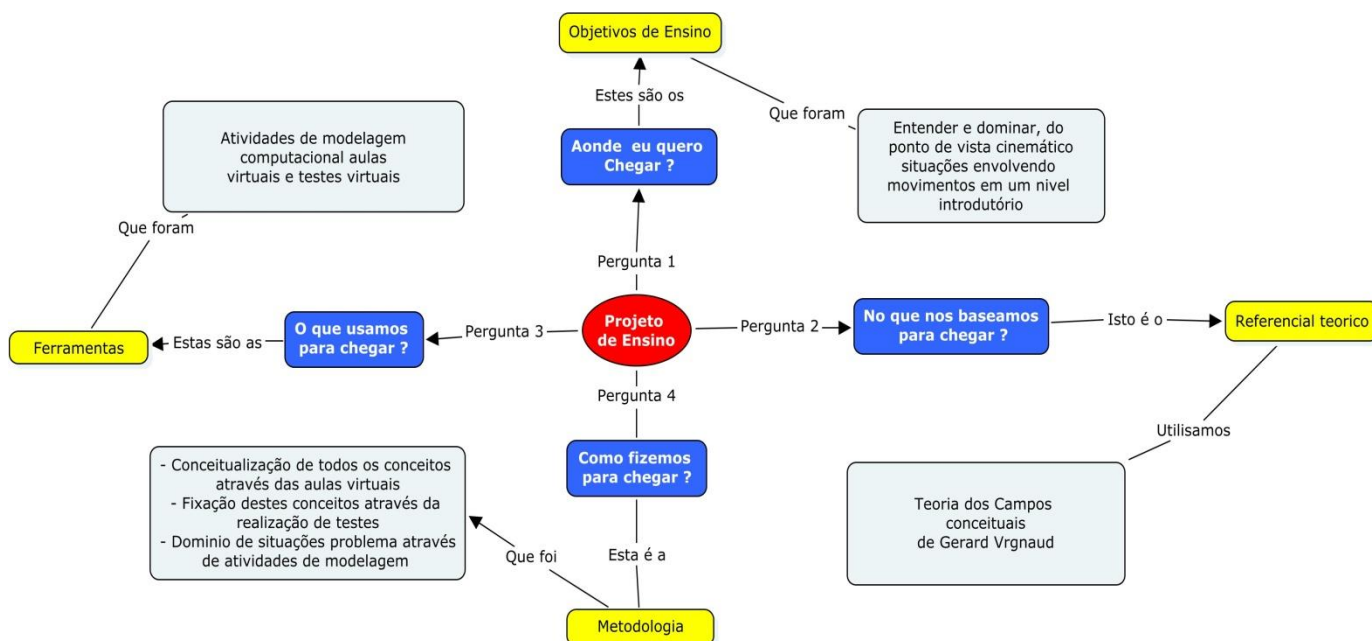


Figura 5.1: Esquema para o projeto de ensino baseado em 4 perguntas.

Neste diagrama temos uma descrição geral de cada um dos elementos componentes do projeto. As ferramentas didáticas e o referencial teórico já foram descritos em detalhes nos Capítulos 3 e 4 respectivamente, falta agora descrevermos os objetivos de ensino e a metodologia empregada.

5.2 CONTEÚDOS E OBJETIVOS DE ENSINO

O nosso objetivo geral foi o de desenvolver o tópico da cinemática escalar em uma dimensão, usando tecnologias e recursos digitais, na tentativa de prover um melhor aprendizado deste tópicos por parte dos alunos, e ao mesmo tempo fazer um estudo dos possíveis benefícios de ferramentas virtuais, e qual a melhor forma de aplicá-las, baseando-se é claro, em outros trabalhos e pesquisas realizadas neste mesmo gênero.

Como já foi citado em capítulos anteriores, o referencial teórico utilizado para a nossa abordagem foi a teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud (1990, *apud*. MOREIRA 2002), os princípios desta teoria permearam a metodologia de aplicação.

A teoria dos campos conceituais diz que o principal ponto do desenvolvimento cognitivo é a conceitualização (VERGNAUD, 1996, p. 18), tendo isso em mente, a primeira coisa que fizemos ao planejar a nossa estratégia foi identificar quais os conceitos que queríamos que os alunos deviam dominar.

Segue então, abaixo, a listagem que foi feita dos conceitos que deveriam ser trabalhados. (A ordem que eles aparecem corresponde a ordem que eles foram desenvolvidos na aplicação).

- 1 - Movimento
- 2 - Repouso
- 3 - Posição
- 4 - Deslocamento
- 5 - Distância percorrida
- 6 - Referencial
- 7 - Trajetória
- 8 – Velocidade (média e instantânea)
- 9 – Aceleração (média e instantânea)
- 10 - Movimento retilíneo
- 11 - Movimento retilíneo uniforme
- 12 - Movimento retilíneo uniformemente variado

Esses conceitos, deveriam então ser trabalhados e entendidos pelos alunos.

Vergnaud também diz (VERGNAUD, 1982, *apud*. MOREIRA 2002, p. 2) que a apropriação ou o desenvolvimento de um conceito se dá através de um longo espaço de tempo, então na verdade, aqui apenas iniciamos a aprendizagem destes conceitos por parte dos alunos, sem a pretensão de que ao final da aplicação eles fossem especialistas nesta área.

Cabe salientar também, que este é o primeiro conteúdo de Física do Ensino médio, ou seja, para grande parte dos alunos este é o primeiro contato sistemático com a Física, logo, as dificuldades adicionais são muitas, devido à transição a uma nova realidade de ensino e também a dificuldade inerente à própria linguagem da Física, que por sua vez é nova para os alunos.

Portanto, salientamos que esta proposta tem um caráter introdutório ao tópico, e talvez algumas vezes até pareça superficial, mas o nosso alvo são os alunos iniciantes, por isso situações mais complexas e mais aprofundadas não foram abordadas.

Depois de identificar os conceitos envolvidos, descrevemos então os objetivos de ensino que pretendíamos alcançar dentro destes conceitos.

- 1 - Definir e reconhecer movimento e repouso.
- 2 – Definir e reconhecer referencial e trajetória.
- 3 – Identificar o estado de movimento a partir de um referencial.
- 4 – Definir e diferenciar os seguintes conceitos: Posição, deslocamento e distância percorrida.
- 5 – Definir verbalmente e matematicamente velocidade, diferenciar velocidade média de instantânea, e saber calcular a velocidade em uma dada situação.
- 6 – Definir verbalmente e matematicamente aceleração, diferenciar velocidade média de instantânea, e saber calcular a aceleração em uma dada situação.
- 7 – Definir e identificar um movimento retilíneo uniforme.
- 8 – Saber utilizar a função horária da posição para o Movimento Retilíneo Uniforme em situações problema.
- 9 – Definir e identificar um Movimento Retilíneo Uniformemente Variado.
- 10 – Saber utilizar a função horária da posição, da velocidade e a equação de Torricelli para o movimento retilíneo uniforme em situações problema.
- 11 – Interpretar gráficos de movimentos retilíneo uniforme e uniformemente variado.

Estes foram, então, os objetivos de ensino estabelecidos para o desenvolvimento do projeto. Acreditamos na importância de se definir estes objetivos previamente para entendermos aonde queremos chegar em termos pedagógicos, ou seja, sabermos qual é o “ norte “ da nossa proposta, e lembrarmos que o projeto não é um fim em si mesmo, e que ele visa objetivos bem definidos que podem ser alcançados ou não. Isto também nos ajuda a posteriormente podermos analisar os resultados alcançados a partir destes objetivos e avaliarmos a eficácia da proposta.

5.3. APLICAÇÃO DA PROPOSTA

A aplicação da proposta foi iniciada no dia 16 de março de 2009. Todas as aulas foram realizadas no laboratório de informática da escola, desta forma tivemos que fazer um agendamento prévio de todas as aulas previstas, que se estenderiam até o início do mês de maio. A proposta era que os alunos trabalhassem sempre em duplas, e a aplicação do projeto foi dividida em dois módulos.

De acordo com Vergnaud (VERGNAUD,1983 *apud*. MOREIRA, 2002, p. 3) um campo conceitual também pode ser entendido como um conjunto de situações cuja à análise envolve conceitos, procedimentos e representações de vários tipos, tendo isso em mente, nos concentramos em duas frentes, a conceitualização e a análise de situações-problema. A conceitualização dos conceitos pré definidos foram abordados no primeiro módulo, nele trabalhamos os significados dos conceitos, ou seja, os invariantes operatórios e também as representações simbólicas do conceito, que são os significantes. No segundo módulo, foram trabalhados os referentes dos conceitos, que são os conjuntos de situações que dão sentido aos conceitos, ou o que podemos chamar de situações problema.

5.3.1 Aplicação do Módulo 1 – Conceitualização

Seguindo esta divisão em dois módulos, para apresentar o primeiro módulo, que abordava os invariantes operatórios e as representações simbólicas dos conceitos, usamos as aulas virtuais e os testes virtuais, e o segundo módulo que abordava os referentes do conceito, usamos as atividades de modelagem computacional.

Para o primeiro módulo separamos 6 aulas, que foram divididas nos cinco tópicos do conteúdo escolhido (Conceitos iniciais, Velocidade, Aceleração, Movimento Retilíneo Uniforme, e Movimento Retilíneo Uniformemente Variado) e uma última aula para revisão dos conceitos.

No início de cada aula, as duplas eram solicitadas a abrirem o arquivo correspondente ao tópico em questão, que no caso era uma aula em formato de *slides*.

Iniciávamos então a exposição de cada um dos conceitos envolvidos, que se encontravam nos textos, imagens e ilustrações de cada uma das aulas. O objetivo dessa aula era desenvolver os invariantes operatórios, teoremas em ação e conceitos em ação, relativos ao tópico da cinemática, de modo que através deles o aluno pudesse desenvolver seus esquemas de assimilação.

Seguíamos esta discussão, sempre estimulando a participação dos alunos em forma de perguntas ou questionamentos. Neste ponto, percebemos uma grande participação da maior parte dos alunos que se sentiam amplamente motivados pelo fato de estarem num ambiente fora de sua sala habitual de aula, e de poderem trabalhar em dupla, e também de usarem um recurso visual para a aprendizagem. Logo após a exposição dos *slides*, os alunos eram submetidos ao teste virtual, com questões envolvendo os conceitos que acabávamos de analisar, e eles podiam usar os slides como forma de consulta para poderem responder as questões.

O programa no qual os testes foram feitos gerava ao final dele o resultado do número de questões certas. O resultado total em todos os testes por cada dupla, foi usado como parte da avaliação bimestral daqueles alunos. Nestes testes, todas as duplas tiveram um rendimento maior que 70% em cada um dos testes, e mais da metade das duplas superou os 90%.

Depois de um certo tempo pré determinado para o teste, fazíamos então uma correção geral das questões respondidas pelos alunos. Essa correção foi bastante importante para fixarmos os conceitos trabalhados, e discutir possíveis dúvidas que ficaram.

Através das respostas dos alunos nos testes, percebemos que alguns conceitos, mesmo depois de trabalhados nos *slides* ainda não estavam muito bem assimilados, como, por exemplo, o conceito de deslocamento e a sua diferença com a distância percorrida. Um outro ponto de dificuldade foi o de classificar um movimento com base nos sinais da velocidade e da aceleração, geralmente os alunos pensavam que se o corpo tem uma velocidade negativa significa que ele está necessariamente parando, ou se tem

uma velocidade positiva significa que ele está indo cada vez mais rápido. A mesma confusão ocorreu em relação a acelerações positivas e negativas. Assim sendo, a aplicação do teste mostrou exatamente onde estavam as principais dúvidas dos alunos, e desta forma pudemos trabalhá-las, à medida que elas apareciam.

Cada uma das aulas seguiu mais ou menos o mesmo padrão de divisão de tempo, como cada aula tinha um tempo de 45 minutos dividimos da seguinte forma:

25 min – Exposição da aula virtual;

10 min – Aplicação do teste;

10 min – Correção geral do teste;

Na quinta aula, porém, que trabalhava o Movimento Retilíneo Uniformemente Variado, devido ao conteúdo mais extenso, tivemos a necessidade de usar duas aulas ao invés de uma, a primeira aula apenas para a exposição da aula virtual e a segunda aula para aplicação e correção do teste. Desta forma, ao final deste primeiro módulo fizemos o uso de sete aulas e não de seis como previsto inicialmente.

A última aula foi utilizada para revisarmos de uma forma geral todos os conceitos envolvidos e trabalharmos novamente aqueles pontos que geraram mais dúvidas da parte dos alunos.

5.3.2 Aplicação do Módulo 2 – Situações-problema

O Módulo 2 consistiu então, em submeter os alunos a situações-problema, envolvendo os conceitos e princípios trabalhados no Módulo 1, para tanto usamos, então, as atividades de modelagem computacional com o programa *Modellus*.

O objetivo principal deste módulo era, então, trabalharmos os referentes dos conceitos que queríamos desenvolver com os alunos, ou seja, as situações que envolviam estes conceitos, pois segundo Vergnaud, são as situações que dão sentido aos conceitos, e eles se tornam significativos através de uma variedade de situações (1994, *Apud*.

MOREIRA, 2002. P.5), e a análise destas situações foi mediada pela modelagem computacional.

Para aplicação das atividades de modelagem separamos então 15 aulas, que foram divididas em 2 aulas introdutórias, 10 atividades, 2 avaliações e 1 aula de revisão. Das 10 atividades, 8 eram exploratórias e 2 expressivas como já foi citado e como segue abaixo:

Atividade 1: Velocidade, distância e tempo 1 (Exploratória).

Atividade 2: Velocidade, distância e tempo 2 (Exploratória).

Atividade 3: Movimento Retilíneo Uniforme 1 (Exploratória).

Atividade 4: Movimento Retilíneo Uniforme 2 (Exploratória).

Atividade 5: Movimento Retilíneo Uniforme 3 (Expressiva).

Atividade 6: Movimento Retilíneo Uniformemente Variado 1 (Exploratória).

Atividade 7: Movimento Retilíneo Uniformemente Variado 2 (Exploratória).

Atividade 8: Movimento Retilíneo Uniforme e Variado 1 (Exploratória).

Atividade 9: Movimento Retilíneo Uniforme e Variado 2 (Exploratória).

Atividade 10: Movimento Retilíneo Uniforme e Variado 3 (Expressiva).

A primeira e a segunda aula foram utilizadas para ensinar os alunos a trabalharem com o programa *Modellus*. Nelas mostramos a eles as principais funções e comandos do programa e como nós iríamos utilizá-los, mostramos a eles como escrever o modelo matemático e interpretá-lo, como criar gráficos e tabelas, como alterar as escalas, como criar partículas, vetores, variáveis, e ligá-las às grandezas corretas, para isso fizemos algumas atividades simples que foram passadas no próprio quadro do laboratório. Neste ponto, o funcionário do laboratório foi muito útil, ele recebeu um pequeno treinamento antes de começarem as aulas com o programa, e desta forma ele também pôde ajudar os alunos em suas dúvidas operacionais.

Após essas duas aulas iniciais, os alunos foram submetidos às atividades de modelagem computacional propriamente ditas. Cada dupla recebia então o roteiro correspondente ao modelo que seria analisado. Os alunos eram orientados a lerem a situação-problema descrita, analisarem o modelo matemático e só depois rodarem o

modelo. Isto fez com que os alunos primeiro tivessem uma noção geral da situação e também do comportamento gerado pelo modelo. Após isto, eles eram levados então para as questões do roteiro.

As questões do roteiro, que foram num total de 10, estavam divididas em 4 blocos, como segue abaixo:

Bloco 1: Questões teóricas sobre o modelo

Estas questões envolviam a interpretação da situação-problema através de questões teóricas. Nela o aluno devia identificar o significado de cada variável do modelo, as unidades que seriam usadas, fazer a classificação daquele movimento e outras que envolvessem o entendimento inicial da situação que estava sendo analisada.

Bloco 2: Questões de determinação direta de valores das grandezas

Nestas questões o aluno deveria identificar valores de grandezas envolvidas a partir da análise dos gráficos e das tabelas, como, por exemplo, dizer qual era a posição do corpo num certo instante, ou qual seria a posição do ponto de encontro para dois corpos em movimento.

Bloco 3: Questões de interpretação e identificação de valores das grandezas com mudança nas condições iniciais

Nestas questões o aluno deveria alterar os valores iniciais dos parâmetros do modelo, para depois interpretar e identificar os valores das grandezas requeridas na pergunta. Um exemplo de uma pergunta deste tipo é: “Qual seria a posição do corpo num instante x , se a velocidade dele fosse o dobro da velocidade atual?” Neste caso o aluno foi obrigado a interagir de forma dinâmica com o modelo para responder a questão. Uma outra pergunta deste tipo poderia ser : “Qual seria o comportamento dos gráficos se a velocidade fosse negativa ao invés de positiva ?”

Bloco 4: Questões que envolvem a resolução do problema no papel e que usam o modelo para verificar a sua resposta

Nestas questões, o aluno deveria resolver o problema no papel, chegar a uma resposta, simular aquela resposta no *Modellus*, e verificar se a sua resposta estava correta. Um exemplo de uma questão como esta foi: “Qual deve ser a velocidade do corpo 1 para que ele se encontre com o corpo 2 em 20s?” A resposta a uma questão como esta não pode ser obtida através do modelo que foi proposto, e com o domínio que os alunos possuíam do programa, logo o aluno deveria resolver a questão no papel para chegar a uma resposta. De posse de sua resposta, ele agora poderia simular este valor no modelo e verificar se a sua resposta estava correta ou não, podendo então prosseguir nas questões do roteiro, caso sua resposta estivesse correta, ou então buscar encontrar o erro em sua forma de tentar chegar à resposta.

Com estas atividades de modelagem, além de os conceitos ganharem sentido, os alunos tinham a oportunidade de evocar os esquemas que eles desenvolveram ao longo das aulas para resolver as situações dadas, o que Vergnaud chama de interação esquema-situação (1996 *Apud*. MOREIRA, 2002, p.6). Quando eles usavam seus esquemas e estes não funcionavam, eles eram levados a buscar outro esquema que desse conta daquela situação específica, isto era feito ou de forma autônoma pela dupla ou também com a ajuda do professor, esse processo era mais fortemente observado no bloco 4 de perguntas do roteiro.

As atividades exploratórias foram construídas de modo que aplicássemos uma seqüência de duas atividades semelhantes, tivemos duas atividades iniciais sobre velocidade, distância e tempo, duas sobre movimento uniforme, duas sobre movimento variado e duas que envolviam tanto o movimento uniforme como o variado.

A idéia de se trabalhar desta forma era que a primeira atividade de cada par deveria ser feita de modo dirigido, de forma que os alunos fossem aprendendo a lidar com a situação dada, isto não quer dizer que as respostas seriam dadas diretamente aos alunos, mas sim que eles iam sendo conduzidos à construção de cada conhecimento

específico dentro das questões, ou seja, esta primeira atividade de cada par serviu para que os alunos aprendessem a aplicar os conceitos vistos no primeiro módulo.

Na segunda atividade exploratória de cada par, as duplas deviam realizá-la sem a participação direta do professor, de modo a mostrar se realmente haviam aprendido a dominar aquela situação e forçá-los a usarem seus esquemas. Isso não significa que em algum momento o professor não viesse a interferir, na verdade isto aconteceu várias vezes, mas sempre com o objetivo de tirar as dúvidas. Ao final destas atividades, fazíamos então a correção das questões do roteiro e mais uma vez tínhamos a oportunidade de identificar os pontos onde os alunos não tiveram um pleno domínio das situações, como, por exemplo, nas interpretações de gráficos, que geralmente trazem grandes dificuldades para os alunos.

Da mesma forma que um professor resolve um exemplo no quadro e depois pede para que os alunos façam uma questão semelhante, assim foi a aplicação destes pares de atividades, primeiro uma atividade como exemplo e depois uma atividade que eles fizessem com mais autonomia, porém com a diferença que mesmo na atividade exemplo o aluno participava, ao tentar visualizar uma informação que o professor apresentou, ou mudar os valores das condições iniciais do modelo.

Vale lembrar que, no primeiro par de atividades, os alunos ainda possuíam muitas dificuldades em relação ao manuseio do programa, tais como mudar valores, mexer na escala, e outros. Isto dificultou a aprendizagem, pois ao invés de nos concentrarmos nela, muitas vezes tínhamos que nos concentrar nas dúvidas referentes à parte técnica do *Modellus*. Estas dificuldades, porém, foram desaparecendo por volta da terceira e quarta atividades, quando os alunos já passaram a ter uma boa familiaridade com o programa.

As Atividades 5 e 10 foram de caráter expressivo, a Atividade 5 trabalhou o movimento uniforme, e a Atividade 10 trabalhou uma situação que misturava movimento uniforme e variado. Nelas, os alunos deveriam construir todo o modelo a partir da situação dada. Depois de construir o modelo eles deveriam então rodá-lo e ver se o comportamento que o programa mostrava era o comportamento esperado e depois responder as perguntas. Neste momento o papel do professor foi crucial, pois algumas

duplas escreviam o modelo, mas o programa não apresentava o comportamento esperado, neste ponto então as duplas recebiam um atendimento individual e eram levadas a identificar o problema com o modelo matemático que estavam usando, ou também se era uma questão técnica em relação ao programa, como, por exemplo, a associação das grandezas dentro das janelas. Nesta intervenção evitamos mostrar explicitamente as respostas ao problema da dupla, mas sempre tentávamos levá-los a pensar no problema em questão, através de outras perguntas. Isto colaborou para que eles desenvolvessem certa autonomia e também para que a aprendizagem não fosse mecânica.

Nesta parte do trabalho vale salientar um princípio importante da teoria de Vergnaud, (MOREIRA 2002, p.10) que diz que os conceitos em ação e os teoremas em ação (invariantes operatórios) dos estudantes, são conhecimentos implícitos e, que estes têm dificuldades de torná-los explícitos, mas que a explicitação do conhecimento implícito é que pode tornar os teoremas e conceitos em ação em verdadeiros conhecimentos científicos, e nesta etapa o professor tem um papel mediador fundamental. Nas atividades exploratórias, mas mais ainda nas expressivas, os alunos eram levados a explicitarem o conhecimento que eles adquiriram ao longo das aulas ao interagirem com os modelos e ,principalmente, ao responderem as perguntas do roteiro. Dessa forma as atividades de modelagem contribuíram de uma forma muito grande para a aprendizagem mais efetiva dos alunos, no momento em que eles eram levados a tornar explícito o conhecimento desenvolvido.

5.4. AVALIAÇÕES E RESULTADOS

Depois das Atividades 5 e 10, aplicamos aos alunos duas avaliações que foram realizadas também em dupla. As avaliações eram basicamente atividades exploratórias com o mesmo formato das que eles haviam realizado, um modelo dentro do programa e um roteiro de questões. Nesta avaliação os alunos não receberam nenhuma ajuda do professor, ou seja, eles deveriam realizá-la totalmente com o conhecimento adquirido. Os alunos foram avisados previamente destas avaliações e cada uma delas teve um peso de 40% da nota bimestral. Nestas avaliações, todas as duplas atingiram um rendimento

superior a 70% nas duas avaliações, e assim como nos testes, boa parte das turmas superou os 90% de rendimento.

A partir dos resultados das avaliações aplicadas e dos testes, podemos concluir em termos gerais que os objetivos de ensino foram satisfatoriamente alcançados, e desta forma podemos concluir que o uso das ferramentas educacionais empregadas, atrelada à metodologia desenvolvida, fornece mais elementos para que se alcance uma aprendizagem mais significativa. Esse fato fica mais evidente quando comparamos estes resultados, com o desempenho médio obtido pelos alunos ao utilizarem a metodologia tradicional, onde nestas, dificilmente conseguimos que todos os alunos alcancem um rendimento pelo menos superior a 60%, e são poucos os que conseguem ultrapassar os 80%.

Pudemos também fazer uma avaliação do desempenho da proposta, principalmente no que se refere ao uso do programa *Modellus*, a partir da visão dos alunos. Ao final da proposta pedimos que alguns alunos escrevessem um breve comentário sobre as aulas realizadas no laboratório, principalmente nas aulas que usamos o *Modellus*. Apresentamos abaixo os comentários de 3 alunos, que nos fornecem alguns elementos que também nos indicam as possíveis vantagens no uso desta metodologia.

Aluno 1:

“As atividades foram muito interessantes, pois conseguimos enxergar de forma mais real as trajetórias e os movimentos realizados, e também por que diversificou as atividades, não ficamos só na sala de aula.

Aluno 2:

“ As atividades realizadas no laboratório de informática foram muito produtivas e atrativas para nós, promovendo um conhecimento mais pratico do assunto. Achei o aprendizado eficiente e objetivo, além de ser envolvente. O conteúdo foi bem assimilado e eu entendi muito bem a matéria sobre movimentos.

Aluno 3:

“Acho muito importante quando saímos teoria e vamos para a prática. As aulas em que usamos o programa Modellus, com certeza possibilitaram uma maior assimilação do conteúdo, pois praticamos o que vimos.”

A partir destes comentários, podemos também perceber a relevância para os alunos da aplicação de uma estratégia de ensino diferenciada, de forma que o envolvimento destes pôde gerar resultados satisfatórios.

As observações que fizemos em sala de aula e a reação dos alunos às atividades computacionais nos mostraram a grande interação que existiu, tanto entre as duplas como também entre as duplas e o professor, o que mostra o grande envolvimento que os alunos tiveram com o conteúdo através das atividades. Acreditamos que este fator por si só não garante a aprendizagem, mas é um “catalisador” para a mesma, de modo que facilita o alcance dos objetivos de ensino. A partir dos resultados dos desempenhos dos alunos nas atividades e das observações mencionadas acima, acreditamos que a proposta atingiu o seu objetivo, que foi o de apresentar os conceitos básicos e as situações relacionadas sobre o tópico da cinemática de uma forma atrativa, dinâmica e significativa.

CAPITULO 6

CONCLUSÃO

A aplicação de propostas de ensino de Física como esta, baseadas em tecnologias computacionais, aos poucos têm contribuído para a melhoria do ensino nesta disciplina e proporcionado grandes benefícios no que diz respeito ao aprendizado dos alunos, e também na forma como esta disciplina é encarada por eles.

É claro que a implementação de estratégias baseadas em tecnologias não consegue resolver todos os problemas desta área, que por sua vez passa por uma série de fatores, tais como a preparação dos professores, a carga horária semanal, o próprio currículo e a escolha de conteúdos, os recursos e as estruturas que as escolas oferecem, entre outros.

Mas também fica claro que, o uso destas estratégias traz mudanças substanciais em vários aspectos do processo de ensino, e dão uma “cara” diferente à disciplina de Física, que geralmente é vista de uma forma negativa pelos alunos, que pelas dificuldades encontradas no domínio desta área acabam desanimando em seu estudo. Esta é uma realidade que nós como professores vemos todos os dias em sala de aula ao aplicarmos a metodologia tradicional, e por vezes estamos tão arraigados a ela, que sentimos uma grande dificuldade em estabelecermos mudanças deste nível.

A proposta de ensino que aplicamos a estas turmas de primeiro ano do Ensino Médio para a aprendizagem de cinemática, apresentou muitas destas vantagens, o que nos faz concluir que estes recursos têm um potencial muito grande para a aprendizagem e que vale a pena a utilização destes recursos e desta metodologia.

Analisando a nossa proposta de um modo geral, vemos alguns fatores que contribuíram para o sucesso na aprendizagem dos alunos, fatores estes que estão ligados ao material e a metodologia, e que nos levam a acreditar na eficácia desta proposta.

O primeiro ponto está ligado ao aumento considerável da motivação e interesse dos alunos, que está ligado a dois fatores, o ambiente diferente, que não é o ambiente da sala de aula normal e o uso do computador. Perceba que estes dois fatores não garantem a aprendizagem, mas fornecem ao aluno a predisposição para o envolvimento com o conteúdo e com as atividades, que por sua vez é um fator determinante na aprendizagem.

O segundo ponto é a questão visual. A todo momento os alunos estavam vendo o objeto de estudo analisado, quer seja um carro em movimento, uma pessoa andando, uma bolinha em alta velocidade. Tudo isto fez com que o conteúdo se tornasse algo concreto para eles e, como se trata de um grupo de alunos ingressantes no Ensino Médio, este fator é extremamente importante, pois eles ainda não desenvolveram muito bem a capacidade de abstração, fator este que pode bloquear de alguma forma o processo de aprendizado, principalmente na área das ciências exatas.

O terceiro ponto que garantiu o sucesso da aplicação foi o da interação, principalmente nas atividades de modelagem com o programa *Modellus*, onde além de ver o objeto de estudo, o aluno interagiu com ele de forma dinâmica, e tinha a possibilidade de testar, alterar valores, mudar condições iniciais e perceber o que estas mudanças acarretavam no fenômeno, chegando assim a ter o domínio das várias situações abordadas e criando sentido para os vários conceitos estudados previamente.

O papel diferenciado do professor nesta proposta também foi um fator de relevância dentro do processo, que foi o de apresentar e discutir os conceitos básicos com os alunos, e depois conduzi-los ao longo das atividades de modelagem, passando a ter a função de mediador, entre o conhecimento e os alunos, tentando ao máximo que eles dominassem as situações por si só, de modo a incentivar o desenvolvimento autônomo e a arte de pensar, fazendo interferências apenas em momentos cruciais da aprendizagem. É claro que esta tarefa não foi e não é fácil, pois quando o professor assume este papel ele tem que respeitar o ritmo de cada aluno, que nem sempre é o mesmo, logo teremos alunos que estarão mais a frente que outros, o que pode de alguma forma atrapalhar o processo de aplicação e avanço da metodologia como um todo, daí a necessidade da habilidade e a sensibilidade do professor em enxergar as necessidades dos alunos, principalmente daqueles que apresentam maiores dificuldades. Isso mostra

que apesar de ter um papel de mediador, a função do professor continua sendo crucial para o processo de ensino como um todo.

A forma de avaliação adotada também trouxe um ganho muito grande dentro da proposta de aplicação e também a torna uma proposta diferenciada, pois elas também se basearam no uso dos recursos tecnológicos, que consistiu na realização dos testes virtuais e em análises de fenômenos com o programa *Modellus*.

As atividades de avaliação foram bem parecidas com as que os alunos fizeram, com a diferença que nestas eles não tinham nenhum tipo de intervenção por parte do professor. Como os alunos estão acostumados com as provas formais, eles nem perceberam que estavam sendo avaliados e isto acabou não gerando aquela ansiedade comum dos dias de prova. O fato de ser também uma atividade dinâmica e interativa o aluno tinha a oportunidade de testar as repostas encontradas por ele, repensar estas repostas, e melhorá-las se fosse o caso, e com isso a avaliação também se tornou um instrumento de aprendizagem e não apenas de verificação.

O fato de atrelarmos a aplicação das tecnologias computacionais a uma teoria de aprendizagem bem consistente como a teoria dos Campos Conceituais, nos deu uma boa segurança durante o processo, pois os princípios da teoria nos davam o rumo a seguir em cada passo da aplicação, ou seja, como usar cada instrumento de aprendizagem para garantir o alcance dos objetivos de ensino. Esta ligação entre referencial teórico e metodologia é extremamente importante no uso de novas tecnologias no ensino, pois geralmente vemos o uso indiscriminado destes recursos, acreditando que a sua mera utilização já garante o sucesso da proposta por si só, ou seja, tendo o pensamento que o fato de usar uma nova tecnologia já é uma inovação no ensino, ignorando muitas vezes a forma, ou as formas, que os alunos aprendem cada conteúdo. Por isso a importância de uma avaliação constante dessas metodologias e desses recursos de modo que a sua aplicação traga de fato ganhos para a aprendizagem.

A soma de todos estes fatores fez com que os objetivos de ensino pré determinados fossem alcançados de forma satisfatória pelos alunos participantes do

projeto, nos motivando a incorporar esta metodologia e esta abordagem em nossa prática pedagógica. Vale aqui também ressaltar outro fator que foi crucial para o sucesso deste projeto, que foi o planejamento antecipado e detalhado de todas as aulas envolvidas, isso fez com que não houvesse nenhum tipo de imprevisto, e também nos deu segurança em todas as aulas. Outro ponto a se destacar é a questão da estrutura que tivemos a nossa disposição em nossa escola, um laboratório com computadores de última geração, com projetor de vídeo, e com um funcionário que recebeu um pequeno treinamento sobre o programa *Modellus* e que ficou a nossa disposição no momento das aulas. Sabemos que nem todas as escolas hoje em dia têm uma estrutura como esta a disposição do professor.

Apesar de todo este panorama descrito favorável à aplicação de recursos tecnológicos, existem também desvantagens em relação a propostas como esta. Uma delas é o tempo despendido no preparo das atividades, que é muito superior comparado ao preparo de uma aula tradicional, pois envolve muita pesquisa para a criação dos materiais necessários. Sabemos hoje que a questão do tempo para preparo das aulas é um problema crítico para os professores, pois a maior parte destes, por não ter uma remuneração adequada, acaba tendo uma grande carga horária semanal e também muitas vezes tendo que trabalhar em duas ou três escolas diferentes ao mesmo tempo. Logo, o fator tempo para o preparo das atividades desenvolvidas é algo que se deve levar em conta quando se pretende aplicar uma estratégia de ensino como esta. Neste ponto, esperamos que o material que foi criado aqui seja útil aos professores de Física de Ensino Médio, tanto na rede pública quanto na privada, pois todas as aulas e atividades de modelagem já estão prontas e disponíveis na internet.

Durante toda a aplicação do projeto, a cada aula, tentávamos observar detalhes tanto na metodologia como no material de modo que pudéssemos melhorar a versão inicial preparada para a aplicação. Após a aplicação, fizemos então toda uma revisão neste material a partir das observações constatadas durante as aulas, esta revisão, porém, não afetou a estrutura básica tanto do material quanto da disciplina, e ela se concentrou basicamente em algumas mudanças nos textos e figuras das aulas virtuais, e também na reelaboração de algumas questões do roteiro.

Depois da aplicação da proposta percebemos também que ao invés de fazermos primeiro todo um bloco de conceitos para depois irmos para as atividades, seria melhor intercalar as aulas de conceitos com as atividades de modelagem, de modo que ao abordar um conceito logo após os alunos fossem submetidos a uma situação referente a àquele conceito.

Uma outra sugestão que tivemos após a aplicação da proposta, foi a inclusão de atividades que abordassem situações em duas dimensões, de modo que o projeto ficasse mais abrangente. Desta forma, criamos duas atividades extras que abordam exatamente estes temas, uma tratando o lançamento oblíquo, e outra o lançamento horizontal. Os pressupostos e o formato destas atividades seguiram os mesmos padrões das dez atividades aplicadas.

Desta forma, o material instrucional que acompanha esta dissertação, já é uma versão revisada e melhorada da primeira versão, que foi aplicada a estas turmas de primeiro ano. Todo este material está disponibilizado em formato HTML em um cd-Rom que acompanha a dissertação.

O uso contínuo e crescente de tecnologias computacionais hoje no ensino de Física é um processo quase que irreversível, e acreditamos que trabalhos como esse vem mostrar o grande potencial que estes recursos têm, de ajudar na transformação do ensino de Física na educação básica, mudando o papel do professor e do aluno dentro do processo de ensino e também dando um caráter mais dinâmico ao conhecimento, principalmente com o uso da modelagem computacional. Apesar do grande uso de tecnologias computacionais, as atividades de modelagem ainda não são tão conhecidas e utilizadas por grande parte dos professores do Ensino Médio, onde prevalece o uso das simulações prontas, que por sua vez tem o seu valor, mas que não possuem todo o potencial das atividades de modelagem. Esperamos que através deste trabalho, outros professores se interessem e utilizem a modelagem computacional como recurso para as aulas de Física e que num futuro próximo o seu uso esteja mais difundida no ensino de Física do Ensino Médio.

Mas, fica claro também para nós, que o simples uso destes recursos não garante a eficácia do ensino e por si só não gera a transformação desejada, logo, é preciso que estas propostas sejam aplicadas de uma forma sistemática e guiadas por referenciais sólidos de aprendizagem, e que estejam em constante avaliação.

REFERENCIAS

ARAUJO, I. S. *Um estudo sobre o desempenho de alunos de física usuários da ferramenta Modellus na interpretação de gráficos da cinemática*. 2002. 111 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

ARAUJO, I. S.; DORNELES, P. F. T.; VEIT, E. A. Simulação e modelagem computacional no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade: Parte 1 - Circuitos elétricos simples. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 487-496, set. 2006.

BRANDÃO, R.V.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E.A. A modelagem científica de fenômenos físicos e o ensino de física, *Física na Escola*, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 10-14, maio 2008.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *PCN+- ensino médio, Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais*. Brasília. 1999. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/ensino/pcn.shtml>>. Acesso em: 16 maio 2005.

COELHO, R. O. *O uso da informática no ensino de física de nível médio*. 2002. 101f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2002.

FIOLHAIS, C.; TRINDADE, J. Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e no aprendizado das ciências físicas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 25, n. 3, p. 259-272, set. 2003.

GONÇALVES, L. de J. *Uso de animações visando a aprendizagem significativa de física térmica no ensino médio*. 2005. 97f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. de. Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino de física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 77-86, jun. 2002.

MOREIRA, M. A. A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre. v. 7, n. 1, p. 7 - 29, jan./mar. 2002.

NOGUEIRA, J. S.; RINALDI, C. Utilização do computador como instrumento de ensino: uma perspectiva de aprendizagem significativa. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 22, n. 4, p. 517-522, dez. 2000.

REZENDE, F. As novas tecnologias na prática pedagógica sob o ponto de vista construtivista. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, Belo Horizonte, v. 2, n 1, p.75-98, mar. 2002.

TEODORO, V. D.; VIEIRA, J. P.; CLÉRIGO, F. C. *Modellus, interactive modelling with mathematics*. San Diego: Knowledge Revolution, 1997.

TEODORO, V. D. From formulae to conceptual experiments: interactive modelling in the physical sciences and in mathematics. In: INTERNATIONAL CoLos CONFERENCE NEW NETWORK-BASED MEDIA IN EDUCATION, 1998, Maribor, Slovenia. p. 13-22.

VEIT, E. A.; TEODORO, V. D. Modelagem no ensino/aprendizagem de física e os novos parâmetros curriculares para o ensino médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 87-96, jun. 2002.

VERGNAUD, G. Algunas ideas fundamentales de Piaget en torno a la didáctica. *Perspectivas*, Paris, v. 26, n. 10, p. 195-207, marzo 1996.

VERGNAUD, G. A trama dos campos conceituais na construção dos conhecimentos. *Revista do GEMPA*, Porto Alegre, n. 4, p. 9-19, 1996.

VERGNAUD, G. A comprehensive theory of representation for Mathematics Education. *Journal of Mathematical Behavior*, Amsterdam, v. 17, n. 2, p. 167-181, 1998.

YAMAMOTO, I.; BARBETA, V. B. Simulações de experiências como ferramenta de demonstração virtual em aulas de teoria de física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 215-225, jun. 2001.

APÊNDICES

APENDICE A – TESTES CONCEITUAIS

Teste 1 – Conceitos

1. A posição de um corpo nos informa:

- a) O valor da sua velocidade
- b) Se o movimento é progressivo ou regressivo
- c) A localização do corpo
- d) A distância que ele percorreu num determinado intervalo de tempo

2. A posição de um corpo em movimento é medida:

- a) Sempre em metros
- b) Sempre em quilômetros
- c) Em metros, quilômetros e outras unidades de distância.
- d) Em quilômetros, se estivermos trabalhando com unidades no sistema internacional

3. Se a posição do corpo em movimento está aumentando podemos afirmar que:

- a) A sua velocidade também está aumentando
- b) A sua velocidade está diminuindo
- c) O movimento é progressivo
- d) O movimento é regressivo

4. A linha descrita pelas sucessivas posições de um corpo em movimento:

- a) trajetória
- b) movimento uniforme
- c) velocidade
- d) movimento retilíneo

5. A posição inicial de um corpo é de 5m, ele vai até a posição de 30m e volta para a posição inicial, neste caso podemos afirmar que a distancia percorrida foi de:

- a) 60m
- b) 25m
- c) 50m
- d) 5m

6. Um corpo sai da posição de 60m vai até a posição de 100m e volta para a posição de 80m, neste caso podemos afirmar que o deslocamento vale:

- a) 40m
- b) 100m
- c) 60m
- d) 20m

7. Se um corpo está em movimento em relação a um referencial podemos afirmar que:

- a) Ele está em movimento em relação a qualquer referencial
- b) Ele poderá estar parado em relação a algum outro referencial
- c) Ele estará parado em relação a qualquer outro referencial
- d) O movimento não depende do referencial

8. Com relação ao deslocamento e a distância percorrida temos que:

- a) São sempre iguais
- b) São sempre diferentes
- c) Serão iguais se o movimento for retilíneo e sempre no mesmo sentido
- d) Serão iguais se o movimento for circular

Teste 2 – Velocidade

1. A velocidade de um corpo nos informa:

- a) A sua posição
- b) O tempo gasto em um percurso
- c) A distância percorrida.
- d) A distância que ele percorreu num determinado intervalo de tempo

2. A velocidade de um corpo é medida:

- a) Em metros
- b) Em quilômetros
- c) Sempre em quilômetros por hora.
- d) Em quilômetros por hora, metros por segundo, ou por outras unidades envolvendo distância por tempo.

3. A velocidade instantânea de um corpo é:

- a) A velocidade que ele possui durante todo o percurso
- b) A velocidade que ele possui em um determinado instante
- c) A mesma coisa que velocidade média
- d) Uma velocidade sempre constante

4. Para calcular a velocidade escalar média devemos:

- a) Dividir o tempo total pela distância percorrida
- b) Multiplicar o tempo total pela distância percorrida
- c) Dividir a distância percorrida pelo tempo total
- d) Somar a distância percorrida com o tempo total

5. Um móvel que percorre uma distância de 480m em 60s tem uma velocidade média de:

- a) 80m/s

- b) 70m/s
- c) 60m/s
- d) 50m/s

6. A velocidade de 20m/s também pode ser expressa como:

- a) 72km/h
- b) 60km/h
- c) 50km/h
- d) 40km/h

7. Um corpo sem aceleração que tem uma velocidade de 15m/s, percorre em 7s uma distância de:

- a) 70m
- b) 20m
- c) 85m
- d) 105m

8. Velocidade é uma grandeza vetorial, isso significa que ela possui:

- a) Valor e direção
- b) Valor, direção e sentido
- c) Direção e sentido
- d) Apenas valor

Teste 3 – Aceleração

1. A aceleração de um corpo mede:

- a) O quanto a velocidade está aumentando
- b) O quanto a velocidade está diminuindo
- c) A variação da velocidade com o passar do tempo
- d) A mudança na posição com o passar do tempo

2. A unidade da aceleração no sistema internacional de unidades é:

- a) m/s
- b) m/s^2
- c) km/s^2
- d) km/h^2

3. Dizer que um movimento se realiza com uma aceleração constante de $5m/s^2$ significa que:

- a) em cada segundo o móvel se desloca 5m;
- b) em cada segundo a velocidade do móvel aumenta de 5m/s;
- c) em cada segundo a aceleração do móvel aumenta de 5m/s;

d) em cada 5 segundos a velocidade aumenta de 1 m/s;

4. Não existe aceleração quando:

- a) O corpo está em movimento retilíneo
- b) A velocidade está diminuindo
- c) A velocidade é constante
- d) A velocidade está aumentando

5. Um corpo que parte do repouso e tem uma aceleração de 2m/s^2 depois de 5 segundos terá uma velocidade de:

- a) 20m/s
- b) 10m/s
- c) 5m/s
- d) 2m/s

6. Um corpo está com velocidade constante de 10m/s , podemos afirmar que:

- a) A sua aceleração também vale 10m/s
- b) Depois de 2s a sua velocidade será de 30m/s
- c) A sua velocidade fica constante mas a sua aceleração aumenta
- d) A sua aceleração vale zero

7. Um corpo tem uma velocidade de 100m/s e uma aceleração de -5m/s^2 , depois de quanto tempo este corpo irá parar ?

- a) 10s
- b) 1 minuto
- c) 500s
- d) 20s

8. Se um corpo tem aceleração não nula podemos afirmar que:

- a) A velocidade é sempre a mesma
- b) A velocidade sempre aumenta
- c) A velocidade está sofrendo uma variação
- d) A velocidade está diminuindo

Teste 4 – Movimento uniforme

1. O movimento uniforme é caracterizado por:

- a) Ter velocidade constante
- b) Ter aceleração constante
- c) Posição sempre aumentando
- d) Posição sempre diminuindo

2. Num movimento uniforme podemos afirmar que:

- a) O corpo percorre distâncias iguais em tempos iguais
- b) O corpo percorre distâncias maiores à medida que o tempo passa
- c) A distância percorrida é igual ao tempo gasto
- d) A velocidade aumenta à medida que o tempo passa

3. Se a posição está aumentando podemos dizer que o movimento é

- a) Progressivo
- b) Regressivo
- c) Retilíneo
- d) Acelerado

4. No movimento uniforme a função horária nos fornece:

- a) A distância percorrida
- b) O deslocamento
- c) A posição em função do tempo
- d) A velocidade

5. A posição inicial de um corpo é de 5m, e ele tem uma velocidade constante de 2m/s, a função horária da posição deste movimento é:

- a) $X = 2 + 5.t$
- b) $X = 5 + 5.t$
- c) $X = 2 + 2.t$
- d) $X = 5 + 2.t$

6. Um corpo em movimento uniforme parte da posição de 10m com uma velocidade de 3m/s, depois de 10s ele estará na posição de:

- a) 20m
- b) 40m
- c) 30m
- d) 10m

7. Um móvel executando um movimento uniforme sai da posição de 10m com uma velocidade de -2m/s, podemos afirmar que ele passará pela origem depois de:

- a) 5s
- b) 6s
- c) 7s
- d) 8s

8. Um objeto descreve um movimento uniforme segundo a função $X = 20 - 2.t$, com relação a este movimento podemos afirmar que:

- a) Depois de 2s a posição será de 36m

- b) Depois de 5s ele passará pela origem
- c) O movimento é progressivo
- d) A sua posição será igual a 10m depois de 5s

Teste 5 – Movimento variado

1. O movimento variado é caracterizado por:

- a) Possuir velocidade constante
- b) Possuir aceleração igual a zero
- c) Ser sempre acelerado
- d) Possuir aceleração diferente de zero

2. Para que o movimento seja acelerado temos que:

- a) A velocidade deve ser positiva
- b) A velocidade deve ser negativa
- c) A aceleração deve ser positiva
- d) A aceleração e a velocidade tem o mesmo sinal

3. O gráfico da posição pelo tempo no movimento variado é:

- a) Uma reta crescente
- b) Uma reta decrescente
- c) Uma hipérbole
- d) Uma parábola

4. Para que o movimento seja progressivo e retardado a aceleração e a velocidade devem ser respectivamente:

- a) Positiva e positiva
- b) Positiva e negativa
- c) Negativa e positiva
- d) Negativa e negativa

5. Um corpo em movimento variado tem a sua velocidade descrita pela função $V = 5 + 2.t$, a velocidade deste corpo será igual a 13m/s depois de:

- a) 1s
- b) 2s
- c) 3s
- d) 4s

6. Um objeto executa um movimento variado onde a função horária é $X = 10 + 4.t^2$, com relação a este movimento podemos afirmar que:

- a) A aceleração vale 4m/s^2
- b) A sua aceleração vale 8m/s^2
- c) A sua posição inicial vale zero
- d) Depois de 1s a sua posição será de 18m

7. A função da velocidade do corpo é $V = 2 - 4.t$, se ele parte da origem, a sua função horária da posição será:

- a) $X = 4.t + 4.t^2$
- b) $X = 4 + 4.t^2$
- a) $X = 2.t - 4.t^2$
- a) $X = 2.t - 2.t^2$

8. Um objeto em movimento têm velocidade negativa e aceleração positiva em relação a um certo referencial. Partindo de uma posição de 50m, em relação a este referencial, após algum tempo podemos afirmar que:

- a) A velocidade dele terá aumentado
- b) A posição dele será maior que 50m
- c) A posição dele será menor que 50m
- d) A posição dele será a mesma

APÊNDICE B – ROTEIROS DAS ATIVIDADES DE MODELAGEM COMPUTACIONAL

Atividade 1 (Exploratória)

Situação-Problema:

Uma mulher corre em uma pista num movimento retilíneo com uma velocidade constante de 2 m/s.

Questões

- 1 – O que significa cada termo da equação descrita no modelo matemático?
- 2 – Quais serão as unidades utilizadas para cada um dos termos?
- 3 – Que informações estão sendo dadas pelos dois gráficos apresentados?
- 4 – Descreva o aspecto dos dois gráficos. O que estes aspectos significam em relação ao movimento ?

5 – Quanto tempo será gasto para a mulher percorrer:

- a) 10m b) 15m c) 25m d) 30m

6 – Qual será a distância percorrida pela mulher em:

- a) 2s b) 3,5s c) 4,5s d) 6s

Mude agora a velocidade da mulher para 3,5m/s.

7 – Quanto tempo será gasto agora para que a mulher percorra:

- a) 10m b) 15m c) 25m d) 30m

8 – Qual será a distância percorrida pela mulher em:

- a) 2s b) 3,5s c) 4,5s d) 6s

9 – Qual deve ser a velocidade da mulher, para que em 7s, ela percorra 35m?

Coloque este valor no modelo e confira se a resposta que você encontrou está correta.

10 – Qual deve ser a velocidade da mulher, para que em 8s ela percorra 32m?

Coloque este valor no modelo e confira se a resposta que você encontrou está correta.

Atividade 2 (Exploratória)

Situação-Problema:

Um automóvel sai da cidade de Porto Alegre e faz um percurso passando por Florianópolis, Curitiba até chegar a São Paulo mantendo uma velocidade de 70Km/h.

Porto alegre - 470Km - Florianópolis - 300Km - Curitiba - 470Km - São Paulo

Questões

1 – O que significa cada termo da equação descrita no modelo matemático?

2 – Quais serão as unidades utilizadas para cada um dos termos?

3 – Quais as informações estão sendo dadas pelos dois gráficos apresentados?

4 – Descreva o aspecto dos dois gráficos. O que estes aspectos significam em relação ao movimento ?

5 – Qual será a duração do percurso:

a) Porto Alegre - Florianópolis

b) Porto Alegre – Curitiba

c) Porto Alegre – São Paulo

d) Florianópolis – São Paulo

6 – A que distância de São Paulo o automóvel estará após:

a) 2h

b) 6h

c) 8h

d) 10h

Mude agora a velocidade para 90km/h.

7 – Qual será a duração do percurso:

a) Porto Alegre - Florianópolis

b) Porto Alegre – Curitiba

c) Porto Alegre – São Paulo

d) Florianópolis – São Paulo

8 – A que distância de São Paulo o automóvel estará após:

a) 2h

b) 6h

c) 8h

d) 10h

9 – Qual deve ser a velocidade do automóvel, para que ele vá de Porto Alegre a Florianópolis em 6h? Coloque este valor no modelo e confira se a resposta que você encontrou está correta.

10 – Qual deve ser a velocidade do automóvel, para que ele vá de Porto Alegre a Curitiba em 9h? Coloque este valor no modelo e confira se a resposta que você encontrou está correta.

Atividade 3 (Exploratória)

Situação-Problema:

Um automóvel está no quilômetro 30 de uma rodovia quando inicia um movimento progressivo que é realizado com uma velocidade constante de 80km/h.

Questões

- 1 – O que significa cada termo da equação descrita no modelo matemático?
- 2 – Quais serão as unidades utilizadas para cada um dos termos?
- 3 – Descreva as informações dadas nos dois gráficos e o aspecto de cada um deles.
- 4 – Este movimento é uniforme ou variado? Justifique.
- 5 - Qual é o aspecto gráfico que mostra que este movimento é progressivo ?
- 6 – O automóvel passará pela origem? Por quê?
- 7 – Depois de quanto tempo o corpo estará na posição:
 a) 100m b) 250m c) 480m d) 820m
- 8 – Qual será a posição e a distância percorrida pelo corpo em:
 a) 3s b) 5s c) 8s d) 9s
- Mude a velocidade do corpo para 60m/s.
- 9 - Qual será a posição e a distância percorrida pelo corpo em:
 a) 3s b) 5s c) 8s d) 9s
- 10 – Qual deve ser a velocidade do corpo, para que em 7s ele esteja na posição 520m? Coloque este valor no modelo e confira se a resposta que você encontrou está correta.

Atividade 4 – Movimento Retilíneo Uniforme 2 (Exploratória)

Situação-Problema:

Dois móveis A e B, ambos com movimento uniforme, percorrem uma trajetória retilínea. Em $t=0$, estes se encontram respectivamente, na posição 50m e 150m, e possuem velocidades, $V_A=50\text{m/s}$ e $V_B=30\text{m/s}$ no mesmo sentido.

Questões

- 1 – O que significa cada termo das equações descritas no modelo matemático?
- 2 – Quais informações estão sendo dadas pelos dois gráficos apresentados? Quais são os seus aspectos? Qual a relação do aspecto dos gráficos com as equações do modelo matemático e com o sinal da velocidade?
- 3 – Por que podemos afirmar que estes dois corpos vão se encontrar?
- 4 – O que representa o ponto de intersecção entre dos gráficos?

5 – Qual será a posição dos corpos no momento do encontro e qual será o instante deste encontro?

6 – Em que instante de tempo cada um dos corpos estará na posição:
a) 200m b) 350m c) 500m d) 650m

Mude a velocidade dos corpos para: $V_a=40\text{m/s}$ e $V_b=25\text{m/s}$.

7 – Qual será o novo instante de tempo para o encontro, e qual será a nova posição de encontro?

8 – Em quanto tempo cada um dos corpos terá percorrido uma distância de 400m?

9 – Supondo a velocidade do corpo A como sendo ainda 40m/s, qual deve ser a velocidade do corpo b, para que eles se encontrem depois de 20s? Coloque este valor no modelo e confira se a resposta que você encontrou está correta. Qual foi neste caso a posição de encontro?

10 – Mude a velocidade do corpo B para 40m/s. Qual deve ser a velocidade do corpo A para que o encontro aconteça na posição de 650m? Coloque este valor no modelo e confira se a resposta que você encontrou está correta. Neste caso, qual foi o tempo de encontro ?

Atividade 5 – Movimento Retilíneo Uniforme 3 (Expressiva)

Situação-Problema:

Um automóvel está no km 50 de uma rodovia, quando inicia um movimento com velocidade de 70km/h.

Construindo o Modelo

Escreva a equação que descreve a posição deste movimento no modelo matemático, clique em interpretar e substitua os valores das variáveis.

Crie uma partícula representando o automóvel e a fixe na variável que representa a posição do automóvel.

Crie dois gráficos, um para a posição e outro para a velocidade, e crie também uma tabela mostrando a posição em função do tempo.

Questões

1 – Qual é o comportamento esperado para os gráficos posição por tempo e velocidade por tempo numa situação como esta? Este comportamento é reproduzido pelos gráficos encontrados? Se não for, descubra a inconsistência e refaça o seu modelo.

2 – Qual a relação entre o sinal da velocidade e o aspecto de cada gráfico?

3 – Se a velocidade fosse negativa qual seria a diferença em cada gráfico?

4 – Quanto tempo será gasto para o automóvel percorrer:

- a) 200km b) 350km c) 450km d) 500km

5 – Qual será a posição do automóvel em:

- a) 1,5h b) 3,5h c) 5h d) 7h

Suponha agora que o automóvel esteja partindo do km 600 e com uma velocidade de -50km/h.

6 – Descreva novamente o aspecto dos gráficos e classifique o movimento.

7 - Quanto tempo será gasto para o automóvel percorrer:

- a) 200km b) 350km c) 450km d) 500km

8 – Qual será a posição do automóvel em:

- a) 1,5h b) 3,5h c) 5h d) 7h

Atividade 6 – Movimento Retilíneo Uniformemente Variado 1

Situação-Problema:

Um corpo se movimenta com uma velocidade inicial de 1m/s, e uma aceleração de 1,55m/s², e parte da posição de 2m.

Questões

1 – O que significa cada termo da equação descrita no modelo matemático e quais unidades serão usadas para cada um deles?

2 – A janela gráfica apresenta 3 gráficos, o que cada um deles representa ? Qual é o comportamento de cada um dos gráficos? Relacione este comportamento com os sinais da velocidade e da aceleração.

3 – Qual é a diferença nos gráficos posição por tempo e velocidade por tempo do movimento uniforme e do movimento variado? Qual é o motivo da diferença?

4 – Se a velocidade fosse negativa quais gráficos seriam diferentes e por quê?

5 – Qual será a posição do corpo e a sua velocidade em:

- a) 2s b) 3,5s c) 4,5s d) 6s

Mude agora o valor da posição inicial do corpo para 60m e a velocidade para -12m/s.

6 – Para estes valores o corpo executa um movimento de ida e volta. Em que instante e em que posição o movimento do corpo muda de sentido?

7 – Qual ponto do gráfico da velocidade e da posição representa a mudança no sentido do movimento?

8 – Relacione o comportamento do gráfico da velocidade com as orientações da velocidade e da aceleração que estão identificadas pelas setas azul e vermelha.

9 – Usando ainda a posição inicial de 60m, qual deve ser o valor da velocidade inicial para que o corpo mude o sentido do movimento quando o tempo for igual a 6,5s (Lembre-se que este deve ser um valor negativo). Substitua este valor no modelo e verifique se a sua resposta está correta.

10 – Ainda usando a posição inicial como 60m, qual deve ser o valor da velocidade inicial para que em 4s ele esteja na posição de 20,4m. Substitua este valor no modelo e verifique se a sua resposta está correta.

Atividade 7 – Movimento Retilíneo Uniformemente Variado 2

Situação-Problema:

Um corpo se movimenta com uma velocidade inicial de 20m/s, e uma aceleração de $-1,55\text{m/s}^2$, e parte da posição de 2m.

Questões

1 – O que significa cada termo das equações descritas no modelo matemático e quais unidades serão usadas para cada um deles?

2 – Descreva o comportamento de cada um dos gráficos e diga quais as informações eles fornecem.

3 – Por que a velocidade do corpo diminui na ida e aumenta na volta?

4 – Por que depois de um certo tempo o sentido do movimento é alterado? O que acontece com a velocidade neste instante de tempo?

5 – Em que instante e em que posição o movimento do corpo muda de sentido? Qual ponto do gráfico da velocidade e da posição representa a mudança no sentido do movimento?

6 – Em quais instantes de tempo o corpo estará na posição:

a) 20m b) 55m c) 90m d) 110m

7 – Qual será a posição do corpo e a sua velocidade em:

a) 2s b) 3,5s c) 4,5s d) 6s

Mude o valor da velocidade inicial para 18m/s.

8 - Qual será agora a posição do corpo e a sua velocidade em:

a) 2s b) 3,5s c) 4,5s d) 6s

9 – Qual deve ser o valor da velocidade inicial para que o corpo mude o sentido do movimento quando o tempo for igual a 10,3s. Substitua este valor no modelo e verifique se a sua resposta está correta.

10 - Qual deve ser o valor da velocidade inicial para que o corpo esteja na posição 70,6m em 4,4s. Substitua este valor no modelo e verifique se a sua resposta está correta.

Atividade 8 – Movimento Retilíneo Uniforme e Retilíneo Uniformemente Variado 1

Situação-Problema:

Três corpos se movimentam em uma trajetória retilínea. O corpo 1 parte da posição de 5m, com uma velocidade de 6m/s e uma aceleração de 2m/s^2 , o corpo 2 parte da posição de 80m com uma velocidade de -13m/s e uma aceleração de 1m/s^2 e o corpo 3 parte da posição de 15m com uma velocidade de 3m/s e sem aceleração.

Questões

1 – Explique o comportamento de cada um dos gráficos com base nas equações do modelo matemático.

2 – Se tivéssemos gráficos da velocidade pelo tempo, como seria o comportamento de cada um deles? Justifique.

3 – O que representam os pontos de intersecção dos gráficos?

4 – Neste movimento os três corpos irão se encontrar em algum instante de tempo. Existe alguma condição para que o corpo 1 não encontre o corpo 2? Explique.

5 – Em quais instantes de tempo ocorrerá o encontro dos corpos:

a) 1 e 2

b) 1 e 3

c) 2 e 3

6 – Qual será a posição e a velocidade de cada corpo no ponto de encontro:

a) 1 e 2

b) 1 e 3

c) 2 e 3

Mude o valor da velocidade do corpo 1 para 5m/s , do corpo 2 para -15m/s e do corpo 3 para 2m/s .

7 – Em quais instantes de tempo ocorrerá o encontro dos corpos:

a) 1 e 2

b) 1 e 3

c) 2 e 3

8 – Restabeleça os valores das velocidades dos corpos 1 e 2. Encontre um valor de velocidade para o corpo 3 de modo que este se encontre primeiro com o corpo 2 e só depois se encontre com o corpo 1. Simule esta situação no modelo.

9 – Qual deve ser o valor da velocidade do corpo 3 para que ele se encontre com o corpo 1 depois de 5,7s. Substitua este valor no modelo e verifique se a sua resposta esta correta.

10 – Qual deve ser o valor da velocidade do corpo 3 para que ele se encontre com o corpo 2 depois de 4,75s. Substitua este valor no modelo e verifique se a sua resposta esta correta.

Atividade 9 – Movimento Retilíneo Uniforme e Variado 2

Situação-Problema:

Três corpos se movimentam em uma trajetória retilínea. O corpo 1 parte da posição de 10m, com uma velocidade de 1m/s e uma aceleração de 1m/s^2 , o corpo 2 parte da posição de 20m com uma velocidade de 5m/s, e o corpo 3 parte da posição de 100m com uma velocidade de -6m/s.

Questões

1 – Explique o comportamento de cada um dos gráficos com base nas equações do modelo matemático.

2 – Se tivéssemos gráficos da velocidade pelo tempo, como seria o comportamento de cada um deles? Justifique.

3 – O que representam os pontos de intersecção dos gráficos?

4 – Por que, independente do valor da velocidade do corpo 2, o corpo 1 sempre irá ultrapassá-lo? Explique.

5 – Em quais instantes de tempo ocorrerá o encontro dos corpos :

a) 1 e 2

b) 1 e 3

c) 2 e 3

6 – Qual será a posição e a velocidade de cada corpo no ponto de encontro:

a) 1 e 2

b) 1 e 3

c) 2 e 3

Mude o valor da velocidade do corpo 1 para 2m/s, do corpo 2 para -0,2m/s e do corpo 3 para -5m/s.

7 – Em quais instantes de tempo ocorrerá o encontro dos corpos:

a) 1 e 2

b) 1 e 3

c) 2 e 3

8 – Restabeleça o valor da velocidade dos corpos 2 e 3. Encontre um valor de velocidade para o corpo 1 de modo este se encontre primeiro com o corpo 2 e só depois se encontre com o corpo 3. Simule esta situação no modelo.

9 – Se a velocidade do corpo 3 for -7m/s, qual deve ser o valor da velocidade do corpo 2, para que eles se encontrem em 8s. Substitua este valor no modelo e verifique se a sua resposta está correta. Neste caso qual será a posição de encontro? Descubra esta posição sem verificar na tabela.

10 – Qual deve ser o valor da velocidade do corpo 1 para que ele se encontre na posição 64m em 9s. Substitua este valor no modelo e verifique se a sua resposta esta correta.

Atividade 10 – Movimento Retilíneo Uniforme e Variado 3

Os corpos 1 e 2 se movimentam ao longo de uma trajetória retilínea. O corpo 1 possui uma velocidade inicial de 1m/s e uma aceleração de 2m/s^2 . O corpo 2 possui uma velocidade de 20m/s que se mantém constante e está 100m a frente do corpo 1.

Construindo o modelo

Escreva as equações que descrevem o movimento destes corpos no modelo matemático, clique em interpretar e substitua os valores das variáveis.

Fixe as partículas na variável que representa a posição para cada um dos corpos.

Crie 4 gráficos, dois para as posições e dois para as velocidades, e crie também uma tabela mostrando a posição em função do tempo.

Questões

1 – Qual é o comportamento esperado para os gráficos posição por tempo e velocidade por tempo numa situação como esta? Este comportamento é reproduzido pelos gráficos encontrados? Se não for, descubra a inconsistência e refaça o seu modelo.

2 – Qual a relação entre o sinal da velocidade e o da aceleração (quando existir) e o aspecto de cada gráfico?

3 – Se a velocidade dos corpos fosse negativa qual seria a diferença em cada gráfico?

4 – Se o corpo 2 possuir uma aceleração igual a do corpo 1, existe alguma possibilidade dos corpos se encontrarem? Explique.

5 – Em qual instante de tempo ocorrerá o encontro dos corpos?

6 – Qual será a posição e a velocidade de cada corpo no ponto de encontro?

Mude o valor da velocidade do corpo 2 para -20m/s e da sua posição inicial para 1000m .

7 – Em qual instante de tempo ocorrerá o encontro dos corpos neste caso e qual será a posição de encontro?

8 – Qual deve ser a velocidade inicial do corpo 1, para que eles se encontrem em 25s ? Substitua este valor no modelo e verifique se a sua resposta esta correta.

9 – Qual deve ser o valor da velocidade do corpo 1 para que depois de 7s ele esteja na posição 77m . Substitua este valor no modelo e verifique se a sua resposta está correta.

10 – Qual deve ser o valor da velocidade do corpo 2 para que depois de 17s ele esteja na posição 830m ? Substitua este valor no modelo e verifique se a sua resposta está correta.

APENDICE C – AVALIAÇÕES APLICADAS

Avaliação 1

Nomes:

Situação-Problema:

Dois móveis A e B, ambos com movimento uniforme, percorrem uma trajetória retilínea. Em $t=0$, estes se encontram respectivamente, nas posições 20m e 70m, e possuem velocidades, $V_A=40\text{m/s}$ e $V_B=10\text{m/s}$ no mesmo sentido.

Questões

1 – O que significa cada termo das equações descritas no modelo matemático?

2 – Quais informações estão sendo dadas pelos dois gráficos apresentados? Quais são os seus aspectos? Qual a relação do aspecto dos gráficos com as equações do modelo matemático e com o sinal da velocidade?

3 – Por que podemos afirmar que estes dois corpos irão se encontrar?

4 – O que representa o ponto de intersecção entre os dois gráficos?

5 – Qual será a posição de cada um dos corpos e a distância entre eles em:

a) 5s b) 9s c) 12s d) 16s

6 – Em que instante de tempo cada um dos corpos estará na posição:

a) 200m b) 350m c) 500m d) 650m

Mude a velocidade dos corpos para: $V_A=50\text{m/s}$ e $V_B=30\text{m/s}$.

7 – Qual será o novo instante de tempo para o encontro, e qual será a nova posição de encontro?

8 – Em quanto tempo cada um dos corpos terá percorrido uma distância de 500m ?

9 – Supondo a velocidade do corpo A como sendo ainda 40m/s, qual deve ser a velocidade do corpo B, para que eles se encontrem depois de 20s? Coloque este valor no modelo e confira se a resposta que você encontrou está correta. Qual foi neste caso a posição de encontro?

10 – Mude a velocidade do corpo B para 40m/s. Qual deve ser a velocidade do corpo A para que o encontro aconteça na posição de 650m? Coloque este valor no modelo e confira se a resposta que você encontrou está correta. Neste caso, qual foi o instante de tempo do encontro?

Avaliação 2

Nomes:

Situação-Problema:

Três corpos se movimentam em uma trajetória retilínea. O corpo 1 parte da posição de 7m, com uma velocidade de 5m/s e uma aceleração de $2,5\text{m/s}^2$, o corpo 2 parte da posição de 90m com uma velocidade de -11m/s e uma aceleração de 1m/s^2 e o corpo 3 parte da posição de 20m com uma velocidade de 4m/s e sem aceleração.

Questões

1 – Explique o comportamento de cada um dos gráficos com base nas equações do modelo matemático.

2 – Se tivéssemos gráficos da velocidade pelo tempo, como seria o comportamento de cada um deles? Justifique.

3 – O que representam os pontos de intersecção dos gráficos?

4 – Por que o corpo 1 sempre irá ultrapassar o corpo 3, mesmo que este tenha uma velocidade inicial maior que a do corpo 1? Explique.

5 – Em quais instantes de tempo ocorrerá o encontro dos corpos:

a) 1s e 2s

b) 1s e 3s

c) 2s e 3s

6 – Qual será a posição e a velocidade de cada corpo no ponto de encontro:

a) 1m e 2s

b) 1m e 3s

c) 2m e 3s

Mude o valor da velocidade do corpo 1 para 5m/s, do corpo 2 para -15m/s e do corpo 3 para 2m/s.

7 – Em quais instantes de tempo ocorrerá o encontro dos corpos:

a) 1 e 2

b) 1 e 3

c) 2 e 3

8 – Restabeleça o valores da velocidade dos corpos 1 e 2. Encontre um valor de velocidade para o corpo 3 de modo que este se encontre primeiro com o corpo 2 e só depois se encontre com o corpo 1. Simule esta situação no modelo.

9 – Qual deve ser o valor da velocidade do corpo 3 para que ele se encontre com o corpo 1 depois de 5,7s. Substitua este valor no modelo e verifique se a sua resposta está correta.

10 – Qual deve ser o valor da velocidade do corpo 3 para que ele se encontre com o corpo 2 depois de 4,75s. Substitua este valor no modelo e verifique se a sua resposta está correta.

APENDICE D – CD-ROOM COM MATERIAL INSTRUCIOAL