

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS**  
**CENTRO DE EDUCAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO**  
**MESTRADO EM EDUCAÇÃO BRASILEIRA**

**INVESTIGAÇÃO DO USO DE ATIVIDADES DE MODELAGEM  
COMPUTACIONAL NO ENSINO DE FÍSICA E DE MATEMÁTICA**

**JOSÉ RENAN GOMES DOS SANTOS**

**Maceió – Alagoas**  
**2009**

**JOSÉ RENAN GOMES DOS SANTOS**

**INVESTIGAÇÃO DO USO DE ATIVIDADES DE MODELAGEM  
COMPUTACIONAL NO ENSINO DE FÍSICA E DE MATEMÁTICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Educação Brasileira, sob orientação do Professor Dr. Elton Casado Fireman

**Maceió-Alagoas**

**2009**

Universidade Federal de Alagoas  
Centro de Educação  
Programa de Pós-Graduação em Educação



Investigação do uso de atividades de modelagem computacional no ensino de física e de matemática.

## JOSÉ RENAN GOMES DOS SANTOS

Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal de Alagoas e aprovada em 30 de novembro de 2009.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Elton Casado Fireman (CEDU-UFAL)  
(Orientador)

Prof. Dra. Mercedes Bêta Quintano de Carvalho Pereira dos Santos  
(CEDU-UFAL)  
(Examinadora Interna)

Prof. Dr. Alberto Einstein Pereira de Araújo (UFRPE)  
(Examinador Externo)

## DEDICATÓRIA

À minha esposa Sâmya pelo incentivo incondicional e as palavras de conforto nos momentos difíceis.

À minha família e amigos pelo apoio constante.

## **AGRADECIMENTOS**

- Ao professor Elton Casado Fireman pela dedicada orientação, incentivo e apoio, os quais foram imprescindíveis para a realização deste trabalho.
- Aos professores da banca examinadora.
- Aos alunos que formaram os grupos experimentais e controle, pela ótima relação e pela contribuição.
- A coordenação pedagógica da Escola Agrotécnica Federal de Satuba, pelo empenho em disponibilizar horários para a realização do experimento.
- Aos professores, funcionários e colegas do PPGE/UFAL, pelos ensinamentos e amizade.
- A todos que diretamente ou indiretamente, contribuíram de alguma forma para que eu pudesse realizar esta dissertação.

*Muito Obrigado*

# SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>viii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>ix</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>x</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xi</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>6</b>
2.1 A FERRAMENTA MODELLUS .....	6
2.2 APLICAÇÕES DO MODELLUS .....	9
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>12</b>
3.1 MÉTODO DE PESQUISA.....	12
3.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	14
3.3 AMOSTRA.....	16
3.4 ELABORAÇÃO, VALIDAÇÃO E APLICAÇÃO DO TESTE INICIAL .....	17
3.5 TRATAMENTO.....	20
3.6 EXPERIMENTAÇÃO .....	21
3.7 ELABORAÇÃO, VALIDAÇÃO E APLICAÇÃO DO FINAL .....	29
3.8 PROVA ESTATÍSTICA UTILIZADA.....	30
<b>4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>32</b>
4.1 ANÁLISE DE FIDEDIGNIDADE DOS TESTES INICIAL E FINAL .....	32
4.2 COMPARAÇÃO DE DESEMPENHO ENTRE OS GRUPOS CONTROLE E EXPERIMENTAL .....	34

4.3 ANÁLISE DAS RESPOSTAS DOS QUESTIONÁRIOS QUE ACOMPANHAM AS ATIVIDADES .....	39
4.4 ANÁLISE DO LEVANTAMENTO DE OPINIÕES .....	62
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>66</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>69</b>
<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>73</b>
<b>APÊNDICE B .....</b>	<b>79</b>
<b>APÊNDICE C .....</b>	<b>86</b>
<b>APÊNDICE D .....</b>	<b>109</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Delineamento da Pesquisa .....	16
Tabela 02 – Resumo da Análise de Consistência Interna para os testes inicial e final aplicados às turmas pilotos .....	33
Tabela 03 - Resumo da Análise de Consistência Interna para os testes inicial e final aplicados a turma que compôs os grupos de controle e experimental.....	33
Tabela 04 – Correlação item-total e o coeficiente alfa se o item especificado na primeira coluna da tabela for eliminado dos testes inicial e final .....	34
Tabela 05 – Escolha realizada pelos alunos ao responderem o teste inicial .....	35
Tabela 06 – Escolha realizada pelos alunos ao responderem o teste final .....	36
Tabela 07 – Comparação entre o desempenho dos alunos nas questões comuns aos testes .....	37
Tabela 08 – Comparação entre o grupo experimental e o grupo controle nas médias dos testes inicial e final .....	38
Tabela 09 – Comparação entre o grupo controle e o grupo experimental nas médias do teste final .....	38
Tabela 10 – Resumo das idéias gerais dos alunos obtidas com o questionário de opiniões .....	65



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 - Construção de um modelo a partir de um vídeo .....	8
FIGURA 02 - Tela ilustrativa do modelo Veloc_1.mdl .....	87
FIGURA 03 – Movimento I .....	88
FIGURA 04 – Movimento II .....	89
FIGURA 05 – Tela ilustrativa do modelo trem_1.mdl .....	91
FIGURA 06 – Tela ilustrativa do modelo trem_1.mdl (animação) .....	91
FIGURA 07 – Tela ilustrativa do modelo mov_1.mdl.....	96

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi o de investigar o desempenho de estudantes quando expostos a atividades complementares de modelagem computacional na aprendizagem de conteúdos de Física e de Matemática tomados de forma integracionista, utilizando o *software Modellus*. As dificuldades de mudança de registro (algébrico, numérico, gráfico e animações), no trabalho com conteúdos de Cinemática e de Funções foram os assuntos escolhidos. O estudo envolveu estudantes do primeiro ano do Ensino Médio da Escola Agrotécnica Federal de Satuba – AL e foi realizado no segundo semestre de 2008. Para a pesquisa adotou-se um delineamento quase-experimental, formado por um grupo experimental de 18 estudantes que foram submetidos a atividades de modelagem computacionais exploratórias e de criação durante um intervalo de duas semanas (cinco encontros de duas aulas de 50 min cada) e por um grupo controle formado por dezoito outros alunos. Os resultados quantitativos mostram que houve melhorias estatisticamente significativas no desempenho dos alunos do grupo experimental, quando comparado aos alunos do grupo controle, expostos apenas ao método tradicional de ensino. Os resultados da análise qualitativa sugere que muitos alunos atingiram uma aprendizagem significativa. Nossas observações sugerem que a interações entre os alunos e as atividades computacionais, tornaram-se um elemento motivador na aprendizagem.

**PALAVRAS-CHAVE:** Modelagem computacional. *Modellus*. Ensino de física.

## ABSTRACT

The objective of this study was to investigate the performance of students when exposed to complementary activities of computational modeling in the learning of Physics and Mathematics taken integrated, using the software Modellus. The difficulties of changing record (algebraic, numeric, graphic and animation), in the work with contents of Kinematics and Functions were the subjects chosen. The study involved first-year students of high school from Agrotécnica Federal de Satuba School - AL and was held in the second half of 2008. For research was adopted a quasi-experimental design, consisting of an experimental group of 18 students who were submitted to computational modeling activities exploratory and of creation for an interval of two weeks (five meetings of two sessions of 50 minutes each) and by a control group of eighteen other students. The results show that there was a statistically significant improvement in the students' performance in the experimental group when compared to students in the control group exposed only to the traditional method of teaching. The results of qualitative analysis suggest that many students achieved significant learning. Our observations suggest that the interactions between students and computer activities became a motivating factor in learning.

**KEYWORDS:** Computational modeling. Modellus. Teaching of physics.

## 1 INTRODUÇÃO

O interesse pelo tema proposto neste trabalho surgiu na graduação (Licenciatura em Física), mas precisamente nas aulas de Estágio Supervisionado de Ensino de Física, quando tivemos os primeiros contatos com trabalhos sobre o uso de modelagem computacional e o ensino integrado de Física e de Matemática. Mais tarde, já como docente das disciplinas de Matemática (Ensino Fundamental e Médio) e Física (Ensino Médio), tentamos utilizar atividades computacionais para estas disciplinas, porém, sem êxito.

Constamos na prática que apesar de um tema atual, o uso de tecnologias de informação e comunicação em sala de aula de ensino de Ciências ainda é incipiente, pois, apesar do grande número de *softwares* disponíveis no mercado e na internet de forma livre, estes não atendiam as nossas necessidades pedagógicas. Das propostas didáticas disponíveis, sua maioria se baseava em programas que se apresentavam de forma fechada, ou seja, não permitem interação do aluno com os conteúdos trabalhados e tratavam de assuntos específicos, sendo construídos para atender o modelo tradicional de ensino (valorização da memória e transmissão de conteúdos).

Dentre as propostas didáticas mais significativas do uso de computadores no ensino de Física, destacamos as citadas por Araujo (2002): tutoriais ( *Interactive Journey Through Physics, The Particle Adventure*); aquisição de dados ( *Science Workshop, RealTime Physics, Vídeo Point*); simulação ( *Interactive Physics, xyZET, Graphs and tracks*) e modelagem ( *Stella, Dynamo, PowerSim, Cellulas Modelling System, Modellus*).

Entre as ferramentas de modelagem computacional disponíveis, o *Modellus* é destacado por Araujo (2002), pois permitir que estudantes e professores façam experimentos conceituais utilizando modelos matemáticos definidos a partir de funções, derivadas, taxas de variação, equações diferenciais, escritas de forma direta, ou seja, assim como o aluno aprendeu em sala de aula sem a necessidade de metáforas simbólicas.

Como a maioria dos softwares comerciais que usamos diariamente, o *Modellus* apresenta uma área de trabalho baseada em janelas, as quais são usadas para inserção do modelo matemático, visualização da tabela de valores de variáveis, apresentação de gráficos e digitação de textos. O aluno também pode criar e recriar animações para testar seus modelos matemáticos o que permite uma análise múltipla desses modelos.

Consideramos relevante destacar que o *Modellus* é um *software* de distribuição gratuita e vem sendo muito utilizado em diversos países, mesmo assim existem poucos trabalhos que avaliam os eventuais ganhos obtidos pelos alunos após trabalharem com esta ferramenta (Araujo, 2004).

Atividades que visam inserir o uso de tecnologias no ensino de ciências e de matemática tem tido cada vez mais destaque nos últimos anos. Tanto as ferramentas computacionais emergentes como os desenvolvimentos mais recentes das teorias de aprendizagem tem contribuído para viabilizar algumas mudanças na educação (Fiolhais & Trindade, 2003).

Neste trabalho vamos investigar a possibilidade de uso de atividades de modelagem computacional como uma alternativa didática para promover a integração de conteúdos de Física (Cinemática) de Matemática (Funções) no Ensino Médio. O tipo de integração que servirá como guia para desenvolver esta pesquisa será aquela que destaca o papel estruturante da matemática sobre os conceitos científicos (Pietrocola, 2002).

Na revisão da literatura feita nos principais periódicos de divulgação de ensino de Ciências e na consulta de trabalhos disponíveis na internet encontramos poucos trabalhos sobre o ensino integrado de Física e Matemática e vários estudos sobre o uso do *Modellus*, tanto no ensino médio quanto no superior, porém, não encontramos relatos de pesquisas onde fosse destacasse a aplicação do *Modellus* como ferramenta para o auxílio do ensino integrado de Física e Matemática.

Este trabalho de pesquisa faz parte de uma linha que investiga o uso de tecnologias computacionais como recurso auxiliar à aprendizagem de Física. Seguindo tal linha, pretendemos apresentar propostas de atividades computacionais que, considerando as dificuldades de aprendizagem dos alunos, em conteúdos de Física e de Matemática, possam auxiliá-los a superá-las. Nestas atividades, além dos conteúdos específicos, abordado no material instrucional e a metodologia de trabalho, pretende-se propiciar a aprendizagem significativa.

O cotidiano da sala de aula de ensino de Física está repleto de dificuldades, que na maioria das vezes, os professores não possuem as respostas adequadas e, nem sabem onde encontrá-las. Os livros textos existentes no mercado, mesmo os considerados bem elaborados e atualizados quanto ao conteúdo, que tem servido de referência primeira para delinear as atividades do professor em sala de aula, nem sempre são contemplados de atividades que aproximem os conteúdos ao cotidiano do aprendiz e nem que tornem mais eficientes e atrativas as aulas de Física.

Entendemos que devemos procurar novas propostas metodológicas de ensino de Ciências, em particular de Física e Matemática, que façam frente a atual realidade tecnológica, de informação e comunicação, não podemos ignorar o fato de que nossos alunos, desde cedo, interagem com essas tecnologias desenvolvendo uma dependência natural por ela. Desta forma as atividades usando computadores, por si só, já despertam o interesse dos alunos por serem mais próxima de seu cotidiano.

Uma alternativa complementar as aulas tradicionais seria os laboratórios. Esses laboratórios, são os didáticos e os de informática. Os laboratórios didáticos como proposta para auxiliar nas aulas de Física não se mostram como uma alternativa interessante, pelo menos para a maioria das escolas, pois são caros e específicos, por exemplo, um laboratório que contemple os conteúdos de Física teria muito pouco a oferecer para as aulas de Matemática, Química ou Biologia. Já os laboratórios de informática, devido a grande quantidade de *softwares* que vêm sendo criado com a intenção de melhorar o

desenvolvimento cognitivo e pelas múltiplas formas de aproveitamento, como também pelas facilidades na aquisição de máquinas pelas escolas e pelos próprios professores se apresentam com uma proposta de grande potencial.

Nossas atividades abordam os conteúdos referentes às relações Física/Matemática, pertinentes aos processos ensino/aprendizagem, especificamente no que tange aos conteúdos específicos de cinemática escalar (Física) e de funções (Matemática) do ensino médio. É claro que veremos ao longo do nosso trabalho que também podemos nos estender a outros conteúdos de Física/Matemática (Kalil, 2007). Escolhemos estes tópicos por se mostrarem bem próximos ao cotidiano do aprendiz e por serem conteúdos introdutórios, tanto no que diz respeito aos conteúdos de Física quanto os de Matemática. Acreditamos também, que usando esses conteúdos fique mais fácil aproximar o educando da realidade de seu cotidiano no tocante aos fenômenos físicos.

Trabalharemos com a idéia de modelos físicos vistos como descrição simplificada e idealizadas de sistemas ou fenômenos físicos, que envolvam elementos como, representações, proposições semânticas e modelos matemáticos, estes passamos a denominar simplesmente de modelos (Veit, 2003). Entenderemos modelagem como um processo de criação de um modelo, dividido em cinco estágios não-hierárquicos: seleção, construção, validação, análise e expansão do modelo.

As atividades de ensino elaboradas visam levar o aluno a construir a partir da exploração/criação de modelos significados sólidos das relações existentes, entre os conceitos de Física (cinemática) estudados quando estruturados pela matemática (funções), numa perspectiva integracionista.

A perspectiva integracionista que citamos neste trabalho é aquela, onde os fenômenos físicos, especificamente os de cinemática, podem ser abordados tomando por base suas relações matemáticas, admitindo que estas atuam como uma linguagem estruturante, que dá corpo ao conhecimento físico (Campos, 2000). Uma interação dessas duas disciplinas pode ser conseguida

nesse contexto, contribuindo para uma melhor assimilação dos conceitos por parte dos alunos.

Este trabalho tem como objeto de estudo o uso de um conjunto de atividades de modelagem computacional, exploratórias e de criação, apresentadas na forma de situações-problema, desenvolvidas com o *software Modellus*, que foram utilizadas para destacar a integração entre os conteúdos de Física e de Matemática.

As situações-problemas apresentadas dizem respeito a questões físicas do cotidiano. Para encontrar as respostas, os alunos devem interagir, ou seja, acionar, testar valores, construir e reconstruir os modelos. Buscamos nas atividades uma interação que faça o aluno construir conceitos físicos a partir de modelos matemáticos e/ou verificar sentido físico nos conceitos matemáticos.

Como hipótese de pesquisa admitimos que o procedimento didático adotado nesta pesquisa promoverá nos alunos disposição para aprender, relacionando as novas informações, de forma substantiva e não-arbitrária, à sua estrutura cognitiva, criando assim condições para uma aprendizagem significativa dos conteúdos de Cinemática (Física) e de Funções (Matemática), que culminará em um melhor desempenho em teste de conhecimento sobre estes conteúdos.

Para testar a hipótese levantada optou-se por uma pesquisa experimental com comparação entre um grupo controle e um grupo experimental. Estes grupos foram formados por alunos da primeira série do Ensino Médio.

No próximo capítulo faremos uma revisão da literatura relevante ao nossa pesquisa. Nos demais, sucessivamente, serão enfocados o referencial teórico da pesquisa, o objeto de estudo e a hipótese de pesquisa, a metodologia utilizada, a análise dos resultados e as conclusões.



## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo revisamos a literatura nas principais revistas nacionais dedicadas a publicação de pesquisas na área de ensino de ciências (Física) e de Matemática em busca de trabalhos sobre o uso da modelagem computacional como estratégia para integrar conteúdos de Física e de Matemática em turmas do ensino médio. Para tal, consultamos as seguintes revistas: Caderno Catarinense de Ensino de Física (1984 - 2008), Revista Brasileira de Ensino de Física (1985 - 2008), Complemento da Revista Brasileira de Ensino de Física: Física na Escola (2000 – 2008) e Investigações em Ensino de Ciências (1996 – 2009).

### 2.1 A FERRAMENTA MODELLUS

Segundo Veit & Teodoro (2002), o *software Modellus*, como outras ferramentas computacionais, permite ao aluno fazer e refazer representações de sistemas (sistemas físicos, por exemplo), explorando-as sobre as mais diversas perspectivas. Desde modo, facilita a familiarização com essas representações, criando de certo modo uma intimidade entre aprendiz e representação, intimidade essa que muito dificilmente resulta da simples observação ocasional de equações e representações feitas pelo professor ou apresentadas nos livros-texto.

Em Teodoro (2002), encontramos alguns aspectos da ferramenta computacional *Modellus* assim como, condições necessárias para o uso bem sucedido do *software*. Webb & Hassel (apud Araújo 2002), destacam que existem cinco famílias de modelos em geral:

- modelos de sistemas dinâmicos;
- modelos de distribuição especial;
- modelos qualitativos do raciocínio lógico;
- modelos de eventos probabilísticos;
- modelo de análise de dados.

Os modelos que servirão como nosso objeto de estudo, serão os modelos que representam sistemas dinâmicos, i.e., os modelos que estabelecem alguma espécie de relação matemática ( $S(t) = 20 - a \cdot t$ , por exemplo) entre quantidades físicas e o tempo, considerado como uma variável independente.

Como apresentado por Teodoro (2002), a hipótese chave para o desenvolvimento do *Modellus* está, principalmente, nas dificuldades de aprendizagem que estão relacionadas ao fato do tratamento quase que exclusivamente formal dado ao ensino de Matemática e de Física no ensino secundário de Portugal. Ou seja, envolvendo a mecanização da resolução de problemas cotidianos, sem contexto experimentais, sem explorações visuais, sem exploração de modelos matemáticos, sem raciocínios do tipo “o que acontece se...”.

Sobre as possibilidades do *Modellus*, Teodoro (Op. cit.), resume que é possível:

1 – Construir e explorar múltiplas representações de modelos matemáticos (baseados em funções, em equações diferenciais, em interações, em objetos geométricos, etc), a partir de especulações puramente teóricas, ou de dados experimentais, ou registros em fotografias ou vídeos.

2 – Analisar a razoabilidade dos modelos, quer em termos de coerência teórica, quer em termos de coerência com dados experimentais ou registros de imagem.

3 – Reforçar o pensamento visual, sem menosprezar os aspectos de representações formais através de equações e outros processos formais.

4 – Abordar de uma forma integrada os fenômenos naturais, ou simplesmente as representações formais.

Os modelos são construídos a partir de equações matemáticas que são escritas da forma que os alunos estão acostumados a fazer no caderno, podendo também, usar outros objetos matemáticos, tais como, vetores, figuras

geométricas, gráficos e tabelas. A múltipla representação permite que os alunos analisem os dados e confrontem com os experimentos físicos ou situações do cotidiano, inclusive usando fotografias ou vídeos.

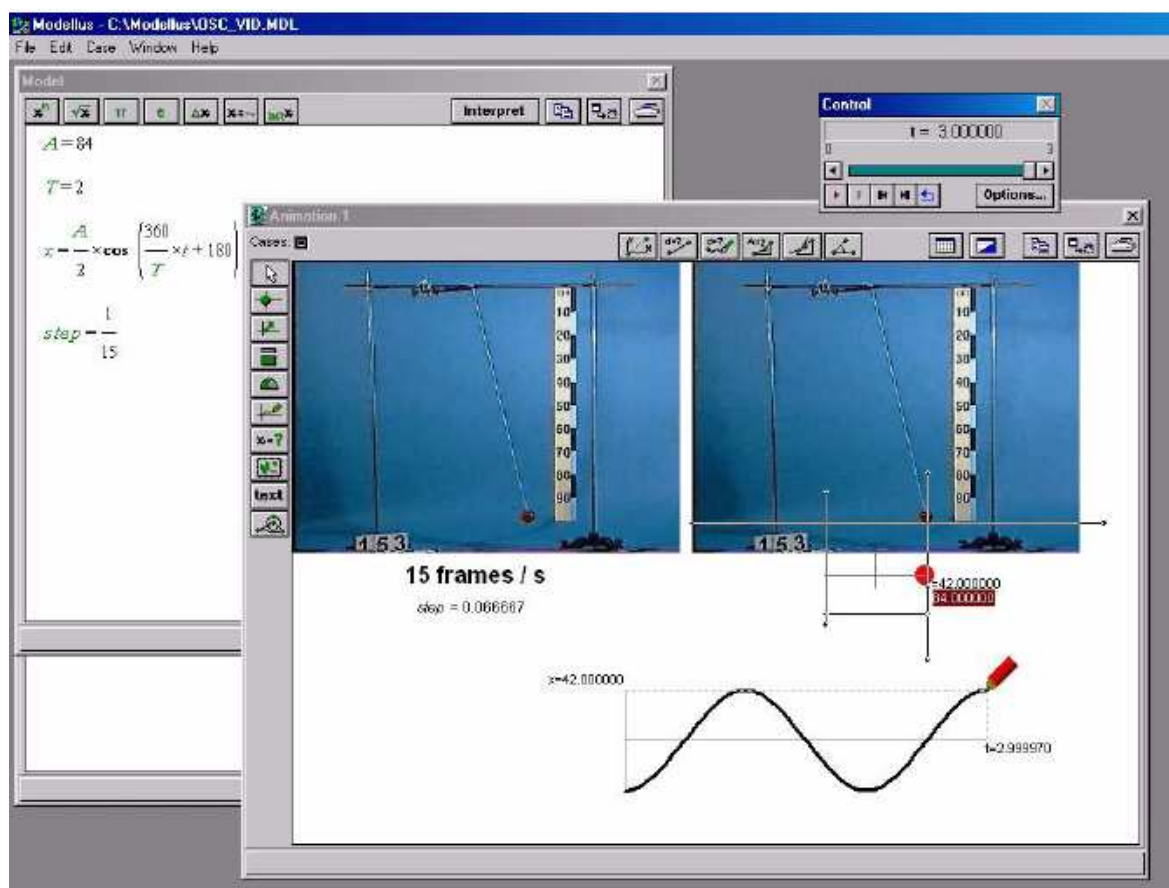


FIGURA 01 - Construção de um modelo a partir de um vídeo. (Teodoro, 2002)

O uso da modelagem no ensino de física tende a desmistificar a visão de física apresentada pelos alunos, como uma disciplina de memorização de fórmulas complicadas, pois, favorece a construção de relações e significados, contribuindo para uma aprendizagem construtivista e permitindo (Webb & Hassen apud Veit & Teodoro 2002):

- elevar o nível do processo cognitivo, exigindo que os estudantes pensem em um nível mais elevado, generalizando conceitos e relações;
- exigir que os estudantes definam suas idéias mais precisamente;

- propiciar oportunidades para que os estudantes testem suas próprias idéias, detectem e corrijam inconsistências.

## 2.2 APLICAÇÕES DO MODELLUS

Nos trabalhos pesquisados, podemos destacar quatro aplicações do *Modellus*, duas realizadas por Teodoro (2002), uma por Araújo (2002) e uma por Dorneles (2005).

Na primeira investigação, com alunos do 11º grau de ensino secundário em Lisboa, Teodoro (Op. cit.) formulou as seguintes questões de pesquisa:

- Podem os estudantes criar seus próprios modelos e animações?
- Quais as vantagens e desvantagens para os estudantes que podemos identificar quando utilizamos o *Modellus* para o aprendizado de modelos matemáticos simples descrevendo o movimento de objetos?

Usando observações e aplicação de questionário envolvendo perguntas baseadas nas questões de pesquisa, o autor sugere que os estudantes do ensino secundário podem começar a utilizar o *Modellus*, após uma breve introdução sobre seu uso, se eles tiverem conhecimento suficiente de Física e de Matemática necessária para a criação dos modelos. O resultado que pode ser destacado é que os estudantes reconhecem que o *Modellus* pode ser uma ferramenta importante para auxiliar o pensamento e a reflexão sobre como a Física usa modelos matemáticos para descrever os movimentos. Não aponta desvantagens significativas.

No segundo estudo, 10 estudantes do segundo ano do curso de Bacharelado em Ciência (futuros professores de Biologia e Geologia) usaram o *Modellus* com atividades exploratórias durante três dias. As questões formuladas para pesquisa foram as seguintes:

- Podem os estudantes criar seus próprios modelos e animações?
- Os estudantes concordam que o *Modellus* pode promover uma abordagem mais integrada entre a Física e a Matemática?
- Os estudantes concordam que o *Modellus* pode ajudá-los a trabalhar mais concretamente com objetos formais?
- Quais as diferenças que os estudantes identificam quando resolvem problemas com o sem o auxílio do *Modellus*?

Como resultados obtidos a partir de observações feitas durante o tratamento da pesquisa e aplicação de questionários, Teodoro obteve indícios de que os estudantes universitários com preparação em Física podem facilmente utilizar o *Modellus* para criar seus próprios modelos com funções lineares, quadráticas e paramétricas. Os estudantes concordam que o *Modellus* pode promover uma abordagem mais integrada entre a Física e a Matemática que eles tiveram na escola, também, destacam a importância do conhecimento prévio para obter vantagens no seu uso. Os estudantes apontam como vantagens a capacidade de visualização que podem ajudar a melhorar o raciocínio e abstração, assim como, trabalhar concretamente com objetos formais reduzindo a abstração dos modelos matemáticos.

Araújo (2002) submeteu 26 alunos dos cursos de engenharia da UFRGS que já tinham cursado a disciplina Física Geral. Estes alunos trabalharam com atividades de exploração e de criação durante cinco encontros. Para orientar seu trabalho o autor formulou as perguntas abaixo:

- o *Modellus* pode auxiliar os alunos na interpretação de gráficos de cinemática?
- o trabalho com modelagem computacional poderá despertar a motivação para aprender nos alunos?
- o tratamento da pesquisa pode determinar ganhos significativos de aprendizagem de Física?

Os resultados obtidos a partir da aplicação de testes de conteúdos indicaram que o grupo exposto ao tratamento obteve um desempenho médio melhor que o grupo submetido apenas ao método tradicional. Em entrevista com alunos do grupo experimental, foi destacado outro aspecto importante, a motivação proporcionada pelo uso da modelagem.

Dorneles (2005) trabalhou com alunos dos cursos de Engenharia da UFRGS que já tinham cursado a disciplina Física II (Eletricidade e Magnetismo em nível de Física Geral para os alunos de Engenharia). A questão central desse trabalho foi avaliar possíveis ganhos na aprendizagem de conceitos físicos envolvidos em circuitos elétricos com atividades computacionais, utilizando o *software MODELLUS*.

As conclusões obtidas a partir de testes de conteúdos e análise de questionários comprovaram o desempenho dos alunos dos grupos experimentais foi melhor do que o dos grupos controle (diferença estatisticamente significativa) e que atividades de simulação e modelagem computacionais com o *software Modellus* podem auxiliar os alunos a superar as dificuldades de aprendizagem sobre conceitos físicos usualmente enfrentadas na aprendizagem de circuitos elétricos.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 MÉTODO DE PESQUISA

Para alcançar os objetivos apresentados anteriormente adotamos a pesquisa experimental, como ferramenta para testar a abordagem nesse experimento. Fiorentini e Lorenzato (2006), considerando os aspectos teóricos-epistemológicos apresentam três tendências metodológicas da pesquisa educacional: a empírico-analítica, a fenomenológica-hermenêutica e a histórico-dialética. A abordagem empírico-analítica tem sua origem no positivismo, orientando-se basicamente pela aplicação do método científico<sup>1</sup>, a fenomenológica-hermenêutica, em contrapartida, critica as abordagens fundadas no experimentalismo, nos métodos quantitativos e nas propostas tecnicistas, por sua vez, a histórico-dialética, questiona fundamentalmente a visão estática de realidade implícita nas abordagens anteriores, ignorando, assim, o caráter dinâmico, contraditório e histórico dos fenômenos educativos (Fiorentini e Lorenzato, 2006).

Segundo Matos (2009), a pesquisa experimental quanto à natureza, é um método de pesquisa que faz parte da investigação empírica, sendo que, tanto as ciências naturais com as sociais se baseiam na investigação empírica, para construir explicações ou teorias mais adequadas.

Neste trabalho, pretende-se “medir” a eficiência da abordagem proposta quando comparada com a forma tradicional de ensino de Ciências Físicas e Matemática em turmas da primeira série do ensino médio. Matos (2009 apud Borg e Gall, 1973), coloca que muitos experimentos desenvolvidos na área educacional, testam o efeito de novos materiais e práticas pedagógicas e os resultados de tais experimentos podem ter um certo impacto nos currículos que pretendem adotar outras formas de ensino.

---

<sup>1</sup> Método Científico compreende as fases de formulação de um problema, levantamento de hipóteses, testagem dos pressupostos, confirmação ou refutação das hipóteses e conclusões.

Adotou-se o método experimental de duas amostras Independentes. Segundo Seige (1956), nesse método são extraídas duas amostras de uma população, tratadas de forma diferente e, em seguida, comparadas estatisticamente as diferenças entre elas. Amostras independentes significa que as amostras não foram igualadas ou pareadas antes do experimento (Matos 2009 apud Madsen e Moore 1974, 21). Matos (2009) destaca que a principal vantagem do método de duas amostras sobre o de uma amostra, por apresentar o grupo controle como parâmetro de comparação. Como razões para utilizar o método estatístico na pesquisa em ensino é que podemos transformar os registros, i. e., à reconstrução de registros (tabelas, histogramas, gráficos), à representação de registros (cálculos de médias, desvios-padrão e outras grandezas que representem conjuntos de registros), à comparação de registros reduzidos ou reconstruídos ( procura de diferenças significativas), à inferência a partir dessa comparação e, finalmente, aos resultados e sua interpretação.

As amostras foram constituídas de um grupo controle e um grupo experimental. O grupo controle é aquele que não recebe tratamento experimental e serve de comparação. O grupo experimental é aquele que será submetido ao tratamento. Matos (2009) destaca que o grupo controle é aquele que mantém o *status quo*, ou seja, o pesquisador mantém a metodologia tradicional com esse grupo enquanto a nova abordagem será aplicada ao grupo experimental. Lembrando que os grupos recebem tratamentos diferentes, mas o conteúdo ministrado aos dois grupos deve ser o mesmo.

As condições de tratamento dos grupos consistem em uma ou mais variáveis independentes e uma ou mais variáveis dependentes. As variáveis independentes são os tratamentos diferenciados aplicados ao grupo experimental e, as variáveis dependentes são os critérios aplicados aos dois grupos, cujas alterações vão ser observadas sob a presença ou ausências das variáveis independentes. A relação entre as condições de tratamento, como efeito da variável independente sobre a variável dependente, é referida como uma relação de causa e efeito (Matos 2009, 74)

Neste trabalho há apenas uma variável independente, que consiste na aplicação de cinco atividades de modelagem computacional como material auxiliar as aulas de Física e de Matemática quando ministradas num contexto



integracionista com os alunos do grupo experimental e, a variável dependente são os escores obtidos pelos alunos dos dois grupos no teste realizado após o experimento.

Quando tratamos de pesquisa experimental em ensino que faz uso de grupo controle e de grupo experimental, Moreira (1990), recomenda que seja aplicado dois teste. O que será realizado antes do tratamento da pesquisa com todos os alunos do grupo controle e do grupo experimental será chamado de pré-teste. O teste aplicado aos alunos dos dois grupos depois que o grupo experimental recebe o tratamento da pesquisa para medir as mudanças ocorridas será chamado de pós-teste.

Por último, a pesquisa experimental envolve o teste de hipóteses. Segundo Matos (2009 apud Phelps 1980, 161), o teste de hipótese corresponde ao procedimento central da pesquisa experimental, pois, é a partir dele que podemos decidir se aceitamos ou rejeitamos a hipótese de pesquisa.

### 3.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Segundo Moreira (1990), o delineamento de pesquisa é o plano e a estrutura da investigação. Pode-se distinguir entre delineamento pré-experimentais, experimentais e quase-experimentais.

No delineamento pré-experimental, aplica-se um pré-teste  $O_1$  a um grupo; submete-se esse grupo a um tratamento X; aplica-se, então, um pós-teste  $O_2$ .  $O_1$  e  $O_2$  significam que o mesmo grupo é observado antes e depois do tratamento (Campbell & Stantley 1979, p.14).

$$O_1 X O_2$$

No delineamento experimental, trabalha-se com dois grupos e os sujeitos da pesquisa são designados aleatoriamente a um deles. Aplica-se um

pré-teste a ambos os grupos ( $O_1 = O_3$ ), i. e., observa-se os grupos antes de manipular a variável independente X. Um dos grupos (grupo experimental) é então submetido ao tratamento X e o outro (grupo controle) não. Após, aplica-se um pós-teste ( $O_2 = O_4$ ) a ambos os grupos.

$$\begin{array}{c} A O_1 X O_2 \\ A O_3 O_4 \end{array}$$

No caso do quase-experimental, os grupos controle e experimental não possuem equivalências amostrais, pois não foi usada a aleatoriedade na escolha das amostras. Neste tipo de delineamento, os grupos constituem coletivos reunidos naturalmente, tais como classes escolares já compostas previamente à ação do pesquisador. O controle do pesquisador reside unicamente na decisão sobre qual dos grupos vai receber o tratamento e quando (Moreira e Rosa, 2007, p. 36).

$$\begin{array}{c} O_1 X O_2 \\ O_1 O_2 \end{array}$$

Para testar a hipótese levantada escolhemos os conteúdos de Cinemática (Física) e Funções (Matemática) pelos seguintes motivos: tanto o conteúdo de cinemática quanto o de função, são introdutórios nos cursos de ensino médio; adequaram-se perfeitamente para o uso da modelagem computacional; e como é colocado por Campos (2002), ao longo da história do desenvolvimento desses conceitos, detecta-se um caráter integrador entre eles.

A pesquisa, envolveu estudantes do primeiro ano do ensino médio da Escola Agrotécnica Federal de Satuba – Alagoas. Para este estudo, adotamos um delineamento de pesquisa quase-experimental com grupo de controle não-equivalente. Ou seja, na escola já existiam as turmas de alunos montadas, e para aplicar a pesquisa escolhemos a que teve o horário mais adaptável ao cronograma da pesquisa.

Usando a notação de Campbell & Satnley (1979), podemos descrever o delineamento de pesquisa quase-experimental adotado conforme a tabela 01.

	Delineamento	$O_1$ = Teste Inicial
Grupo Experimental	$O_1$ X $O_2$	X = Tratamento (Atividades de modelagem computacional)
Grupo de Controle	$O_1$ $O_2$	$O_2$ = Teste Final

Tabela 01 – Delineamento da Pesquisa

Neste desenho, os alunos que participaram da pesquisa, serão divididos em dois grupos: Grupo experimental que será submetido ao tratamento da pesquisa e ou grupo controle que participará do ensino tradicional expositivo.

### 3.3 AMOSTRA

Sempre que não é possível investigar toda a população usamos uma amostra que deva ser representativa dessa população. A nossa população corresponde a todos os alunos do ensino médio matriculados no primeiro ano, por isso, por se constituir de uma população infinita, escolhemos uma amostra.

O experimento foi realizado no segundo semestre de 2008 envolvendo 42 alunos da turma “B” do primeiro ano do ensino médio. Para a seleção dos alunos que vieram a compor os grupos: experimental e controle, realizamos um sorteio com todos os alunos que se identificaram durante a aplicação do Teste Inicial.

O grupo experimental foi formado inicialmente por vinte e um alunos, mas somente dezoito participaram de todos os encontros, num total de cinco encontros. Deixamos para realizar o experimento somente no segundo semestre para garantir que todos os alunos, tanto os do grupo experimental quanto os do

controle, já tivessem sido expostos aos conteúdos de Cinemática e de Funções. Durante o período de três semanas no qual aconteceu o experimento, os alunos freqüentaram as aulas regularmente.

### 3.4 ELABORAÇÃO, VALIDAÇÃO E APLICAÇÃO DO TESTE INICIAL

Moreira (1990), destaca que ao se utilizar instrumentos, espera-se ter o maior grau de confiança possível nas medidas feitas e que para isso, pelo menos duas características básicas de um instrumento de medida, relacionadas com a confiabilidade devem ser consideradas: fidedignidade e validade. A fidedignidade de um instrumento refere-se à instabilidade, à reprodutibilidade, à precisão das medidas com ele obtidas, i. e., ao grau de consistência dos valores medidos. A validade, por sua vez, tem a ver com até que ponto o instrumento está, de fato, medindo o que se supõe que esteja medindo (Moreira 1990, p. 18).

A estatística básica usada para estimar a fidedignidade é a correlação. Correlações (ou coeficientes de fidedignidade) de + 1,00 indicam perfeita fidedignidade, enquanto que correlações perto de zero indicam ausência de fidedignidade. Dependendo da área de estudo, podemos aceitar, por exemplo, valores de correlações da ordem de 0,70. Para Moreira e Rosa (2007), em pesquisas relacionadas ao ensino, aceita-se valores próximo de 0,80.

Dentre as diversas fórmulas para o cálculo de fidedignidade, Moreira (1990), sugere as análises fidedignas feitas a partir do coeficiente Alfa de Cronbach:

$$\alpha = \frac{k}{(k - 1)} \left( 1 - \frac{\sum V_I}{V_T} \right)$$

em que:  $\alpha$  é coeficiente de fidedignidade,  $k$  é o número de vezes que o novo teste é maior que o anterior,  $V_T$  variância total e  $V_I$  é o somatório da variância dos itens.

Na prática, após o cálculo de  $\alpha$ , verificamos se o seu valor está próximo do aceitável e, caso o valor não esteja dentro do aceitável eliminamos os itens de menor correlação e refazemos os cálculos.

Verificado a fidedignidade do instrumento, buscamos determinar sua validade. Dentre os diversos tipos de validades existentes, Moreira (1990), destaca quatro tipos que são importantes na pesquisa educacional quantitativa.

Validade de conteúdo – um instrumento tem validade de conteúdo na medida em que se constitui em uma amostra representativa do conteúdo (conhecimentos e comportamentos) que está sendo medido. Sua determinação não é estatística, mas sim, resultado do julgamento de diferentes especialistas da área que analisam se os itens representam significativamente os conteúdos que devem ser medidos.

Validade concorrente – um instrumento apresenta esse tipo de validade quando os resultados de sua aplicação se correlacionam com os de outro instrumento já validado e que mede a mesma coisa.

Validade preditiva – se o instrumento tem esse tipo de validade, isso significa que o pesquisador usou resultados obtidos com esse instrumento para fazer previsões sobre o comportamento futuro dos respondentes e essas previsões foram confirmadas.

Validade de construto – para determinar se um instrumento possui validade de construto consiste em formular hipóteses de relação entre o desempenho no teste e outras variáveis e testar empiricamente essas hipóteses.

Em pesquisas experimentais, Na literatura não encontramos um teste para avaliar o conhecimento de alunos do primeiro ano do ensino médio, nos conteúdos de Física e de Matemática, que desejávamos trabalhar. Para ser aplicado aos grupos experimental e de controle, construímos um teste a partir do teste usado por Araujo (2002) para detectar dificuldades no entendimento de

conteúdos de gráficos de cinemática e por Campos (2000) para avaliar o ensino integrado de Física e de Matemática.

O teste inicial foi elaborado com o objetivo de identificar as dificuldades apresentadas pelos alunos, no que diz respeito aos conteúdos trabalhados de Física e de Matemática. As dificuldades também serviram como variável para avaliar quantitativamente os resultados obtidos no teste final.

A segunda etapa na construção do teste inicial, a validação, foi obtida pela submissão do teste a avaliação de cinco professores de física que atuam no ensino médio, todos Licenciados em Física. Algumas mudanças e questões foram sugeridas e após serem incrementadas chegamos ao teste apresentado no Apêndice A. Para obtermos o coeficiente de fidedignidade do teste (alfa de Cronbach) aplicamos o teste em uma turma do primeiro ano (turma "A"), também da Escola Agrotécnica Federal de Satuba – Alagoas. A aplicação do teste durou, aproximadamente, 1,5h.

Após consolidarmos a validação do instrumento de pesquisa, o teste inicial foi aplicado aos 42 alunos do primeiro ano "B". Antes da aplicação do teste inicial, fizemos uma breve explanação sobre os objetivos da pesquisa. Na oportunidade foi exposta a metodologia que seria empregada no grupo experimental, e sugerido que os alunos com interesse em participar da pesquisa deveriam manifestar-se anotando o número de chamada na folha resposta. Ao término da aplicação do teste inicial, fizemos um sorteio com os 42 alunos voluntários para determinarmos os componentes dos grupos de controle e experimental. O sorteio foi necessário para distribuir os alunos nos grupos controle e experimental, pois, todos os alunos manifestaram interesse em participar do grupo experimental.

Durante o período do tratamento da pesquisa, o restante dos alunos, que formaram um grupo controle, participaram de cinco encontros onde foram submetidos ao modelo tradicional de ensino e aos mesmos conteúdos trabalhados com o grupo experimental.

O Modelo Didático Tradicional é caracterizado por concepções de ensino como transmissão/transferência de conhecimentos, por uma aprendizagem receptiva e por um conhecimento absolutista e racionalista. (LIMA & VASCONCELOS, 2006, P. 404).

### 3.5 TRATAMENTO

Para realizar tal estudo, propomos um procedimento didático alternativo em laboratório de informática que faz uso de cinco atividades de modelagem computacional desenvolvidas com o *software Modellus*. Estas atividades serão de dois tipos: três exploratórias e duas de criação.

Estas atividades devem ser potencialmente significativas, tendo em vista que proporcionaram aos alunos meios para superarem eventuais dificuldades (tabela das dificuldades revisão da literatura) encontradas na resolução dos problemas envolvendo conteúdos de Cinemática e Funções.

Segundo Araujo (2002) atividades exploratórias caracterizam-se pela observação, análise e interação do sujeito com os modelos já construídos, no intuito de permitir ao aluno a percepção e a compreensão das eventuais relações existentes entre a matemática subjacente ao modelo, e o fenômeno físico em questão. Nestas atividades os alunos devem interagir com o modelo para responder as questões apresentadas. A interação poderá ser conseguida pela substituição e/ou alteração de valores (parâmetros) iniciais do modelo. Para facilitar a interação o *software Modellus* dispõe de recursos como “botões” e “barras de rolagem”.

Araujo, Veit & Moreira (2004) definem as atividades de criação ou expressivas como aquelas que podem ser caracterizadas pelo processo de construção do modelo desde sua estrutura matemática até a análise dos resultados gerados por ele. Nestas atividades além de interagir totalmente com o modelo, os alunos podem, ainda como processo de criação, reconstruir os modelos tantas vezes julgarem necessário. Desta forma, sugerimos para os

alunos problemas que eles deveriam modelar, partindo do modelo matemático adequado (funções), e a partir da interação chegar às respostas.

Para testar a hipótese de pesquisa proporcionamos aos alunos do grupo experimental cinco encontros no laboratório de informática da própria escola. Cada encontro ocorreu num período de 1,5h. Nos encontros, os alunos foram submetidos às atividades de modelagem que visavam permitir aos alunos construir os conceitos de Cinemática (Física) e de Funções (Matemática) numa perspectiva integracionista. Para Campos (2000), o tipo de integração que buscamos é aquele onde os fenômenos físicos, especificamente os de Cinemática, podem ser abordados tomando por base suas relações matemáticas, admitindo que estas atuam como linguagem estruturante, que dá sentido ao conhecimento físico.

### 3.6 EXPERIMENTAÇÃO

Participaram das atividades um grupo de 20 alunos da primeira série do Ensino Médio da Escola Agrotécnica Federal de Satuba – AL. Estes alunos compõem o grupo experimental, mas nem todos se fizeram presentes para realizar todas as atividades.

Descrevemos a seguir como fora realizada as cinco atividades propostas nessa pesquisa, destacando as etapas seguidas e os fatos relevantes que foram observados e que servirão, também, para a análise qualitativa. O experimento ocorreu em cinco encontros, entre os dias 13 e 27 de outubro de 2008.

#### Atividade 1: **Cálculo da velocidade de um móvel.**

Essa atividade foi aplicada no dia 13 de outubro de 2008 e dela participaram 19 alunos. Como em acordo com a coordenação pedagógica da escola, os encontros aconteceram sempre após o intervalo, nas duas últimas aulas. Para evitar atrasos e possíveis tumultos no laboratório, no dia em que



ocorreu a aplicação do teste inicial, fizemos um combinado com os alunos, onde foi informado os horários e uma tolerância de cinco minutos para a entrada deles no laboratório. O acordo foi cumprido pelos alunos em todos os encontros.

Como a política de administração da rede de computadores da escola não permitiu a instalação definitiva do software nas máquinas, para todos os encontros, chegamos ao laboratório de informática antes dos alunos, para a ligação das máquinas e a instalação do *Modellus*. Seguindo orientação do professor responsável pelo laboratório, instalamos o *software* e deixamos o ícone do *Modellus* e a pasta com a atividade a ser trabalhada no dia, na área de trabalho dos computadores.

Como no laboratório, tínhamos apenas dez máquinas disponíveis, os alunos, naturalmente, sentaram-se em duplas, como era de costume, para eles nas aulas de informática. Sendo o número de alunos ímpar, formaram-se nove grupos com dois alunos e um grupo com um aluno.

Como se tratava do primeiro encontro, fizemos uma introdução à atividade, comentando com os alunos o que estava para acontecer, explicando os objetivos gerais das atividades que eles estavam prestes a fazer, destacando que se tratava de um projeto de pesquisa sobre o ensino de Física e de Matemática, mas isso despertou pouco interesse nos alunos, pois, apenas uma aluna comentou que, *“sempre temos aula aqui no laboratório, mas nunca de física e nem de matemática”*.

Evidentemente os alunos desconheciam as possibilidades de uso de tecnologias de informação e comunicação no ensino das disciplinas de Física e de Matemática. E estavam esperando uma aula onde fosse apresentado apenas aplicativos de informática.

A partir da fala da colega, alguns alunos perguntaram qual seria o programa que eles iriam usar. Aproveitando o momento, iniciamos a

apresentação das principais funções do *Modellus*. Mostrando que possuíam os conhecimentos básicos necessários de informática, ao passo que íamos abrindo os comandos do programa e explicando suas funções, os alunos perceberam a semelhança entre estas funções do *Modellus* e funções dos principais aplicativos do pacote *Microsoft Office*.

Entregamos, a cada grupo, uma cópia impressa da atividade e pedimos que as respostas deveriam ser anotadas no próprio papel, pois havia espaço para isso. Informamos que a para encontrar as respostas, eles deveriam seguir as instruções presentes nas próprias perguntas, pois, na atividade impressa informava que comando utilizar e quais valores deveriam anotar, para em seguida trabalharem as respostas.

Como não estavam habituados a fazerem exercícios sem a prévia exposição de conteúdos e a resolução de exercícios-modelo pelos professores, isso provocou certa hesitação. Nesse momento, foi preciso incentivar a turma, mostrar para os alunos que mesmo sem a exposição na lousa dos conteúdos a serem trabalhados eles teriam condições para realizarem as atividades propostas, e para isso, precisariam fazer a leitura atenta do material impresso e executaram os modelos que já estavam prontos.

O tempo gasto nessa atividade foi de duas aulas seguidas, de 50 minutos. Todos os alunos presentes tiveram tempo suficiente para responder todas as questões propostas, e não houve cobrança com relação a isso, o que contribuiu para deixar os alunos bem à vontade. Como o número de alunos era pequeno, todo o tempo transcorreu sem problemas disciplinares, tendo apenas o barulho provocado pelas discussões entre os componentes das duplas.

Nos últimos 20 minutos, recolhemos as atividades e procedemos a socialização dos conteúdos trabalhados, onde solicitamos que os alunos apresentassem suas impressões sobre os conteúdos trabalhados, explicitando cada ação adotada e as dificuldades que eles encontraram. Como os alunos não estão acostumados a explicar suas soluções e dúvidas para a turma, neste

momento não houve comentários. Para finalizar o encontro reforçamos a generalização do conceito de velocidade e destacamos a necessidade do uso adequado das unidades de medidas.

## Atividade 2: **Estudando o movimento do trem**

Essa atividade foi dividida em três partes: A, B e C, mas, para seguirmos o calendário negociado com a coordenação pedagógica da escola, ela foi realizada em duas aulas de 50 min. Descreveremos a seguir a aplicação de cada uma das partes.

As parte A e B, foram aplicadas no dia 15 de outubro de 2008 e dela tomaram parte 20 alunos.

Novamente, os alunos chegaram ao laboratório dentro do horário combinado. Ao entrarem no laboratório, espontaneamente, formaram as mesmas duplas que trabalharam na atividade anterior.

Foi entregue a cada grupo a atividade impressa (ver anexo), e solicitado, que eles registrassem as respostas no material impresso.

Como na parte A, desta atividade foi pedido que os alunos fizessem a leitura da tabela de valores que eram gerados pelo Modellus, quando acionado. Alguns alunos tiveram dificuldade em encontrar a janela tabela, sendo necessário a intervenção do professor-pesquisador, para sanar esta dificuldade.

O fato de visualizarem a construção dinâmica da tabela, despertou mais interesse em realizar a atividade. Os alunos faziam e refaziam os cálculos, sempre observando os dados gerados pelo software, e expostos na janela Tabela.

Os alunos em geral se empenharam na execução da atividade (Parte A), não encontrando grandes dificuldades em realizá-la. O tempo gasto nessa parte foi de uma aula de 50 min.

Alguns grupos concluíram a primeira parte antes do final da primeira aula, então, pedimos que, na seqüência, iniciassem a parte B.

O tempo previsto para a atividade (Partes: A, B e C) foi insuficiente para completar as atividades, como era a última aula, os alunos não concordaram em ficar mais 50 min. Então combinamos em usar uma aula vaga no horário, no dia 17 de outubro de 2008.

Para realização da parte B da atividade, os alunos apresentaram algumas dificuldades, principalmente, na manipulação de expressões algébricas. Passando a fazer perguntas ao professor ou tentando obter a resposta de forma fácil, com as outras duplas. Também, notamos que eles se preocuparam em concluir as atividades dentro do prazo. Observamos que alguns dividiram as tarefas e outros tomaram a responsabilidade para si, não se importando com a presença do colega, mostrando que não estavam habituados ao trabalho em dupla

Perguntamos qual era a principal dificuldade, um aluno falou que não estava claro o que era para fazer, e outro discordou, dizendo que “*basta ler com atenção cada pergunta*”.

Até esse momento, alguns alunos ainda estavam esperando que o professor/pesquisador realizasse a exposição dos conteúdos ou que respondesse alguns exercícios para servirem como modelo.

Faltando 20 minutos para o término do tempo previsto, fizemos uma discussão sobre os conceitos trabalhados e dois grupos descreveram como resolveram as questões, recolhemos as atividades e realizamos a socialização

dos conceitos trabalhados. Em nossa exposição, destacamos que a função encontrada, tratava-se da função horária da posição para o Movimento Uniforme.

#### Atividade 2: **Parte C.**

Como foi combinado, realizamos a parte C, da atividade 2, em uma aula de 50 min no dia 17 de outubro de 2008. Deste momento, participaram 18 alunos, como foi pedido que mantivessem as duplas do dia 15/10/2008, trabalhamos com 8 grupos de dois alunos e dois grupos, com um aluno cada.

Para evitar os problemas do encontro anterior, lembramos das conclusões obtidas na parte B e relembramos aos alunos da fórmula da velocidade média ( $v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$ ), que deveria ser usada para resolver a parte C e entregamos o material impresso referente a parte C da atividade 2.

Notamos que os alunos estavam discutindo os passos tomados com os colegas de grupo, mostrando que estavam empenhados no trabalho em equipe.

Não houve problema de tempo: os 50 min de uma aula foram suficientes para que todos terminassem a atividade. Os últimos 10 minutos foram usados para recolher as atividades impressas e proceder a socialização dos conteúdos trabalhados.

#### Atividade 3: **MUV – Equação das velocidades**

Essa atividade foi aplicada em 17 de outubro de 2008 e dela participaram 19 alunos.

Para essa atividade foram utilizadas duas aulas de 50 min consecutivas e não houve problema de falta de tempo, pois a maior parte dos alunos conseguiu terminar todas as questões antes do final da aula.

No início, observamos os alunos pouco motivados, mas aos poucos, percebemos mais interação entre os membros do grupo, destacando o empenho necessário para a realização da atividade.

Mostraram-se mais confiantes para fazer os exercícios, solicitando menos a intervenção do professor-pesquisador. Foi preciso explicar o conceito de termo independente, pois alguns alunos não sabiam.

Pedimos que deixassem de forma explícita os procedimentos utilizados na resolução dos exercícios na folha dos enunciados que fora entregue no início da aula.

Nos últimos 15 minutos recolhemos o material impresso e solicitamos que os alunos explicitassem verbalmente os passos da resolução dos exercícios que compõem as atividades, dando justificativas. Algumas intervenções precisaram ser feitas para evitar o desvio do assunto e manter a atenção ao tema principal.

#### Atividade 4: **Função horária da velocidade para o MUV**

Em 20 de outubro de 2008 foi aplicada essa atividade e dela participaram 20 alunos distribuídos em 10 grupos, com dois alunos cada.

Após entregar o material impresso fizemos uma exposição de 10 minutos sobre a janela Modelo do *Modellus* e como deveriam escrever as funções nesta janela. Também, apresentamos as ferramentas inserir gráfico e partícula.

Houve necessidade de apresentar aos alunos a ferramenta de medir área. Percebemos que os alunos se mostravam mais interessados em interagir com o software.

Embora essa atividade tenha poucos exercícios, alguns alunos não conseguiram terminá-la no tempo de duas aulas de 50 min. Os estudantes demonstraram insegurança durante a criação de modelos usando o *software* a partir das expressões algébricas.

Nos últimos 30 minutos da aula os alunos narraram como fizeram a seqüência que usaram para criar e manipular o modelo construído. Pedimos que relacionassem os resultados obtidos nos itens “d” e “f”. Fizemos a socialização das conclusões obtidas com as atividades.

#### **Atividade 5: A função quadrática e a função horária dos espaços do MUV.**

Essa atividade foi aplicada em 22 de outubro de 2008 e foi realizada por 19 alunos.

Os alunos se mostraram mais receptíveis ao tipo de atividade, sem apresentar resistência prévia aos exercícios. As duplas foram formadas rapidamente, sendo que alguns alunos preferiram mudar de companheiro de dupla. Um dos alunos que mudou de dupla, quando perguntado o porquê da mudança, respondeu: - *Nas outras atividades, eu sempre fazia tudo sozinho, não tive ajuda, não deu tempo concluir tudo, dessa vez quero fazer todas.*

Mesmo não sendo comum, esse tipo de atitude entre alunos na faixa etária dos 15 anos, não foi algo que tenha atrapalhado o andamento das atividades.

A resolução da parte A da atividade foi tranquila e a maioria dos alunos conseguiram concluir antes do término da primeira aula. Não aconteceram intervenções ou exposições por parte do professor – pesquisador. Em geral, percebemos que não havia dúvidas quanto à resolução dos itens. Como alguns alunos terminaram antes do tempo previsto e começaram a resolver a parte – B, o professor precisou interferir e pediu que esses alunos aguardassem alguns minutos para que isso fosse feito durante a segunda aula.

No início da segunda aula, começou a resolução da parte – B. aqui não percebemos dificuldades por parte dos alunos. Os alunos, de maneira geral, identificaram a função dos espaços como sendo a mesma do exercício anterior sem maiores problemas, mas o professor-pesquisador precisou explicar em alguns casos o que exatamente o item estava pedindo para ser feito.

Como de praxe, nos últimos 20 minutos da aula o professor-pesquisador pediu que os alunos relatassem as dificuldades encontradas para chegar a solução das questões. O professor fez uma explicação geral da atividade, institucionalizando o saber contido na situação apresentada e fazendo uma espécie de debate com os alunos sobre respostas ou dúvidas, propiciando assim uma situação de validação dos novos conhecimentos. O debate foi bastante proveitoso no sentido de que houve envolvimento de praticamente toda a classe que, de forma geral, demonstrou interesse sobre o assunto tratado.

Após a realização do último encontro foi entregue aos alunos um questionário de opiniões (APÊNDICE D) com perguntas abertas. Nosso objetivo era detectar a opinião dos alunos sobre as dificuldades encontradas nas questões das atividades e quanto a usabilidade do *software Modellus*. Também, queríamos saber dos alunos se eles tinham vivenciado o caráter integrador promovido pela ferramenta computacional expresso nas atividades.

### 3.7 ELABORAÇÃO, VALIDAÇÃO E APLICAÇÃO DO TESTE FINAL

Para avaliar se o tratamento produziu o efeito esperado aplicamos um teste para medir o desempenho dos alunos do grupo experimental. O mesmo teste, que chamamos de teste final, também foi aplicado ao grupo controle.

Usaremos os escores médios obtidos pelos integrantes dos dois grupos para comparar seus respectivos desempenhos. O teste final foi elaborado a partir do teste inicial onde acrescentamos quatro questões que foram adaptadas de Araujo (2002). As questões adicionais também foram submetidas aos cinco



professores de Física que atual no Ensino Médio. No apêndice C é possível encontrar o teste final.

Para determinarmos o coeficiente de fidedignidade do instrumento (alfa de Cronbach) aplicamos o teste a turma 1º “C” da Escola Agrotécnica Federal de Satuba. A aplicação do teste durou um período aproximadamente igual a 1,5h.

Após procedermos a validação do teste final, o mesmo foi aplicado aos alunos que compuseram os grupos controle e experimental, 33 alunos. Pedimos que todos os alunos se identifiquem para que fosse possível fazer a separação dos grupos. O tempo necessário para que os alunos respondessem as questões foi de 1,5h, aproximadamente. Para as análises iremos considerar apenas os alunos que fizeram os dois testes, inicial e final, e que tenham participado de todas as atividades, para os alunos do grupo experimental.

### 3.8 PROVA ESTATÍSTICA UTILIZADA

Durante uma pesquisa educacional experimental, muitas vezes, o pesquisador dispõe de dois grupos, um experimental e um controle, aos quais ele aplica um determinado teste de conteúdos, obtendo dois conjuntos de escores, cujas médias e desvios-padrão apresentam valores diferentes. Diante deste fato, ele se questiona se as médias são realmente diferentes ou fazem parte de uma mesma distribuição de médias de uma mesma população.

Neste caso, o pesquisador precisa saber se a diferença entre as médias dos grupos experimental e controle é ou não estatisticamente significativa. Para auxiliar o pesquisador nesta tarefa Moreira (1990) sugere que se use testes de significância estatística, como, por exemplo, o “teste t de *Student*” e o “teste F”.

Como em nosso estudo usaremos duas amostras, a técnica estatística utilizada será a análise de variância, a qual envolve comparar a

variância entre as médias dos grupos com a variância dentro dos grupos (Moreira 1990, p. 23).

### **O teste F- Análise de Variância (ANOVA)**

Com o teste F podemos determinar se a variabilidade em um conjunto de dados é significativamente maior que a variabilidade em outro conjunto de dados (Moreira e Rosa 2007, p. 83).

Segundo Bisquerra (2004) a análise de variância é utilizada para comparar duas médias de mais de dois grupos simultaneamente. É uma generalização da prova t de *Student*. Este teste também é conhecido como ANOVA (*Analysis of Variance*).

Para executar o teste F entre duas variâncias, simplesmente dividimos a maior variância pela menor. Isto nos dá o que é chamado de razão F entre duas variâncias. A questão que queremos responder é se a variância obtida de uma amostra difere significativamente da variância obtida em outra amostra.

Neste caso, a hipótese nula ( $H_0$ ) é que não existe diferença entre as variabilidade das médias do grupo controle em relação a variabilidade das médias do grupo experimental. E a hipótese alternativa ( $H_1$ ) é que existe diferença estatisticamente significativa entre as variabilidades das médias dos grupos controle e experimental.

Para decidirmos quando a rejeição ou não da hipótese nula, vamos usar um nível de significância estatística  $p < 0,05$ . Nível de significância é uma pequena probabilidade associada a ocorrência da hipótese nula (Siege 1956, p. 8).

Apresentado a metodologia utilizada e a experimentação, passemos no próximo capítulo para os resultados obtidos e a discussão.

## 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo apresentaremos os resultados obtidos no tratamento da pesquisa e realizaremos as análises e discussões.

Com a intenção de verificarmos a hipótese do trabalho, procedemos quatro análises dos dados. Análise de fidedignidade dos testes inicial e final e comparação entre os grupos de controle e experimental. Análise das respostas dos questionários que acompanham as atividades e do opinário. Para as duas primeiras será usado o pacote estatístico *SPSS for Windows – release 15.0* (versão *Trial*).

### 4.1 - ANÁLISE DE FIDEDIGNIDADE DOS TESTES INICIAL E FINAL

Como foi exposto na metodologia, aplicamos os testes, inicial e final, em duas turmas pilotos com a intenção de validarmos os testes para em seguida aplicá-los aos grupos de controle e experimental. Com base nos resultados obtidos realizamos a análise de consistência interna dos testes, ou seja, calculamos o alfa de Cronbach.

O coeficiente de fidedignidade de um instrumento refere-se à estabilidade, à reprodutibilidade, à precisão das medidas com ele obtidas, i. e., ao grau de consistências dos valores medidos. Uma maneira de se estimar o coeficiente de fidedignidade é decompondo a variância do escore total em uma parcela atribuída ao que há de comum entre os escores parciais e uma outra parte ao erro da medida. A estimativa desta parcela fidedigna comum aos itens do teste pode ser quantificada pelo coeficiente alfa de Cronbach (Cronbach, 1951 *apud* BISQUERRA, 2004).

Em testes que medem conhecimentos ou habilidades, podemos tolerar coeficientes de fidedignidade da ordem de 0,7 (Moreira & Silveira, 1993). Para mostrar de forma resumida os resultados da análise de consistência interna

para os testes inicial e final, para as turmas pilotos de controle e experimental, apresentamos as tabelas 2 e 3.

Teste	N	Média do escore Total	Desvio Padrão Escore Total	Número de Itens	Coefficiente Alfa
Inicial	32	10,1	5,3	12	0,80
Final	34	11,9	5	16	0,83

Tabela 02 – Resumo da Análise de Consistência Interna para os testes inicial e final aplicados às turmas pilotos.

Teste	N	Média do escore Total	Desvio padrão do Escore Total	Número de Itens	Coefficiente Alfa	Coefficiente de correlação inicial-final
Inicial	36	10,2	5,4	12	0,80	0,60
Final	36	13,3	5,1	16	0,85	

Tabela 03 – Resumo da Análise de Consistência Interna para os testes, inicial e final, aplicados a turma que compôs os grupos de controle e experimental.

A Análise de consistência interna também considera o cálculo da correlação do escore em cada questão com seu escore total e o coeficiente Alfa do escore total caso o item fosse removido. Na prática, para aumentar a fidedignidade dos testes podemos remover o item que traz para baixo o coeficiente Alfa de Cronbach.

Na tabela 4 apresentamos a correlação item-total e o coeficiente alfa se o item for removido, onde foi possível constatar que não foi necessário remover nenhum item dos testes. Pois, a não alteraria de forma significativa o valor do Alfa de Cronbach.

Item	Teste inicial (12 itens) alfa= 0,80		Teste final (16 itens) alfa= 0,85	
	Correlação Item-total	Coef. Alfa se o item for removido	Correlação Item-total	Coef. Alfa se o item for removido
1	0,61	0,77	0,36	0,85
2	0,22	0,80	0,24	0,85
3	0,54	0,77	0,46	0,84
4	0,24	0,80	0,45	0,84
5	0,50	0,78	0,63	0,83
6	0,67	0,76	0,52	0,84
7	0,50	0,78	0,49	0,84
8	0,24	0,80	0,47	0,84
9	0,50	0,78	0,52	0,84
10	0,67	0,76	0,65	0,83
11	0,21	0,80	0,60	0,83
12	0,44	0,78	0,23	0,85
13	-	-	0,46	0,84
14	-	-	0,38	0,85
15	-	-	0,52	0,84
16	-	-	0,58	0,84

Tabela 04 – Correlação item-total e o coeficiente alfa se o item especificado na primeira coluna da tabela for eliminado dos testes inicial e final.

#### 4.2 COMPARAÇÃO DE DESEMPENHO ENTRE OS GRUPOS CONTROLE E EXPERIMENTAL.

Nas tabelas 5 e 6 apresentamos as escolhas feitas pelos alunos para os testes, inicial e final, para os grupos, experimental e controle, como também o percentual de acerto por questão. Também, identificamos os objetivos que fundamentaram a construção das atividades de modelagem e que foram exigidos em cada item.

Para facilitar a comparação entre os resultados obtidos nos testes inicial e final, comparando cada item, apresentamos a tabela 5.6, onde temos a

numeração dos itens do teste final e sua correspondente numeração no teste final. Nesta tabela não apresentamos os itens 13, 14, 15 e 16 que foram acrescentados no teste final com a finalidade de aumentar o coeficiente de fidedignidade do teste.

Teste Inicial		Escola do Grupo Experimental (n = 18)					Escola do Grupo Controle (n = 18)						
Item	Objetivo	A	B	C	D	E	Perc. de Acertos	A	B	C	D	E	Perc. de Acertos
1	5	0	4	3	3	<b>8</b>	44,40%	4	3	0	2	<b>9</b>	50,00%
2	1	1	<b>12</b>	3	1	1	66,70%	1	<b>11</b>	3	3	0	61,10%
3	5	<b>7</b>	1	5	4	1	38,90%	<b>8</b>	2	3	3	2	44,40%
4	4	3	0	2	<b>12</b>	1	66,70%	0	3	0	<b>15</b>	0	83,30%
5	2	4	2	<b>7</b>	4	1	38,90%	1	5	<b>7</b>	5	0	38,90%
6	7	0	3	5	1	<b>9</b>	50,00%	3	2	4	0	<b>9</b>	50,00%
7	4	5	1	3	<b>9</b>	0	50,00%	6	2	2	<b>7</b>	1	38,90%
8	6	<b>12</b>	3	1	0	2	66,70%	<b>15</b>	2	0	0	1	83,30%
9	3	2	1	<b>7</b>	4	4	38,90%	2	0	<b>7</b>	4	5	38,90%
10	7	4	1	2	2	<b>9</b>	50,00%	4	3	1	1	<b>9</b>	50,00%
11	4	4	4	0	4	<b>6</b>	33,30%	5	3	4	1	<b>5</b>	27,80%
12	7	1	0	4	<b>9</b>	4	50,00%	1	1	4	<b>12</b>	0	66,70%

Tabela 05 – Escolha realizada pelos alunos ao responderem o teste inicial

Nota: objetivos de cada item.

1 – Dado o gráfico que representa um movimento o aluno deve ser capaz de determinar a função matemática.

2 – Dado o gráfico que representa um movimento o aluno deve ser capaz de determinar as suas características.

3 – Dada a função matemática que representa um movimento o aluno deve ser capaz de construir o gráfico da função

4 – Dada a função matemática que representa um movimento o aluno deve ser capaz de descrever suas características.

5 – Dada as características de um movimento o aluno deve ser capaz de determinar a função que o representa.

6 – Dada as características de um movimento o aluno deve ser capaz de determinar o gráfico que o representa.

7 - Dada as características de um movimento o aluno deve ser capaz de descrevê-lo.

Teste Final		Escola do Grupo Experimental (n = 18)					Escola do Grupo Controle (n = 18)						
Item	Objetivo	A	B	C	D	E	Perc. de Acertos	A	B	C	D	E	Perc. de Acertos
1	4	0	2	<b>11</b>	3	2	61,10%	0	3	<b>14</b>	1	0	77,80%
2	7	<b>13</b>	0	1	4	0	72,20%	<b>14</b>	2	0	1	1	77,80%
3	7	0	0	2	0	<b>16</b>	88,90%	3	3	0	1	<b>11</b>	61,10%
4	4	1	3	0	2	<b>12</b>	66,70%	1	3	3	1	<b>10</b>	55,60%
5	5	1	0	6	<b>9</b>	2	50,00%	2	5	0	<b>11</b>	0	61,10%
6	4	2	0	<b>13</b>	2	1	72,20%	3	2	<b>12</b>	0	1	66,70%
7	3	1	<b>11</b>	2	3	1	61,10%	1	<b>10</b>	3	4	0	55,60%
8	2	<b>16</b>	0	0	0	2	88,90%	<b>10</b>	2	1	1	4	55,60%
9	5	1	2	0	<b>15</b>	0	83,30%	3	3	1	<b>10</b>	1	55,60%
10	1	1	<b>11</b>	4	2	0	61,10%	1	<b>13</b>	3	1	0	72,20%
11	6	<b>15</b>	3	0	0	0	83,30%	<b>14</b>	1	0	2	1	77,80%
12	7	3	0	2	<b>13</b>	0	72,20%	4	1	0	<b>13</b>	0	72,20%
13	2	0	<b>15</b>	2	0	1	83,30%	5	<b>10</b>	3	0	0	55,60%
14	2	<b>12</b>	3	2	0	1	66,70%	<b>11</b>	4	3	0	0	61,10%
15	4	0	1	2	<b>13</b>	2	72,20%	0	1	3	<b>13</b>	1	72,20%
16	2	5	4	0	3	<b>6</b>	33,30%	3	3	3	2	<b>7</b>	38,90%

Tabela 06 – Escolha realizada pelos alunos ao responderem o teste Final

Nota: objetivos de cada item.

1 – Dado o gráfico que representa um movimento o aluno deve ser capaz de determinar a função matemática.

2 – Dado o gráfico que representa um movimento o aluno deve ser capaz de determinar as suas características.

3 – Dada a função matemática que representa um movimento o aluno deve ser capaz de construir o gráfico da função

4 – Dada a função matemática que representa um movimento o aluno deve ser capaz de descrever suas características.

5 – Dada as características de um movimento o aluno deve ser capaz de determinar a função que o representa.

6 – Dada as características de um movimento o aluno deve ser capaz de determinar o gráfico que o representa.

7 - Dada as características de um movimento o aluno deve ser capaz de descrevê-lo.

			Grupo Experimental		Grupo Controle	
Objetivos	Numeração teste inicial	Numeração teste Final	Percentual de Acertos teste inicial	Percentual de Acertos teste final	Percentual de Acertos teste inicial	Percentual de Acertos teste final
5	1	5	44,40%	50,00%	50,00%	61,10%
1	2	10	66,70%	61,10%	61,10%	72,20%
5	3	9	38,90%	83,30%	44,40%	55,60%
4	4	1	66,70%	61,10%	83,30%	77,80%
2	5	8	38,90%	88,90%	38,90%	55,60%
7	6	12	50,00%	72,20%	50,00%	72,20%
4	7	4	50,00%	66,70%	38,90%	55,60%
6	8	11	66,70%	83,30%	83,30%	77,80%
3	9	7	38,90%	61,10%	38,90%	55,60%
7	10	3	50,00%	88,90%	50,00%	61,10%
4	11	6	33,30%	72,20%	27,80%	66,70%
7	12	2	50,00%	72,20%	66,70%	77,80%

Tabela 07 – Comparação entre o desempenho dos alunos nas questões comuns aos dois testes.

Nota: objetivos de cada item.

1 – Dado o gráfico que representa um movimento o aluno deve ser capaz de determinar a função matemática.

2 – Dado o gráfico que representa um movimento o aluno deve ser capaz de determinar as suas características.

3 – Dada a função matemática que representa um movimento o aluno deve ser capaz de construir o gráfico da função

4 – Dada a função matemática que representa um movimento o aluno deve ser capaz de descrever suas características.

5 – Dada as características de um movimento o aluno deve ser capaz de determinar a função que o representa.

6 – Dada as características de um movimento o aluno deve ser capaz de determinar o gráfico que o representa.

7 - Dada as características de um movimento o aluno deve ser capaz de descrevê-lo.

Observando a média de acertos nas questões dos testes inicial e final na tabela 5.6, é possível dizer que houve um aumento nos escores obtidos pelos alunos dos dois grupos. Também, podemos constatar, ao comparar o desempenho por item, de cada grupo, que o tratamento da pesquisa



proporcionou, no geral, maior variação, para mais, no percentual de acertos do grupo experimental.

Na tabela 8 podemos observar além das médias dos grupos nos testes inicial e final, os seus desvios padrões e os coeficientes de correção inicial-final. O desvio padrão do grupo experimental diminui acentuadamente, sugerindo que os escores totais por aluno estejam mais próximos da média.

Grupo	Teste inicial (12 itens)			Teste Final (16 itens)			Correlação Inicial-Final
	Média do escore total	Desvio Padrão	Perc. de acertos	Média do escore total	Desvio Padrão	Perc. de acertos	
Experimental	9,90	5,10	0,50	14,00	4,30	0,70	0,64
Controle	10,60	5,80	0,53	12,70	5,70	0,64	0,59

Tabela 08 – Comparação entre o grupo experimental e o grupo controle nas médias dos testes inicial e final.

A razão F de Snedecor que é usada para obter o nível de significância estatística para a diferença entre as médias dos dois grupos são apresentadas na tabela 9 (FINN, 1997).

Grupo	Média do teste final	F	Nível de Significância Estatística
Experimental	14,0	4,2	0,048
Controle	12,7		

Tabela 09 - Comparação entre o grupo controle e o grupo experimental nas médias do teste final.

Como hipótese nula de pesquisa, consideramos que não haja diferenças entre as médias do grupo controle e do grupo experimental. Ou seja, a diferença no desempenho médio dos alunos nos testes de conhecimento seria apenas fruto do acaso.

Como vemos a partir da tabela 5.8, o grupo experimental possui uma média maior que o grupo controle, e portanto, com um nível de significância inferior a 0,05 podemos descartar a hipótese nula.

Este resultado confirma nossa hipótese de pesquisa, que é vantajoso para os alunos utilizarem atividades complementares de modelagem computacional com o *Modellus* como material complementar para as aulas de Física e de Matemática, promovendo melhor desempenho em teste de conteúdos.

#### 4.3 ANÁLISE DA REPOSTAS DOS QUESTIONÁRIOS QUE ACOMPANHAM AS ATIVIDADES

Nesse terceiro item da análise dos dados, procederemos a análise das respostas registradas pelos alunos para as questões impressa que acompanharam as atividades. Buscaremos nas respostas indícios que sustentem a hipótese levantada nesta investigação. Que os alunos que participaram do experimento aprenderam de forma significativa os conteúdos explorados.

Para analisar o desempenho dos alunos nos exercícios, assumiremos a classificação hierárquica proposta por Campos (2000): não fez (NF); respondeu errado (RE); sucesso parcial (SP) e sucesso completo (SC). A exceção de (SP), que será detalhada para cada análise a seguir, os demais itens são auto-explicativos. Esta classificação nos ajudará a avaliar qualitativamente se a alternativa didática que propomos proporcionou as condições necessárias para a aprendizagem significativa.

## Atividade 1 – Cálculo da velocidade de um móvel

Para a análise desta atividade, ela foi dividida em três grupos de exercícios. O primeiro grupo é formado pelos exercícios de 1 a 5 e compreende um conjunto de operações matemáticas que devem ser feitas para o cálculo da velocidade média. O segundo grupo que corresponde aos exercícios de 6 a 9 e compreende a generalização do cálculo da velocidade média com a dedução da fórmula. O terceiro e último grupo refere-se aos exercícios número 10 e 11, que demonstram a aplicação dos conceitos de velocidade média na resolução de problemas práticos.

- Grupo 1 : Exercícios 1 a 5

Nenhuma formalização matemática é exigida na resolução desses itens, que consideramos com grau de dificuldade baixo. Entendemos como tendo completamente cumprido o objetivo, o grupo de alunos que conseguiu calcular corretamente a velocidade média do carro no trecho de A para B.

NF	RE	SP	SC
0	0	0	10
0%	0%	0%	100%

Todas as duplas obtiveram sucesso completo nesse grupo de exercícios. Destacando o baixo grau de dificuldade e que os alunos dispunham do conhecimento prévio suficiente para compreender a atividade e que não encontraram dificuldades na manipulação do *software*.

Como todos concluíram este grupo de exercícios, percebemos que o uso do *software* despertou interesse em aprender alterando o estado de inércia apresentado pelos alunos como citado no 4.2.6.

- Grupo 2: 6 a 9

NF	RE	SP	SC
0	1	3	5
0%	10%	30%	60%

Observamos um caso classificado como RE. Essa dupla inverteu os valores subtraídos:

7) *subtração 200 – 440*

8) *subtração 14 – 17*

9) a)  $S_A - S_B$                       b)  $t_A - t_B$

Ou seja, embora tenham conseguido chegar a solução correta no grupo anterior, não conseguiram formalizar os passos adotados na solução.

Nos grupos classificados como sucesso parcial, temos alguns casos a destacar. A dupla 02 respondeu assim o exercício número 9:

a) *subtração*

b) *subtração*

c) *divisão*

Essa dupla apresentou dificuldade em interpretar o enunciado da questão. Nos exercícios 6, 7 e 8, o mesmo padrão de resposta foi usado por ela.

Também, podemos verificar que alguns alunos não identificaram a operação como descrita acima; eles simplesmente representaram a operação matemática que fizeram com os números, ignorando ou não entendendo o enunciado que pede para designar os resultados como “distância percorrida” e “tempo gasto”. Esses alunos em geral responderam no exercício 6:

$$\frac{240}{3} = 80 \text{ km/h}$$

O conhecimento de uma linguagem simbólica típica desse conteúdo é demonstrado pelas duplas 06 e 08.

$$6) \frac{\Delta S}{\Delta T} = \frac{240 \text{ km}}{3 \text{ h}} = 80 \text{ km/h}$$

7) a subtração entre a distância percorrida entre A e B

8) a hora que ele passou pela placa B menos a hora que ele passou pela placa A.

$$9) \text{ a) } S_A - S_B \quad \text{b) } t_A - t_B \quad \text{c) } V = \frac{\Delta S}{\Delta T}$$

Mesmo demonstrando um certo conhecimento prévio, específico do conteúdo trabalho, as duplas não obtiveram sucesso completo. Vemos aqui falta de domínio das grandezas físicas envolvidas, fazendo confusão entre distância e posição, registrando hora como se fosse sinônimo de tempo. Nos itens (a) e (b) da questão 9 a dupla inverteu a ordem dos termos evidenciando dificuldades nesse tipo de formulação.

Entre as duplas que obtiveram sucesso completo (SC), podemos destacar ótimas formalizações. Por exemplo, o caso da dupla 09, no exercício 6:

$$\text{velocidade} = \frac{\text{espaço}}{\text{tempo}} = V = \frac{240 \text{ km}}{3 \text{ h}} = V = 80 \text{ km/h}$$

Outro bom exemplo de formulação, podemos encontrar na dupla 01:

6) divisão da distância percorrida pelo tempo

7) subtrai a distância da placa A (200km) da distância da placa B (440 km)

8) subtrai o tempo de A(14h) do tempo de B (17h)

9) a) distância entre A e B =  $S_B - S_A$

b) tempo =  $t_B - t_A$

$$\text{c) velocidade} = \frac{S_B - S_A}{t_B - t_A}$$

Mesmo não demonstrando conhecimento prévio formal (não utilizou os símbolos típicos  $\Delta S$ ,  $\Delta t$  ou  $V_m$ ) a dupla mostrou domínio das operações, explicitando de forma correta e segura cada resposta, evidenciando que conseguiu formular o conceito de velocidade média mostrando que as atividades possibilitaram a interação entre os conceitos que os alunos já possuíam e os conceitos investidos.

- Grupo 3: exercícios 10 e 11

Usando um problema que envolve a própria situação estudada, pretendemos avaliar se os alunos estão aptos a aplicar os conhecimentos construídos nos exercícios anteriores.

A partir da hierarquia de classificação que adotamos para esta atividade, obtivemos as seguintes quantidades:

NF	RE	SP	SC
0	2	2	6
0%	20%	20%	50%

Para a análise, podemos destacar que o sucesso completo pode ser obtido por várias estratégias. Dentre as quais, iremos destacar as seguintes:

1 – utilizando a fórmula da velocidade média obtida no item 9c, efetua-se  $440 \div 5 = 88$  km/h; em seguida, usando a mesma fórmula, fazemos distância =  $V \cdot \text{tempo}$ , ou seja,  $d = 88 \cdot 6 = 528$  km.

2 – após obter 88 km/h como descrito acima, verifica-se que o tempo gasto para ir do ponto B até Natal foi de 1 hora e conclui-se que a distância percorrida nesse tempo é de 88 km (distância entre o ponto B e Natal). Como a distância de Maceió até o ponto B é de 440 km, fazemos  $440 + 88 = 528$ , que é a distância indicada pela variável  $x$  no modelo e que devemos determinar.

No item 1, verificamos uma estratégia mais elaborada, um esquema teórico sólido que envolve a descrição formal dos passos, já na estratégia 2, é evidente a ausência da formulação, de um conhecimento prévio do cálculo da velocidade média.

As duplas 07 e 09 utilizaram a estratégia (2) e foram classificadas como no grupo de sucesso completo. Mesmo obtendo o resultado correto, não podemos dizer que as duplas detenham o conhecimento formal que pretendemos.

Analisando a solução apresentada pelas duplas 09 e 10 para o exercício 11:

$$\begin{aligned} \text{Velocidade} &= \frac{\Delta S}{\Delta T} = V = \frac{\Delta S}{6h} & \frac{88km}{h} &= \frac{\Delta S}{6h} \\ \Delta S &= 6 \cdot 88 \\ \Delta S &= 528km \end{aligned}$$

Essas duplas evidenciam o domínio do conhecimento formal de cálculo da velocidade, destacando inclusive, que foram capazes de identificar um problema e aplicar o conhecimento necessário.

Entre os casos de sucesso parcial, dois utilizaram uma estratégia aparentemente lógica, mas que não leva ao sucesso. Eis a estratégia empregada:

- a) calcula-se a velocidade média entre Maceió e o ponto A: 100 km/h
- b) calcula-se a velocidade entre os pontos A e B: 80 km/h
- c) para obter-se a velocidade entre Maceió e o ponto B, calcula-se a média dos dois resultados anteriores: 90 km/h
- d) multiplica-se esse valor (90 km/h) pelo tempo de viagem (6h) para obter-se a distância: 540 km

O erro ocorreu no passo (c), por dois motivos: as distâncias entre Maceió e A e distância entre A e B não são as mesmas; se as distâncias fossem

as mesmas, a velocidade média não seria a média aritmética das velocidades e sim a média harmônica.

Quanto ao resultado obtido no item (d) foi importante para validar a resposta, pois, alguns alunos relataram no momento da socialização que ao verificar discrepâncias entre os resultados obtidos e o resultado apresentado pela variável  $x$ , no modelo, empreenderam um novo caminho para chegar as respostas corretas.

Como foi registrado pela fala de um aluno: *“é importante visualizar os valores corretos a medida que o modelo é executado, pois podemos corrigir nossos erros de cálculo e de fórmulas”*.

Ao confrontar suas respostas com os valores produzidos pelo *software* o aluno está validando o conhecimento adquirido. Ou seja, durante processo de interação com o *Modellus*, ele procura “ancorar” o novo conceito a sua estrutura cognitiva.

A partir da taxa de sucesso demonstrado pelos números aqui apresentados, acreditamos que os principais objetivos, em termos de saberes foram alcançados. Destacamos entre esses objetivos a construção do conceito de velocidade média, a correta manipulação de grandezas físicas e o uso do *Modellus* como ferramenta de modelagem computacional.

## **Atividade 2: estudando o movimento do trem**

Parte A: realizada por 10 duplas. Essa parte é composta por 6 exercícios e para analisá-los vamos dividi-los em 3 grupos.

- Grupo 1: composta pelos exercícios 1 e 2 (itens a, b, c, d, e).

Nos exercícios desse grupo, pretendemos apresentar mais funções do *Modellus* e solicitar dos alunos que façam a leitura de valores gerados na



janela Tabela e que apliquem o conceito de velocidade média, construído na atividade anterior. À exceção de algumas duplas que não escreveram as unidades de medidas que estavam trabalhando, as demais completaram com êxito esse grupo de exercícios.

NF	RE	SP	SC
0	0	1	9
0%	0%	10%	90%

Os dados indicam que o conceito de velocidade parece estar bem estável. Um único caso de sucesso parcial ocorreu com uma dupla que errou uma operação matemática de divisão, o que não compromete a conceituação de velocidade.

- Grupo 2: corresponde aos exercícios 2 (item e), 3 e 4.

Este grupo de exercícios corresponde a caracterização do movimento uniforme.

Abaixo, apresentamos um quadro com os números referentes ao desempenho dos alunos nesse grupo de exercícios:

NF	RE	SP	SC
1	3	0	6
10%	30%	0%	60%

Analisando os resultados da classificação do movimento, verificamos que mesmo sabendo calcular corretamente a velocidade (Grupo 1), apenas 60% obteve sucesso completo, o que não quer dizer que todos escreveram que o movimento era uniforme. Significa apenas que a classificação do movimento foi coerente. Por exemplo, a dupla 05, ao comparar as velocidades calculadas escreveu:

2) e) os valores são iguais, o trem é estável e regular.

3) ela permanece a mesma em todos os pontos.

4) em média, é sempre estável e regular.

As três duplas que responderam errado, classificaram o movimento do trem como acelerado, acreditamos que o conceito físico de aceleração foi confundido com o conceito significado leigo.

Uma dupla não respondeu ao exercício 4. Mesmo tendo calculado corretamente a velocidade nos itens anteriores, faltou criatividade para fazer a classificação baseada no fato da velocidade ser constante.

- Grupo 3: exercícios 5 e 6.

Exercícios que exploram a mudança de registro, tabela para gráfico.

NF	RE	SP	SC
1	0	0	9
10%	0%	0%	90%

Praticamente todas as duplas obtiveram sucesso completo, apenas uma dupla deixou em branco. No momento da socialização, uma dupla do sucesso completo explicou que tinha colocado os valores de tempo no eixo vertical e por isso o gráfico não era igual ao apresentado pelo *Modellus*.

Concluimos, com base nos resultados obtidos aqui, que a conversão do registro numérico (tabela) para o registro gráfico foi facilitado pelo uso da ferramenta de modelagem, tendo em vista que os alunos tiveram oportunidade de contornar dificuldades, principalmente refazendo suas ações.

Parte B: exercícios de 7 a 18

Os 12 exercícios que compõem a parte B foram divididos em três grupos para a análise.

Grupo 1: exercícios de 7 a 10 – cálculo do coeficiente b.

NF	RE	SP	SC
2	1	2	5
20%	10%	20%	50%

Ao apresentarmos a função do primeiro grau, acreditávamos que os exercícios de 7 a 10, seriam facilmente resolvidos pelos alunos, o que acabou não acontecendo e revelando uma dificuldade na interpretação dos enunciados e na manipulação de termos algébricos. Duas duplas não arriscaram qualquer solução e uma dupla escreveu, no exercício 7:

$$y = a \cdot 0 + b$$

$$y = a + b$$

o erro de origem algébrica acima compromete o sucesso da dupla, pois trata-se de um conhecimento que deveria estar disponível para a realização da atividade.

As duplas 05, que englobam o sucesso parcial conseguiram calcular o valor de b mas não foram capazes de escrever a fórmula  $y = a \cdot x + b$  substituindo o valor calculado. Vejamos abaixo os resultados da dupla:

$$7) y = a \cdot x + b$$

$$y = a \cdot 0 + b$$

$$y = b$$

8) para  $x = 0$   $y = 40$  no gráfico e na tabela do *Modellus*.

$$9) y = b$$

$$y = 40 \text{ ou } b = 40$$

$$10) y = a \cdot 0 + b$$

$$y = a \cdot 0 + 40$$

$$y = 0 + 40 = 40$$

Essa dupla obteve sucesso até o exercício 9, mas errou ao substituir  $x$  por 0 no exercício 10. É evidente que os alunos não possuem o conhecimento prévio referente a funções, ao menos, sobre os conceitos de variáveis e funções.

Grupo 2: exercícios 11, 12 e 13 – cálculo do coeficiente  $a$  e identificação com a velocidade do trem.

NF	RE	SP	SC
3	1	2	4
30%	10%	20%	40%

O grupo que responderam errado mostraram não dominar os conhecimentos de registros algébricos e/ou numéricos, como podemos ver na solução da dupla 03 para o exercício 11:

$$70 = a \cdot 10 + 40$$

$$- a = 50 - 70 (- 1)$$

$$a = 20$$

Notamos que manipular equações do primeiro grau ou expressões algébricas simples não é um conhecimento que todos os alunos possuíam, mas isso não é uma realidade para todos os alunos.

Vamos analisar as resposta de outra dupla para os exercícios deste grupo:

$$11) y = a \cdot x + b$$

$$40 = a \cdot 0 + 40$$

$$a = 40 - 40$$

$$a = 0$$

$$12) y = 0.x + 40$$

13) o valor de  $a$  é a velocidade do carro que este em repouso, pois a velocidade é 0.

Neste caso, a dupla não prestou atenção no enunciado que pede para substituir as coordenadas do gráfico que corresponde ao instante 10 s. No momento da socialização pedimos que a dupla acionasse o modelo e verificasse o que acontecia com o móvel.

Ao verificar que o móvel estava em movimento, resolveram refazer a atividade, substituindo as coordenadas para o instante 10s, chegando a resposta correta.

Este exemplo demonstra a importância da modelagem para o ensino de matemática e de física, pois, ao interagir, executando o modelo, tantas vezes seja necessário, os alunos podem refletir sobre os passos adotados na solução de um exercício. Alterando adequadamente cada passo que não conduz a resposta correta.

- Grupo 3: exercícios 14 a 18.

O objetivo principal deste grupo de exercícios é conduzir os alunos a definição da função horária do Movimento Uniforme – MU.

NF	RE	SP	SC
5	0	1	4
50%	0%	10%	40%

Para este grupo notamos um número significativo de alunos que não fizeram. Os alunos alegaram falta de tempo para a conclusão da atividade. Para minimizar os efeitos da falta de tempo, e principalmente que a falta da conclusão deste grupo de exercícios não afetasse o desenvolvimento dos conceitos, na aula

seguinte fizemos uma institucionalização dos conceitos envolvidos onde os alunos puderam discutir sobre suas dúvidas.

Os alunos classificados como SP fizeram corretamente os exercícios 14, 15 e 16, mas deixaram em brancos os exercícios 17 e 18, alegando que não tiveram tempo para conclusão.

Análise geral da parte B.

Abaixo apresentamos o resumo das principais dificuldades detectadas na análise dos exercícios da parte B:

- Manipulação das expressões algébricas;
- Identificação e distinção entre variáveis e constantes presentes em uma função;
- Resolução de equação do primeiro grau;
- Interpretação dos enunciados (textos).

Durante a fase de socialização algumas duplas não conseguiram detalhar os passos adotados para a mudança de registros, numérico algébrico. Evidenciando certa insegurança e até mesmo um desconhecimento total sobre como fazê-lo.

A integração dos conteúdos de física e de matemática fica evidenciada nessa parte da atividade, que parte de um gráfico cartesiano e chega a expressão algébrica da função horária do movimento uniforme. Ao trabalhar com conceitos físicos de posição e velocidade, os alunos evidenciam a integração de conteúdos quando são solicitados a buscar significado para as variáveis e as constantes da função do primeiro grau e ao concluírem a mudança de registro numérico para algébrico.

Parte C: exercício 19.

Aplicação da mudança de registro. No exercício 19 os alunos devem escrever as funções horárias que descrevem os movimentos representados nos gráficos da animação 2.

NF	RE	SP	SC
0	1	3	6
0%	10%	30%	60%

Nesse grupo de exercícios, mais da metade das duplas obtiveram sucesso completo. Podemos concluir que as etapas de socialização e as discussões sobre os conteúdos das partes A e B contribuíram para que alunos que não tenham conseguido sucesso total nas atividades anteriores, tenham conseguido agora. Como todas as duplas concluíram as atividades, o tempo não foi problema.

Analisando as respostas das duplas classificadas como sucesso parcial, verificamos que elas conseguiram colocar em prática conteúdos anteriores, pois fizeram totalmente o exercício 19a, mas não conseguiram chegar ao resultado do item 19b. O item b apresentou mais dificuldade, pois exigiu que se encontra-se o espaço inicial (coeficiente b) no gráfico.

As duplas trabalharam de forma estável com a mudança de registro (gráfico → algébrico), mostrando que possuem o conhecimento prévio necessário. Ou seja, que as atividades anteriores contribuíram para a aprendizagem significativa destes conteúdos.

Como exemplo, vejamos alguns casos:

- Dupla 02

19 a)  $y = ax + b$

$x = 0$  e  $y = 30$

$$30 = a \cdot 0 + b$$

$$b = 30$$

$$y = a \cdot x + 30$$

$$x = 6 \text{ e } y = 54$$

$$54 = a \cdot 6 + 30$$

$$- a \cdot 6 = 30 - 54 \text{ (-1)}$$

$$a = \frac{24}{6}$$

$$a = 4$$

$$y = 4x + 30$$

$$S = 4t + 30$$

$$19 \text{ b) } \textit{velocidade} = \frac{SA-SB}{TA-TA} = V = \frac{46-21}{8-3}$$

$$V = \frac{25}{5} = 5 \text{ m/s}$$

$$S = v \cdot t + S_0$$

$$46 = 5 \cdot 8 + S_0$$

$$S_0 = 46 - 40$$

$$S_0 = 6$$

$$S = 5 \cdot t + 6$$

A dupla parte do uso da função do primeiro grau para resolver o item (a), demonstrando segurança para trabalhar no domínio matemático e só passa para o domínio físico no final. No item (b) a dupla usa apenas conceitos físicos para chegar ao resultado. Neste exemplo enxergamos a integração entre os conceitos físicos e matemáticos e a função surge como elemento estruturante do saber físico.

- Dupla 05

$$19 \text{ b) } V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

$$V_m = \frac{46-21}{8-3}$$

$$V_m = \frac{25}{5}$$

$$V_m = 5 \text{ m/s}$$

	X	Y
Inicial	$S_0$	0
	21	3
Final	46	8



$$S = v.t + S_0$$

$$46 = 5.8 + S_0$$

$$S_0 = 46 - 40$$

$$S_0 = 6$$

$$S = v.t + S_0$$

$$S = 5.t + 6$$

Essa dupla também trabalho no domínio dos conhecimento físicos, aplicando corretamente os conteúdos trabalhados nas atividades anteriores. Mas, ela recorre ao domínio da matemática ao construir uma tabela, mostrando que a mudança de registro (numérico → algébrico) deixa de ser um obstáculo e passa a ser um recurso para trabalhar os conteúdos físicos.

A integração dos conteúdos de física e matemática fica evidente, pois, ao analisar as respostas dos alunos, verificamos que praticamente todos as duplas partiram da função do primeiro grau ( $y = a.x + b$ ) para chegar aos resultados. A função matemática é vista como um elemento facilitador e integrador, permitindo, portanto, um ganho pedagógico nos saberes trabalhados no tratamento da pesquisa.

De modo geral, as atividades até aqui trabalhadas, oferecem indícios para a comprovação da hipótese levantada no início desse trabalho, pois, alguns avanços já são evidentes:

- 1 - detectamos uma integração dos conteúdos matemáticos e físicos;
- 2 – a integração atua como elemento facilitador na solução de problemas, promovendo assim um ganho pedagógico;
- 3 – a incorporação dos múltiplos registros promovidos pelo uso do *Modellus*, como é feito de forma espontânea por alunos que optam pela mudança de registro (gráfico → numérico → algébrico) para resolver os problemas.

### Atividade 3: MUV – Equação das velocidades

Essa atividade foi realizada por 10 duplas e é composta por 14 exercícios que foram divididos em três grupos.

Grupo 1 : exercícios de 1 a 2 – Calculo da aceleração e identificação do gráfico da velocidade versus o tempo.

NF	RE	SP	SC
0	0	0	10
0%	0%	0%	100%

Os exercícios desse grupo foram feitos por todas as duplas. O exercício 1 apresenta grande semelhança com os exercícios das atividades anteriores. O exercício 2, exigiu a exploração de funções do *Modellus*, como o uso da janela Gráfico, situação que os alunos trabalharam sem problema.

Grupo 2: exercícios de 3 a 11 – determinação da função velocidade.

NF	RE	SP	SC
0	1	2	7
0%	10%	20%	70%

O tempo não foi problema para a execução desta atividade, pois, todas as duplas concluíram as atividades. A dupla que foi classificada como RE apresentou erro na manipulação das expressões algébricas e em operações matemáticas básicas. As duas duplas de SP fizeram corretamente até o exercício de nº 8.

Para nossa análise, iremos apresentar casos de SC.

- Dupla 04:

3) a função de primeiro grau gera uma reta como no gráfico do programa.

$$y = a.x + b$$

4)  $x = 0$  e  $y = 50$

$$y = a.x + b$$

$$50 = a.0 + b$$

$$b = 50$$

5)  $y = a.x + 50$

6) para  $x = 5$   $y = 70$

$$70 = a.5 + 50 \Leftrightarrow -a.5 = 50 - 70 \quad (-1) \Leftrightarrow a.5 = 20 \Leftrightarrow a = 4$$

7) os mesmos resultados. O  $a$  daqui tem o mesmo valor da aceleração.

- Dupla 07

7) o valor é mesmo nos dois exercícios. Mostrando que o coeficiente  $a$  corresponde à aceleração do avião.

Novamente, é evidente nos casos mostrados que as duplas conseguiram mostrar de forma clara os passos adotados, que revela uma atitude reflexiva e o uso de uma linguagem formal.

No exercício 7, é solicitado que os alunos façam uma comparação dos resultados obtidos. A comparação como forma reflexiva para construção de conhecimento é evidente ao analisar as duas respostas. Os alunos conseguem perceber a integração dos conteúdos, e os usa para interpretar fisicamente alguns fenômenos.

Grupo 3: exercícios 12, 13 e 14 – Aplicação da função velocidade.

Este grupo de exercícios pretende promover a aplicação do conhecimento trabalhado, função velocidade, e auxiliar na caracterização dos movimentos usando o *software Modellus*.

NF	RE	SP	SC
0	0	0	10
0%	0%	0%	100%

Todas as duplas concluíram os exercícios. Não houve problema por parte dos alunos para usarem a generalização da função velocidade e para usarem as funções do *Modellus*. Uma das duplas classificadas como SC respondeu assim, os exercícios:

$$12) y = a.x + b$$

$$V = 8.t + 50$$

$$13) v = v_0 + a.t$$

14) *movimento uniforme – v constante.*

No exercício de nº 12 a dupla recorre ao domínio matemático, escrevendo a função do primeiro grau e depois, para o conhecimento físico, onde é mostrado que ela consegue a partir dá significado físico as variáveis matemáticas.

O *Modellus* permite de forma rápida e interativa que o aluno visualize a tipo de movimento empreendido pelo móvel ao alterar o valor da aceleração, como percebemos no exercício 14.

Até o presente momento, podemos demonstrar algumas articulações entre os conteúdos analisados e entendemos que a integração permite um ganho pedagógico. Também, verificamos o potencial do software *Modellus* para a integração dos conteúdos, principalmente por permite que os alunos visualizem simultaneamente as diversas representações de um fenômeno físico (modelo matemático, tabela, gráfico, animação) e por mostrar o papel estruturante da matemática nos processos de modelagem.

#### Atividade 4: Função horária da velocidade para o MUV

Nesta atividade exploramos a criação de um modelo no *Modellus* a partir das funções velocidade e posição na primeira parte e na segunda parte, realizamos experimentos para que os alunos construam o conhecimento de propriedades das funções horária da velocidade.

Parte I : construção do modelo.

Todos os alunos construíram o modelo usando o *software*, fato que evidencia a facilidade de uso deste programa e o credencia ao uso com alunos do ensino médio e inclusive, com alunos que não possuem maiores conhecimento de informática.

Na fase de socialização, os alunos se mostraram bastante contentes com a realização deste tipo de atividade, como é evidente na fala de um aluno: “*foi muito fácil escrever as funções, fiz do mesmo jeito que tava anotado no caderno*”.

Parte II : Experimentação

Composta por um grupo de exercícios cujo objetivo é introduzir a função horária dos espaços do movimento uniformemente variado a partir de uma propriedade do gráfico  $v \times t$ .

NF	RE	SP	SC
1	0	3	6
10%	0%	30%	60%

Os grupos classificados como sucesso parcial (SP) não fizeram todos os exercícios. Durante a socialização, eles se queixaram da ferramenta de medida de área do *Modellus*, ferramenta crucial para medir a área sob o gráfico e chegar a conclusão do item (f). Portanto, podemos perceber que os alunos

conseguiram substituir os valores propostos, fizeram alterações, modificaram e testaram hipóteses ao usar o *Modellus*.

Para o item (c), um dos alunos de uma dupla classificada como SC respondeu da seguinte forma quando foi solicitado que explicasse sua resposta: “sabia que a o gráfico teria que ser uma reta horizontal, pois a velocidade não muda quando a aceleração é zero, mas quando escrevemos zero no local, o gráfico ficou como estávamos esperando”.

Esta atividade de criação despertou o entusiasmo dos alunos, pois, eles passaram a trabalhar de forma mais efetiva com o *Modellus*, principalmente tendo condições de alterar, de errar e corrigir. Além de auxiliar na integração de conteúdos o *Modellus* também contribuiu para o interesse dos alunos em concluir os exercícios.

#### **Atividade 5: A função quadrática e a função horária dos espaços do MUV.**

Esta atividade é composta de duas partes, A e B, e foi realizada por 10 duplas. O tempo previsto de duas aulas foi suficiente e os alunos não deixaram de fazer nenhuma questão por falta de tempo.

A primeira parte explora as características gerais da função quadrática, trabalhadas exclusivamente no domínio matemático. Na segunda, pedimos aos alunos que dessem uma interpretação física para essas características, no caso de a função quadrática representar um movimento uniformemente variado – MUV.

Parte A – Criação de um modelo matemático de uma função quadrática.

NF	RE	SP	SC
0	0	3	7
0%	0%	30%	70%

Como na atividade anterior, os alunos não encontraram obstáculos para construir o modelo matemático. As duplas classificadas como SP apresentaram dificuldades para realizar o estudo do crescimento da função (item d). Mas este fato não interferiu nos demais exercícios, tendo em vista que eles foram concluídos com êxito.

Para exemplificar o a importância do uso do *Modellus* quando pretendemos despertar nos alunos a reflexão e o teste de hipóteses no processo de construção do conhecimento ou na resolução de exercícios, transcrevemos o que um aluno de um dos grupos classificados como SC relatou sobre a resposta que ele deu para a o item (e): “*eu já sabia que a concavidade do gráfico tem a ver com o valor do a, então, teste no software valores positivos e negativos, e tudo ficou bem claro*”.

#### Parte B – Experimentação

NF	RE	SP	SC
1	1	7	1
10%	10%	70%	10%

Neste exercício pedimos que os alunos executem as passos do exercício anterior e procurassem interpretar fisicamente cada característica da função quadrática.

A maior parte das duplas (70%) foram classificadas como sucesso parcial (SP). Para auxiliar na classificação, como o exercício teve 5 itens ( a a e), classificamos com SP as duplas que apresentaram de 2 a 5 acertos.

O item que teve o menor número de acertos foi item (d) onde foi pedido que os alunos fizessem o estudo do crescimento da função. Para dar uma interpretação física para isto, deve-se observar que, quando o gráfico é decrescente, as posições estão decrescendo, ou seja, o móvel está se

movimentando em sentido contrário à orientação da trajetória, o que caracteriza um movimento retrógrado. O movimento será progressivo no trecho do gráfico que apresentar um crescimento da função (as posições estão aumentando, ou seja, o móvel está se afastando no sentido positivo da trajetória). Os alunos que erraram esse item se limitaram a dá interpretações matemáticas.

Como podemos ver na resposta da dupla 03 para o item d: “ *a função é crescente para  $y$  maior ou igual a 3 e decrescente para  $y$  menor que 3*”. Os alunos recorreram as interpretações matemáticas mostrando que possuem a abstração necessária para dá as interpretações físicas.

Nos demais itens os alunos também apresentaram dificuldade para procederem as interpretações físicas. Abaixo destacamos algumas respostas dos exercícios das parte B:

- Dupla 02:

c) *Vértice 3 e -4, é o ponto em que o gráfico tem o menor valor.*

Essa dupla propõe uma solução matemática e específica para esta função, pois, o vértice também pode representar o valor máximo da função. Porém, mesmo estando certa a resposta, não é essa que buscamos para este item.

Nos demais itens os alunos continuaram a dá respostas predominantemente no domínio matemático, problemas que foram resolvidos por meio da socialização dos conteúdos trabalhados e discussões onde os alunos puderam sanar as dúvidas.

Sobre o uso do *Modellus*, os alunos não apresentaram dificuldades, pois, conseguiram criar os modelos, substituir os valores e ler os resultados que desejavam.



Através dessa atividade, podemos observar como ocorre a integração do conteúdo matemático de função do segundo grau e do estudo do movimento uniformemente variado. O que podemos verificar que esta integração não é facilmente obtida pelos alunos, conforme foi demonstrado pelos números de sucesso parcial e completo. É preciso investir em mais atividades que disponham de pontos de ligação entre as estruturas matemáticas e físicas, principalmente, atividades de modelagem matemática.

De uma forma geral, percebemos que ocorreu aprendizagem significativa, pois identificamos as condições necessárias nos seguintes eventos:

- Pontualidade e freqüência dos alunos e elevado percentual de conclusão das atividades por parte dos grupos, o que caracteriza disposição para aprender devido ao material ser potencialmente significativo.
- Existência do conhecimento prévio que servirá de ancoradouro para o novo conhecimento.

#### 4.4 ANÁLISE DO LEVANTAMENTO DE OPINIÕES

Ao final do tratamento da pesquisa usamos um questionário com nove itens para levantarmos as opiniões dos alunos que participaram do grupo experimental sobre o uso da ferramenta de modelagem computacional *Modellus* com a intenção de promover a integração de conteúdos de física e de matemática.

Como já foi visto nas duas sessões anteriores que o uso do *Modellus* trás melhoras significativas a atividade docente, principalmente com o uso de atividades complementares as aulas tradicionais. Agora vamos tentar validar a hipótese de pesquisa a partir da análise das opiniões dos alunos sobre as atividades, sobre a mudança de conceitos a partir do uso das atividades

complementares e sobre o papel estruturante da matemática nos conceitos físicos.

Abaixo apresentamos, nas palavras dos alunos, algumas opiniões:

*“Muito, uma vez que os problemas ficaram mais nítidos e reais.”* (aluno 1)

*“ Sim ajudou a assimilar melhor as questões.”* (aluno 7)

*“ O uso do Modellus facilitou a interpretação das questões.”* (aluno 8)

Os alunos destacam as contribuições do uso dos modelos para a interpretação das questões.

*“Que a matemática e a física trabalham juntas.”* (aluno 15)

*“Uma melhoria na interpretação das questões.”* (aluno 3)

*“Pois as animações nos ajudam a perceber os componentes dos cálculos.”*  
(aluno 13)

*“ Sim, por que todas as questões dependem da matemática para serem resolvidas.”* (aluno 10)

*“ A matemática é a mãe dos números, nenhuma outra disciplina que utilize números sobrevive sem ela.”* (aluno 14)

Os alunos conseguiram perceber o papel estruturante que a matemática desempenha nos conceitos físicos, e certamente, que os conceitos físicos servem de exemplos para as funções matemática.

*“ Mudou, achávamos que a física era ruim.”* (aluno 4)

*“Antes não gostava nem de física nem matemática, com o uso de computadores, vendo as duas juntas é muito fácil aprender.”(aluno 1)*

*“Muito importante aprender assim, eu via as coisas acontecendo na tela e podia interferir ao clicar.”(aluno 11)*

Também acreditamos que o tratamento despertou nos alunos disposição para aprender devido o uso das atividades de modelagem permitiu aos alunos interferirem nos resultados, revendo os conceitos e alterando os valores dos parâmetros iniciais.

Com base nos dados obtidos com o levantamento de opiniões montamos a tabela 5.9 que apresenta uma idéia geral sobre a receptividade dos alunos ao tratamento da pesquisa.

Com a análise das opiniões fica evidente que os alunos perceberam a integração dos conteúdos e que este resultado foi graças a interação proporcionada pela ferramenta de modelagem computacional. Os alunos também mostraram mais interesse em fazer e/ou refazer as atividades, destacando a importância do tratamento do erro no processo ensino aprendizagem e a disposição para aprender.

A partir da tabela 5.9, podemos evidenciar a excelente aceitação das atividades de modelagem computacional como material para auxiliar aulas de física e matemática num contexto integracionista por parte dos alunos que participaram do grupo experimental.

Perguntas	Alunos (n = 18)	Opiniões
1 - As atividades propostas foram difíceis?	18	80% responderam que não
2 - O software <i>Modellus</i> ajudou na resolução das questões?	18	Todos responderam que ajudou sim ou bastante.
3 - Durante a execução das atividades você notou a importância do uso da matemática?	18	Todos afirmaram que sim
4 - Alguma idéia (conceito) que você possuía mudou depois das atividades?	13 5	Afirmaram que sim, e até deram exemplos. Disseram que não, que apenas tinha mudado a forma de ensinar tais conceitos
5 - Se mudou, você diria que o uso do <i>Modellus</i> contribuiu de alguma forma para essa mudança?	18	Todos manifestaram-se positivamente
6 - Você aprendeu conceitos novos a partir das atividades?	18	Todos afirmaram que sim
7 - O software <i>Modellus</i> exigiu muito conhecimento de informática?	18	Todos responderam que não
8 - o software <i>Modellus</i> ajudou a perceber a integração entre a física e a matemática?	15 3	Responderam que ajudou Já tinham percebido antes
9 - Você aceitaria ter mais aulas com o uso do <i>Modellus</i> ?	18	Todos responderam que sim

Tabela 10 – Resumo das idéias gerais dos alunos obtidas com o questionário de opiniões.

No capítulo seguinte apresentaremos as conclusões deste trabalho.

## 5 CONCLUSÕES

Com a chegada dos computadores nas escolas e conseqüentemente, com a crescente oferta de *softwares* computacionais, faz-se necessário, principalmente, investigar a contribuição de aprendizagem do aluno que estas tecnologias podem proporcionar.

Dentre as diversas possibilidades de uso de tecnologias (informática) no ensino de Física e de Matemática, escolhemos a modelagem computacional, por acreditarmos que durante o processo de construção de modelos os alunos possam interagir com mais vigor com resultados previstos pela matemática e os verificados no cotidiano. Permitindo desta forma, melhor compreensão do papel estruturador da matemática para o conhecimento físico.

Quanto a escolha do *software*, vários motivos nos fizeram optar pelo *Modellus*, dentre eles, podemos destacar: a possibilidade de permitir ao aluno fazer experimentos conceituais a partir de funções matemáticas, principalmente, que podem ser escritas de forma direta, ou seja, assim como os alunos as registram em seus cadernos.

Optamos por trabalhar com cinemática (Física) e com Funções (Matemática), pelo fato que no primeiro ano, em particular, a Cinemática se apóia fortemente em conhecimentos sobre funções que são anteriores ou dados em paralelo (Pietrocola, 2002). Também, porque estes conteúdos sempre estão presentes nos currículos da primeira série do ensino médio.

O papel estruturante da matemática ganha evidência no *software Modellus* quando o aprendiz percebe que o estudo dos fenômenos físicos só é possível mediante a escolha adequada do modelo matemático, que desta forma, adquire mais significado.

Como objetivo central nesta pesquisa, procuramos determinar se os alunos aprenderiam de forma significativa os conteúdos de física e matemática

investidos no tratamento da pesquisa, após serem submetidos a um conjunto de cinco atividades de modelagem computacional aplicadas em laboratório durante um intervalo de duas semanas. Estas atividades foram desenvolvidas com a intenção de levar os alunos a perceberem a integração entre os conteúdos de física e matemática não como um obstáculo, mas como um elemento facilitador do trabalho com problemas de física.

Os resultados quantitativos deste estudo mostram que houve uma diferença estatisticamente significativa no desempenho dos alunos do grupo experimental, em comparação com os alunos do grupo controle, submetidos apenas ao modelo tradicional de ensino, nos levando a concluir que as atividades de modelagem computacionais usando o *software Modellus* podem auxiliar os alunos a superar dificuldades de aprendizagem enfrentadas no ensino integrado de conteúdos.

A análise dos registros nas questões impressas que acompanharam as atividades mostraram que os alunos conseguiram construir de forma significativa os conceitos relativos aos conteúdos trabalhados, transitando, inclusive entre as diversas formas de registros (algébrico, numérico, gráfica e animações).

Além destes resultados, podemos destacar como ponto importante, a motivação e disposição para aprender demonstrada pelos alunos durante a execução das atividades. Além do interesse natural despertado pelo uso de computadores, as manifestações de empenho sugerem que o uso da modelagem desperta o interesse dos alunos para aprender física. Principalmente, pela possibilidade de visualizar de forma concreta como atua a matemática no auxílio das explicações dos fenômenos físicos.

A presente investigação propiciou a construção e validação de um teste sobre conteúdos de cinemática para o ensino médio e um conjunto de atividades de modelagem computacionais que constituem um material potencialmente significativo.

Para finalizar esta conclusão destacamos a importância de pesquisas científicas que se ocupem em investigar de que forma os alunos relacionam e compreendem os conceitos de Física e de Matemática trabalhados com o auxílio de tecnologias e como extrair um proveito máximo do uso destas ferramentas.

Também, destacamos como perspectivas de pesquisas, o estudo do uso de ferramentas de modelagem computacional na formação de professores de Física e investigação das dificuldades que estes professores podem encontrar ao utilizarem a modelagem computacional no cotidiano de suas classes.

Por fim, queremos acrescentar que esta pesquisa proporcionou um amadurecimento no âmbito profissional, acadêmico e pessoal difícil de ser medido. Com a experiência que adquirimos passamos a enxergar a sala de aula como um laboratório que permite realizar os verdadeiros experimentos, aqueles que envolvem as verdadeiras variáveis.

## REFERÊNCIAS

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

ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A.; MOREIRA, M. A. Atividades de modelagem computacional no auxílio de interpretação de gráficos da Cinemática. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 179 – 184, jun. 2004.

ASTOLFI, JEAN-PIERRE. *A didática das ciências/ Jean-Pierre Astolfi, Michel Delevay*; tradução Magda S. S. Fonseca – Campinas, SP: Papirus, 1990.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BISQUERRA, R.; SARRIERA, J. C.; MARTÍNEZ, F. *Introdução à estatística: Enfoque informático com o pacote estatístico SPSS*. Tradução de Murad, F. Porto Alegre: Artmed, 2004.

CAMPBELL, D. T.; STANLEY, J. C. *Delineamentos experimentais e quase experimentais de pesquisa*. São Paulo: EPU, 1979.

CAMPOS, C. R. *O ensino de matemática e da física numa perspectiva integracionista*. 2000. p. 139. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – PUC, São Paulo, 2000.

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



DORNELES, P. F. T. *Investigação de ganhos na aprendizagem de conceitos físicos envolvidos em circuitos elétricos por usuários da ferramenta computacional Modellus*. 2005. p. 141. Dissertação (Mestrado em Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

FINN, J. D. Analysis of variance and covariance. In: KEEVES, J. P. (Org.). *Education research, methodology, and measurement: an international handbook*. Cambridge: Pergamin, 1997.

FIOLHAIS, C.; TRINDADE, J. Física no computador: computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências Físicas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 25, n. 3, p. 256 – 272, set. 2003.

FIORENTINO, D. *Investigação em educação matemática: percursos teóricos e metodológicos*/Dario Fiorentino, Sergio Lorenzato. – Campinas, SP: Autores Associados, 2006. – (Coleção formação de professores)

GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. Além da detecção de modelos mentais dos estudantes uma proposta representacional integradora. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 7, n. 1, mar. 2002. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol7/v7a2.html>. Acesso em: 26 ago. 2009.

HALLOUN, I. Schematic modeling for meaningful learning of physics. *Journal of Research in Science Teaching*. New York, v. 33, n. 9, p. 1019 – 1041, Nov. 1996.

KALIL, C. A. F. Concepções interfaciais no processo ensino/aprendizagem da matemática e da física no ensino médio. *Revista da Sociedade Brasileira de Educação Matemática*, Pernambuco, ano 13, n. 23, p. 2 – 8, dez. 2007.

LIMA, K. E. C.; VASCONCELOS, S. D. Análise da metodologia de ensino de ciências nas escolas da rede municipal de Recife. *Ensaio: avaliação e política públicas em educação*, Rio de Janeiro, v. 14, n. 52, p. 397 – 412, set. 2006.

MASINI, E. F. S. *Aprendizagem significativa: condições para ocorrência e lacunas que levam a comprometimentos*. São Paulo: Vetor, 2008.

MATOS, R. B. Choro: Uma proposta de ensino da técnica violonística. 2009. p. 248. Tese (Doutorado em Música) – Escola de Música, Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2009.

MOREIRA, M. A.; ROSA, P. R. S. *Uma introdução à pesquisa quantitativa em ensino*. Texto preparado para a disciplina de Pós-Graduação Metodologia do Trabalho Científico, Instituto de Física, UFRGS, 2007.

MOREIRA, M. A. *Pesquisa em Ensino: O Vê epistemológico de Gowin*. São Paulo: EPU, 1990.

MOREIRA, M. A.; SILVEIRA, F. L. *Instrumentos de pesquisa em ensino e aprendizagem: a entrevista clínica e a validação de testes de papel e lápis*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1993.

PIETROCOLA, M. A matemática como estruturante do conhecimento físico. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. Florianópolis, v. 19, n. 1, p. 93 – 114. ago. 2002.

SANTOS, A. C. K. dos. *Introdução à modelagem computacional na educação*. Rio Grande: Editora da FURG, 2002.

SANTOS, J. R. G. *Proposta de atividades usando a ferramenta computacional Modellus para o auxílio nas aulas de matemática e de física numa perspectiva integracionista*. 2006. p. 60. Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto de Física, Universidade Federal de Alagoas, 2006.

SIEGE, S. *Nonparametric statistics for the behavioral sciences*. New York: McGraw-Hill Book Co. 1956.

VEIT, E. A. *Modelagem computacional no Ensino de Física*. Texto preparado para a disciplina de Pós-Graduação Bases Teóricas e Metodológicas para o Ensino Superior, Instituto de Física, UFRGS, 2003.

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

TEODORO, V. D. *Modellus: Learning Physics with Mathematical Modelling*. 2002. p. 246. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova Lisboa, Lisboa, 2002.

TEODORO, V. D. *Modellus: uma ferramenta computacional para criar e explorar modelos matemáticos*. Disponível em: <http://phoenix.sce.fct.pt/modellus/>. Acesso em: 20 ago. 2009.

## APÊNDICE A

### Cinemática e Funções ( Teste Inicial)

Este teste é constituído por 12 questões objetivas com cinco alternativas. Dentre as alternativas escolha **apenas uma**, a que melhor responde à questão, assinalando-a na folha resposta em anexo.

Todas as questões deste teste referem-se a movimentos retilíneos.

**NÃO FAÇA MARCAS NAS FOLHAS DO TESTE. ASSINALE APENAS NA FOLHA RESPOSTA.**

1) A tabela abaixo relaciona as posições ocupadas por uma partícula em relação a um mesmo referencial, que realiza movimento retilíneo uniformemente variado.

x (m)	800	700	200	-700
t (s)	0	10	20	30

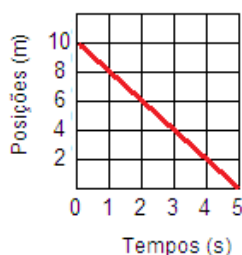
A equação horária da velocidade da partícula no SI é:

- (A)  $v = 5 + 8 \cdot t$
- (B)  $v = 20 + 4 \cdot t$
- (C)  $v = -20 + 2 \cdot t$
- (D)  $v = -10 - 8 \cdot t$
- (E)  $v = 10 - 4 \cdot t$

2) Após a observação de um movimento uniforme foi construído o gráfico abaixo.

Determine a função que melhor representaria o movimento uniforme representado no gráfico.

- (A)  $y = 10 + 2 \cdot x$
- (B)  $y = 10 - 2 \cdot x$
- (C)  $y = 2 \cdot x + 10$
- (D)  $y = -10 + 2 \cdot x$
- (E)  $y = -10 - 2 \cdot x$



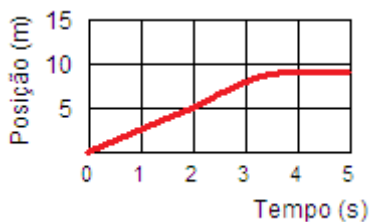
3) Qual a função que representa um movimento uniforme de um objeto que partiu da posição 5 metros com velocidade de 10 m/s?

- (A)  $S = 5 + 10 \cdot t$
- (B)  $S = 5 + t + 10 \cdot t^2$
- (C)  $S = 5 + 10 \cdot t^2$
- (D)  $S = 5 + \frac{10}{2} \cdot t^2$
- (E)  $S = 5 + \frac{10}{2} \cdot t$

4) O movimento uniforme de um móvel é representado pela função horária  $S = 10 \cdot t - 3$ , no SI. Qual a alternativa que indica corretamente a posição inicial e a velocidade do móvel?

- (A) posição inicial igual a 10 metros e velocidade igual a  $-3$  m/s.
- (B) posição inicial igual a 10 metros e velocidade igual a  $-3$  m/s<sup>2</sup>.
- (C) posição inicial igual a 3 metros e velocidade igual a 10 m/s.
- (D) posição inicial igual a  $-3$  metros e velocidade igual a 10 m/s.
- (E) posição inicial igual a  $-3$  metros e velocidade igual a 10 m/s<sup>2</sup>.

5) O gráfico abaixo representa o movimento de um objeto. Qual a descrição que melhor descreve o movimento no instante de tempo 2 segundos?



- (A) encontra-se na origem dos espaços com velocidade média de 0,4 m/s.
- (B) encontra-se na posição 5 m com velocidade média de 2,0 m/s.
- (C) encontra-se na posição 5 m com velocidade média de 2,5 m/s.
- (D) encontra-se na origem dos espaços com velocidade média de 5,0 m/s.
- (E) encontra-se parado na posição 5m.

6) Um objeto está dotado de movimento uniformemente variado, partiu da origem das posições com velocidade de 20 m/s e com aceleração de  $-4 \text{ m/s}^2$ . Onde se encontra o móvel no instante em que inverte o sentido do movimento?

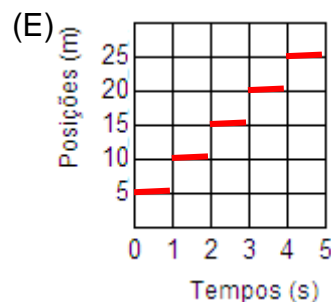
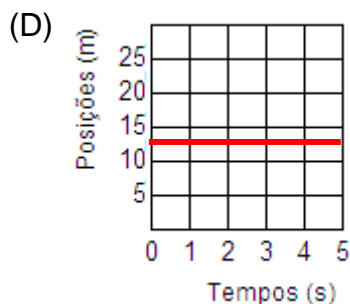
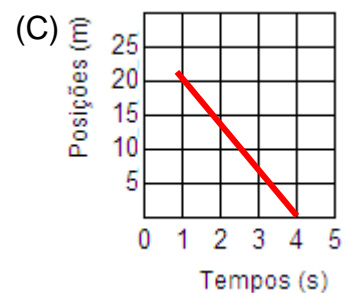
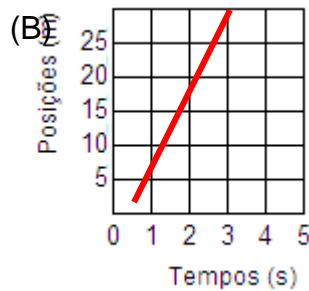
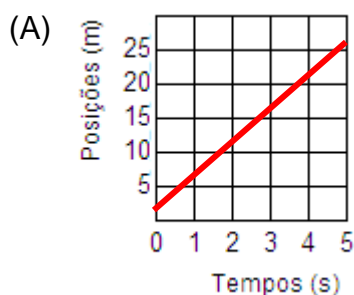
- (A) 20 metros à esquerda da origem.
- (B) 20 metros à direita da origem.
- (C) na origem dos espaços
- (D) 50 metros à esquerda da origem.
- (E) 50 metros à direita da origem.

7) Quais os coeficientes, angular e linear, da função afim  $y = 2 \cdot x + 4$  ?

- (A)  $a = 4$  e  $b = 2$
- (B)  $a = x$  e  $b = y$
- (C)  $a = 2$  e  $b = -4$
- (D)  $a = 2$  e  $b = 4$
- (E)  $a = -2$  e  $b = 4$

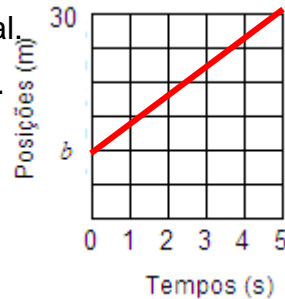
8) As posições ocupadas por um móvel e seus respectivos instantes de tempo estão apresentadas na tabela abaixo. Analisando os dados da tabela, qual dos gráficos melhor representa o movimento deste móvel.

Posições	2	7	12	17
Tempos	0	1	2	3



9) Um aluno do ensino médio tinha a sua disposição a função  $S = 10 + a \cdot t$  e o gráfico abaixo, ambos representavam informações sobre um movimento uniforme. Usando as informações contidas na função e no gráfico, determine o valor de  $a$  e o seu significado físico.

- (A)  $a = 30$  e representa a posição inicial.
- (B)  $a = 4$  e representa a posição inicial.
- (C)  $a = 30$  e representa a velocidade.
- (D)  $a = 4$  e representa a velocidade.
- (E)  $a = 30$  e representa a aceleração.



10) Um garoto pretende percorrer a distância entre sua casa e a escola num ritmo constante. Após fazer os cálculos ele verificou que consegue manter uma velocidade média de 2,0 m/s durante todo o percurso. Sabendo que a distância entre sua casa e a escola é de 500 metros. Determine o tempo que gasto pelo garoto.

- (A) 25 segundos.
- (B) 50 segundos.
- (C) 125 segundos.
- (D) 150 segundos.
- (E) 250 segundos.

11) O movimento de um objeto é dado pela função horária das posições  $S = 10 - 6 \cdot t$  (SI). A partir das informações contidas na função podemos concluir que:

- (A) a velocidade do móvel é 10 m/s, a posição inicial 6 m e a aceleração 4 m/s<sup>2</sup>.
- (B) a velocidade do móvel é - 6 m/s, a posição inicial 10 m e a aceleração - 4 m/s<sup>2</sup>.
- (C) a velocidade do móvel é 10 m/s, a posição inicial 6 m e a aceleração - 4 m/s<sup>2</sup>.
- (D) a velocidade do móvel é - 6 m/s, a posição inicial 0 m e a aceleração 10 m/s<sup>2</sup>.
- (E) a velocidade do móvel é - 6 m/s, a posição inicial 10 m e a aceleração 0 m/s<sup>2</sup>.

12) Um automóvel sai de Maceió às 10h e chega em Recife às 14h, tendo percorrido 260 km. Qual foi a velocidade escalar média desse automóvel?

- (A) 26 km/h
- (B) 52 km/h
- (C) 60 km/h

(D) 65 km/h

(E) 130 km/h



## RESPOSTA DO TESTE INICIAL

1	E
2	B
3	A
4	D
5	C
6	E
7	D
8	A
9	C
10	E
11	E
12	D

## APÊNDICE B

### Cinemática e Funções ( Teste Final)

Este teste é constituído por 16 questões objetivas com cinco alternativas. Dentre as alternativas escolha **apenas uma**, a que melhor responde à questão, assinalando-a na folha resposta em anexo.

Todas as questões deste teste referem-se a movimentos retilíneos.

**NÃO FAÇA MARCAS NAS FOLHAS DO TESTE. ASSINALE APENAS NA FOLHA RESPOSTA.**

1) O movimento uniforme de um móvel é representado pela função horária  $S = 10 \cdot t - 3$ , no SI. Qual a alternativa que indica corretamente a posição inicial e a velocidade do móvel?

- (A) posição inicial igual a 10 metros e velocidade igual a  $-3$  m/s.
- (B) posição inicial igual a 10 metros e velocidade igual a  $-3$  m/s<sup>2</sup>.
- (C) posição inicial igual a 3 metros e velocidade igual a 10 m/s.
- (D) posição inicial igual a  $-3$  metros e velocidade igual a 10 m/s.
- (E) posição inicial igual a  $-3$  metros e velocidade igual a 10 m/s<sup>2</sup>.

2) Um automóvel sai de Maceió às 10h e chega em Recife às 14h, tendo percorrido 260 km. Qual foi a velocidade escalar média desse automóvel?

- (A) 26 km/h
- (B) 52 km/h
- (C) 60 km/h
- (D) 65 km/h
- (E) 130 km/h

3) Um garoto pretende percorrer a distância entre sua casa e a escola num ritmo constante. Após fazer os cálculos ele verificou que consegue manter uma velocidade média de 2,0 m/s durante todo o percurso. Sabendo que a distância entre sua casa e a escola é de 500 metros. Determine o tempo que gasto pelo garoto.

- (A) 25 segundos.
- (B) 50 segundos.
- (C) 125 segundos.
- (D) 150 segundos.
- (E) 250 segundos.

4) Quais os coeficientes, angular e linear, da função afim  $y = 2 \cdot x + 4$  ?

- (A)  $a = 4$  e  $b = 2$
- (B)  $a = x$  e  $b = y$
- (C)  $a = 2$  e  $b = -4$
- (D)  $a = 2$  e  $b = 4$
- (E)  $a = -2$  e  $b = 4$

5) A tabela abaixo relaciona as posições ocupadas por uma partícula em relação a um mesmo referencial, que realiza movimento retilíneo uniformemente variado.

x (m)	800	700	200	-700
t (s)	0	10	20	30

A equação horária da velocidade da partícula no SI é:

- (A)  $v = 5 + 8 \cdot t$
- (B)  $v = 20 + 4 \cdot t$
- (C)  $v = -20 + 2 \cdot t$
- (D)  $v = -10 - 8 \cdot t$
- (E)  $v = 10 - 4 \cdot t$

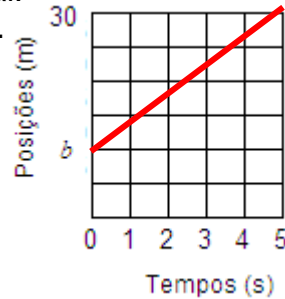
6) O movimento de um objeto é dado pela função horária das posições  $S = 10 - 6 \cdot t$  (SI). A partir das informações contidas na função podemos concluir que:

- (A) a velocidade do móvel é 10 m/s, a posição inicial 6 m e a aceleração 4 m/s<sup>2</sup>.
- (B) a velocidade do móvel é - 6 m/s, a posição inicial 10 m e a aceleração - 4 m/s<sup>2</sup>.
- (C) a velocidade do móvel é 10 m/s, a posição inicial 6 m e a aceleração - 4 m/s<sup>2</sup>.
- (D) a velocidade do móvel é - 6 m/s, a posição inicial 0 m e a aceleração 10 m/s<sup>2</sup>.
- (E) a velocidade do móvel é - 6 m/s, a posição inicial 10 m e a aceleração 0 m/s<sup>2</sup>.

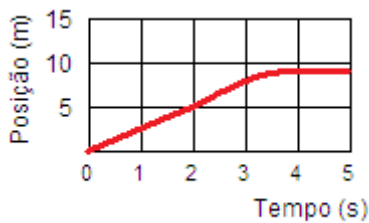
7) Um aluno do ensino médio tinha a sua disposição a função  $S = 10 + a \cdot t$  e o gráfico abaixo, ambos representavam informações sobre um movimento uniforme.

Usando as informações contidas na função e no gráfico, determine o valor de  $a$  e o seu significado físico.

- (A)  $a = 30$  e representa a posição inicial.
- (B)  $a = 4$  e representa a posição inicial.
- (C)  $a = 30$  e representa a velocidade.
- (D)  $a = 4$  e representa a velocidade.
- (E)  $a = 30$  e representa a aceleração.



8) O gráfico abaixo representa o movimento de um objeto. Qual a descrição que melhor descreve o movimento no instante de tempo 2 segundos?



- (A) encontra-se na origem dos espaços com velocidade média de 0,4 m/s.
- (B) encontra-se na posição 5 m com velocidade média de 2,0 m/s.
- (C) encontra-se na posição 5 m com velocidade média de 2,5 m/s.
- (D) encontra-se na origem dos espaços com velocidade média de 5,0 m/s.
- (E) encontra-se parado na posição 5m.

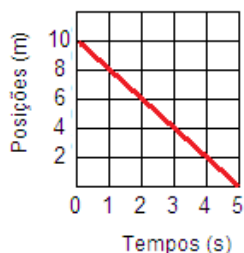
9) Qual a função que representa um movimento uniforme de um objeto que partiu da posição 5 metros com velocidade de 10 m/s?

- (A)  $S = 5 + 10 \cdot t$
- (B)  $S = 5 + t + 10 \cdot t^2$
- (C)  $S = 5 + 10 \cdot t^2$
- (D)  $S = 5 + \frac{10}{2} \cdot t^2$
- (E)  $S = 5 + \frac{10}{2} \cdot t$

10) Após a observação de um movimento uniforme foi construído o gráfico abaixo.

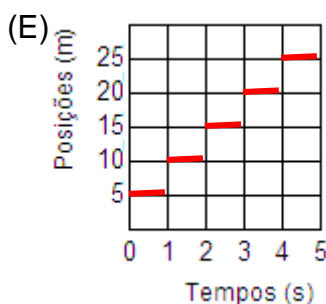
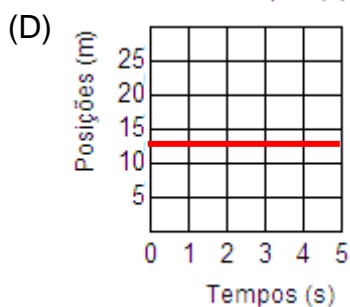
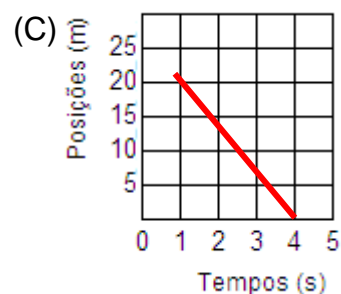
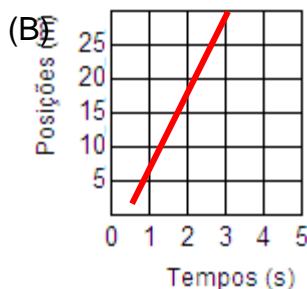
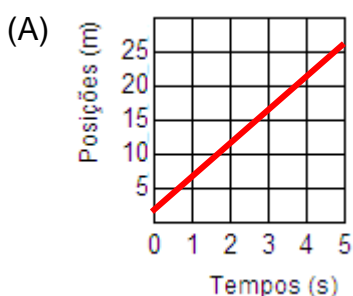
Determine a função que melhor representaria o movimento uniforme representado no gráfico.

- (A)  $y = 10 + 2 \cdot x$
- (B)  $y = 10 - 2 \cdot x$
- (C)  $y = 2 \cdot x + 10$
- (D)  $y = -10 + 2 \cdot x$
- (E)  $y = -10 - 2 \cdot x$



11) As posições ocupadas por um móvel e seus respectivos instantes de tempo estão apresentadas na tabela abaixo. Analisando os dados da tabela, qual dos gráficos melhor representa o movimento deste móvel.

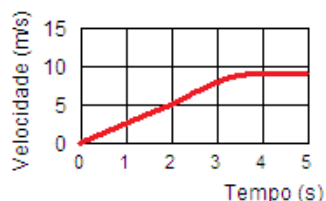
Posições	2	7	12	17
Tempos	0	1	2	3



12) Um objeto está dotado de movimento uniformemente variado, partiu da origem das posições com velocidade de 20 m/s e com aceleração de  $-4 \text{ m/s}^2$ . Onde se encontra o móvel no instante em que inverte o sentido do movimento?

- (A) 20 metros à esquerda da origem.
- (B) 20 metros à direita da origem.
- (C) na origem dos espaços
- (D) 50 metros à esquerda da origem.
- (E) 50 metros à direita da origem.

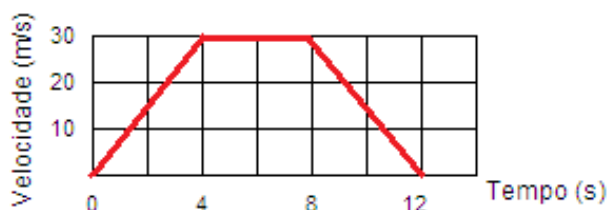
13) Se você quisesse saber a distância percorrida (em metros) por um objeto no intervalo de  $t = 0$  s até  $t = 2$  s, a partir do gráfico abaixo, você poderia:



- (A) ler 5 diretamente no eixo vertical.
- (B) encontrar a área entre o segmento de reta e o eixo do tempo calculando  $(5 \times 2)/2$ .
- (C) encontrar a inclinação deste segmento de reta dividindo 5 por 2.
- (D) encontrar a inclinação deste segmento dividindo 15 por 5.
- (E) fazer nada, pois não possui informação suficiente para responder.

14) Os valores das velocidades de um objeto para seus respectivos instantes de tempo foram usados para construir o gráfico abaixo. Sabendo que as informações foram coletadas para um intervalo de tempo de 0 a 14 segundos, qual foi o espaço percorrido por esse corpo, neste intervalo de tempo?

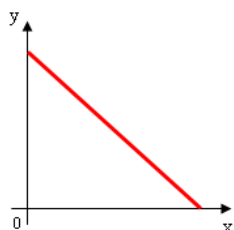
- (A) 140 m.
- (B) 210 m.
- (C) 240 m.
- (D) 270 m.
- (E) 420 m.



15) Um movimento uniformemente variado é dado pela função horária  $S = -10 + 5 \cdot t - 2 \cdot t^2$  (SI). A partir das informações contidas na função horária da posição, determine a velocidade do móvel em  $t = 2$  s.

- (A)  $- 8,0$  m/s.
- (B)  $- 3,0$  m/s.
- (C)  $1,0$  m/s.
- (D)  $3,0$  m/s.
- (E)  $8,0$  m/s.

16) Após observar e fazer algumas anotações sobre o movimento de um objeto, um estudando de física construiu o gráfico abaixo. Na tentativa de encontrar uma função para representar o movimento descrito no gráfico, o aluno faz algumas ponderações. Qual alternativa indica as características da função procurada pelo aluno?



- (A) A função deve ser afim com coeficiente linear positivo e coeficiente angular negativo.
- (B) A função deve ser afim com coeficientes, linear e angular, positivos.
- (C) A função deve ser afim com coeficiente linear nulo e coeficiente angular positivo.
- (D) A função deve ser afim com coeficiente angular nulo e linear negativo.
- (E) A função deve ser afim com coeficientes, linear e angular, nulos.

## RESPOSTAS DO TESTE FINAL

1	D
2	B
3	D
4	C
5	A
6	D
7	E
8	A
9	B
10	E
11	C
12	A
13	B
14	A
15	D
16	E



## APÊNDICE C

Neste apêndice discutiremos os modelos desenvolvidos para a composição das atividades propostas. Estas atividades estão disponíveis no CD que acompanha esta dissertação. Para um melhor entendimento do leitor a apresentação das atividades exploratórias foram subdivididas em quatro itens:

- a) objetivos a serem alcançados;
- b) dificuldades a serem trabalhadas;
- c) descrição geral do modelo e
- d) enunciados das atividades que os alunos receberam na forma impressa.

Quanto à execução do modelo o *software* apresenta, além da modalidade “normal (*play*)”, a possibilidade de auto-execução (o programa é imediatamente executado quando se abre o modelo) e execução passo a passo (onde o usuário pode acompanhar a evolução do modelo a cada interação).

### Atividade 1: **Cálculo da velocidade de um móvel.**

1) Veloc\_1.mdl

#### **a) Objetivos a serem alcançados:**

- Permitir ao aluno construir o conceito de velocidade média;
- Familiarizar o aluno com problemas práticos envolvendo grandezas físicas muito utilizadas na cinemática;
- Começar a instalar uma abordagem construtivista de ensino, introduzindo os alunos ao trabalho em duplas;
- Apresentar ao aluno a ferramenta de modelagem computacional *Modellus* e

suas principais características.

## b) Dificuldades a serem trabalhadas:

- Confusão entre os conceitos de velocidade e aceleração.
- A falta de iniciativa dos nossos alunos em tentarem resolver as atividades sem uma prévia exposição dos conteúdos pelos professores.

## c) Descrição geral:

Um móvel dotado de diferentes velocidades descreve uma trajetória retilínea, suas respectivas posições e tempos são indicados durante a execução do modelo. Para executar o modelo o aluno basta clicar com o *mouse* no botão de acionamento na janela de controle.

**Atividade 1 - Cálculo da Velocidade de um Móvel**

Uma carro sai de Maceió às 12h, em direção à Natal.

**Controle**  
t = 2.60  
0 6  
[Stop] [Play] [Next] [Previous] [Options...]

Maceió A B Natal

$t = 2.60 \text{ h}$      $x = 248.00 \text{ km}$

A variável t indica os tempos em horas e x indica as posições em km.

FIGURA 02 – Tela ilustrativa do modelo Veloc\_1.mdl.

**d) Enunciado :**

Considere a seguinte situação:

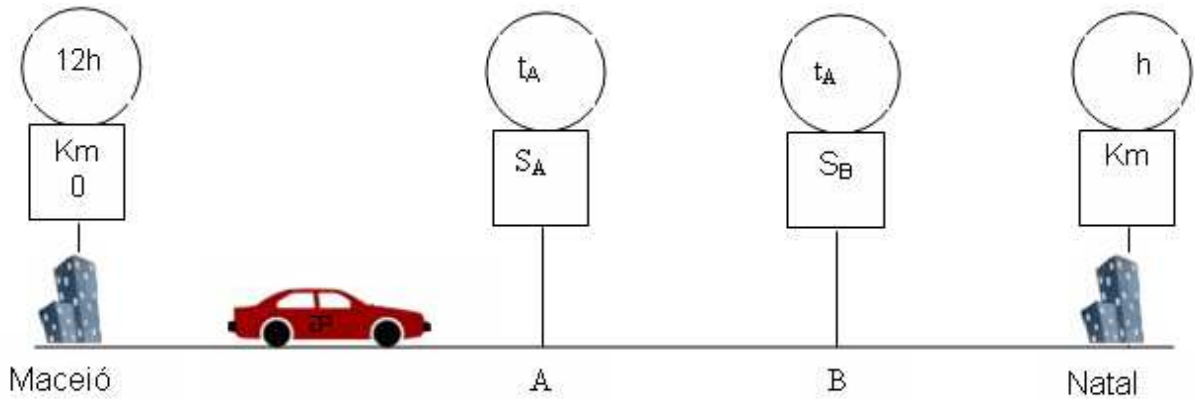


FIGURA 03: movimento I

- 1) Indique na figura as posições e os tempos descritos no enunciado.
- 2) Qual a distância entre os pontos A e B?
- 3) Quanto tempo o carro levou para ir de A até B?
- 4) Entre os pontos A e B, podemos então dizer que o móvel percorreu \_\_\_\_km em \_\_\_\_horas. Logo, neste ritmo, o carro percorre em 1h a distância de \_\_\_\_km.
- 5) Qual foi, em quilômetros por hora, a velocidade desenvolvida pelo carro neste trecho (A  $\rightarrow$  B)?
- 6) Chamando o resultado do item 2 de distância percorrida e o resultado do item 3 de tempo gasto, que operação matemática você faz que fornece como resultado a velocidade do carro?
- 7) Descreva a operação que você fez para descobrir a distância percorrida.
- 8) Descreva a operação que você fez para descobrir o tempo gasto.

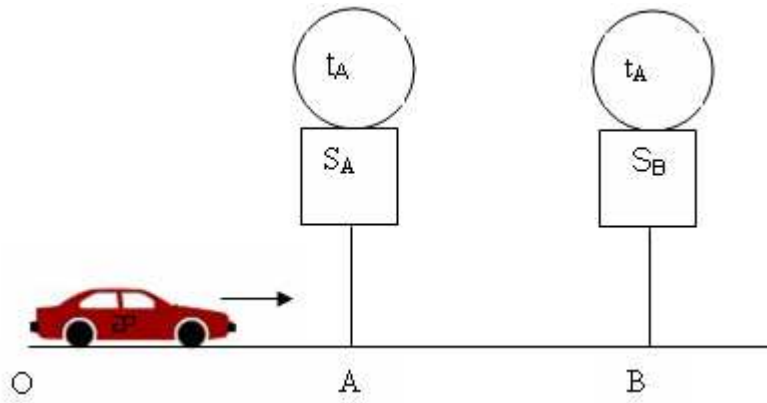


FIGURA 04 : movimento II

4

9) Considerando a Fig. 2, na qual a origem da trajetória é o ponto O, que o ponto A está a distância  $S_A$  da origem, que o ponto B está a uma distância  $S_B$  da origem, e ainda que o carro passe pelo ponto A no tempo  $t_A$  e pelo o ponto B no tempo  $t_B$ , indique a operação matemática a ser feita para calcular:

- a) a distância percorrida entre os pontos A e B;
- b) o tempo gasto no percurso entre A e B;
- c) a velocidade do carro entre os pontos A e B.

10) Na Fig. 1 (anterior), calcule a velocidade no trecho entre Maceió e o ponto B.

11) Suponha que no trecho entre o B e Natal a velocidade do carro tenha sido a mesma que a calculada acima (item 10), determine a distância entre as cidades Maceió e Natal.

## Atividade 2: **Estudando o movimento do trem.**

2) trem\_1.mdl

### **a) Objetivos a serem alcançados:**

- Trabalhar a Matemática como estruturante da Física.
- Levar o aluno a construir passo a passo a função horária do movimento uniforme.
- Introduzir o conceito de movimento uniforme.
- Entender o significado dos coeficientes a e b da função afim.
- Evidenciar a integração Matemática-Física no estudo do movimento uniforme e suas correlações com o estudo da função afim.
- Provocar a mudança de registros de forma que os conteúdos sejam abordados de diferentes aspectos.

### **b) Dificuldades a serem trabalhadas:**

- A visão dos alunos que a Física e a Matemáticas são disciplinas distintas.
- As mudanças de registros (gráfico  $\longrightarrow$  álgebra)
- Entendimento das funções matemáticas como funções físicas.

### **c) Descrição geral:**

Este modelo representa um movimento uniforme. Ao executar o modelo é possível observar as sucessivas posições ocupadas pelo móvel ao longo dos tempos. Este modelo também possui uma animação (Animação2) onde é apresentado os gráficos de dois movimentos.

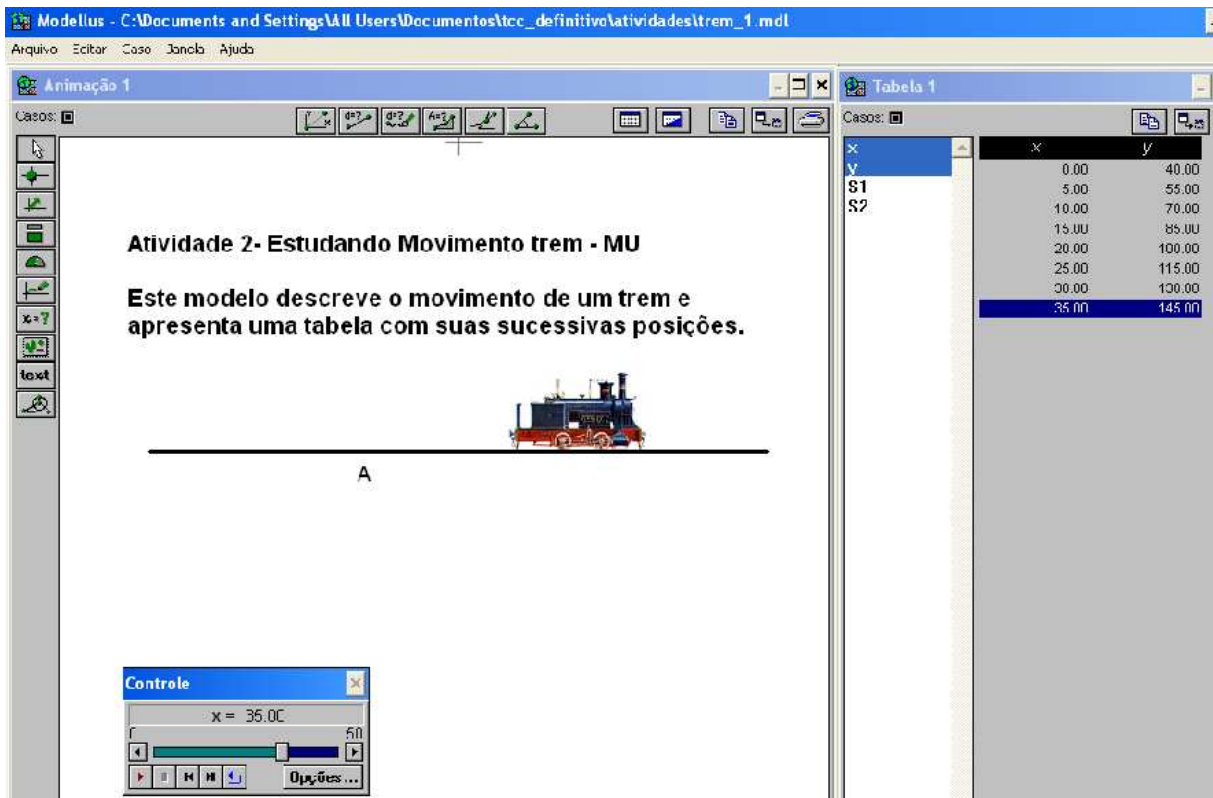


FIGURA 05 – Tela ilustrativa do modelo trem\_1.mdl.

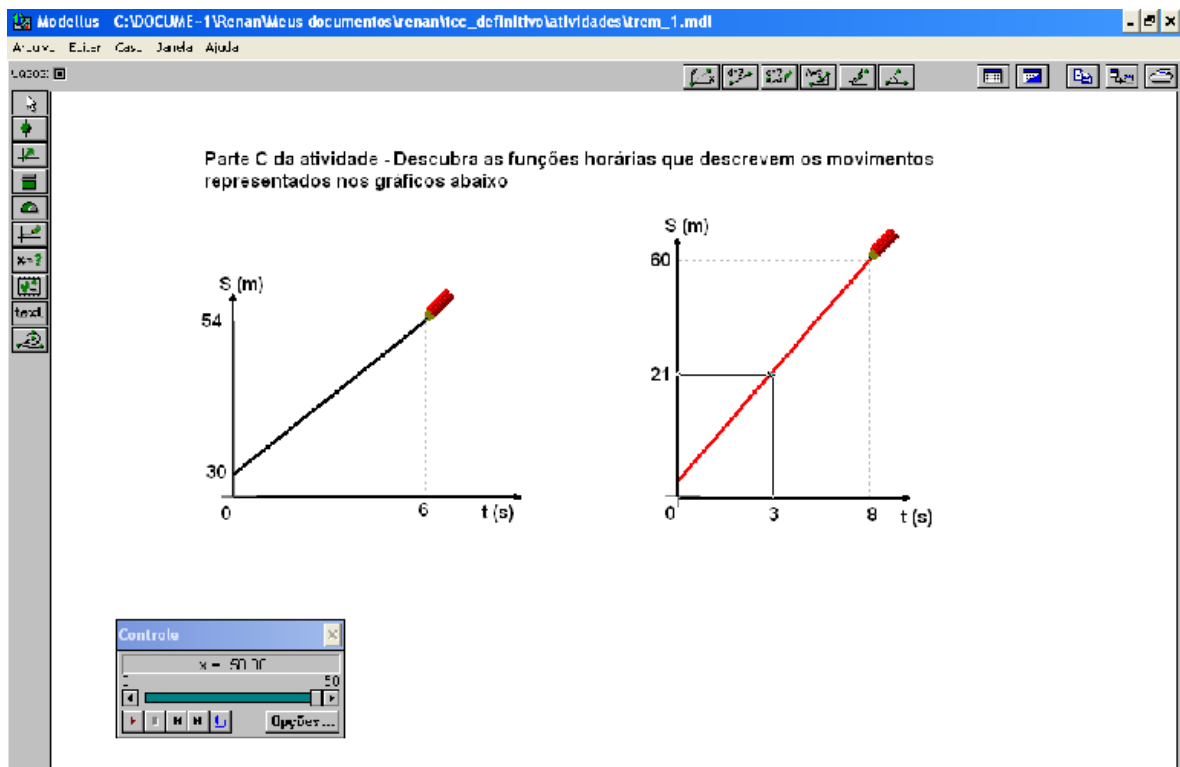
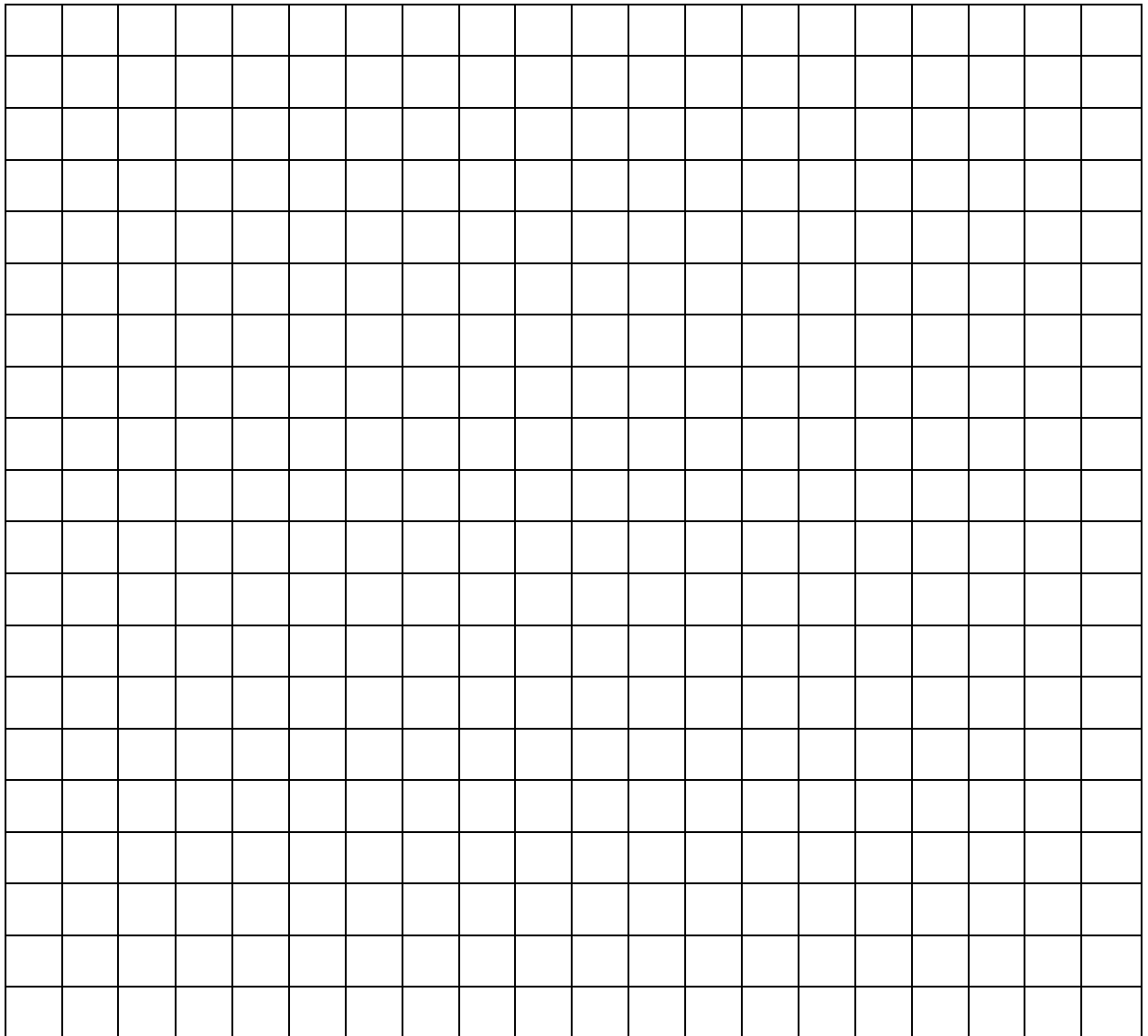


FIGURA 06 – Tela ilustrativa do modelo trem\_1.mdl. (Animação2)

**d) Enunciado:**

PARTE – A

- 1) Acione o modelo e observe os dados da tabela.
  
- 2) Observando os dados da tabela, responda:
  - a) qual a diferença entre os valores da grandeza  $x$  entre os instantes de tempo, 5s e 15 s ?
  - b) qual a velocidade do trem entre os instantes de tempo, 5s e 15s?
  - c) qual a diferença entre os valores da grandeza  $x$  entre os instantes de tempo, 15s e 35 s ?
  - d) qual a velocidade do trem entre os instantes de tempo, 15s e 35s?
  - e) compare os resultados dos quocientes obtidos em b e d.
  
- 3) Com os valores que você comparou no item (e) anterior, o que você pode dizer sobre o comportamento da velocidade do trem no movimento analisado?
  
- 4) Com relação à velocidade, como você classificaria o movimento do trem?
  
- 5) Coloque os pontos da tabela num sistema de eixos, considerando o eixo  $x$  para os valores de tempo e o eixo  $y$  para os valores de distância. Utilize o espaço quadriculado. Que tipo de gráfico você obtém?



6) Clique no menu “janela” no modelo e em seguida gráfico. Compare o gráfico editado pelo *Modellus* com o que você esboçou.

Observação: O botão “Ajustar”, ajusta as dimensões do gráfico às dimensões da janela aberta.



## PARTE – B

Você já sabe que toda reta é a representação gráfica de uma função do 1º grau. Sendo assim, vamos montar uma função do primeiro grau que é do tipo  $y = a.x + b$  e que represente a reta que você desenhou no item anterior. Para isso, precisamos descobrir os valores de a e b.

7) Na expressão  $y = a.x + b$ , encontre o valor de y para  $x = 0$ .

8) Agora verifique no seu gráfico qual o valor de y para  $x = 0$ .

9) Comparando os resultados de (7) e (8), determine o valor do coeficiente b.

10) Reescreva a expressão  $y = a.x + b$ , substituindo o valor de b.

11) Nosso trabalho agora é achar o valor do coeficiente a. Para isso, vamos escolher o ponto da tabela ou do gráfico correspondente ao instante 10s. Substitua na expressão do item anterior os valores x e y do instante 10s. você ficará com uma expressão que vai apresentar uma só incógnita (a). Determine o valor de a.

12) Reescreva a função  $y = a.x + b$ , substituindo agora o valor de a e de b obtidos. Pronto, você encontrou a função cuja reta representa o movimento que você observou.

13) Agora, compare o valor de a com o valor da velocidade média que você já tinha calculado. O que você conclui dessa comparação?

14) Reescreva a expressão  $y = a.x + b$  obtida e substitua y por S e x por t [ S de espaço (space) e t de tempo].

15) O marco A é chamado espaço inicial, pois é o espaço já percorrido pelo trem quando começamos a marcar o tempo ( tempo inicial zero). Geralmente, é

indicado por  $S_0$ . Para este movimento,  $S_0 = \underline{\hspace{2cm}}$ . Compare este valor com o valor que você encontrou para o coeficiente  $b$ . O que você conclui dessa comparação?

16) Na função que você encontrou no item 14, você encontra a velocidade do trem? E o espaço inicial?

17) Se um trem se deslocasse com velocidade de 10 m/s, a partir de um espaço inicial de 50m, qual seria a função de seu movimento?

18) Para um movimento genérico qualquer, no qual a velocidade é constante e igual a  $V$ , com espaço inicial igual a  $S_0$ , qual seria a função?

A função do 1º grau obtida em (18) é chamada na física de **função horária do movimento uniforme**.

#### PARTE – C

19) Clique no botão “Janela” e em seguida na “Animação 2”. Descubra as funções horárias que descrevem os movimentos representados nos gráficos.

### Atividade 3: MUV – Equação das velocidades

3) mov\_1.mdl

#### a) Objetivos a serem alcançados:

- Determinar a expressão do cálculo da velocidade de um móvel em MUV.
- Fortalecer o conceito de aceleração.
- Promover a mudança de registros de representação.

#### b) Dificuldades a serem trabalhadas:

- Utilização dos comandos do *Modellus*.
- As mudanças de registros (numérico  $\longrightarrow$  gráfico  $\longrightarrow$  álgebra)

#### c) Descrição geral:

Nessa atividade exploramos mais comandos do *Modellus*. O aluno vai navegar pelos registros, numérico (Tabela 1) e gráfico (Gráfico 1). Ao executar o modelo o aluno passa a ter a sua disposição dados relacionados de tempo e velocidade.

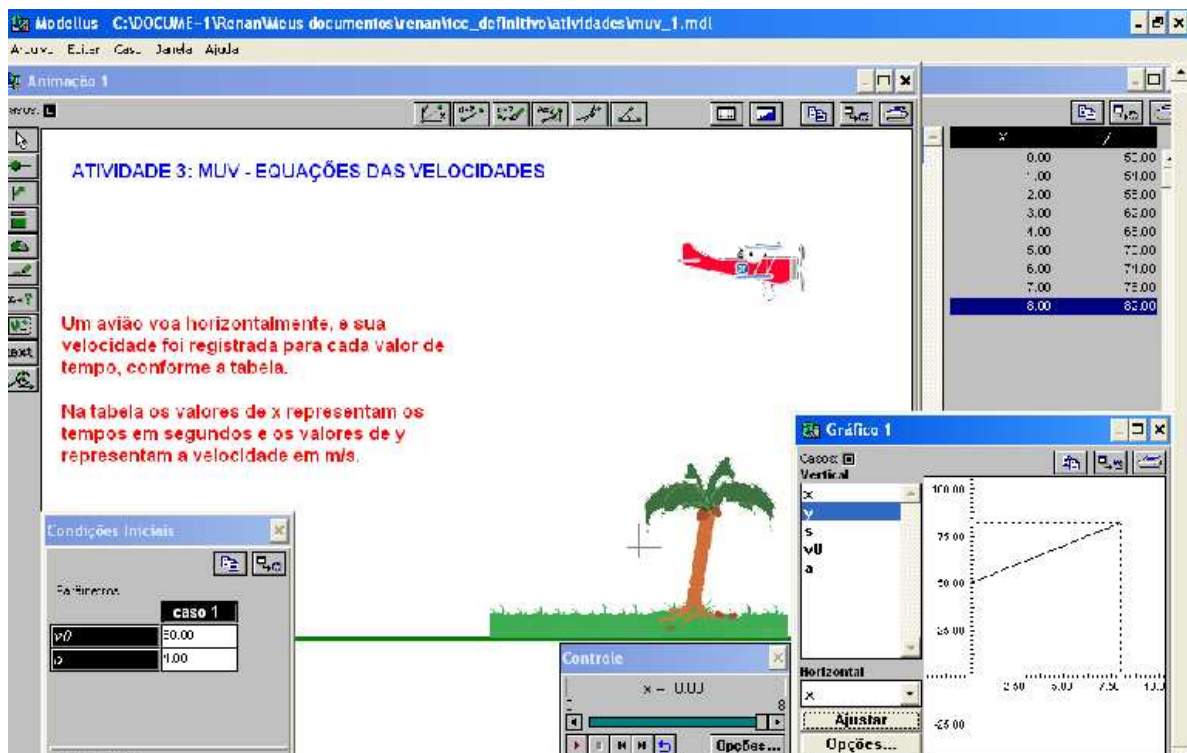


FIGURA 07 – Tela ilustrativa do modelo mov\_1.mdl.

**d) Enunciado:**

Um avião voa horizontalmente, e sua velocidade foi registrada para cada valor de tempo, conforme a tabela (representada no modelo)

1) A partir da expressão  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ , calcule a aceleração do avião para três intervalos de tempos distintos e em seguida compare os resultados.

2) Usando o botão “Janela” e em seguida escolhendo a opção, “Gráfico 1” você visualizará o gráfico construído pelo *Modellus* para representar os dados expressos na tabela. Qual é a forma desse gráfico?

3) Qual deve ser a forma geral da expressão matemática que gerou esse gráfico?

4) Determine o termo independente de x da expressão.

5) Reescreva a expressão substituindo o valor deste termo.

6) Utilize um ponto da tabela (ou do gráfico) para achar o valor do outro coeficiente na expressão acima.

7) Compare o resultado do item anterior com a aceleração calculada no item (1). O que você conclui dessa comparação?

8) Reescreva a expressão do item (3) substituindo os valores dos coeficientes.

9) Como o x é o tempo e y é a velocidade, reescreva a expressão acima trocando x por t e y por v.

10) Chamando de  $V_0$  a velocidade inicial do móvel, ou a velocidade do móvel quando o tempo t é igual a zero. Neste movimento, temos  $V_0 = \underline{\hspace{2cm}}$ .

11) Na expressão do item 9 aparecem a aceleração e a velocidade inicial do móvel?

12) Se o avião tivesse velocidade inicial 50 m/s e aceleração  $8\text{m/s}^2$ , qual seria a expressão das velocidades desse movimento?

13) Para um movimento genérico, com velocidade inicial  $V_0$  e aceleração  $a$ , qual é a expressão que determina a variação da sua velocidade com o passar do tempo?

14) Clique no botão “Janela” e em seguida escolha as opções “Gráfico 1” e “Condições Iniciais”. Na janela “Condições Iniciais” substitua para o valor da aceleração, indicado pela letra  $a$ , o valor por zero. Execute o modelo na janela de Controle e observe os dados da tabela e o gráfico. Que tipo de movimento temos quando o valor da aceleração é zero?

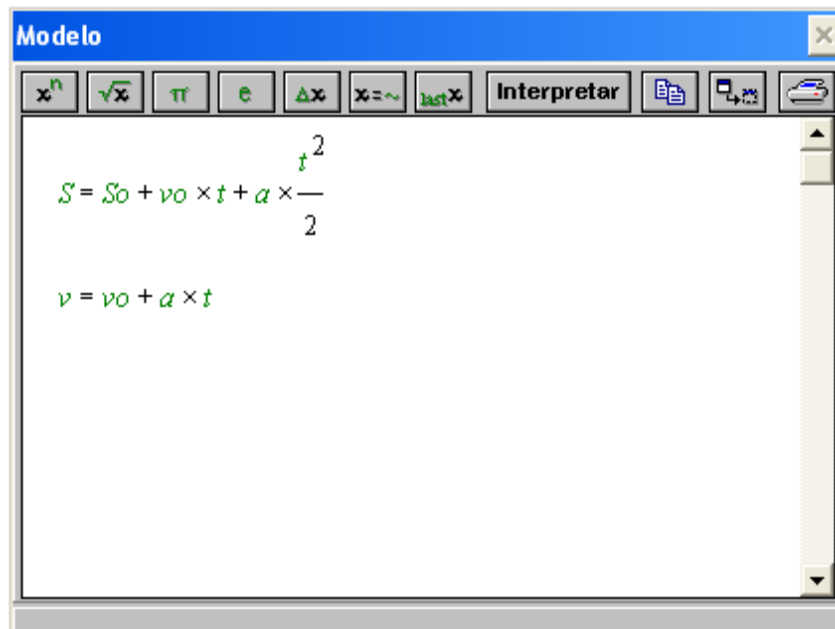
#### Atividade de criação 4: Função horária da velocidade para o MUV. ,

Esta atividade tem como objetivo sua familiarização com algumas das principais características do *Modellus*.

Um móvel se desloca ao longo de uma pista retilínea dotado de movimento uniformemente variado. As funções que descrevem matematicamente esse movimento são as funções horárias da velocidade e da posição.

#### Criar modelo

1) Escreva na janela MODELO as seguintes funções,  $v = v_0 + at$  e  $S = S_0 + v_0t + \frac{at^2}{2}$ . As funções devem ser escritas da forma que é escrita no quadro negro (para escrever o sinal de multiplicação é necessário utilizar "\*" ou a barra de espaço).



Estas funções, quando o modelo for executado uma nos informará a posição e a outra a velocidade, para qualquer instante de tempo.

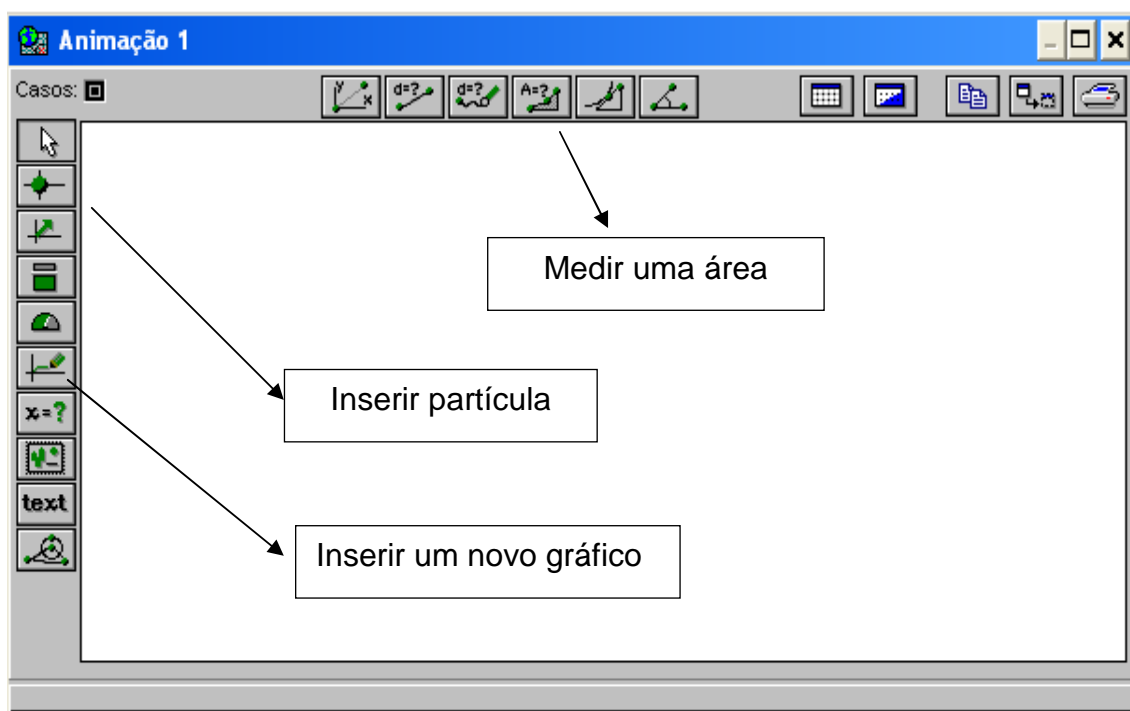
## Interpretar o modelo

Sempre que escreve ou altera o modelo, é necessário clicar no botão **Interpretar** para que o *Modellus* verifique se não há qualquer erro e possa efetuar os cálculos.

## Criar uma animação do modelo

Representaremos agora um objeto se movendo. Para isso:

a) Escolha no menu **Janelas** a opção **Nova Animação** . Obteremos uma janela como a seguinte:



b) selecione o primeiro botão do lado superior esquerdo da janela. Clique em algum lugar do espaço destinado a animação, na janela **Animação 1**. Surgirá então a seguinte caixa de diálogo, solicitando informações sobre como a partícula deve se mover e o que será visto na tela:

**Partícula**

**HORIZONTAL**

0 (const.)  
t  
**S**  
v  
So  
vo  
a

**VERTICAL**

0 (const.)  
t  
S  
v  
So  
vo  
a

Nome:

**Atributos**

Nome  
 Valor  
 Eixos  
 Trajetória  
 Rastro:  
Por cada  passos

**Escalas**

1 Pixel =       1 Pixel =

**Origem**

Var.       Var.   
Eixo:       Eixo:

**Tipo**

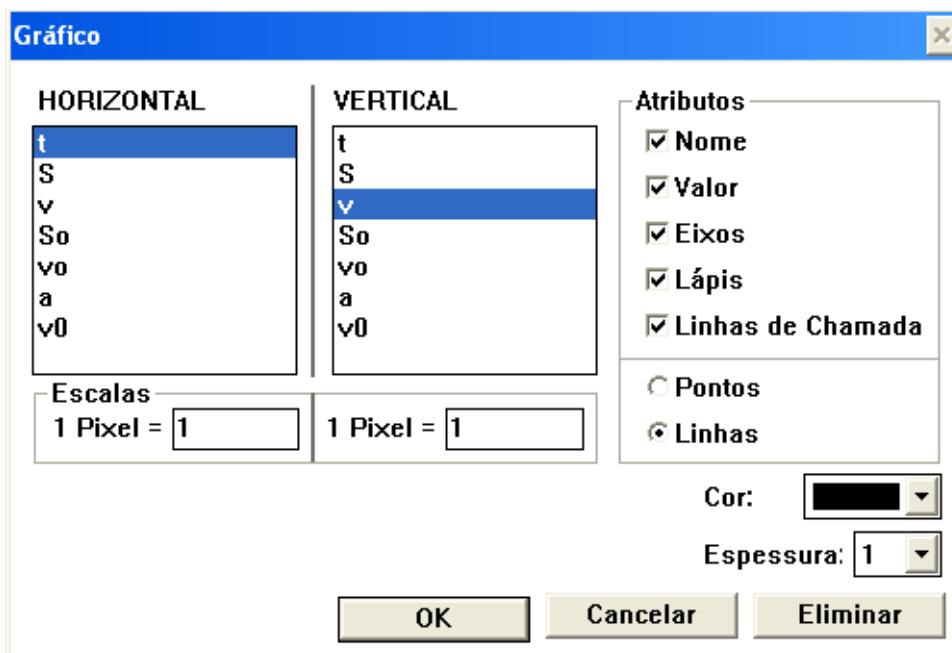
Imagem

Objeto

c) Observe esta caixa de diálogo. Selecione a variável S na lista de variáveis para a opção Horizontal (indica que a coordenada horizontal do objeto vai ser calculada utilizando os valores de S). Clique em OK.

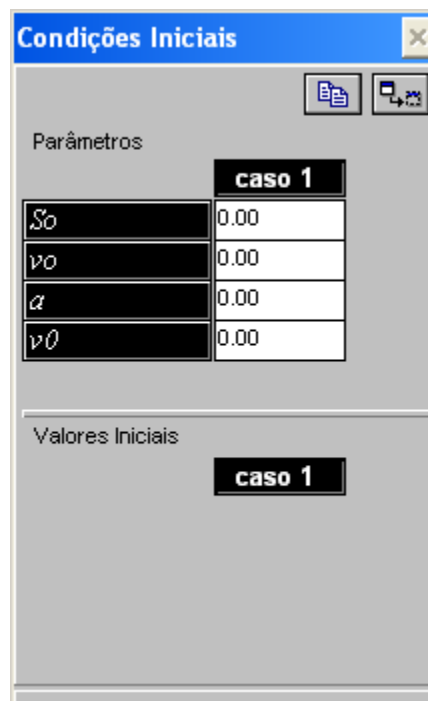
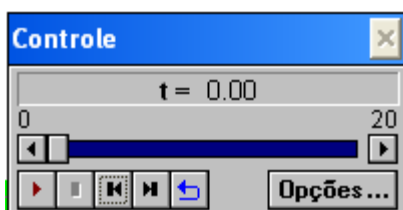
d) Selecione o botão **Inserir um novo gráfico** do lado esquerdo da janela. Clique em algum lugar do espaço destinado a animação, na janela **Animação 1**. Surgirá então a seguinte caixa de diálogo, solicitando informações sobre as variáveis que serão usadas para construir o gráfico.





e) Observe esta caixa de diálogo. Selecione a variável  $v$  na lista de variáveis para a opção Vertical e a variável  $t$ , para a opção Horizontal (gráfico  $v \times t$ ). Clique em OK.

f) Antes de executar o modelo, clicando no botão começar, na janela de controle, devemos colocar alguns valores para as constantes, na janela **Condições iniciais**.



g) Se a partícula ou o gráfico sair da parte visível da janela, redimensione a janela de modo a ficar visível todo o percurso ou mude a posição da origem.

## 2) Experimente:

a) Dê valores para as constantes (por exemplo,  $S_0 = 10$ ,  $v_0 = 10$  e  $a = 5$ ) e execute o modelo clicando em começar na janela de controle.

b) Verifique o que aconteceu. Qual é o tipo de gráfico obtido? Qual é o tipo de movimento?

c) Se você usar zero para o valor da constante  $a$ , que tipo de movimento você tem? Como é o gráfico da velocidade?

d) Observando o movimento da partícula anote o valor final da posição dela. Esse valor corresponde ao caminho percorrido pela partícula?

e) Usando a ferramenta medir uma área, determine a área sob o gráfico.

f) Comparando o valor obtido para a área do gráfico o valor do caminho percorrido pela partícula que conclusão você pode obter?

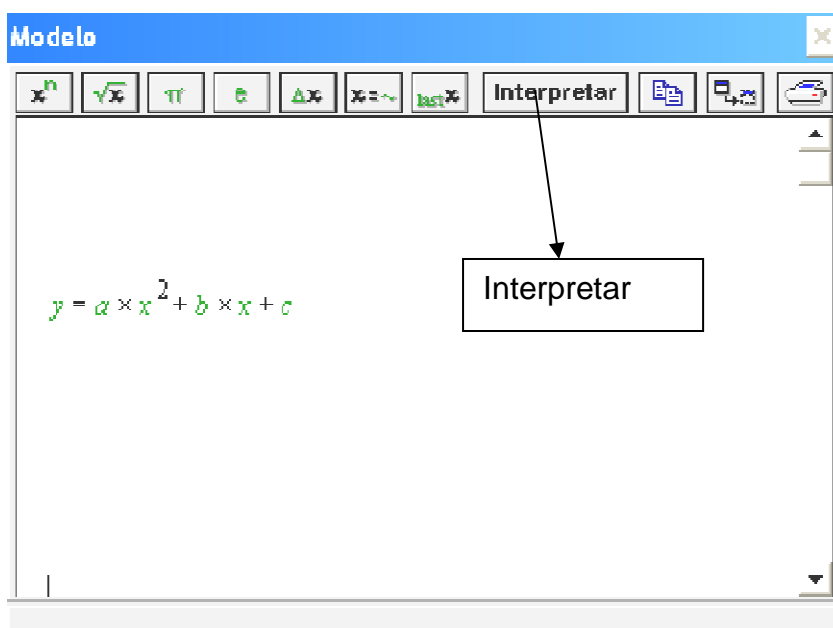
g) Usando outros valores para as constantes, construa outros gráficos e teste a conclusão do item anterior.

## Atividade de criação 5: A função quadrática e a função horária dos espaços do MUV.

### PARTE - A

#### Criar modelo

1) Considere a função do segundo grau,  $y = a.x^2 + bx + c$ , onde a, b e c, são coeficientes. Abra uma novo arquivo no *Modellus* e em seguida digite essa função na “Janela Modelo”, como mostra a figura abaixo. Em seguida clique no botão Interpretar.

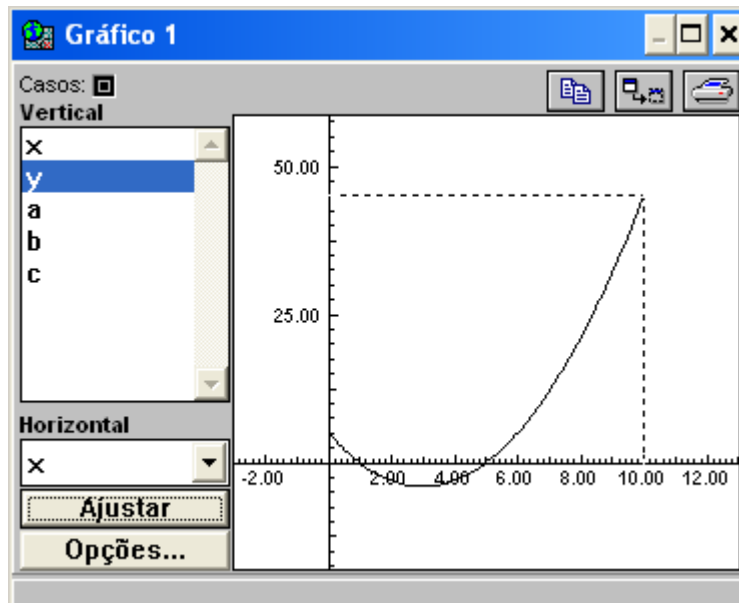


#### Interpretar o modelo

Clique no botão opções da “Janela de controle” e substitua a variável independente t por x, em seguida clique no botão Interpretar, desta forma o *Modellus* vai interpretar y e x, como sendo as variáveis, dependente e independente, respectivamente e, a, b e c como coeficientes (constantes).

## 2) Experimente:

Na janela **Condições Iniciais** digite 1, -6 e 5, respectivamente para a, b e c. Na janela Gráfico escolha y para os valores verticais e x para os valores horizontais, seguida execute o modelo usando a janela de **Controle**. Observe o gráfico e responda as perguntas abaixo (Recomendação, usando o *mouse* estique a área do gráfico até que você possa visualizar os valores com nitidez):



- quais são as raízes da função?
- quais são as coordenadas do vértice da parábola?
- determine as coordenadas do ponto de intersecção da parábola com o eixo y.
- faça um estudo do crescimento da função.
- o que determina a posição da concavidade da parábola?

## PARTE – B

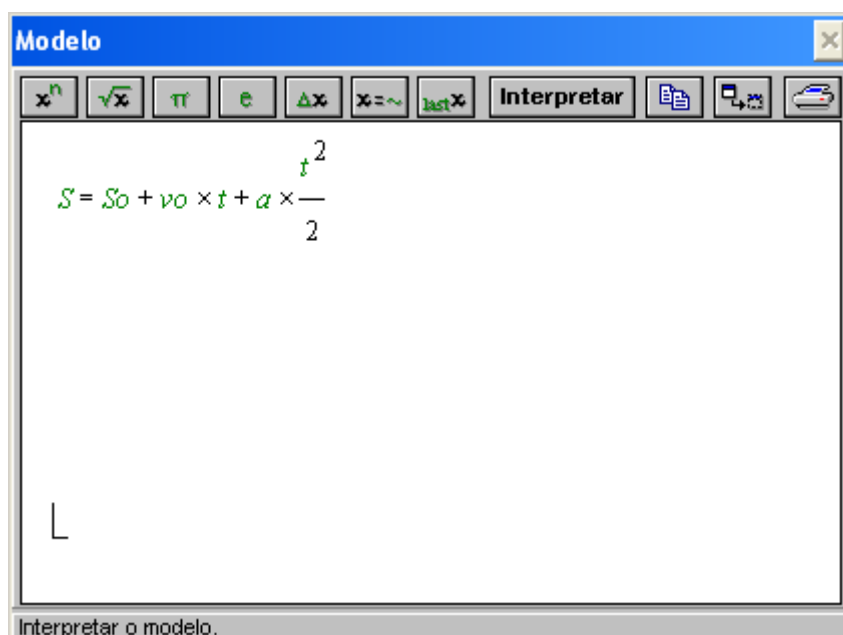
1) Os movimentos classificados como M.U.V. ( Movimento Uniformemente Variado) são descritos através de funções quadráticas ( do 2º grau), como mostrado na expressão abaixo:

$$S = S_o + v_o t + a \frac{t^2}{2}$$

Galileu Galilei descobriu isso no séc. XVI, fazendo rolar esferas em um plano inclinado. Ele notou que as distâncias percorridas pelas esferas eram proporcionais ao quadrado dos tempos medidos nos movimentos (Campos, 2000). Foi a partir daí que, anos mais tarde, se chegou à expressão como conhecemos hoje.

### Criar modelo

Abra um novo arquivo, na janela **Modelo** digite a expressão da posição de um móvel para o MUV.

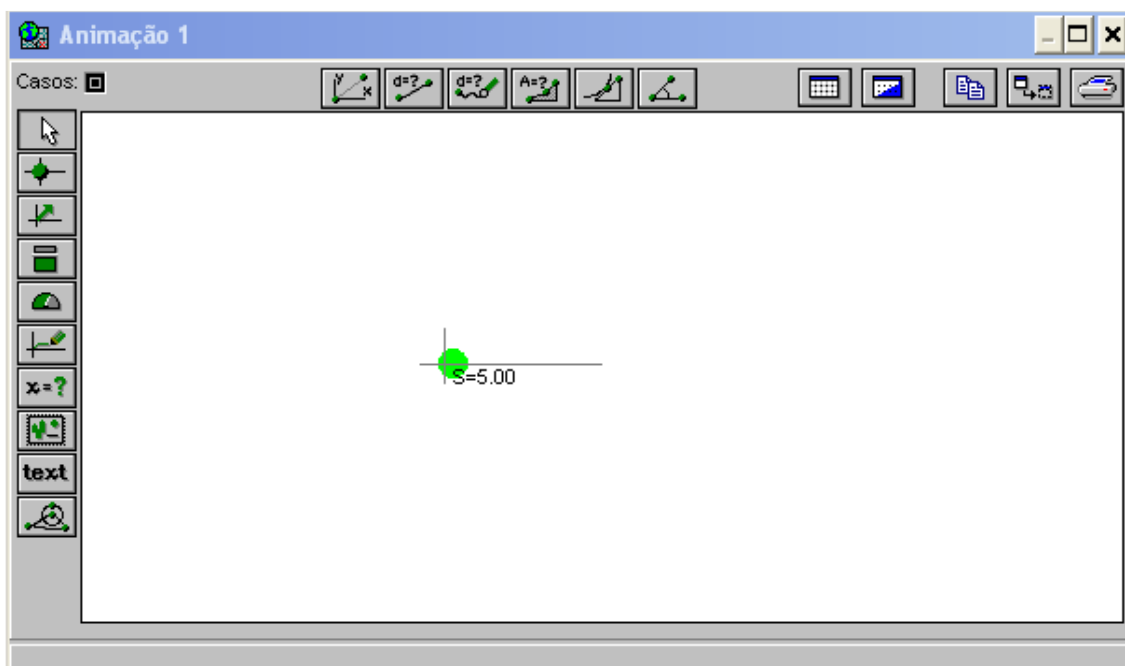


Ao você pedir para interpretar, o *Modellus* vai usar o  $t$  como variável independente e  $S$  como variável dependente. Observe que a expressão da posição tem as mesmas características da função quadrática.

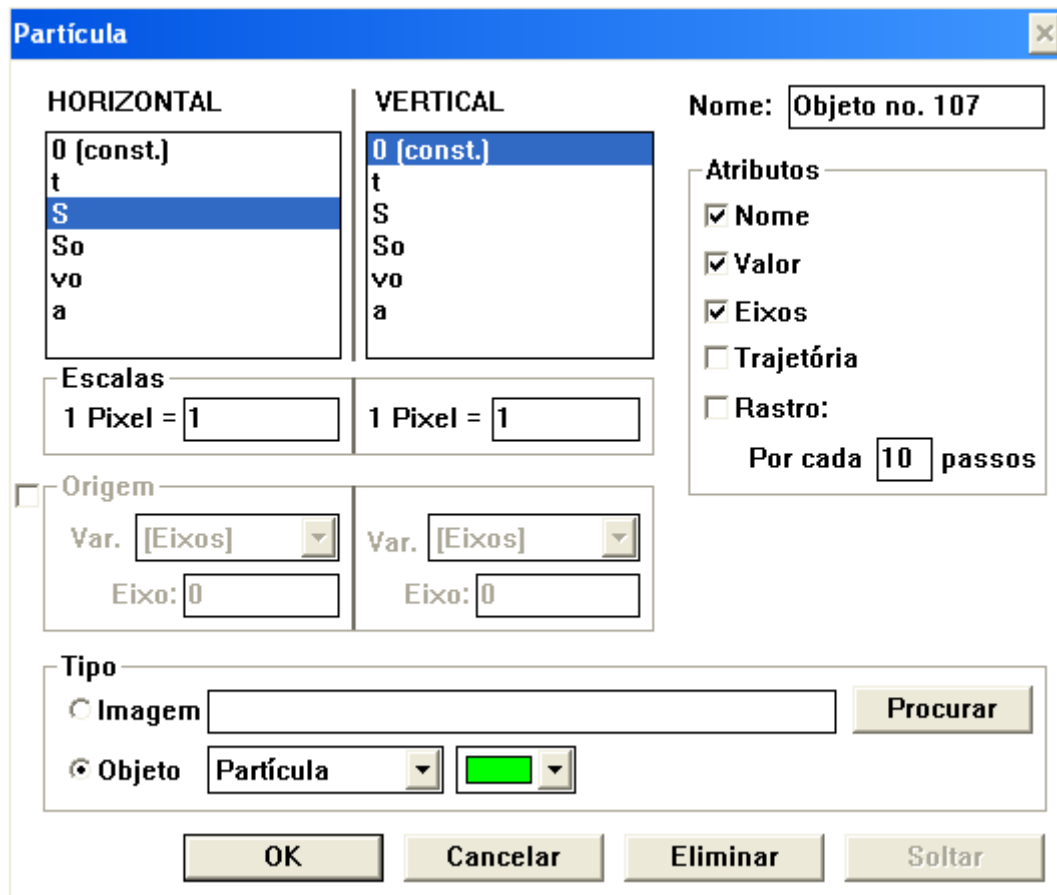
### Criar uma animação do modelo

Representaremos agora um objeto se movendo. Para isso:

- Escolha no *menu Janelas* a opção **Nova Animação** . Na janela **Animação** insira uma partícula, usando o botão inserir partícula.



- selecione o primeiro botão do lado superior esquerdo da janela. Clique em algum lugar do espaço destinado a animação, na janela **Animação 1**. Surgirá então a seguinte caixa de diálogo, solicitando informações sobre como a partícula deve se mover e o que será visto na tela:



Selecione S para os valor HORIZONTAL e 0 (const.) para o VERTICAL.

## 2) Experimente:

Um móvel realiza um MUV sobre uma trajetória retilínea obedecendo à função horária  $S = 5 + 6t + t^2$  (no SI). Repita os passos (a) a (e) do exercício anterior, tente dar uma interpretação física para cada item, ou seja, explicando o que acontece com o movimento do móvel.

## APÊNDICE D

Questionário para coletar a opinião dos alunos sobre o uso das atividades de modelagem computacional

1 – As questões propostas foram difíceis?

2 – O *software Modellus* ajudou na resolução dos problemas?

3 – Durante a execução das atividades você notou a importância do uso da matemática?

4 – Alguma idéia (conceito) que você possuía mudou depois da realização das atividades?

5 – Se mudou, você diria que o uso do *Modellus* contribuiu de alguma forma para essa mudança?

5 – Você aprendeu algum conceito novo a partir das atividades?

7 – O *software Modellus* exigiu muito conhecimento de informática?

8 – O *software Modellus* ajudou a perceber a integração entre a física e a matemática?

9 – Você aceitaria ter mais aulas com o uso do *software Modellus*?