

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Instituto de Física
Instituto de Química
Instituto de Biociências
Faculdade de Educação

***RECURSOS VIRTUAIS EM AULAS DE
LABORATÓRIO DE FÍSICA***

ELIZABETH ZAKI GONÇALVES SEVERINO

Orientadora: Prof^a Dr^a Maria Regina Dubeux Kawamura

Dissertação de Mestrado apresentada
aos Instituto de Física, Instituto de
Química, Instituto de Biociências e
Faculdade de Educação da Universidade
de São Paulo para a obtenção do Título
de Mestre em Ensino de Ciências.

Banca Examinadora
Prof^a Dr^a Maria Regina Dubeux Kawamura - IFUSP
Prof^a Dr^a Maria José Bechara - IFUSP
Prof^a Dr^a Marília Paixão Linhares - UENF

São Paulo
2006

FICHA CATALOGRÁFICA
Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação
do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Severino, Elizabeth Zaki Gonçalves

Recursos virtuais em aulas de laboratório de Física.
São Paulo, 2006.

Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo.
Instituto de Física. Depto. Física Experimental.

Orientador: Profa. Dra. Maria Regina Dubeux Kawamura

Área de Concentração: Ensino de Física

Unitermos:

1. Ensino de Física; 2. Recursos Virtuais; 3. Mecânica; 4.
Laboratório Didático.

USP/IF/SBI-049/2006

Agradecimentos

À Deus pela capacidade e inteligência.

À Jesus Cristo pela força e esperança.

À meu sábio e amado esposo Rogerio pela atenção, suporte, dedicação e amor.

À minha querida e amada mamãe Henriette que com sabedoria me aconselhou e me incentivou a nunca desistir de meus sonhos.

À minha estimada orientadora, Profa Dra Maria Regina D. Kawamura, que em momento algum desistiu de me ensinar, não só no que se refere ao acadêmico, mas, sobretudo me ensinou a viver, a enfrentar meus medos e a continuar caminhando nessa estrada tortuosa que é a vida.

Ao amigo Marcelo H. Leite, que me acompanhou, auxiliando-me sempre que necessário.

Ao Prof. Dr. Vito R. Vanin que se mostrou um ser humano dotado de inúmeras virtudes e qualidades.

À Profa. Dra. Nora Lia Maidana que com seu toque feminino me auxiliou sempre que necessário, apoiando-me e incentivando-me.

Aos colegas de projeto prof. Vito, profa. Nora, Marcelo, Paulo H. Acedo e Roberta M. Miranda por termos conseguido formar uma equipe de trabalho.

Ao Giuliano S. Olguin pelas dicas e amizade.

Ao Prof. Fuad D. Saad pelos incansáveis incentivos.

Aos alunos que me cederam seu precioso tempo para as entrevistas e às pessoas que não foram citadas, mas que de uma forma ou de outra contribuíram para a existência desse trabalho.

Agradeço, por fim, a minha família que me apoiou em tudo e principalmente à minha vó Bernadette, que faleceu durante esse trabalho, mas me ensinou que a vida pode apresentar obstáculos e se formos capazes de enxergar neles uma possibilidade de crescer e progredir seremos certamente vitoriosos.

Resumo

Embora a tecnologia da informação venha sendo intensamente utilizada para o desenvolvimento de situações de ensino a distância, também é grande o potencial dos recursos virtuais em situações presenciais, em sala de aula. Nesse sentido, o presente trabalho investiga a utilização de laboratórios virtuais, em substituição às atividades de laboratórios didáticos reais. Nesse caso, os alunos fazem uso de imagens virtuais, obtidas a partir da filmagem direta dos experimentos, apresentadas sob forma de filmes e fotos instantâneas. A utilização e interação dos alunos com esses recursos virtuais foram analisadas, em situações envolvendo o conteúdo de Mecânica, em disciplinas teóricas obrigatórias e iniciais do Curso de Licenciatura em Física. Para avaliar o âmbito e eventuais limitações dessas atividades, foram utilizados estudos comparativos entre atividades equivalentes desenvolvidas em laboratórios reais e situações virtuais, tendo sido utilizados como instrumentos de pesquisa tanto relatórios entregues pelos alunos como entrevistas. Os resultados apontam uma certa equivalência do ponto de vista das relações operacionais, elaboração de gráficos e conclusões diretas desenvolvidas pelos alunos. Por outro lado, os alunos expressam certas resistências e, ao mesmo tempo, com a continuidade das atividades, os sentidos dos experimentos reais tendem a diluir-se.

Abstract

Computer technologies have been increasingly used in distance education but they also have important role in face-to-face teaching. The present work investigates the implementation of virtual laboratory activities in the place of real didactic laboratories in classroom context. These virtual laboratories make use of digital images and films of real experiments, presented as frame to frame photo instants and sequence films. We evaluate undergraduate students response to mechanical virtual laboratory activities of this type, in the first year of a physics teaching course, through their assessment on designed tasks. We also made use of focus group interviews. Our results suggest the equivalence between virtual and real experiments from the point of view of operational tasks, graphic constructions and direct conclusions. On the other hand, students sometimes expressed resistance to virtual experiments, as they are more abstract, and they tend to turn away from its real meaning as times pass.

Sumário

1 – Introdução.....	6
2 – Propostas de Utilização dos Recursos Virtuais no Ensino de Física.....	14
3 – Recursos Virtuais de Visualização no Ensino de Física.....	39
4 – Produção de Experimentos para Laboratórios “Virtuais”.....	53
4.1 – Descrição da elaboração e produção do material virtual.....	56
4.2 – Preparação e realização dos experimentos propostos.....	62
4.3 – Realização da experiência sobre atrito – sem o trilho de ar.....	74
4.4 – Descrição de roteiros de atividades.....	79
5 – Utilização em Sala de Aula e Seus Resultados.....	96
5.1 – Atividades realizadas em 2004.....	98
5.2 – Experiência comparativa entre virtual e real.....	100
5.2.1 – Distinção entre os ambientes onde a atividade foi executada.	102
5.2.2 – Resultados da atividade e análise.....	103
5.3 – Outras atividades realizadas em 2005.....	116
5.4 – Entrevistas e seus Resultados.....	118
6 – Considerações Gerais e Conclusões.....	134
Referências Bibliográficas.....	142
Anexos	
Anexo 1 – Pro-Mat – Roteiro de exercícios para familiarização com planilhas.....	148
Anexo 2 – Pro-Mat – Atividade experimental virtual: análise de movimentos.....	150
Anexo 3 – Pro-Mat – Atividade experimental real: análise de movimentos.....	153

Introdução

Ingressei no curso de Licenciatura em Física no IFUSP no ano de 1997. Não possuía computador em casa e minha única experiência com a “máquina” fora em pouquíssimas aulas no fim do colegial – que hoje se denomina Ensino Médio. A única coisa que me lembro desse período é que, por ter tocado piano, eu conseguia digitar um pouco mais rápido do que as outras pessoas.

Mas meu contato foi bastante restrito, e lembro-me bem da única prova de informática de minha adolescência. Claro que ela não foi prática, mas escrita à mão numa folha de papel. Apenas três perguntas, sendo que uma delas valia seis pontos... Fácil, e o que não era de se esperar... eu não passei na prova! Por quê? Por que eu não sabia responder a tal da pergunta. Não me lembro muito bem, mas era algo como: qual a atitude mais importante de um usuário de computador? Depois de informada do desastre, que foi unânime na classe – e por causa disso a prova foi cancelada – e da resposta correta, uma palavra ficou encravada em minha alma: salvar!

Salvar! Não se trata de um resgate ou de uma piada, mas sim de uma ação. A ação mais importante entre eu e a máquina tinha de ser salvar! Isso me garantiria que ela não me “passaria a perna”. Mesmo tendo vivenciado por esse “trauma de infância”, pois eu jamais aceitei ser reprovada em avaliações, como era de se esperar... eu não aprendi.

Enfim, caloura da Universidade de São Paulo. Havia uma sala pró-aluno, que nos foi apresentada. Olhei para aquilo e tive uma única certeza: manter o máximo de distância possível.

Passei praticamente o primeiro ano ilesa, mas para encurtar a história, uma certa professora, no segundo ano, resolveu que as listas de exercícios seriam disponibilizadas na rede. Que rede? Sei lá! De tanto reclamar, e como o sistema ainda estava no começo, eu consegui que alguém colocasse as listas no “xerox”. Resolvido o problema, alguém inventou um tal de Pascal... que insuportável, mas acho melhor pular essa parte.

Vamos para o segundo semestre do segundo ano. Comecei a trabalhar com um professor, que também era meu professor de uma das disciplinas. Ele me perturbou tanto por causa da máquina, mas tanto, que eu discuti com ele. Um belo dia, calmamente, esse professor me acompanhou à tal sala pró-aluno. Não teve jeito... fui arrastada! Nessa época eu apenas escrevia alguns textos no computador, mas sempre, sempre na hora de imprimir, “forças do além” impediam a consumação do fato. Isso foi me chateando tanto, que eu sempre saía daquele lugar brava. Mas voltando ao professor... Mamãe sempre me ensinou a respeitar os mais velhos, e eu não podia entristecê-la. Obediente, mas transtornada, olhei para o professor e sentei onde ele pediu. Ele chamou um dos monitores e disse para eu não sair dali sem abrir uma conta de e-mail, e com a mesma paciência... foi embora.

Socorro! Senti-me abandonada. O que era aquilo? O monitor me falou algumas palavras, que eu não entendi. Então, horas depois, com muito custo, saí daquela sala com um e-mail... Dirigi-me diretamente à sala daquele caro professor, e aos gritos, como uma criança, eu contava-lhe que havia falado com minha prima de Bauru. Graças ao professor Fuad, que não desistiu de mim, hoje eu posso escrever essa dissertação.

Quebrada a barreira inicial, e caminhando em meu ritmo, aprendi a considerar a máquina “útil”. Posteriormente, e após muitas experiências desgastantes, como a perda de um trabalho inteiro só porque eu apertei, sem querer, um certa tecla “Delete”, eu aprendi e entendi aquela pergunta da prova. Lembra? Eu sempre lembro e até virou fanatismo. Salvar se tornou a ação mais mecânica e essencial!

Essa é um pouco de minha história com o computador, e por conta disso e da percepção de sua incorporação necessária à minha vida, resolvi arriscar trabalhar com a máquina e a fazer esse mestrado, baseado no uso de novas tecnologias.

Na metade da década de setenta foi se difundindo o computador pessoal (LÉVY, 1993; p 43), tendo sido construído progressivamente, abrindo novas bases para a informática, revolucionando a sociedade. Com ele interage-se, simula-se, decidem-se os percursos, personaliza-se a comunicação.

Antes da invenção e difusão da escrita, a comunicação era apenas oral, onde a memória tinha um valor central para a preservação das informações, e o tempo mantinha-se em círculos, através de repetições. A introdução da escrita permitiu uma nova forma de comunicação, diminuindo a mediação humana e o poder da

memória, acentuando a capacidade de reflexão e contribuindo para o nascimento de um pensamento linear e mecanicista. O surgimento da informática e da rede de computadores ocasionou o surgimento de um complexo meio de interfaces (produção, seleção, transmissão, armazenamento, som, imagem, programas, textos, interatividade) reorganizando o tempo, que passa a ser mais realista (LÉVY, 1993).

O computador surge como meio de comunicação modificador da mente dos homens e contribui para o nascimento de uma nova linguagem, onde as pessoas exprimem-se não apenas pelo texto, mas também por imagens e sons. Surge também o hipertexto, inspirado no funcionamento da mente humana através de associações organizadas e representações esquemáticas, organizando-se de um modo fractal e não linear.

A Internet surgiu para a comunicação e continua sendo um meio revolucionário porque permite a qualquer um transmitir informações, mensagens, fotos, vídeos, etc., para qualquer lugar do mundo, além de possibilitar a comunicação em tempo real com todo o mundo. Para possibilitar essa comunicação foram desenvolvidos vários tipos de ferramentas. Foi através dessas ferramentas como, por exemplo, correio eletrônico, sites, fórum, os chats, ICQ, Orkut, etc., que o usuário conseguiu interagir com parceiros fisicamente separados e talvez até desconhecidos. As pessoas conversam, trocam experiências, informam-se, fazem amizades ou simplesmente passam o tempo. A questão passa a ser como "navegar" nesse oceano de informação, como chegar ao que "interessa".

As possibilidades oferecidas pelas atuais tecnologias digitais de comunicação e informação transformam as tradicionais formas de ensinar e de aprender. Trata-se não apenas da utilização dos ambientes digitais como recursos ou ferramentas educacionais, mas uma outra maneira de se pensar a educação, caracterizada por novos tempos e espaços educacionais, novos papéis para professores e alunos, e novas formas de relacionamento, oportunidades e resultados.

Segundo LÉVY (1993), “a tecnologia não é em si nem boa, nem má. Tudo depende do uso que dela fazemos”. Ou seja, não são as tecnologias que vão revolucionar o ensino e, por extensão, a educação como um todo. Mas a maneira como essa tecnologia é utilizada para a mediação entre professores, alunos e a informação, essa pode ser revolucionária, ou não.

A introdução do computador no ambiente educacional, mesmo no ambiente universitário, infelizmente ainda causa estranhamento e muitos se mantêm num verdadeiro ostracismo, numa recusa cega à tecnologia. Se para mim foi difícil, imagine para aqueles que nunca necessitaram interagir com o computador! As resistências às mudanças são fortes, mas a educação tem de reconstruir o seu papel, reencontrar o seu lugar. Por isso uma mudança cultural é imprescindível, apesar de mais lenta do que o progresso tecnológico.

O professor poderá abrir o espaço da sala da aula para o universo que o cerca. As tecnologias tornam possíveis e são essenciais para esse processo. Mas é muito difícil o professor tomar iniciativa, sem o respaldo da instituição onde trabalha, pois não basta a adaptação da atitude e das práticas pedagógicas: é preciso organizar a escola, as diversas instituições, para que isso seja possível.

É necessário ter-se claro o objetivo da introdução das novas tecnologias nas instituições de ensino, pois os computadores – por exemplo – não possuem uma característica intrinsecamente interativa e transformadora. É o modo como a escola o utiliza que determina se sua função será de estímulo à criatividade, de transmissor de informações, de incentivador de novas formas de sociabilidade e de desenvolvimento de determinadas habilidades cognitivas.

Percebe-se que algumas ferramentas usuais existentes atualmente são amplamente utilizadas em educação, como por exemplo, o programa de editor de textos da Microsoft chamado Word, que é um editor de textos que permite a construção e a formatação de documentos. Essa ferramenta facilitou muito a produção de textos legíveis, como avaliações (provas) e trabalhos, muito utilizados por professores e alunos. Aparentemente, em meio a tantas belezas tecnológicas, esse recurso é considerado primário, mas também pode ser utilizado como estímulo à criatividade, constituindo, talvez, os primeiros passos para a inserção das pessoas ao mundo das novas tecnologias. O Powerpoint é outro exemplo de utilização de tecnologia em sala de aula, que muitas vezes substitui o velho retroprojeter. Ele é um programa para construção de apresentações utilizando multimídia – sons, animações, filmes etc. – e pode ser utilizado para a elaboração de transparências e slides dinâmicos. Esses são exemplos da utilização de tecnologia já explorados em educação, tanto por professores quanto por alunos.

Diante desse novo panorama e com uma incansável sede por conhecer mais essa tecnologia mergulhei no universo digital. Considerando minha experiência profissional, tanto no Ensino Médio como no Ensino Superior, decidi incorporar atividades envolvendo recursos virtuais nas minhas aulas de Física.

Na minha experiência no Ensino Médio, utilizei a informática como instrumento didático complementando aulas presenciais. Desenvolvi diversas atividades relacionadas ao ensino de Mecânica, incluídas no primeiro ano do Ensino Médio de um colégio da rede particular de São Paulo (disponíveis em <http://www.cei.santacruz.g12.br/~fisica1/>). Essas atividades utilizavam simulações, applets, filmes, hipertextos links e internet.

Para a elaboração do material virtual para essas propostas houve um trabalho intenso de pesquisa de meios interativos, como applets e simulações, além da necessidade da fluência nessa nova linguagem virtual para que os sites pudessem ser montados. Inúmeros desafios foram vencidos e a resposta dos alunos foi bastante significativa, pois essas aulas favoreceram uma maior compreensão dos conteúdos teóricos estudados.

Na minha experiência no Ensino Superior, também se priorizou o uso da informática não como ensino à distância, mas como instrumento didático, que de certa forma substitui ou complementa o laboratório didático, através da utilização de recursos e ferramentas do computador.

Nessas experiências, tanto no Ensino Médio como no Ensino Superior, percebi que os recursos virtuais não são condição suficiente para o aprendizado. Parecem ser, aliás, novos recursos didáticos, como tantos outros que utilizamos, ainda que com uma grande especificidade.

Percebi também, que a interação dos alunos com esses recursos não é isenta de problemas. As dificuldades dos alunos foram evidentes, desde o que concerne à familiaridade com o computador e facilidade de manuseio até a compreensão do que se visualizava na tela. Houve, também, questões de caráter técnico, como, por exemplo, a demora para a abertura de alguns programas, o que é encarado de forma negativa pelos usuários do computador.

Os recursos ou ferramentas utilizados pelo “produtor”, ou pelo professor que idealizou e construiu a proposta, nem sempre, ao final, apresentam todas as vantagens imaginadas quando concebidas. Fica evidente no uso que o “usuário”, ou o aluno, percorre caminhos que lhe são próprios e muitas vezes diferem do caminho

que seria utilizado pelo idealizador da proposta. Dessa forma, a leitura do material disponibilizado é pessoal e envolve o universo do “usuário” que interage com esse material, o que nem sempre coincide com o universo e fluência do “produtor”.

É fato que existem poucos trabalhos avaliando o resultado de ferramentas virtuais na realidade concreta de seu uso, enquanto existem muito mais trabalhos que apenas apresentam propostas e desenvolvimento de ferramentas.

Percebem-se, nesse contexto, diferentes questões ou problemas quanto ao uso da informática, assim como suas possibilidades e eventuais limitações.

Esses fatores me levaram a propor e desenvolver um trabalho investigativo que consiste em aprofundar o significado e o resultado da utilização de ferramentas virtuais pelos alunos.

Para isso, optei pela análise dos recursos virtuais desenvolvidos para o Ensino Superior, pois eu não fui professora/propositora, embora tenha participado ativamente em todas as etapas de seu desenvolvimento. Essa condição, nesse caso específico, permite um ponto de vista observador/investigador mais apropriado, uma vez que houve certo distanciamento.

Assim, o objetivo desse trabalho é avaliar o recurso virtual de produção de experimentos para atividades de laboratório didático, na área de Mecânica, buscando caracterizar e compreender a ferramenta desenvolvida.

As atividades são o produto do projeto chamado “Experimentos Virtuais em Disciplinas Teóricas de Física Básica” desenvolvido no âmbito do Pro-Mat (Programa de Apoio à Produção de Material Didático)¹. Ele foi aplicado nas disciplinas Fundamentos de Mecânica (primeiro semestre de 2005) e Mecânica (segundos semestres de 2004 e 2005), que são disciplinas teóricas obrigatórias iniciais do Curso de Licenciatura em Física do IFUSP.

Visando construir o registro de experimentos reais, os sistemas mecânicos em movimento foram filmados e utilizados em atividades do tipo das realizadas no laboratório didático convencional. Os vídeos digitalizados foram disponibilizados na internet, através de uma interface que permite a seleção do problema desejado e a identificação do movimento como uma seqüência de quadros independentes. Foram

¹ Participaram desse projeto como coordenador o Prof. Dr. Vito Roberto Vanin (IFUSP), como professora auxiliar a Profa. Dra. Nora Lia Maidana (IFUSP), e como monitores/colaboradores os alunos Elizabeth Z. G. Severino (IFUSP), Marcelo Henrique Leite (ECA), Paulo Henrique Acedo (IFUSP) e Roberta M. Miranda (IFUSP).

construídas estratégias para realizar as medidas de parâmetros relevantes a partir desses vídeos. Dessa forma, os recursos computacionais permitiram o estudo de aspectos fundamentais da física básica através de medidas de grandezas físicas realizadas em vídeos digitalizados de situações reais, promovendo a compreensão conceitual e operacional dos mesmos.

O conteúdo físico presente nas atividades desse projeto corresponde às leis de Newton, às leis empíricas do atrito e às leis de conservação da mecânica clássica – conservação da energia e da quantidade de movimento –, resultando num produto final de quatro atividades.

A metodologia para a avaliação de recursos didáticos virtuais ainda não está desenvolvida de forma que contemple suas especificidades, provavelmente porque é um tipo de trabalho que está apenas começando. Isso significa que não é fácil localizar dentre os trabalhos dessa área parâmetros que orientem os procedimentos para avaliar os recursos virtuais.

Uma vez que foi identificada a dificuldade para investigar esses recursos, optei por um estudo de caso que consiste no acompanhamento do processo de produção da ferramenta de trabalho virtual desenvolvida, incluindo toda a descrição desde os primeiros passos para a sua construção. Além disso, desenvolvi instrumentos para acompanhar e avaliar sua utilização pelos alunos, em situações concretas de sala de aula. Para esse estudo, além de observações pessoais ao longo do processo, também foram elaborados instrumentos específicos, tais como análise de atividades comparativas, procedimentos de análise de relatórios e diferentes formas de entrevistas com alunos-usuários.

Nesse trabalho, foi considerado que um dos elementos centrais para a análise de um determinado recurso é o reconhecimento de sua especificidade frente a outros recursos virtuais, pois é a especificidade que, de certa maneira, delimita os âmbitos de sua utilização. Para isso busquei, inicialmente, elementos para poder situar os recursos utilizados dentro do conjunto das possibilidades que vêm sendo introduzidas no Ensino de Física, seja do ponto de vista de suas características, seja do ponto de vista de seus recursos de visualização. Em particular, procurei caracterizar os recursos relacionados à visualização, tais como recursos de filmagens, registros e fotos.

A apresentação do conteúdo dos diversos capítulos, realizada a seguir, procura indicar, de forma mais detalhada, o percurso de meu trabalho.

O segundo capítulo “Propostas de Utilização dos Recursos Virtuais no Ensino de Física” consiste em um levantamento de diferentes possibilidades da utilização de recursos virtuais no Ensino de Física, assim como das pesquisas que vêm sendo desenvolvidas, de forma que seja possível localizar a proposta particular desse trabalho em um quadro mais amplo dessa área no Brasil.

O terceiro capítulo “Recursos Virtuais de Visualização no Ensino de Física” consiste em situar os recursos de filmes e fotos, utilizados nesse projeto, em comparação com outros recursos de visualização mais freqüentemente utilizados, dentre os apontados no capítulo dois.

O quarto capítulo “Produção de Experimentos para Laboratórios “Virtuais”” consiste na descrição da ferramenta desenvolvida para a inserção de recursos virtuais no Ensino de Física. Serão descritas a elaboração, a produção, a preparação e a realização do material virtual a ser trabalhado com os alunos, além dos roteiros de atividades referentes aos quatro experimentos propostos.

O quinto capítulo “Utilização em Sala de Aula e Seus Resultados” refere-se à descrição da aplicação das atividades citadas no capítulo anterior, nos anos de 2004 e 2005, e na análise dos resultados obtidos através dos instrumentos de coleta de dados – análise de relatórios da atividade comparativa e entrevistas. Terá ênfase a atividade comparativa referente às leis de Newton, uma vez que a mesma atividade foi realizada em dois ambientes, sendo que um grupo trabalhou no laboratório real e o outro grupo trabalhou na sala de informática, com recursos virtuais. A análise do presente trabalho consiste em tentar caracterizar como é inserida e qual a importância da ferramenta desenvolvida nessa situação.

O sexto capítulo “Considerações Gerais e Conclusões” refere-se às considerações referentes aos resultados das análises dos relatórios da atividade comparativa e das entrevistas realizadas com um grupo de alunos, um ano após terem executado as atividades. A análise da proposta que foi investigada e de seus resultados visa caracterizar e compreender essa ferramenta desenvolvida no projeto do Pro-Mat, buscando avaliar os recursos virtuais no ensino de laboratório de Física, bem como situá-la dentre as propostas existentes na bibliografia pesquisada.

Capítulo 2 – Propostas de Utilização dos Recursos Virtuais no Ensino de Física

Nos últimos anos, cada vez mais a informática está sendo incorporada na sociedade humana e na vida cotidiana, através dos mais diversificados sistemas, tanto em escala global, especialmente nas formas de comunicação e organização de dados, como em sistemas empresariais ou em instrumentos de uso pessoal. Da mesma forma, no campo da educação, muitas ferramentas e propostas vêm sendo desenvolvidas, utilizando as tecnologias da informação, voltadas para a escola ou em busca de novos espaços educacionais.

Ao mesmo tempo, a investigação sobre a integração da tecnologia da informação e comunicação no contexto educacional tem sido o foco de diversos estudos, nos diferentes níveis de escolaridade e em diferentes partes do mundo. No que diz respeito ao Ensino de Física no Brasil, vários trabalhos têm procurado investigar essas formas de inserção e desenvolvido propostas concretas, em um conjunto ainda pouco articulado e não bem demarcado, como resultado de experiências locais e propostas pontuais.

Diante desse quadro com contornos pouco definidos, torna-se particularmente difícil situar uma proposta também pontual como a que queremos investigar. Ainda assim, ou por isso mesmo, é indispensável iniciarmos esse trabalho buscando localizar os diferentes âmbitos em que ocorrem propostas de inserção de recursos virtuais e, na medida do possível, identificando abordagens e pressupostos.

O objetivo desse capítulo é fazer um levantamento de diferentes possibilidades da utilização de recursos virtuais no Ensino de Física, assim como das pesquisas que vêm sendo desenvolvidas, de forma que seja possível localizar nossa proposta particular em um quadro amplo dessa área.

Para isso, optamos por definir e analisar uma amostra de trabalhos, restrita a produções nacionais, tomando como base alguns periódicos da Área de Ensino de Física, assim como trabalhos apresentados em simpósios e congressos dessa área, nos últimos cinco anos. Isso inclui, principalmente, um número especial publicado pela Revista Brasileira do Ensino de Física além de trabalhos publicados nos últimos

VIII e IX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEFs), ainda que a bibliografia a respeito seja muito mais ampla. Essa delimitação da amostra pode parecer restrita demais, se pensarmos que o que se pretende é a realização de um levantamento completo. No entanto, esse não é o objetivo. Consideramos que a amostra assim definida seja suficiente para constituir-se em um quadro geral capaz de situar novas propostas, mesmo que não seja tão amplo como os trabalhos da área.

Todos os trabalhos localizados foram analisados, a partir de suas respectivas leituras, buscando realçar semelhanças e diferenças entre suas abordagens, em busca de possíveis categorias para uma sistematização da área.

Em uma análise preliminar sobre o conjunto dos trabalhos de nossa amostra, procuramos identificar formas de sistematização propostas por outros autores.

Assim, segundo FIOLETTI (2003), os principais modos de utilização do computador no ensino são aquisição de dados por computador, modelização e simulação, multimídia, realidade virtual e internet.

Já VEIT (2002 a) classifica os trabalhos publicados em ensino de Física em três grandes categorias – i) princípios e idéias gerais sobre a possibilidade de uso de novas tecnologias no Ensino de Física; ii) o uso de um determinado software e seu entorno docente; e iii) aquisição automática de dados em laboratórios didáticos de Física. Essa autora pretende, com essa classificação, evidenciar uma lacuna, uma vez que em nenhuma dessas categorias é dada a devida importância à discussão da modelagem computacional no ensino/aprendizagem de Física.

GOBARA et al. (2002) especifica que as diversas formas de utilização de programas educacionais apresentadas na literatura podem ser agrupadas em seis categorias: administração, simulação, instrução assistida por computador, controle de experimentos, análise de dados e outras aplicações.

Segundo MEDEIROS (2002), na atualidade, a Informática tem uma aplicação muito diversificada no ensino da Física, sendo utilizadas em medições, gráficos, avaliações, apresentações, modelagens, animações e simulações.

Como pode ser observado, é possível estabelecer diferentes classificações, sendo que existem significativas intersecções entre elas.

Diante dessa diversidade de formas de classificação, optamos por estabelecer como delimitador o universo próximo do Ensino de Física, deixando de

incluir assim quaisquer usos voltados para aspectos mais administrativos ou utilizados para gerenciamento.

Nesse recorte, em uma primeira análise, ficou claro que existem dois grandes conjuntos de discussões, intervenções ou investigações, demarcados, sobretudo por suas abrangências.

Há aqueles trabalhos em que o foco principal está dirigido para uma determinada ferramenta, um instrumental, um software ou um programa, seja como descrição de uma proposta, seja como investigação de seus usos e significados. São trabalhos que têm, portanto, um foco bem delimitado.

Por outro lado, há um outro conjunto de trabalhos voltados para uma proposição mais abrangente, na direção do desenvolvimento de um espaço de intervenção ou da criação de ambientes de ensino-aprendizagem, onde podem estar presentes muitas das ferramentas descritas anteriormente, mas cujo foco principal é o estabelecimento de espaços de interlocução e articulação, com especial atenção, em geral, para o estabelecimento de meios de diálogo, tais como fóruns, chats, etc.. Esse é o caso das várias propostas de ensino a distância mas também do desenvolvimento de outros ambientes de aprendizagem para cursos presenciais.

Em relação a esses dois conjuntos, a proposta que procuraremos investigar é um claro exemplo de desenvolvimento e utilização de uma ferramenta e, portanto, se inscreve no primeiro conjunto.

Passamos, então, a procurar identificar, classificar e sistematizar as diferentes *ferramentas*, ou usos localizados das tecnologias da informação. Nessa etapa, nossa análise não se limitou ao primeiro conjunto, já que a análise de exemplos do segundo conjunto nos permitiu identificar as ferramentas adotadas ou propostas para serem utilizadas em ambientes de aprendizagem.

Dessa análise resultou uma possível forma de sistematização para as ferramentas que compareceram em nossa amostra com maior frequência, procurando apresentá-las em níveis progressivos de elaboração na construção do conhecimento, ainda que de forma apenas intuitiva.

Essa forma de classificação nos levou a identificar como ferramentas, ou diferentes modos de inserção das tecnologias da informação, as seguintes possibilidades: 1 – *Hipertextos*; 2 – *Experimentos ou Aquisição de Dados por Computador*; 3 – *Simulações*, 4 – *Modelagens*.

Certamente essa classificação não é única, nem composta por elementos completamente independentes, já que ocorrem sobreposições e elas são freqüentes. No entanto, sua validade vem do fato de que deu conta de organizar todos os elementos de nossa amostra e, portanto, esse é o seu âmbito.

1 – *Hipertextos* – o computador propicia a localização e a apresentação, em rede, de um amplo conjunto de informações.

2 – *Experimentos ou Aquisição de Dados por Computador* – o computador propicia a realização de medições de grandezas físicas em tempo real, a partir de sensores e softwares apropriados.

3 – *Simulações* – o computador propicia representações de uma situação física, baseadas num modelo que muitas vezes não é explícito, permitindo visualizar comportamentos de fenômenos. Isso inclui, em algumas situações, a possibilidade de, a partir da alteração de determinados valores de variáveis ou parâmetros de entrada, observar as alterações nos resultados.

4 – *Modelagens* – o termo modelagem é utilizado quando a ênfase é dada à construção ou proposição de modelos explicativos para determinada situação física. Os ambientes de modelagem permitem aos alunos construir possíveis modelos e analisar o quanto esses modelos são ou não aproximados ou suas respectivas validades.

Passamos, a seguir, a exemplificar essas diferentes categorias de ferramentas, a partir dos trabalhos identificados em nossa amostra.

1 – Hipertextos

Segundo LÉVY (1993; p.25), os hipertextos são “mundos de significações”, em que “os atores da comunicação ou os elementos de uma mensagem constroem e remodelam universos de sentido”. Ainda que seja uma ferramenta muito utilizada e citada, não há trabalhos voltados especificamente para o estudo dos hipertextos como ferramentas. Entretanto, TAGIKU (2001) inclui em seu trabalho uma avaliação comparativa do uso de hipertextos por alunos do ensino médio.

2 – Experimentos ou Aquisição de Dados por Computador

Como a Física é uma ciência experimental, o laboratório assume um papel central em seu ensino. Utilizando sensores e softwares apropriados pode-se medir e controlar variáveis como posição, velocidade, aceleração, força, temperatura, etc.

O computador permite novas situações de aprendizagem ao propiciar aos alunos a realização de medições de grandezas físicas em tempo real que lhes fornecem respostas imediatas a questões previamente colocadas. Isso acontece, na maior parte das vezes, pela utilização de interfaces para aquisição de dados.

Alguns exemplos do uso dessas ferramentas são:

- Sistema de Análise Digital de Movimentos (Software SAM)

O software SAM envolve os conceitos de mecânica gráfica e é utilizado na análise quantitativa de movimentos reais e de movimentos realizados em laboratório, sendo que a linguagem LOGO foi utilizada para simular os movimentos filmados (MAGALHÃES et al., 2002).

Os movimentos são filmados pelos alunos com uma câmera de vídeo e, após a captura da imagem para o computador, utiliza-se o software SAM para a análise quantitativa desse movimento. Com esse software, o arquivo do filme com extensão .avi é mostrado quadro a quadro, e os alunos podem obter os dados referentes à posição do objeto, assinalando essas posições com o “marcador” e medindo a distância com uma “régua virtual”. O intervalo de tempo entre um quadro e outro é mostrado no próprio software. Sendo a captura, por exemplo, realizada a 30 quadros/s, o tempo entre um quadro e outro será $1/30$ s.

Ao analisarem as medidas quantitativas dos movimentos, os alunos, sob a orientação dos professores, podem identificar a natureza dos movimentos, se acelerados ou não, por exemplo, ou o tipo de trajetória, como trajetórias retilíneas, circulares ou parabólicas.

As filmagens de diferentes movimentos elaboradas pelos professores e alunos estão armazenadas em um Banco de Imagens, cuja finalidade é a de

compartilhar experiências entre alunos e professores de diferentes localidades proporcionando uma atividade colaborativa, bem como facilitar o acesso a essas imagens aos alunos e professores que não possuem equipamentos necessários para a realização das filmagens. O Banco de Imagens, os manuais do software SAM e da câmera de vídeo, a fundamentação teórica, os programas dos movimentos em linguagem LOGO, os roteiros experimentais e as tabelas on-line estão disponíveis na Internet, no site do SAM - <http://educar.sc.usp.br/sam> - Software para Análise de Movimentos.

- *Informatização de experimentos tradicionais envolvendo aquisição de dados*

Um exemplo de uso dessa ferramenta refere-se à informatização de um experimento tradicional envolvendo a medida de coeficientes de atrito (MOSSMANN et al., 2002). A montagem experimental sugerida é destinada ao ensino de física a nível médio. Nela, as forças de atrito cinético e estático, para um par de superfícies, são obtidas quando um corpo é levado do repouso ao movimento. A relação entre a força de atrito e a força normal também é apresentada. Os dados são adquiridos por um sensor de força e um sensor de posição acoplados a uma interface conectada a um computador. Os gráficos da força de atrito em função do tempo são obtidos em tempo real, ainda que imagens do experimento não sejam apresentadas.

- *Ferramentas que permitem usar as entradas e saídas de áudio da placa de som para simular e, também, transformar o microcomputador em instrumento de medida*

O experimento proposto para o estudo de colisões através do som (CAVALCANTE et al., 2002) permite ao professor de Física estabelecer uma metodologia computacional para o estudo de movimentos e, particularmente, do coeficiente de restituição em colisões através do espectro sonoro emitido por impactos sucessivos de uma esfera em uma superfície plana.

A proposta é de utilizar recursos computacionais para a coleta de dados, que dispensa o uso de interfaces conversoras externas, recorrendo às específicas como a placa de som que, normalmente, acompanha os microcomputadores atuais. Tal procedimento permite criar novas perspectivas para a inserção da experimentação assistida por computador no ensino de Ciências, visto que promove facilidades como: custo zero para a implementação de sistemas de medida; afasta a necessidade de conhecimentos em eletrônica para a construção de interfaces conversoras; não é necessário dominar nenhuma linguagem de programação para iniciar um trabalho nesta área.

Nesse trabalho utilizou-se, para obtenção e análise de espectro sonoro, o software Spectrogram, que apresenta o sinal na forma de gráfico de frequência versus tempo.

A proposta consistiu em obter o registro em um arquivo .wav do som emitido, nos impactos sucessivos de uma esfera solta de uma altura h em uma superfície plana. Durante o impacto da esfera com a superfície de apoio, um som é irradiado, cujo registro é efetuado através de um microfone conectado à entrada da placa de som do PC. A partir do sinal sonoro, faz-se uma reprodução gráfica do tempo obtido entre colisões sucessivas e com isso várias informações, tanto cinemáticas quanto dinâmicas podem ser facilmente obtidas.

Os intervalos de tempo entre os impactos sucessivos podem ser facilmente obtidos diretamente pelo observador. A cada impacto da esfera contra a superfície, ocorre a perda de energia cinética, reduzindo-se a altura máxima que ela pode atingir no seu retorno. A grandeza que determina esta fração de perda é o coeficiente de restituição, que pode ser determinado através da relação entre as velocidades, depois e antes da colisão.

Além da classificação acima adotada, que engloba a maioria dos trabalhos publicados na área de desenvolvimento computacional no ensino de Física, destacam-se outras propostas.

- Experimentos filmados

O avanço da tecnologia de vídeo e a facilidade em se digitalizar imagens têm permitido o seu uso como instrumento em aulas de laboratório, permitindo a substituição ou a melhora da antiga técnica da câmera estroboscópica. Esses novos meios apresentam uma série de vantagens como a possibilidade de se obter durante o processo de análise uma rápida visualização dos resultados.

No trabalho descrito por BARBETA (2002), para o uso de vídeos digitalizados, os experimentos foram filmados através de uma câmera VHS e foram posteriormente convertidos em um formato-padrão, como o .avi. O vídeo pode ser avançado quadro a quadro e as coordenadas de um determinado ponto podem ser obtidas clicando-se sobre a janela em que o vídeo está sendo reproduzido, permitindo a construção posterior de diversos tipos de gráficos cinemáticos. Do mesmo modo, fotos estroboscópicas podem ser digitalizadas, e as coordenadas de pontos escolhidos podem ser facilmente obtidas. Nesse trabalho foram exploradas as possibilidades de uso desse recurso como ferramenta complementar às atividades normalmente desenvolvidas em aulas de física. Foram discutidas também as etapas necessárias para a criação de vídeos digitalizados, bem como foi apresentado um software desenvolvido para analisá-los.

Segundo esse autor, são três as etapas no uso de vídeos digitalizados para a realização de experimentos: a primeira é a filmagem do evento que se deseja estudar; a segunda é a digitalização do vídeo; e a terceira é a sua análise através do uso de um software apropriado.

Em resumo, é possível observar que essa categoria de ferramentas envolve as diferentes formas de aquisição de dados a partir de experimentos reais. Essa aquisição pode ser feita a partir de fotos ou filmes, individualizando as grandezas que se deseja medir em instantâneos. Por outro lado, a aquisição de dados pode também ser realizada a partir de interfaces e sensores, de diferentes tipos.

3 – Simulações

O termo simulação refere-se à situação em que o modelo é uma “caixa preta”. Ao usar simulações computacionais baseadas num modelo da realidade física, as ações básicas do aluno consistem em alterar valores de variáveis ou parâmetros de entrada e observar as alterações nos resultados.

Embora as simulações não devam substituir por completo a realidade que representam, elas são bastante úteis para abordar experiências difíceis ou impossíveis de realizar na prática. Além disso, permitem uma visualização dos efeitos de determinados parâmetros sobre os fenômenos estudados, promovendo um outro tipo de compreensão conceitual, diferente daquele obtido com a análise das equações.

Esta categoria pode ser dividida em *simulação passiva* – que não envolve qualquer processo de decisão por parte do aluno – e *simulação dinâmica* – aquela que exige dos estudantes ao menos a definição de parâmetros de uma dada situação.

A partir de um levantamento dos trabalhos que vêm sendo desenvolvidos com ênfase em simulação destacam-se os exemplos descritos a seguir.

- *Simulações dinâmicas: Prometeus*

O programa chamado Prometeus, escrito na linguagem C++, pertence à categoria de Simulação Dinâmica, uma vez que se trata de um programa que exige que os estudantes façam escolhas entre diferentes alternativas propostas.

A partir de experimentos em que foram utilizadas simulações como ferramentas para alterar as concepções espontâneas apresentadas por estudantes, explora-se as possibilidades apontadas pela estratégia de conflito cognitivo. Os experimentos foram concebidos para tentar modificar as concepções espontâneas apresentadas em Mecânica por estudantes de nível universitário básico no desenvolvimento do conteúdo “Leis de Newton” (GOBARA et al., 2002).

Seu objetivo é criar condições similares às aquelas que provocam o aparecimento das concepções espontâneas, visando induzir os estudantes a levantar questões para si mesmos sobre suas idéias anteriores e levá-los a comparar essas idéias com os resultados obtidos a partir de simulações feitas pelo programa.

O modus operandi do programa é o seguinte: o estudante escolhe uma dada situação e o programa simula tal escolha de acordo com as leis da Física corretas para aquele caso. Após alguns segundos, o programa pára e congela a imagem na tela, perguntando ao estudante qual dentre as opções apresentadas é a correta. Após o estudante ter escolhido uma delas, o programa prossegue a simulação, mas desta vez seguindo a lei proposta pelo estudante. A nova trajetória dos vários objetos é calculada através da solução numérica da segunda lei de Newton, usando como força resultante aquela proposta pelo estudante. Após alguns segundos, o programa pergunta ao estudante se deseja continuar utilizando aquela simulação ou trabalhar em outra situação. Estas duas alternativas são propostas mesmo no caso de uma resposta correta. As simulações podem ser repetidas quantas vezes o usuário desejar.

O programa Prometeus foi concebido de modo a apresentar duas características principais: as simulações sempre seguem as regras propostas pelo usuário e o programa não revela a resposta correta (mesmo quando a resposta do estudante é a correta, o programa não lhe informa se houve acerto ou não). A estratégia geral adotada é, então, a de levar o estudante a vivenciar um conflito entre suas crenças e os resultados da simulação que escolheu desenvolver. Tal conflito cognitivo se manifestará sempre que se vir frente a um resultado inesperado, que difira daquele previsto a partir de suas concepções espontâneas. Apenas a escolha da simulação correta evitará esse confronto conflituoso.

As situações propostas por esse programa não se esgotam apenas nas simulações realizadas pelos estudantes. É preciso utilizá-lo em conjunto com estratégias adequadas, as quais devem ser buscadas em função das características de cada grupo, de modo a permitir que as concepções espontâneas, além de terem sua existência reconhecida, sejam adequadamente trabalhadas, mesmo que se mostrem muito resistentes a mudanças (GOBARA et al., 2002).

- Simulação de Circuitos Simples.

Esse programa proporciona uma boa interatividade em sua utilização. É composto de elementos do circuito elétrico como lâmpadas, diodos, leds, buzinas, interruptores com 2 e três saídas, campainha e os fios. O crocodilo é um ícone que serve para apagar algum elemento selecionado. Este software é utilizado para que os alunos aprendam a construir circuitos e para que percebam como fazer funcionar o circuito elétrico, além de fazer o aluno a interagir com diversas situações como montagem de diferentes associações de resistores, montagem do circuito com os diferentes elementos já citados (como lâmpadas, diodos, etc...) “Crocodile” ou mesmo “Crocclip” pode ser encontrado através do site www.crocodile-clip.com/education.

Um exemplo de utilização deste programa de simulação de circuito simples foi trabalhado por MANTOVANI et al. (2002). Esta pesquisa fez parte de uma pesquisa mais ampla, na qual se estudou a eficiência da inserção de conteúdos digitais no ensino médio do Telecurso 2000 de uma classe que reuniu alunos de duas telessalas diferentes. Analisou-se a eficiência da home page em Eletricidade com as simulações de experimentos em linguagem JAVA e FLASH, a construção de raciocínio através das salas virtuais de bate-papo sobre Eletricidade e através de e-mails.

- Visualização de campos elétricos

O sistema de simulação em eletromagnetismo, baseado em realidade virtual chamado Electras (Electric Charge Training System) visa a simulação do campo elétrico e de cargas pontuais. Ele introduz um ambiente espacial verdadeiro, no qual o usuário é capaz de configurar as cargas pontuais e qualquer posição dentro da caixa 3D. A Realidade Virtual é um ponto-chave, pois ela melhora a tarefa de investigação da simulação, fornecendo ao usuário a habilidade de rotação da cena, uma investigação livre do ponto de visão, que melhor satisfaz suas necessidades. Outro aspecto positivo do Electras é que nele o usuário pode obter uma visão volumétrica sobre o campo elétrico por meio da combinação de mecanismos de visualização. Além disso, o ambiente 3D torna possível mapear os exercícios publicados em livros de Física (SANTOS et al., 2002a).

- Simulação de modos normais de oscilação

No trabalho descrito por JÁCOME et al. (2002), desenvolveu-se um programa educativo versando sobre modos normais em uma cadeia de oscilação dinâmica de uma cadeia de osciladores escolhendo condições iniciais tanto em coordenadas cartesianas como em coordenadas normais. Seu foco foi o efeito do desacoplamento do sistema de equações diferenciais (passagem de coordenadas cartesianas para coordenadas normais) sobre as trajetórias dos osciladores do ponto de vista da dinâmica qualitativa. Através das características da evolução dinâmica, quase-periodicidade ou periodicidade, o estudante ganha intuição sobre o significado das formas normais. O algoritmo completo em C, com seus respectivos comentários, encontra-se disponível no endereço <http://www.dfte.ufrn.br/pdf>.

O programa simula a oscilação de quatro átomos em função do tempo sendo as condições iniciais da escolha do usuário, o que dá liberdade aos átomos na rede de se deslocarem em relação à sua origem, sendo então soltos a partir do repouso. Ambas as representações são dadas em tempo real proporcionando ao usuário uma imagem realista do sistema. O objetivo do programa é facilitar ao estudante a formação de conceitos físicos e matemáticos sobre dois sistemas de coordenadas distintos. Através da escolha das condições iniciais, o estudante interage com o computador produzindo e testando hipóteses sobre as implicações dinâmicas da escolha de coordenadas feita. Isto é, o programa permite que o estudante brinque com o computador, e, através deste jogo de exploração, estabeleça relações entre coordenadas e seu comportamento dinâmico.

- Simulações em Física Moderna

No trabalho descrito por DIAS et al. (2002), apresenta-se um programa que simula um detector de radiação tipo Geiger-Muller (GM), um contador de radiação semelhante em muitos aspectos aos contadores comerciais disponíveis, três amostras radioativas e placas absorvedoras.

Escrito em Visual Basic, para utilizá-lo, o usuário poderá fazer uso de roteiros para práticas de física nuclear encontrados na literatura. O professor

que quiser aplicá-lo para um grupo de alunos poderá escrever seus próprios roteiros sem maiores problemas, do mesmo modo que o faz ou faria para experimentos reais.

Outro trabalho nesse campo envolve experimentos virtuais para serem introduzidos em disciplinas de Estrutura da Matéria. SCHUCK (2004) desenvolveu uma versão virtual do experimento de Mach-Zender e acompanhou a evolução das concepções dos alunos acerca de objetos quânticos como os fótons, ao longo de sua utilização.

- Roteiros para Simulações

Nesse caso, trata-se de um projeto de criação de roteiros para simulações virtuais de Física, a serem elaborados por alunos de ensino médio, e posteriormente, programadas por alunos de cursos de graduação da USP e disponibilizadas no site <http://www.labvirt.futuro.usp.br>. Os alunos do ensino médio descrevem todas as telas indicando como deverá ser o cenário, destacando tudo que desejam que seja mostrado. Além disso, fazem os cálculos necessários e redigem os finais, em casos de acerto e de erro. Esses roteiros permitem a incorporação de elementos ou de informações, que não têm uma relação direta com os cálculos a serem realizados, mas que criam um contexto.

VINHA et al. (2004) apresenta um trabalho que analisa a presença de atributos da criatividade nessas simulações virtuais de Física. A análise foi realizada através da leitura dos roteiros escritos pelos alunos do ensino médio, encaminhados à equipe de programação; das simulações colocadas no site; de respostas desses alunos em questionários e em entrevistas sobre o processo de elaboração dessas simulações.

4 – *Uso de Modelagem*

“Modelar significa representar um objeto, sistema ou fenômeno, entre outras coisas, através de metáforas e analogias. Os cientistas buscam explicar estruturas que vão desde escalas microscópicas, tais como o átomo, até as escalas macroscópicas, tais como, as órbitas dos planetas. Na maioria das vezes estas estruturas são inalcançáveis, devido a limitações da tecnologia, incitando cientistas a criarem modelos para estudá-las. Um modelo pode ser visto como “um intermediário entre as abstrações da teoria e as ações concretas da experimentação; e que ajuda a fazer previsões, guiar a investigação, resumir dados, justificar resultados e facilitar a comunicação”. Assim, devido à sua versatilidade e tratamento, os modelos são amplamente utilizados em todas as áreas de conhecimento” (GOMES, 2004).

Nesse mesmo trabalho, GOMES desenvolve uma extensa investigação sobre a construção de modelos e sua utilização em ambientes computacionais, com ênfase nos aspectos qualitativos.

O termo modelagem costuma ser utilizado quando a ênfase é dada à programação do modelo. Os ambientes de modelagem permitem aos alunos construir modelos do mundo físico que serão mais ou menos aproximados.

Enquanto que a versão do modelo no papel revela sua natureza estática, em que é privilegiada uma visão instantânea da realidade física, a sua versão computacional é dinâmica na medida em que o modelo pode ser simulado e os resultados desse processamento possam auxiliar na reestruturação e melhoria do modelo inicial, viabilizando, dessa forma, vislumbrar a evolução temporal dessa mesma realidade física.

A introdução de modelagem no processo ensino/aprendizagem tende a desmistificar a imagem da Física inacessível, possibilitando uma melhor compreensão de seu conteúdo e contribuindo para o desenvolvimento cognitivo em geral, pois a modelagem facilita a construção de relações e significados, propiciando que os estudantes testem seus próprios modelos cognitivos, detectem e corrijam inconsistências.

A partir de um levantamento de trabalhos que vem sendo desenvolvidos com ênfase em modelagem destacam-se os exemplos descritos a seguir.

- *WORLDMAKER*

A idéia para o desenvolvimento do Ambiente de Modelagem WorldMaker surgiu a partir do pressuposto de que as pessoas, inicialmente, criam modelos do mundo em que vivem baseados nos objetos que o compõem e nos eventos que ocorrem com estes objetos. Desta forma, o Ambiente WorldMaker permite que determinados sistemas da natureza sejam representados no computador através da especificação dos objetos que os constituem e das regras de interação que regem o comportamento destes objetos, gerando os eventos (GOMES, 2004).

As células do Ambiente WorldMaker não contêm valores, mas objetos. Para que um modelo seja construído no WorldMaker é necessário inicialmente especificar quais são os objetos relevantes para representar o sistema em questão. Os objetos no WorldMaker podem ser de dois tipos: Objetos e Objetos-cenário. Os Objetos representam todos os constituintes básicos do sistema que podem se mover na rede, enquanto que os Objetos-cenário representam os locais por onde os objetos se movem. Para exemplificar pode-se dizer que um Objeto seria um coelho e um Objeto-cenário seria a grama. Por definição, uma célula só pode ocupar um objeto de determinado tipo num mesmo tempo. Após a especificação dos objetos é necessário especificar os eventos que ocorrem no sistema e as regras que geram estes eventos para, em seguida, proceder a implementação do modelo no ambiente (GOMES, 2004).

GOMES (2004) exemplifica a utilização deste software através de um Curso de Extensão dividido em 2 módulos, abordando o estudo do fenômeno da difusão de um gás, caracterizado por uma sala isolada contendo um frasco de perfume fechado. Os estudantes foram solicitados a desenvolver um modelo que representasse o que aconteceria após o frasco de perfume ser aberto. Assim, o modelo a ser construído pelos estudantes deveria representar o fenômeno da difusão de um gás em um sistema fechado.

- STELLA

STELLA, acrônimo de Structural Thinking Experimental Learning Laboratory with Animation cuja tradução em português é Laboratório de Aprendizagem Experimental com Animação baseado no Pensamento Sistêmico é um Ambiente de Modelagem Computacional que vem sendo investigado pelo Modelab nos últimos anos (FERNANDES, 2004).

Esse ambiente permite a construção de modelos através da conexão de ícones que traduzem a evolução temporal dos fenômenos em estudo. O usuário não necessita trabalhar com equações matemáticas, mas somente fornecer relações causais entre as variáveis consideradas relevantes, para que o sistema converta essas relações em linhas de programa. O STELLA permite a geração tanto de saídas gráficas que mostram a evolução temporal de quaisquer variáveis quanto de tabelas que traduzam numericamente essas variações (FERNANDES, 2004).

FERNANDES (2004) exemplifica a utilização deste software através de um Curso de Extensão denominado “Representação e Modelagem de Sistemas Físicos com Computador”. Neste os módulos de 1 a 4 introduziam os alunos no ambiente de modelagem STELLA a partir de atividades práticas onde eram explorados recursos do ambiente de modelagem tais como saídas gráfica e tabelas. As atividades incluíam construção de modelos e sua posterior análise baseada nos resultados das simulações dos modelos desenvolvidos e respectivos conceitos físicos abrangidos. No Módulo 5, realizou-se um estudo exploratório sobre Colisões.

- MODELLUS

Modellus foi concebido e desenvolvido sob a coordenação de Vítor Duarte Teodoro, da Universidade Nova de Lisboa em Portugal. Foi concebido como um software de modelagem, no qual o usuário pode facilmente escrever modelos matemáticos expressos como funções, equações diferenciais, equações a diferenças finitas ou derivadas. Um fator importante a ressaltar é que a sintaxe de escrita é praticamente a mesma que se usa ao escrever um modelo no papel, tanto para funções quanto para equações diferenciais

ordinárias. Assim, o usuário não precisa aprender nenhuma linguagem de programação, bastando conhecer o simbolismo matemático, como pode ser visualizado na própria janela Modelo.

Modellus é uma ferramenta cognitiva para auxiliar a internalização de conhecimento simbólico, preferencialmente em contexto de atividades de grupo e de classe, em que a discussão, a conjectura e o teste de idéias são atividades dominantes, em oposição ao ensino direto por parte do professor. Isto não significa, no entanto, que os estudantes reinventam o conhecimento quando constroem ou exploram modelos com o Modellus. De fato, ninguém pode aprender explorando sem conhecimento relevante sobre o campo de exploração. Ele permite ao usuário fazer e refazer representações, explorando-as sobre as mais diversas perspectivas. Deste 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.

VEIT et al. (2002 b) exemplifica a utilização deste software ilustrando soluções da segunda Lei de Newton com o Modellus, para força constante e dependente da velocidade (unidimensional e bidimensional); para o movimento oscilatório unidimensional – sistema massa-mola; para o pêndulo físico e para o movimento planetário.

VICTOR (2002) estuda a utilização da modelagem computacional no processo de ensino-aprendizagem em Física, através de atividades exploratórias de modelagem no ambiente de modelagem computacional Modellus, como por exemplo, na experiência que tem como objetivo verificar que a aceleração adquirida por um corpo sob a ação de uma força constante é inversamente proporcional à massa do corpo, no sistema denominado “trilho de ar”, sendo que o modelo faz todos os cálculos necessários.

- *WLINKIT*

WLinkIt é um Ambiente para a construção e simulação de modelos dinâmicos em nível semiquantitativo, onde é possível construir modelos que

representam relações causais entre variáveis relevantes de fenômenos, eventos, objetos do mundo a ser modelado.

Exemplifica-se a utilização do ambiente de modelagem computacional semiquantitativo WLinkIt em uma atividade de conteúdo específico em Física: o sistema mola-massa (CAMILETTI, 2002). Essa proposta consiste em levar o aluno a construir um modelo sobre o problema em estudo e, em seguida, representá-lo no computador através de um Ambiente de Modelagem Computacional adequado. Uma vez representado o modelo no Ambiente de Modelagem, este pode ser simulado gerando a possibilidade de ampliação do estudo do problema analisado.

As relações causais entre as variáveis de um sistema em estudo podem ser entendidas e representadas a partir de pares de causa e efeito, denominada Diagrama Causal. Os modelos construídos através de Diagramas Causais podem ser representados no Ambiente de Modelagem Computacional Baseado na Metáfora de Ícones WLinkIt.

A construção de modelos neste Ambiente demanda do estudante um raciocínio em nível semiquantitativo. Assim, não é necessário conhecer as relações matemáticas entre as variáveis para a construção de um modelo no Ambiente WLinkIt, pois os cálculos necessários para que ele possa ser simulado são estabelecidos internamente por procedimentos computacionais, livrando o estudante da carga cognitiva exigida pela programação e pelo conhecimento matemático.

Procuramos, através desses exemplos, apresentar algumas das ferramentas que vêm sendo utilizadas e desenvolvidas para o ensino de Física.

Para completar essa tentativa de construir um quadro abrangente, apresentamos a seguir alguns exemplos do conjunto de trabalhos que busca propor, discutir ou investigar ambientes de aprendizagem, sejam como elementos complementares em projetos curriculares, semi-presenciais ou, de fato, de ensino a distância. Isso inclui projetos voltados especificamente para Ensino a Distância, mas também o desenvolvimento de plataformas ou ambientes de aprendizagem.

- *Ensino a Distância*

Segundo a Associação Brasileira de Educação a Distância, muitas são as definições possíveis e apresentadas, mas há um consenso mínimo em torno da idéia de que EAD é a modalidade de educação em que as atividades de ensino-aprendizagem são desenvolvidas majoritariamente (e em bom número de casos exclusivamente) sem que alunos e professores estejam presentes no mesmo lugar à mesma hora.

A Educação a Distância (EAD) é um processo educativo sistemático e organizado que exige não somente a dupla via de comunicação, mas também a instauração de um processo continuado, onde os meios devem estar presentes na estratégia de comunicação. Assim, a escolha do meio deve satisfazer o público alvo, nesse caso profissionais graduados, e deve ser eficaz na transmissão, recepção, transformação e criação do processo educativo (CASTRO et al., 2001).

O EAD tem uma característica própria que pressupõe uma grande ênfase no auto-aprendizado. O aprendiz deve ser incentivado a estudar e pesquisar de modo independente e o aprendizado colaborativo, dinamizando a comunicação e a troca de informação entre os alunos, deve ser intensificado de modo a consolidar a aprendizagem através de atividades individuais ou em grupo. Essas atividades em grupos virtuais podem ser feitas em espaços de reuniões on-line (chats) ou off-line (e-mail), disponíveis no ambiente virtual de aprendizagem (CASTRO et al., 2001).

- *Plataforma de educação à distância TelEduc*

Tempo considerável das aulas presenciais é desperdiçado em tarefas burocráticas e outras de pouca efetividade para uma aprendizagem significativa da Física, como avisos, chamadas, leituras de textos, anotações, gabaritos, exercícios de fixação, reduzindo ainda mais o nobre tempo da aula presencial. Estas tarefas podem ser disponibilizadas em uma plataforma de educação à distância ou remetidas via correio eletrônico, poupando tempo da aula presencial. Neste sentido, a aula estaria sendo ampliada para além do seu limite temporal usual. Adicionalmente, à plataforma de educação a

distância pode ser acrescido material potencialmente significativo, de diferentes tipos - textos para leituras orientadas, simulações interativas, vídeos, estudos de casos, softwares específicos para a aprendizagem de conteúdos específicos. Denomina-se ambiente virtual de aprendizagem a tríade: plataforma de educação a distância, material potencialmente significativo para a aprendizagem de determinado conteúdo e os estímulos e usos que se faz de ambos para propiciar a interação aluno-professor, aluno-aluno e aluno-objeto de conhecimento (PIRES, 2004).

PIRES (2004) aborda a utilização de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) como suporte do curso de Física em nível médio a fim de ampliar as possibilidades de produzir ganhos na aprendizagem dos alunos. Especificamente, explora a utilização da plataforma de educação à distância TelEduc – plataforma cuja interface está centrada no curso, e não no usuário – para criar-se um ambiente virtual de aprendizagem potencialmente significativo para ensino-aprendizagem do tópico Gravitação e Temas Afins por parte de estudantes da primeira série de uma escola particular e tradicional de Porto Alegre. Na plataforma disponibilizou-se o material relacionado ao conteúdo explorado e os alunos depositaram as atividades realizadas nos diários de bordo individuais, além da exploração de ferramentas que estimularam a comunicação entre o professor-coordenador do curso, os alunos de ensino médio, o professor da turma e a orientadora. O curso no TelEduc está instalado em um servidor do Instituto de Física da UFRGS. É dessa forma que se conseguiu aumentar virtualmente a carga horária de Física, propiciando uma extensão da sala de aula.

- Ambientes para Formação Continuada de Professores de Física

Com as novas tecnologias, novas formas de aprender, novas competências são exigidas do professor, novas formas de realizar o trabalho pedagógico nas áreas de Ciências são necessárias e fundamentalmente, é preciso continuidade na formação de professores. Ambientes informatizados podem ser utilizados como elementos que influenciem positivamente a mediação do processo de aprendizagem (REIS et al., 2002).

A Educação a Distância se apresenta como uma alternativa viável para suprir as constantes necessidades de educação continuada do professor de física em serviço principalmente em localidades distantes dos grandes centros. As facilidades oferecidas pelas Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) podem servir como recursos fundamentais para os sistemas de EaD, possibilitando a interação entre os centros de formação e os profissionais, independentemente de tempo e espaço. Entretanto, o mais importante do ponto de vista pedagógico é que estes recursos favoreçam uma concepção de ensino-aprendizagem que supere modelos tradicionais, privilegiando o processo de aprendizagem em relação ao de instrução (SANTOS et al., 2002b).

Dois estudos recentes desenvolvidos na região do norte fluminense por professores do CEFET-Campos e da UENF chamam atenção para a necessidade de: (i) investir na formação tecnológica do professor de Física do nível médio, que normalmente também atuam na oitava série do ensino fundamental, (ii) disponibilização de material didático adequado ao emprego de inovações tecnológicas nas salas de aula, e (iii) desenvolvimento de novas abordagens pedagógicas que sustentem novas práticas pedagógicas (REIS et al., 2002).

O papel do tutor, como um agente local de acompanhamento dos cursos a distância é estudado por SANTOS et al. (2002b). Ao contrário do que pode conceber o senso-comum, o funcionamento de cursos a distância que procuram romper com a abordagem pedagógica comportamentalista e que utilizam as TIC, tem na figura do tutor um de seus principais alicerces, sendo necessário formar professores que possam manejar os recursos tecnológicos e orientar consistentemente com a proposta pedagógica do curso. O papel do tutor de cursos a distância consiste em promover a interação com os alunos incentivando-os e motivando-os constantemente de forma a manter a discussão viva, propiciando assim a aproximação entre os participantes através do estabelecimento de uma relação pedagógica na qual o orientador seja capaz de transformar a ausência física em presença marcada pelos sujeitos enquanto interlocutores (SANTOS et al., 2002b).

REIS et al. (2002) enfatiza em seu artigo as ações que devem ser desenvolvidas na área de Física e que estarão sendo aplicadas também nas

outras áreas de Ciências, atentando porém para as especificidades de cada uma. O projeto para o desenvolvimento do Ambiente Virtual para Estudos do Meio Ambiente (AVEMA) é uma ação que pretende a integração para a formação de professores de Ciências na região do norte fluminense levada a cabo por professores das licenciaturas de Biologia, Física e Química da Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF) e do Curso de Licenciatura em Ciências do Centro Federal de Educação Tecnológica de Campos (CEFET-Campos). Relacionado a continuidade destes estudos, a intenção é tornar o AVEMA uma espécie de Laboratório Pedagógico. Para isso deve ser desenvolvido um ambiente dotado de ferramentas de comunicação da Internet, que poderá ser usado para interação entre os professores (denominados participantes), que funcionará como uma capacitação on line sobre os problemas enfrentados pelos professores, nesse caso específico de interesse da região, tendo como eixo o estudo do Meio Ambiente que se relaciona a todas as áreas de Ciências do nível médio (REIS et al., 2002).

Na continuidade desse trabalho, REIS et al. (2004) privilegiam sua investigação sobre as formas de interação que podem ser promovidas nesses ambientes, tanto entre alunos com o professor como dos alunos entre eles mesmos, e sua contribuição para a formação prático-reflexiva de professores de Física. Ferramentas como chats e fóruns de discussão, ou do próprio correio eletrônico são desenvolvidas e analisadas.

Nessa mesma direção, MENDES (2004) investigam o uso de chats em ambientes de interação. Através da análise do discurso, procuram avaliar a contribuição desses elementos como meio dialógico para o desenvolvimento do aprendizado.

- Ambientes de menor interatividade

Ao lado dos ambientes descritos acima, com suas ferramentas próprias e pouco específicas para o Ensino de Física, ainda que igualmente relevantes, há também ambientes com menor interatividade, que podem constituir desde algo semelhante a um site até mesmo a livros eletrônicos.

Constituem ambientes na medida em que fazem uso de diferentes recursos virtuais, organizados segundo algum objetivo definido. Um exemplo de site com essa configuração é o desenvolvido por AMARANTE et. al (2004), em que diferentes ferramentas são utilizadas para o ensino-aprendizagem de mecânica dos fluidos.

Da mesma forma, embora um livro eletrônico não seja exatamente um ambiente de aprendizagem, no sentido interativo que vem sendo dado a essa designação, constitui-se em exemplo de um uso integrado de diversas ferramentas. No trabalho descrito por SILVA et al. (2002), apresenta-se o software educacional Vest21 Mecânica, destinado ao ensino médio. Todo o conteúdo da Mecânica foi dividido em 19 lições, (teoria e testes animados), apropriadas para apresentação em data show. Além das lições o software disponibiliza várias ferramentas para a solução de problemas, contém várias provas e ainda um programa específico para traçar gráfico.

O propósito deste software foi bem definido:

1) Apresentar o conteúdo da Mecânica de uma forma resumida, possibilitando não só uma revisão da teoria como também a resolução de vários problemas relativos ao resumo enfocado. Ao aluno são propostos problemas em que, muitas vezes, a situação física é apresentada em uma animação sem texto, induzindo o aluno a uma reflexão sobre aquilo que foi observado; 2) Disponibilizar um conjunto de ferramentas e textos para que o aluno possa complementar o seu conhecimento sobre um dado tema, indo muito além dos resumos teóricos e dos testes animados. 3) ferramenta para a construção de gráficos, 4) provas com testes animados, 5) seção sobre os gênios da Física, incluindo-se nesta seção a lista dos ganhadores do prêmio Nobel de Física desde a sua criação até o ano 2000.

Resume-se a seguir as possibilidades de utilização de recursos virtuais no ensino de Física apresentadas nesse capítulo.

FERRAMENTAS	AMBIENTES
<ul style="list-style-type: none">▪ Hipertexto▪ Experimentos e Aquisição de dados▪ Simulações▪ Modelagem	<ul style="list-style-type: none">▪ Sites e livros eletrônicos▪ Ambientes para formação em cursos presenciais▪ Ambientes para formação continuada▪ Ensino a Distância

No caso específico do projeto que pretendemos analisar, trata-se da produção e utilização de uma ferramenta de aquisição de dados e realização de experimentos, com as mesmas funções de um laboratório didático convencional.

Como podemos perceber, a Informática tem uma aplicação muito diversificada no ensino da Física. Porém, a simples utilização da Informática não garante que os estudantes tenham uma boa aprendizagem. Toda experiência proposta aos estudantes tem, intencionalmente ou não, uma abordagem que corresponde a esquemas conceituais, epistemológicos, pedagógicos e psicológicos (MEDEIROS, 2002). Refletir, portanto, sobre as possibilidades e limitações da Informática no ensino de Física é um aspecto a ser considerado.

Segundo LÉVY (1993), “a tecnologia não é em si nem boa, nem má. Tudo depende do uso que dela fazemos”. Ou seja, não são as tecnologias que vão revolucionar o ensino e, por extensão, a educação como um todo. Mas a maneira como essa tecnologia é utilizada para a mediação entre professores, alunos e a informação, esta pode ser revolucionária, ou não.

Ainda que essa revisão tenha estado centrada nos trabalhos que desenvolvem proposições, devido aos próprios objetivos iniciais apresentados, é importante ressaltar a existência de um número significativo de trabalhos que, nos últimos anos, vem buscando investigar o papel dessas ferramentas e desses ambientes para o Ensino de Física.

Essa certamente será uma tendência para os próximos anos, uma vez que os resultados da introdução das tecnologias de informação em sala de aula são ainda pouco conhecidos.

Nesse sentido, GOMES (2004), assim como FERNANDES (2004), procuram investigar a utilização de ferramentas de modelagem por alunos do ensino superior, chamando a atenção tanto para a necessidade de “instrução” em relação ao domínio e utilização da ferramenta, como para as características das atividades propostas.

Na mesma direção, MIRANDA et al. (2004) investigam a contribuição do uso de simulações integradas às demais atividades de uma disciplina de Mecânica Básica no ensino superior, enfatizando a necessidade de se prestar atenção a outras dimensões que não as meramente tecnológicas, tais como o papel do professor e do contexto educacional. Apontam, de forma particular, a necessidade dos alunos compreenderem as propostas que lhes são apresentadas como problematizações de uma situação física a ser investigada.

Outro trabalho, nessa mesma linha investigativa, é o desenvolvido por SILVA (2004). Esses autores discutem o uso de simulações no ensino de Física e analisam diferentes applets relacionados com um mesmo tema físico, procurando discutir suas características e investigando a interação dos alunos com esses applets.

Esses últimos exemplos, cujo foco investigativo está centrado na interação dos alunos com as novas tecnologias, nos interessam particularmente na medida em que também esse é um dos focos do presente trabalho. Esses, como outros semelhantes, enfrentam o problema da avaliação do impacto das novas mídias através de estudos de caso.

Capítulo 3 – Recursos Virtuais de Visualização no Ensino de Física

As tecnologias informáticas permitiram a incorporação de um grande número de diferentes formas de visualização às ferramentas e programas desenvolvidos.

Mas as formas de visualização também estão presentes em outros recursos didáticos. As imagens e representações dos mais diversos tipos têm sido objeto de muita investigação, sob diferentes pontos de vista, especialmente na análise de textos, livros didáticos, vídeos, etc. (MARTINS, 1997 e OTERO, 2002), assim como também na construção de modelos (JOHNSON-LAIRD, 1996).

No entanto, no âmbito específico das tecnologias da informação, esses recursos não vêm sendo considerados como elementos *per se*, em abordagens autônomas, mas, ao contrário, são tratados de forma conjunta com os demais recursos. O próprio LÉVY, em sua análise das tecnologias da inteligência (LÉVY, 1993) dá pouco destaque à questão específica dos recursos de visualização.

Em um levantamento acerca dos trabalhos que tratam de investigações sobre o papel das imagens na educação científica em geral, OTERO (2003) identifica duas abordagens principais, que denomina de cognitiva e semiótica. Ainda que nossa preocupação seja predominantemente cognitiva, pois nosso objetivo é a construção de conhecimento realizada pelos alunos através de uma ferramenta específica, uma análise do papel da visualização nesse processo é alguma coisa complexa, que vai além do nosso espaço de investigação. Assim, optamos por uma abordagem que apenas considere as características das imagens, isoladas de sua utilização.

A fim de identificar a especificidade da ferramenta utilizada, procuramos realizar uma análise dos tipos de imagens presentes nos recursos informáticos utilizados no Ensino de Física. Para isso, optou-se por uma amostra restrita, enfocando uma possível identificação das imagens existentes em um conjunto de propostas que envolvem as diferentes ferramentas descritas no capítulo anterior. A maior parte delas corresponde a descrições encontradas em um número especial da Revista Brasileira de Ensino de Física (volume 24, número 2, de junho de 2002), que

resultou de uma chamada específica aos docentes e pesquisadores da área para apresentarem suas contribuições referentes à informática no Ensino de Física.

A análise esboçada abaixo deve ser compreendida apenas como indicativa, e baseou-se na tentativa de identificação de categorias de imagens diferentes, agrupando-as segundo suas semelhanças.

Essas categorias podem ser sistematizadas como:

- 1 – *Imagens reais*, incluindo fotos e filmes.
- 2 – *Esquemas e desenhos*, incluindo imagens construídas pelo computador para representar um fenômeno físico, seja sob forma de esboços ou esquemas.
- 3 – *Gráficos*, incluindo representações de grandezas interdependentes, em geral a partir de variáveis medidas ou geradas a partir do programa;
- 4 – *Representações esquemáticas ou matemáticas* incluindo outras imagens, que não apenas gráficos, buscando a visualização de fenômenos físicos, podendo envolver diferentes níveis de abstração.

A seguir são apresentados alguns exemplos que permitem ilustrar, mais do que descrever, as categorias acima. Ao final, pretendemos situar, nesse conjunto, a ferramenta desenvolvida no projeto que está sendo analisado.

1 – Imagens Reais

Entende-se por imagem real aquela que corresponde a um instante real captado por um recurso fotográfico. É uma representação fiel da realidade, sendo uma visualização concreta, sem necessidade de uma maior interpretação por parte do observador. Alguns exemplos desse recurso foram encontrados em diferentes programas.

Em alguns casos, movimentos reais do cotidiano dos alunos podem ser filmados e, após a captura da imagem para o computador, utiliza-se o software SAM para analisá-las quantitativamente (MAGALHÃES et al., 2002). Resultam em fotos reais, de cenários do contexto do cotidiano, como ilustradas a seguir.



Figura 2. Movimento de uma pessoa andando na rua.



Figura 6. Movimento de uma bola de futebol.

Podem ser identificadas, também, fotos que ilustram a realização de um experimento, com a possibilidade de recuperar, a partir dela, fotos de instantes subseqüentes de um movimento.



Figura 4. Looping.

Esse também é o caso do exemplo abaixo, de um programa de análise de imagens, onde há uma imagem de um vídeo de uma roda de bicicleta que desce através de um plano inclinado. Este trabalho analisa vídeos de experimentos reais (BARBETA, 2002). A foto ilustra o experimento e pode ser utilizada, como no caso anterior, para que a partir dela, valores de posição possam ser recuperados para diferentes instantes de tempo.

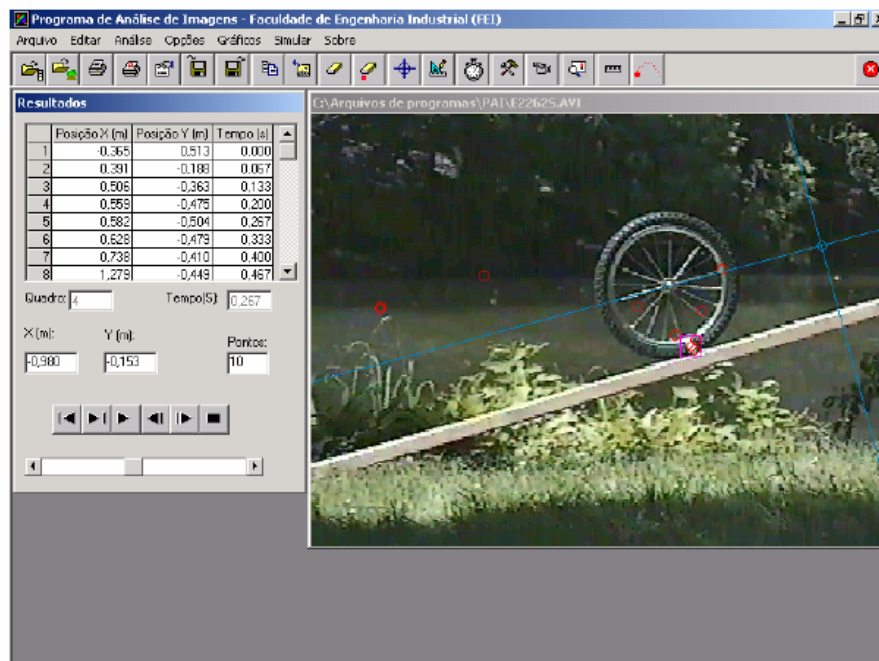


Figura 4. Análise do vídeo de um ponto na periferia de uma roda de bicicleta. A seta indica o ponto discutido no texto.

Há ainda fotos de fenômenos físicos (MAGALHÃES et al., 2002), como da reflexão de ondas produzidas na água e refletidas em uma barreira que, de certa forma, necessitam de informações adicionais para sua compreensão, já que representam situações fora do contexto cotidiano e que requerem observação específica. No entanto, são também fotos.



Figura 3. Medidas - cuba de ondas.

2 – Esquemas

Entende-se por esquema um sistema simbólico que representa a realidade através de uma imagem. É um desenho técnico com uma geometria descritiva ou é um elemento representativo que está em lugar de algo, que pode ser um objeto, por exemplo.

Um exemplo do uso de esquemas pode ser encontrado no Modellus, que é um software de modelagem, onde o usuário pode escrever modelos matemáticos e para cada escolha sua aparece na tela um esquema representativo da situação. Neste exemplo (VEIT, 2002a) há a representação esquemática de posições sucessivas de um carro no movimento acelerado.

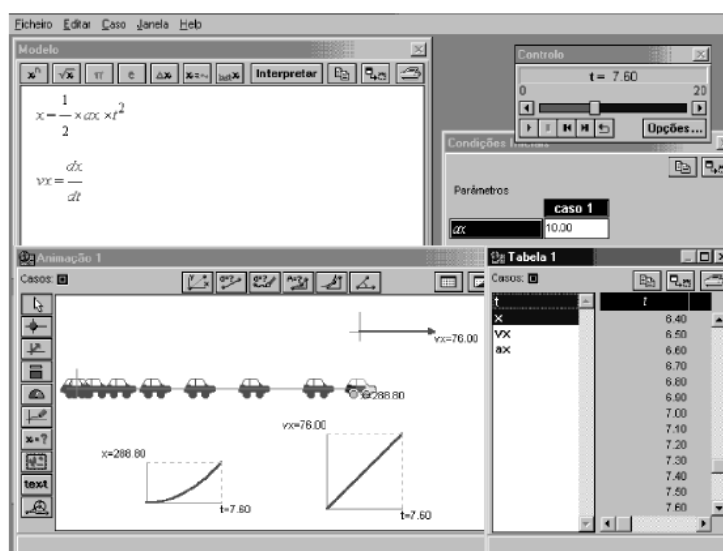
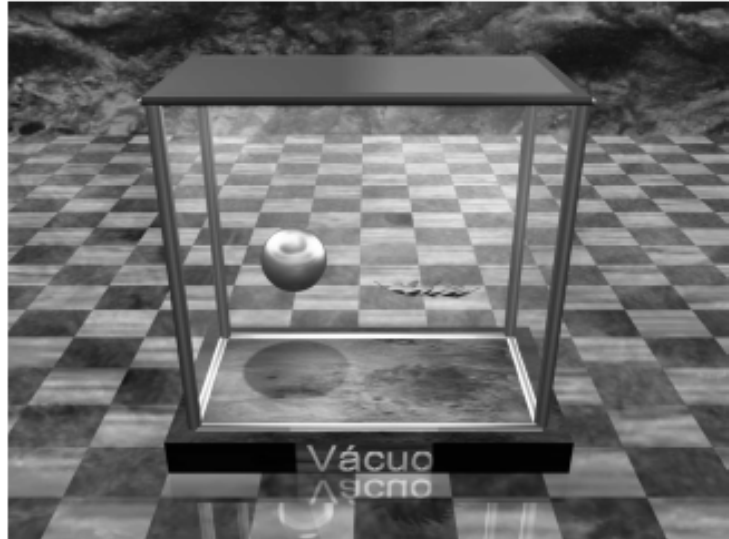


Figura 1: A sintaxe de escrita - na janela Modelo - é muito semelhante à linguagem matemática utilizada no quadro-negro.

Grande parte das simulações faz também uso de esquemas, representando objetos, móveis, bolas, etc. em posições sucessivas, ao invés dos objetos reais, como nas fotos.

As imagens de simulação ou animações e, entre elas os applets, facilmente encontrados na internet, correspondem à criação de imagens quase sempre esquemáticas, produzidas por um programa executável que podem ser alteradas e controladas pelo leitor/usuário (SILVA, 2004).

Uma outra forma de esquema é a visualização em 3D, que proporciona a idéia de profundidade também a partir de esquemas, aproximando mais o experimento do real. Ao lado há a representação da queda livre no vácuo ideal (ROHLING et al., 2002).



Os esquemas podem também ser utilizados para representar uma determinada montagem de um experimento. O programa FNV (DIAS, 2002) simula um detector de radiação tipo Geiger-Müller (GM), três amostras radioativas e placas absorvedoras.

Ele simula, em muitos aspectos, os equipamentos reais, mas os representa através de esquemas e não de fotos.



Figura 1: Aparência Inicial da tela principal.

3 – Gráficos

Entende-se por gráfico um sistema simbólico que possibilita a visualização do comportamento de grandezas físicas. Através de um gráfico pode-se verificar e estudar como varia uma grandeza (por exemplo, *espaço*) em função de outra (por exemplo, *tempo*). Nessa categoria, estamos incluindo apenas gráficos de uma única variável independente, que é uma situação bastante freqüente na Física.

No caso particular apresentado abaixo, referente ao trabalho descrito por MOSSMANN et al. (2002), a compreensão dos gráficos não depende necessariamente da compreensão de como foram obtidos, constituindo-se, assim, em formas de visualização do próprio fenômeno.

Na Fig. 4, pode-se observar um gráfico típico, em tempo real, da força de atrito em função do tempo. Este mostra uma reta com inclinação positiva que cresce até um valor máximo, o qual representa a força de atrito estático máximo ($f_{e\text{máx}}$) para o par de superfícies considerado (no caso, lâmina de madeira – bloco com base de carpete). Durante essa fase, não existe movimento relativo entre as superfícies e a força de atrito é igual à força aplicada. Após esse pico, a força aplicada é menor, mas suficiente para que a velocidade seja mantida constante. Experimentalmente, a força de atrito tende a se estabilizar em torno de um valor médio: a força de atrito cinético.

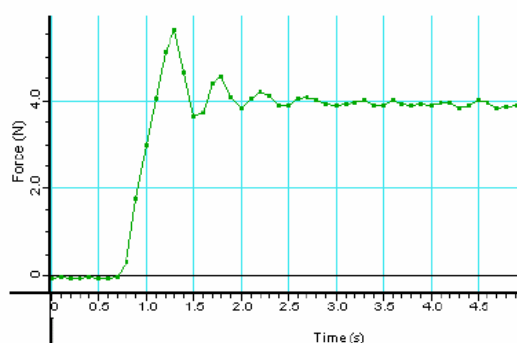


Figura 4. Gráfico da força de atrito em função do tempo, obtido para o par lâmina de madeira – bloco com base de carpete.

Na Fig. 6, é mostrado um gráfico da força de atrito estático em função da força normal e na Fig. 7, da força de atrito cinético em função da força normal. Uma boa aproximação para os coeficientes de atrito é a inclinação da melhor reta que passa pelos pontos no gráfico.

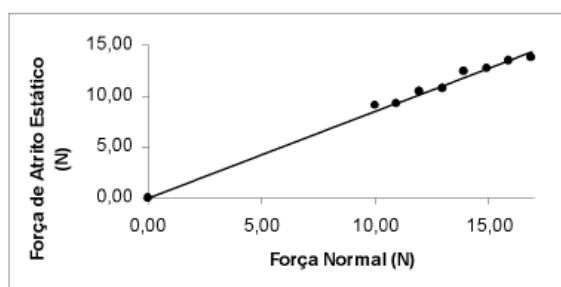


Figura 6. Gráfico da força de atrito estático em função da força normal (madeira – borracha). Os pontos experimentais foram obtidos a partir dos valores máximos dos gráficos, como os da Fig. 5.

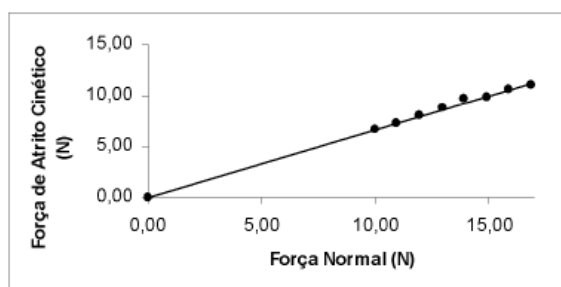


Figura 7. Gráfico da força de atrito cinético em função da força normal (madeira – borracha). Os pontos experimentais foram obtidos a partir dos valores máximos dos gráficos, como os da Fig. 5.

4 – Representações esquemáticas ou matemáticas de fenômenos físicos

Entende-se por representação esquemática ou matemática de um fenômeno físico aquela cuja expressão simbólica se dá através de linguagens próprias da matemática. As imagens são geradas através de programas de computador a partir de dados de uma cena real ou de uma situação virtual, sendo construídas através de ferramentas da matemática, possibilitando uma compreensão adequada de um determinado fenômeno e de sua evolução no tempo. Pode, assim, ser algo a mais do que um simples gráfico, por envolver representações mais complexas, ou esquemas de situações temporais.

Um exemplo de imagem incluída nessa categoria são imagens estáticas, ou esquemas estáticos, sendo que o aspecto dinâmico é visualizado em uma só tela. A visualização da posição em função do tempo, durante toda a trajetória, é feita na mesma imagem (MAGALHÃES et al., 2002).

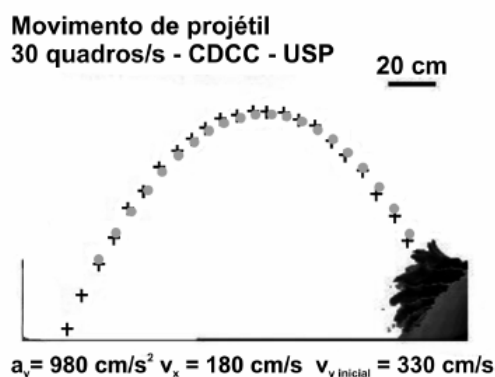


Figura 1. Trajetória do cursor (+) LOGO – “tartaruga” – aproximadamente coincidente com a trajetória da bola.

Também no programa Modellus há imagens equivalentes, que ilustram a trajetória do projétil concomitantemente com uma imagem estroboscópica mostrando as posições sucessivas ocupadas pelo projétil de tempos em tempos iguais (VEIT et al., 2002b).

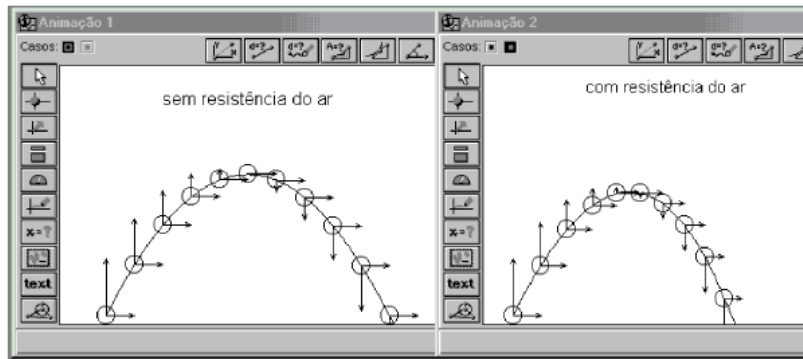


Figura 3. Movimento de um projétil, (a) sem e (b) com resistência do ar.

Já no Prometeus (GOBARA et al., 2002), há exemplos de imagens cuja visualização do processo é verificada não apenas em um esquema, como nos casos anteriores, mas em uma seqüência de imagens (também esquemas) geradas pelo computador e apresentados sucessivamente.

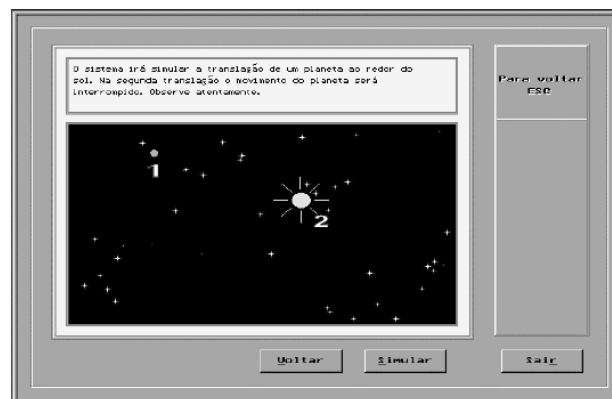


Figura 1. Simulação do movimento de um planeta em torno do Sol.

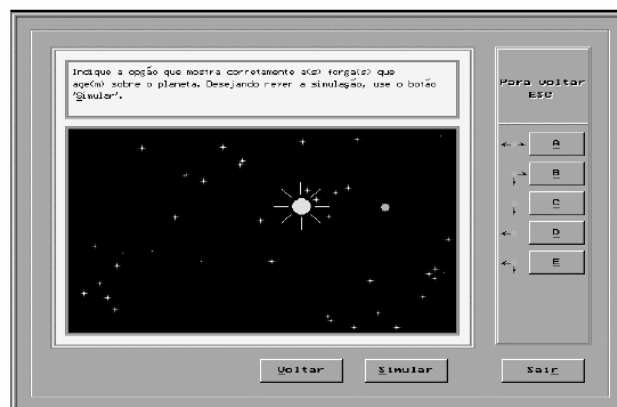


Figura 2. Opções apresentadas aos alunos em uma das simulações na situação Planetas.

Além dessas representações sincrônicas ou diacrônicas de movimento, também incluímos nessa categoria outras representações matemáticas. É o caso, por exemplo, do WLinkit (CAMILETTI, 2002) em que, embora haja um gráfico, ele está inserido em um novo contexto, sendo a representação do fenômeno velocidade obtida por um procedimento matemático. Há uma visualização de uma variável física, em função do tempo, que o sistema calcula e vai mostrando na tela.

Ao pressionar o botão “Interpretar”, a massa da partícula e a constante elástica da mola são identificadas como parâmetros, enquanto para os valores iniciais são requeridas posição e velocidade.

A figura ao lado (VEIT et al., 2002b) ilustra uma animação do movimento e os correspondentes gráficos para as componentes escalares de posição, velocidade e aceleração.

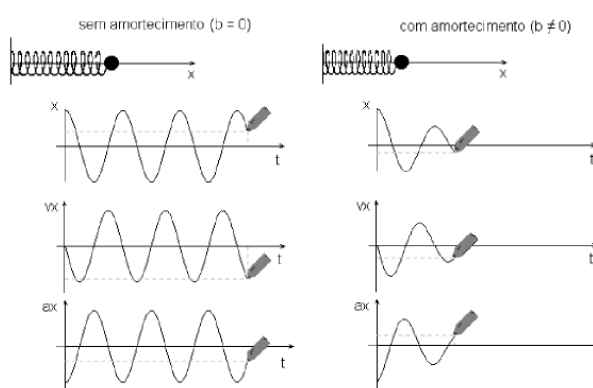


Figure 4. Sistema massa-mola (a) sem e (b) com amortecimento.

Na simulação do movimento de átomos (JÁCOME et al., 2002), a partir da representação de osciladores acoplados, há a visualização de uma variável física no tempo. Ainda que estejam envolvidos gráficos, eles aparecem associados a esquemas e correspondem a variáveis físicas geradas pelo computador a partir de equações matemáticas.

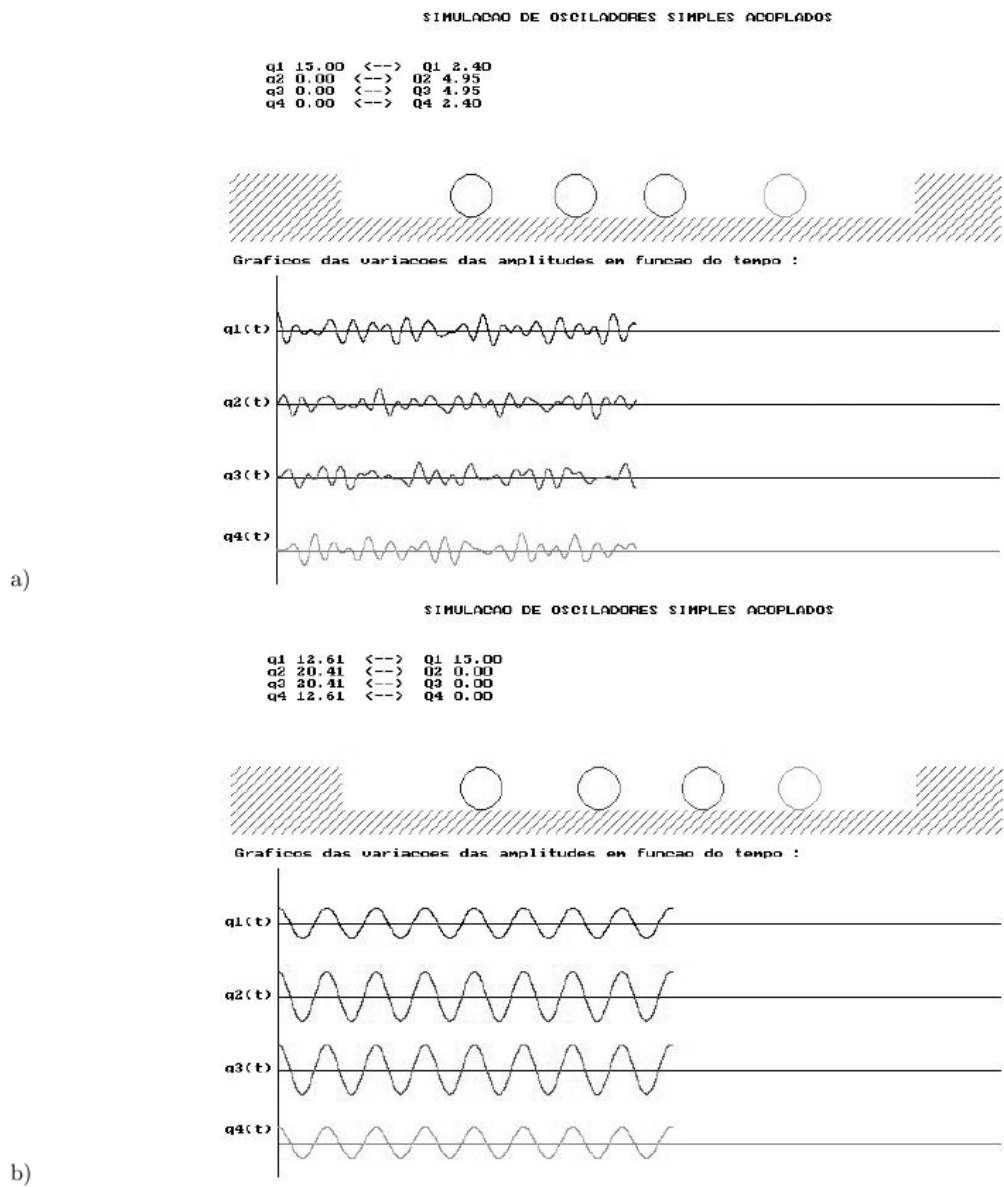


Figura 4. Uma visão da janela do computador aberta pelo programa. Na parte superior se encontra os átomos oscilando, enquanto na parte inferior a trajetória de cada átomo no tempo. Em (a) é usada a condição inicial $q_1 = 15$ e $q_2 = q_3 = q_4 = 0$ em coordenadas cartesianas. Em (b), a condição inicial é dada em coordenadas normais: $Q_1 = 15$ e $Q_2 = Q_3 = Q_4 = 0$.

Outro exemplo, ainda nessa categoria, corresponde ao Sistema Electras (SANTOS et al, 2002), onde são utilizadas imagens de funções tridimensionais ou representadas por conjuntos de vetores, para que seja possível construir uma representação do campo elétrico.

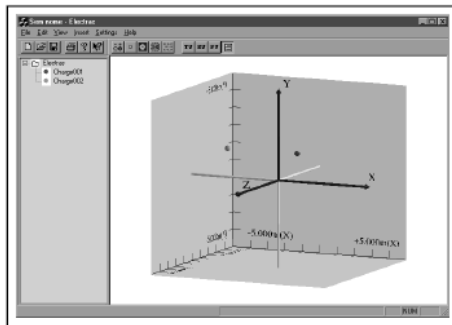


Figura 4-1: Janela inicial principal com duas cargas inseridas.

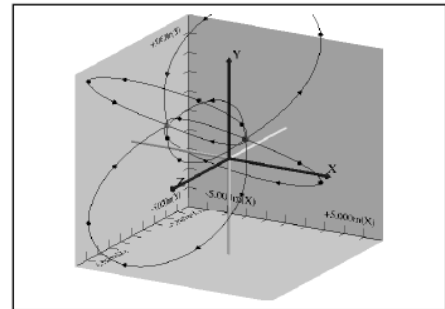


Figura 4-2: Investigando um campo elétrico com linhas de força 3D.

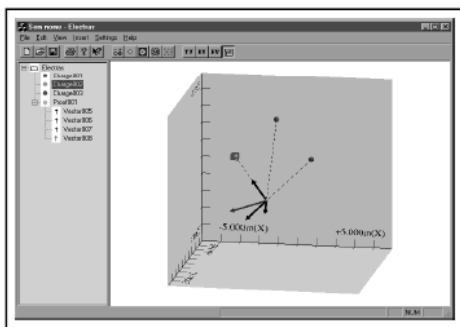


Figura 4-3: Investigação do campo elétrico por meio de uma carga de prova.

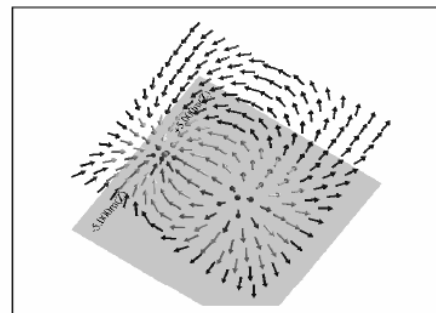


Figura 4-4: Visualização do campo elétrico através de vetores.

Dessa forma, essa última categoria transformou-se em algo muito amplo, envolvendo situações que se distinguem claramente das anteriores, mas cuja unidade interna necessitaria de uma análise mais aprofundada. É nesse conjunto que os recursos computacionais são mais significativos, e por isso a idéia de uma forte dependência de modelos e expressões matemáticas. No entanto, para os objetivos da análise que pretendemos realizar, parece suficiente distinguir esse conjunto dos demais.

A identificação desses quatro conjuntos de imagens possibilita a detecção de elementos para subsidiar a caracterização da ferramenta que está sendo analisada.

As imagens têm sido usadas como complemento ao uso das linguagens verbal, escrita e da Matemática. As ilustrações estáticas referentes a fenômenos dinâmicos precisam, entretanto, ser animadas nas mentes dos leitores. A experiência tem mostrado que em muitos casos essas ilustrações não têm sido de grande ajuda. O auxílio gestual provido pelos professores para a interpretação dessas imagens em sala de aula, assim como as suas ilustrações adicionais no quadro-negro, que levam um certo tempo para serem feitas além de não serem de fácil execução, não têm sido também de grande eficiência. Os defensores da informática no ensino da Física têm apontado o uso de animações por computadores como uma solução para tais problemas (MEDEIROS, 2002).

Nem toda imagem é representação de um objeto. Toda imagem, entretanto, pode ser caracterizada por seu grau de iconicidade, que corresponde ao seu grau de realismo em relação ao objeto que representa. Um contorno ou desenho é menos icônico que uma fotografia, que por sua vez é menos icônica que o objeto real, na medida em que ele próprio se representa enquanto imagem para quem o vê. A esquematização é o processo pelo qual os caracteres objetivos da percepção visual são separados da representação do objeto na mensagem visual, incorporada pela imagem produzida a partir dele. Assim, imagens podem ser classificadas pela sua quantidade de realismo, ou por sua proporção de concreto, relativas ao objeto (SILVA, 2004).

No caso da filmagem de experimentos reais, foram utilizadas, sobretudo imagens reais, o que, portanto, as torna diretamente relacionáveis aos objetos que representam, pelo menos em princípio, desde que possam ser reconhecidas como tal. Isso as torna mais concreta que esquemas e outras formas de representação. Ainda assim, como vimos, as fotos podem assumir diferentes significações, especialmente quando consideramos as situações de movimento.

Capítulo 4 – Produção de Experimentos para Laboratórios “Virtuais”

Um possível uso das tecnologias de informação consiste nas experiências virtuais, feitas através de computadores. Outra possibilidade é a análise virtual de filmes correspondentes a experiências reais como, por exemplo, feita no projeto “Análise Quantitativa de Movimentos”, (MAGALHÃES et al., 2002). Nesse caso, os movimentos reais ou os obtidos no laboratório são filmados, e após a captura da imagem para o computador, a análise dos movimentos é realizada utilizando-se um software, por eles desenvolvido, chamado SAM – Sistema de Análise Digital de Movimentos. A proposta que estamos analisando guarda certa semelhança com essa, embora utilize recursos próprios para a construção de seqüências temporais de informações.

Visando uma reflexão mais aprofundada sobre as contribuições dessas atividades para o ensino, detalharei a elaboração das filmagens e da construção das propostas, sob forma de atividades de ensino. Assim, nesse capítulo será descrita a elaboração do material virtual que se configura na ferramenta da experimentação que está sendo analisada.

Trabalhou-se com quatro situações físicas: leis de Newton, leis empíricas do atrito, e leis de conservação da mecânica clássica – conservação da energia e da quantidade de movimento – dando suporte a disciplinas teóricas básicas de Mecânica Clássica.

Os sistemas mecânicos em movimento foram filmados de modo a permitir medidas de seus parâmetros e grandezas características, que podem ser interpretados dentro das teorias físicas. Os vídeos digitalizados foram disponibilizados na internet, através de uma interface que permite a identificação do movimento como uma seqüência de quadros independentes, a partir dos quais poderão ser realizadas medidas de parâmetros relevantes. A interface também permite a seleção do problema desejado e ajuda na solução e verificação do procedimento analítico utilizado.

Esse projeto iniciou-se em setembro de 2004 nas condições já descritas. A equipe, já mencionada, continha dois professores de Física das disciplinas teóricas em que o projeto seria aplicado. É interessante destacar que embora as disciplinas fossem teóricas, possuíam alguns elementos de informática, como um site na Internet, e essas atividades foram mais uma forma de incorporar novas tecnologias no ensino presencial. A inserção do laboratório em disciplinas teóricas não é trivial, mas esses professores, visando utilizar outros meios de aprendizagem em suas aulas teóricas, definiram um conjunto de experimentos que melhor se adequariam aos conteúdos teóricos tratados em aula. Além dos dois professores, a equipe continha dois estudantes de licenciatura em Física que realizaram as análises físicas de cada situação a ser explorada, bem como acompanhou cada etapa do processo, principalmente as filmagens, para que essas correspondessem aos conteúdos físicos explorados. Outra integrante da equipe foi uma aluna da Física que já trabalhava com esses professores na construção e manutenção dos sites das disciplinas e, portanto conhecia bem as ferramentas de informática para a construção de sites além de possuir as senhas e acessos necessários para disponibilizar o material na rede. E por fim, houve um aluno e funcionário da ECA, que embora desconhecesse os conteúdos físicos explorados, possuía um conhecimento de informática e de filmagens bastante amplo, possibilitando uma comunicação com os físicos no sentido de já explicitar a possibilidade de cada proposta de trabalho, permitindo a viabilização do material no curto tempo previsto. Foi por conta deste último que os filmes foram editados. A formação dessa equipe com pessoas estratégicas de cada área e com suas atividades bem definidas favoreceu a elaboração e o sucesso do projeto.

Basicamente o trabalho consistiu em elaborar o experimento e, após alguns testes, filmá-lo e digitalizá-lo para o computador. Em seguida, editamos o filme selecionando a melhor tomada, de onde foram extraídas algumas fotos do movimento, que serviram de objeto de análise. Com isso pronto, verificamos, através de cálculos, gráficos e tabelas, quais movimentos poderiam melhor ser inseridos na atividade proposta. Enfim, o material produzido foi disponibilizado aos alunos na forma de site. As filmagens foram feitas no Laboratório Didático do IFUSP, na Ala Central, usando materiais do próprio Laboratório Didático e do colégio onde leciono.

Sua primeira aplicação se deu no segundo semestre de 2004, na disciplina de Mecânica. Visando familiarizar os alunos com o material, elaboramos uma atividade

para casa sobre um assunto que já havia sido trabalhado no primeiro semestre: leis de Newton. Em seguida, em duas outras aulas, nos períodos pertinentes, foram aplicadas as atividades sobre conservação da quantidade de movimento – colisão – e conservação de energia – oscilação de um carrinho acoplado a molas. Na segunda vez em que estas atividades foram aplicadas, houve significativas mudanças em suas propostas e conteúdo, uma vez que a disciplina era de Fundamentos de Mecânica, no primeiro semestre de 2005. Dessa forma, foram destinadas duas atividades, uma sobre as leis de Newton, com uma proposta reformulada, e a outra sobre atrito. No segundo semestre de 2005 foram realizadas novamente as atividades sobre conservação da quantidade de movimento – colisão – e conservação de energia – oscilação de um carrinho acoplado a molas, que provavelmente também serão aprimoradas.

4.1 – Descrição da elaboração e produção do material virtual

Como fora dito, os sistemas mecânicos em movimento foram filmados de modo a permitir medidas de seus parâmetros e grandezas características, que podem ser interpretados dentro das teorias físicas.

A primeira filmagem foi feita com uma câmera analógica (VHS) – a única disponível naquele momento. Devido ao fato de ser impossível efetuar qualquer leitura, a partir dos filmes desse tipo, buscou-se uma filmadora digital. Após negociação, e com muito custo, uma equipe de monitores do CCE aceitou colaborar para filmar os experimentos com a câmera digital, porém em horários bastante restritos.

O filme extraído da filmadora digital foi o único que permitiu a leitura da régua utilizada como escala, possibilitando a extração de fotos em que era possível visualizar medidas de comprimentos, a partir da leitura de uma fita métrica, com uma precisão de meio milímetro. Isso ocorre pois a captura dos vídeos adquiridos pela câmera digital é direta para o computador, trazendo com isso um ganho de qualidade final do produto.

Foram efetuadas filmagens de longe – para se ter uma noção geral do experimento e da montagem –, e de perto – com o zoom na fita métrica e na frente do objeto em movimento, no caso, um carrinho, a fim de permitir determinar sua posição com boa precisão.

O processo de captura consistiu na transferência do material filmado para o computador, a fim de possibilitar uma edição rápida e eficiente. Já o processo de edição consistiu na seleção dos melhores trechos referentes a um experimento específico, através de um software específico, que permite a edição quadro a quadro da imagem, possibilitando grande precisão na visualização dos dados, e a inserção de um contador de tempo (time code em segundos) na própria imagem, além de uma visualização em tempo real das alterações pretendidas. Essas imagens foram a base para a captura das fotos quadro a quadro utilizadas como objeto de análise deste projeto.

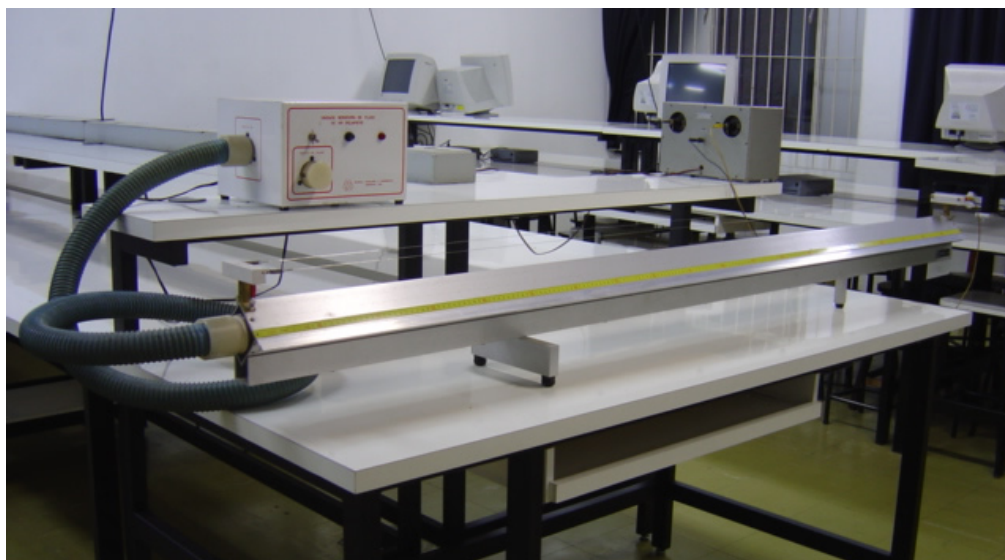
Não possuir uma filmadora digital e depender da disponibilidade do CCE foram alguns dos problemas que interferiram no trabalho. São necessários vários testes antes da filmagem, o que nem sempre garante o sucesso do exercício na hora exata da filmagem. Além disso, não havia um ambiente adequado para as filmagens,

sendo que a iluminação ficou restrita à iluminação natural, que nem sempre é favorável. Existiram inúmeros problemas, que se referiram basicamente ao processo de captação da imagem.

Dentro da proposta desse experimento, havia a necessidade de adequar o material para que pudesse ser disponibilizado na Internet. Isso limitou a qualidade do vídeo, impossibilitando a visualização das medidas em milímetros durante o decorrer do filme a ser analisado. Esse problema foi contornado através da extração de quadros (*frames*) de determinados momentos da filmagem (fotos) para que o aluno pudesse observar, naquele dado instante, as medidas necessárias. Optou-se por codificar o vídeo no formato DIV-X devido à necessidade de se reduzir o tamanho dos arquivos para que um usuário comum – isto é, que possua um modem de 56 K – pudesse ter acesso ao material. Esse não é um decodificador de vídeo padrão, que já existe nos computadores, tendo de ser feito o *download* do codec (codificador-decodificador) para visualizar as filmagens através do Microsoft *Windows Media Player* ou programa similar.

Foram filmadas quatro situações físicas: leis de Newton, leis empíricas do atrito, e leis de conservação da mecânica clássica – conservação da energia e da quantidade de movimento.

Exceto na atividade referente ao atrito, o objeto de estudo em questão foi a análise de movimentos feita experimentalmente utilizando o sistema denominado “trilho de ar”. Esse trilho consiste em um dispositivo que introduz uma camada de ar entre o trilho (plano e horizontal) e o objeto (carrinho) que se movimenta sobre ele, de forma a diminuir ou eliminar o atrito. Com esse sistema, foi possível analisar as características dos movimentos nessas condições.



A foto acima apresenta a montagem utilizada. A seguir são descritas as funções de alguns dos aparatos utilizados no experimento, de forma a capacitar ao leitor compreendê-los, bem como o processo de filmagem e obtenção de imagens, tendo uma noção geral do experimento.

Trilho de ar. serve como suporte e guia quase sem atrito, de modo a minimizar a força resultante externa sobre o carrinho. Essa guia tem muitos furinhos por onde saem jatos de ar, com o objetivo de proporcionar um colchão de ar que suspende o carrinho, eliminando o contato com o trilho e reduzindo o máximo possível do atrito entre o carrinho e o trilho.

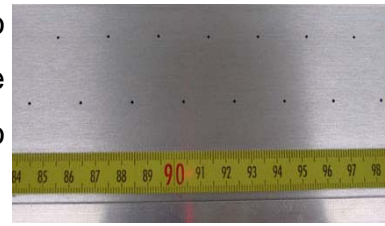
Gerador de fluxo de ar. gera o fluxo de ar no interior do trilho, que sairá pelos furinhos.



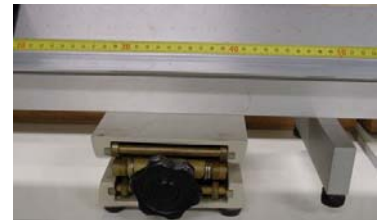
Mangueira: usada para ligar o gerador de fluxo de ar ao trilho de ar.



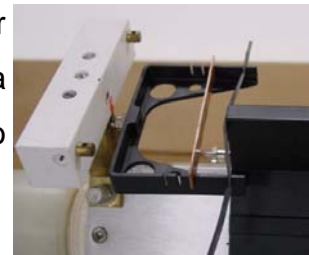
Fita métrica fixada ao trilho de ar. é a realização concreta do sistema de referência do movimento, onde se lê a posição do carrinho em qualquer instante do percurso.



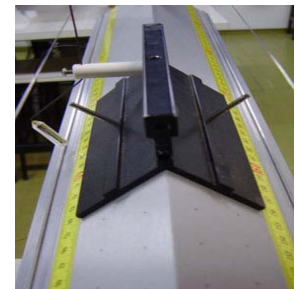
Macaco: Sua função é a de nivelar o trilho de ar, de forma que o movimento do carrinho seja somente na direção horizontal.



Forquilha com elástico e placa metálica: serve para lançar os carrinhos com a velocidade inicial desejada. A placa metálica da forquilha tem a função de limitar a extensão (deformação) do elástico para controlar o impulso.



Carrinho: protagonista das atividades – seu movimento é o objeto de análise do (ou o fator a ser analisado no) experimento.



Com a filmadora, foi possível registrar as imagens do experimento, que foram digitalizadas e colocadas à disposição na Internet. A melhor forma encontrada para efetuar as filmagens que envolviam o trilho de ar, visando reduzir erros de paralaxe e outros, foi apoiar a câmera sobre um suporte acoplado a um carrinho num trilho de ar paralelo ao do experimento. Dessa forma a filmadora deslizava e capturava todo o movimento do carrinho, possibilitando a filmagem com o menor atrito possível.

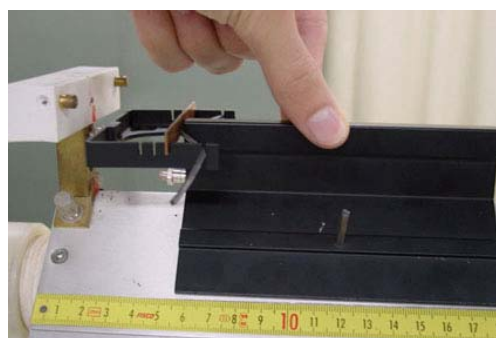
A filmadora foi acoplada a um carrinho em um outro trilho de ar, paralelo ao do experimento.



Dessa forma foi possível realizar uma filmagem paralela ao movimento a ser estudado.



O carrinho é lançado, com auxílio de um elástico, a partir da extremidade do trilho, deslocando-se ao longo do mesmo até que a extremidade oposta seja atingida. Para o registro das posições do carrinho ao longo do trilho, em diferentes momentos, foram utilizadas fotos extraídas da filmagem.



Foram tomados alguns cuidados com relação à velocidade inicial de soltura do carrinho, a fim de que fosse possível capturar o movimento com a filmadora, que, como já fora dito, foi apoiada num trilho de ar, paralelo ao do experimento, e foi deslocada através deste para acompanhar o movimento do carrinho.

Visando possibilitar a compreensão dos alunos, a estrutura de cada uma das quatro atividades possui elementos comuns, que serão citados a seguir, favorecendo a visualização do processo de filmagem dos experimentos além das fotos, que são utilizadas para a obtenção de dados para análise.

Processo de filmagem e materiais utilizados: nesse item, o processo de filmagem e os materiais utilizados são descritos e ilustrados com fotos, possibilitando a visualização e compreensão dos elementos essenciais para montar o arranjo experimental.

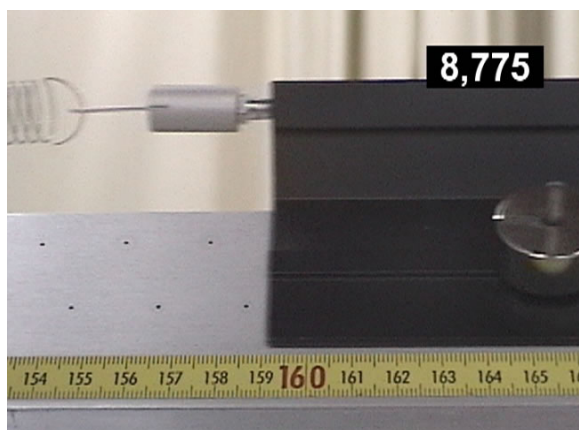
Filmes: nesse item, são apresentados filmes com uma visão geral do movimento, possibilitando a visualização e compreensão do procedimento experimental e de como o experimento ocorre na realidade. O tempo aparece nos filmes em close, o que posteriormente é verificado nas fotos.

Fotos: nesse item, as fotos necessárias para a análise do movimento são fornecidas.

As fotos extraídas dos filmes em close possuem o corpo a ser analisado, a fita métrica visível fornecendo a informação da posição do corpo num dado instante, que também é visualizado na própria foto.

Há também fotos do corpo sobre balança, fornecendo a massa quando necessário.

Dessa forma evidencia-se a fonte exata das medidas, evitando dúvidas posteriores sobre a origem dos dados.



Roteiros: nesse item há o roteiro para encaminhamento de como o aluno deve proceder para a análise do experimento, a partir dos dados fornecidos através das fotos.

Esse material encontra-se nos sites das disciplinas de Fundamentos de Mecânica (<http://plato.if.usp.br/1-2005/fap0151d/>) e de Mecânica (<http://plato.if.usp.br/2-2005/fap0153n/>).

4.2 – Preparação e realização dos experimentos propostos

A seguir os três experimentos que envolveram o trilho de ar – experimentos referentes às leis de Newton, conservação de momento e de energia – são descritos, possibilitando a compreensão de como foram elaborados e realizados.

Para a realização de cada atividade proposta, foi disponibilizado para os alunos experimentos filmados abordando um conteúdo específico.

A primeira etapa do processo consistiu na limpeza, com álcool, dos carrinhos e trilho, visando eliminar possíveis sujeiras que poderiam aumentar o atrito entre eles. O trilho, já limpo, foi conectado ao gerador de fluxo de ar, e nivelado, através de dois macacos, para existir movimento dos objetos sobre o trilho somente na direção horizontal. Este procedimento foi feito antes de todos os experimentos que envolveram o trilho de ar, que serão descritos a seguir.

Leis de Newton

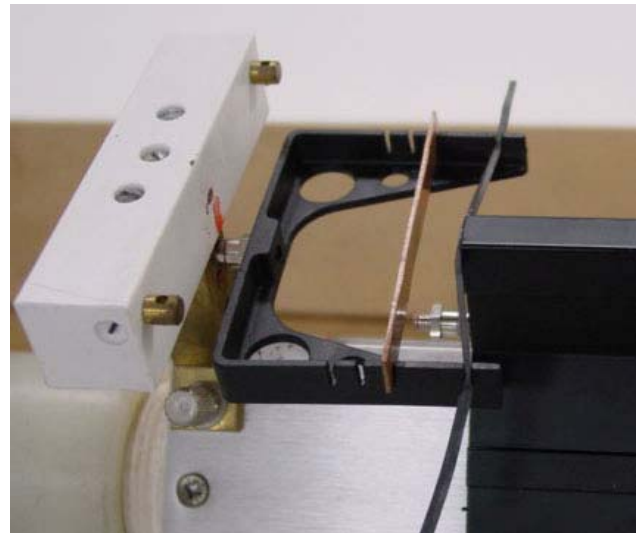
O objetivo desta experiência foi estudar as leis de Newton, através da visualização, comparação e análise dos movimentos de dois carrinhos, um com vela e outro sem vela, propostos na atividade.

A vela consistiu em uma armação feita com varetas finas de madeira, recoberta por um papel de seda, com um prolongamento que se acopla ao carrinho.

Ela foi colocada sobre o carrinho, de forma a eventualmente modificar seu movimento.

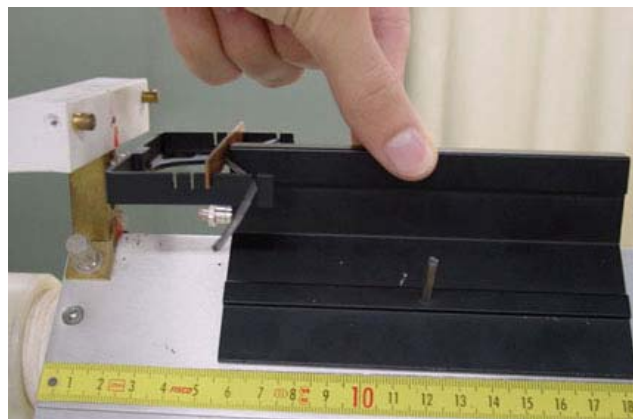


Para determinar a velocidade inicial dos carrinhos, utilizou-se uma forquilha com elástico e uma placa metálica, presa em uma das extremidades do trilho, cuja função foi a de possibilitar o lançamento dos carrinhos sobre o trilho com a velocidade inicial desejada. A placa metálica da forquilha teve a função de limitar a extensão (deformação) do elástico para controlar o impulso inicial.



Na atividade filmada, se ambos os carrinhos fossem lançados com a mesma velocidade, na filmagem em zoom, seus movimentos seriam facilmente distinguidos, pois o carro com vela demoraria mais tempo para completar o percurso. Para evitar essa fácil distinção através da observação da filmagem, o carro sem vela foi lançado com uma velocidade maior.

Com o gerador de ar ligado, o carrinho sem vela foi colocado sobre o trilho de ar. O carrinho foi puxado, tencionando o elástico da forquilha até encostar na placa metálica, e então foi solto. Dessa forma, o carrinho iniciou o movimento sobre o trilho.



Uma vela, já descrita anteriormente, foi acoplada ao carrinho através de um orifício na parte central de seu topo.

Esse carrinho foi solto seguindo o mesmo procedimento descrito para o carrinho sem vela.

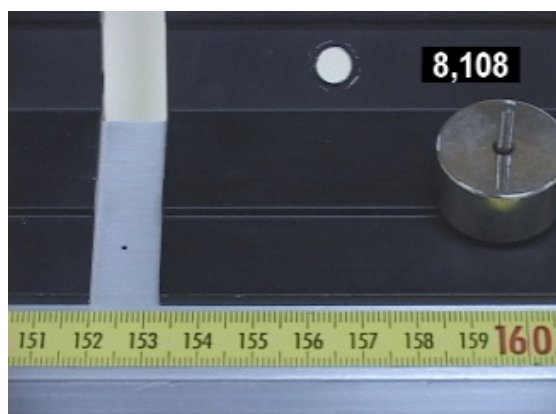


Colisões

O objetivo desta experiência foi estudar a Lei da Conservação da Quantidade de Movimento Linear, através da visualização e análise das colisões entre dois carrinhos, em quatro situações propostas denominadas “Bate e Anda”, “Bate e Pára”, “Gruda e Anda”, “Bate e Volta com Imã”.

Para analisar a quantidade de movimento linear basta considerar instantes anteriores e posteriores à colisão. Assim, a filmagem foi limitada a esses instantes. Com a exceção da situação denominada “Bate e Pára”, foi necessário filmar somente um dos carrinhos durante todo o seu movimento, para que a filmadora captasse os momentos dos dois carrinhos, anteriores e posteriores à colisão.

Uma vez que a massa interfere na quantidade de movimento, optou-se por analisar diversas situações onde os corpos envolvidos na colisão possuíam massas diferentes. Os carrinhos em questão eram idênticos. Para aumentar a massa de um deles, quando necessário, usou-se um ou dois “pesinhos” de cada lado no suporte do próprio carrinho, a fim de não desequilibrá-lo, evitando possíveis trepidações do carrinho no trilho.

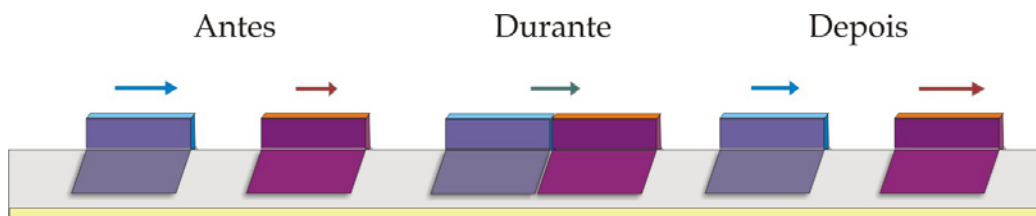


Nas situações 1 (Bate e Anda) e 3 (Gruda e Anda) descritas a seguir, utilizou-se uma forquilha com elástico e uma placa metálica presa em uma das extremidades do trilho, cuja função foi a de possibilitar o lançamento dos carrinhos sobre o trilho com a velocidade inicial desejada. A placa metálica da forquilha teve a função de limitar a extensão (deformação) do elástico para controlar o impulso inicial. Nas situações 2 (Bate e Pára) e 4 (Bate e Volta com Imã), onde os movimentos foram opostos, utilizou-se uma forquilha em cada extremidade do trilho, ambas idênticas a descrita anteriormente.

1ª Situação – Bate e Anda

Foram utilizados dois carrinhos, um de massa $m_1=183,7$ g – massa do próprio carrinho – e outro de massa $m_2=279,4$ g – massa do carrinho + 1 pesinho de cada lado.

Os carrinhos foram lançados com velocidades diferentes e no mesmo sentido contanto que eles colidissem e continuassem o movimento nesse mesmo sentido. Primeiramente soltou-se o carrinho de massa m_2 com velocidade baixa e, logo após, soltamos o carrinho de massa m_1 com uma velocidade maior que a de m_2 .



Modelo representativo da situação Bate e Anda.

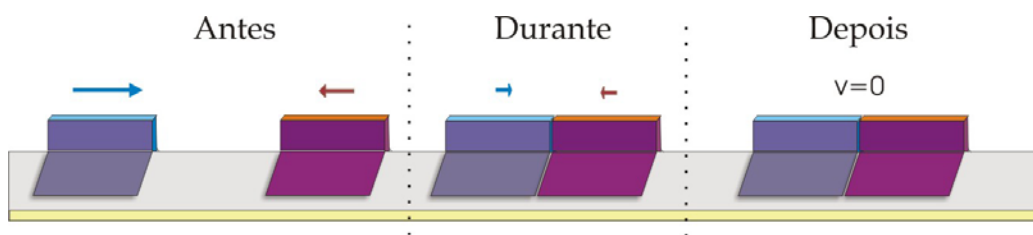
2ª Situação – Bate e Pára

Foram usados dois carrinhos, um de massa $m_1=187,4$ g – massa do carrinho + um pedacinho de massinha de modelar – e outro de massa $m_2=374,8$ g – massa do carrinho + 2 pesinhos de cada lado.

Os carrinhos foram lançados com velocidades diferentes e em sentidos opostos contanto que ambos parassem imediatamente após a colisão. Soltou-se, ao mesmo tempo, os carrinhos posicionados um em cada extremidade do trilho.

Como a massa m_2 é o dobro da outra, o carrinho de massa m_1 deveria ser lançado com o dobro da velocidade do carrinho com m_2 . Acertou-se essas velocidades por tentativa e erro, ajustando o impulso fornecido pelo elástico da forquilha.

A massinha de modelar, presa a um dos carrinhos, teve a função de manter os carrinhos grudados após a colisão. Assim, os carrinhos permaneceram parados e grudados imediatamente após a colisão.



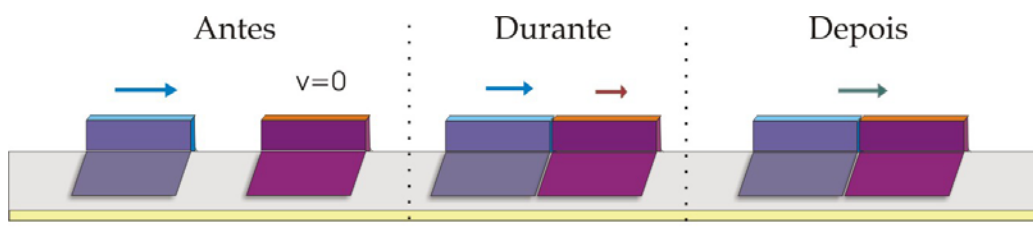
Modelo representativo da situação Bate e Pára.

3ª Situação – Gruda e Anda

Foram utilizados dois carrinhos, um de massa $m_1=190,3$ g – massa do carrinho + um pedacinho de massinha de modelar – e outro de massa $m_2=183,6$ g – massa do próprio carrinho.

O carrinho de massa maior foi lançado contra o outro, que estava em repouso no trilho. Após a colisão, os dois carrinhos prosseguiram o movimento, acoplados.

A massinha de modelar, presa a um dos carrinhos, teve a função de manter os carrinhos grudados após a colisão.

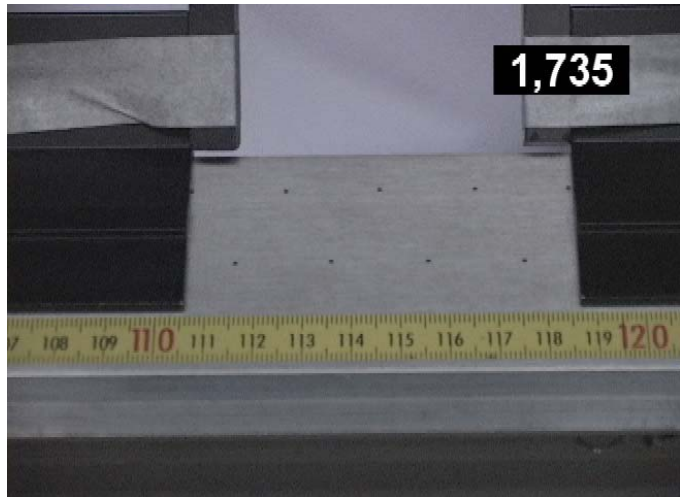


Modelo representativo da situação Gruda e Anda.

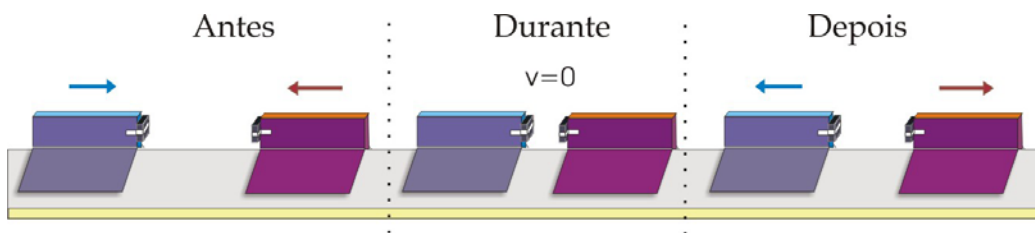
4ª Situação – Bate e Volta com Imã

Foram usados dois carrinhos, um de massa $m_1=213,4$ g – massa do carrinho + um ímã – e outro de massa $m_2=209,0$ g – massa do carrinho + outro ímã pequeno.

Um ímã foi fixado em cada carrinho, de modo que os ímãs ficassem com o mesmo pólo em contato com o carrinho, resultando na repulsão entre eles quando se aproximavam um do outro.



Os carrinhos foram lançados com velocidades diferentes e em sentidos opostos. Devido à presença dos ímãs em cada carrinho, não houve contato entre eles, sendo perceptível a força de repulsão eletromagnética. Após a “colisão”, cada carrinho voltou à sua posição de origem.



Modelo representativo da situação Bate e Volta com Ímã.

Energia

Foram analisadas seis situações: duas referentes à colisão e quatro referentes à oscilação de um carrinho, que serão descritas a seguir.

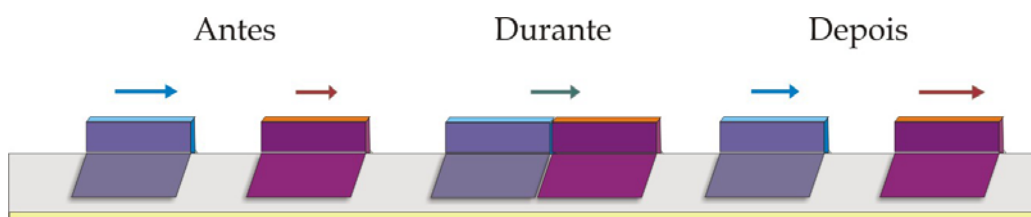
Parte 1

O objetivo desta experiência foi estudar a Lei de Conservação da Energia Mecânica através da visualização e análise da colisão de dois carrinhos em duas situações.

1ª Situação – Bate e Anda

Foram usados dois carrinhos, um de massa $m_1=183,7$ g – massa do próprio carrinho – e outro de massa $m_2=279,4$ g – massa do carrinho + 1 pesinho de cada lado.

Como já dito anteriormente, os carrinhos foram lançados com velocidades diferentes e no mesmo sentido contanto que eles colidissem e continuassem o movimento neste mesmo sentido. Primeiramente soltou-se o carrinho de massa m_2 com velocidade baixa e, logo após, soltamos o carrinho de massa m_1 com uma velocidade maior que a de m_2 .



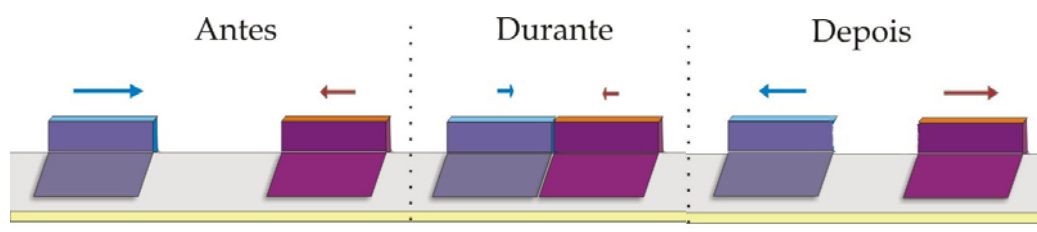
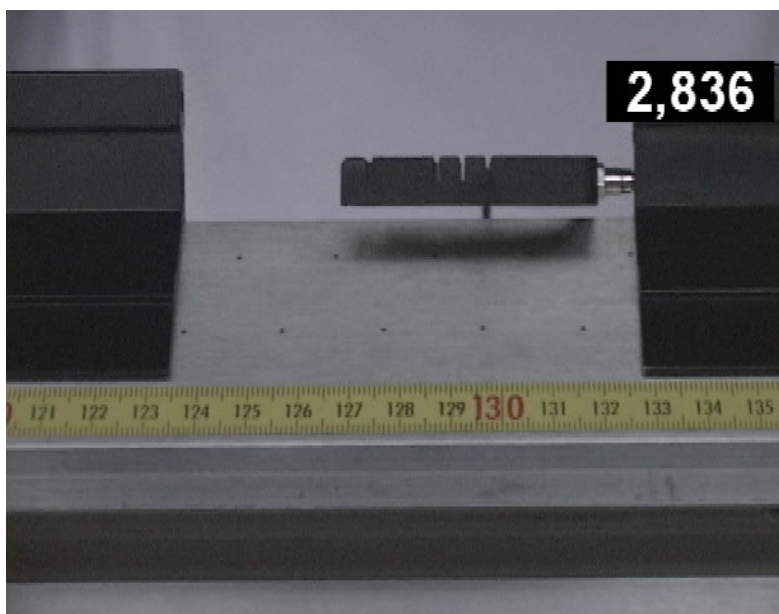
Modelo representativo da situação Bate e Anda.

2ª Situação – Bate e Volta com Elástico

Foram utilizados dois carrinhos, um de massa $m_1=190,3$ g – massa do carrinho + forquilha – e outro de massa $m_2=183,6$ – massa do carrinho.

Os carrinhos foram lançados com velocidades diferentes e em sentidos opostos.

Devido à presença da forquilha com elástico, houve colisão resultando em cada carrinho voltar para sua posição de origem.



Modelo representativo da situação Bate e Volta com Elástico.

Parte 2

O objetivo desta experiência foi estudar o princípio de Conservação da Energia Mecânica, através da visualização e análise das oscilações de um carrinho preso a molas em diversas situações propostas.

Para analisar a conservação da energia mecânica, foi necessário determinar as massas e as constantes das molas, como também a massa e algumas posições do carrinho a partir de seu ponto de equilíbrio.

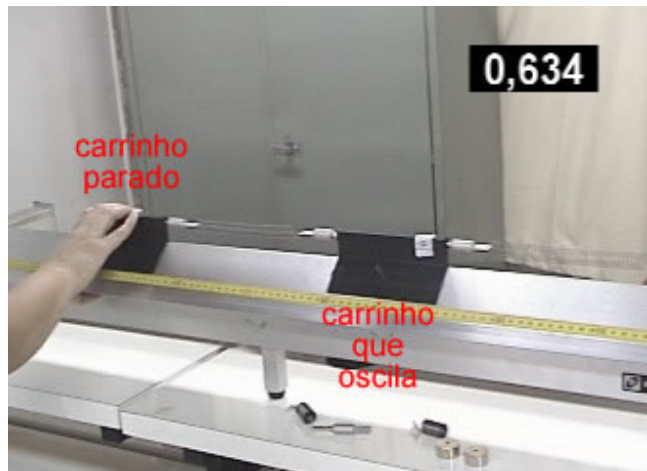
Quando se pendura uma massa qualquer numa mola suspensa, ela estica devido ao peso do objeto pendurado. O aumento do peso do objeto pendurado implica em um aumento da deformação da mola. Esta experiência relaciona a força que o objeto faz na mola com a deformação que ela sofre, através da relação conhecida como “Lei de Hooke”.

Inicialmente foi medido o tamanho original da mola. Em seguida, foram colocadas algumas moedas no suporte preso à mola que estava suspensa, aumentando aos poucos o número de moedas. A cada etapa foi medida a deformação da mola, isto é, o quanto a mola “esticou” em relação ao seu tamanho original para cada conjunto de moedas.

Ao número que expressa a quantidade de unidades de força necessárias (*gf*, *kgf* ou *N*) para que a mola se deforme de uma unidade de comprimento (*mm*, *cm* ou *m*), chama-se de *Constante Elástica da Mola*. Com os valores da massa, sabe-se o peso em *gf*. Através da equação $F = Kx$, calculou-se o valor da constante elástica *K* (em *gf/cm*) de cada mola através da razão entre a força peso (em *gf*) e a deformação (em *cm*). Os valores abaixo foram determinados experimentalmente, lembrando-se que $d = 10^{-5}$ N.

<i>k baixo (d/cm)</i>	<i>Massa (g)</i>
3750	3,8
3915	3,6
<i>k alto (d/cm)</i>	<i>Massa (g)</i>
17000	5,8
16000	5,6

Para que o carrinho desejado oscilasse, foi montado o seguinte sistema: como extremidades fixas foram utilizadas uma extremidade do trilho (à direita na foto) e um carrinho parado no outro lado, fixo por uma pessoa (à esquerda na foto), pois a mola não atingia a outra extremidade do trilho. Em cada uma delas foi fixada uma mola que foi presa no carrinho, que inicialmente estava parado e apoiado sobre o trilho. Dessa forma somente o carrinho do centro oscilou, possibilitando o estudo do movimento.



Foram realizadas 4 situações com as especificações abaixo:

Massa do carrinho leve = 200g (massa do próprio carrinho + suportes para as molas).

Massa do carrinho pesado = 300g (massa do carrinho + suporte para as molas + duas moedas).



A seguir apresenta-se a nomenclatura utilizada para identificar cada uma das situações filmadas.

<i>Situação</i>	<i>Descrição</i>
ML – CL	Molas de k baixo e carrinho leve oscilando
ML – CP	Molas de k baixo e carrinho pesado oscilando
MP – CL	Molas de k alto e carrinho leve oscilando
MP – CP	Molas de k alto e carrinho pesado oscilando

Determinou-se a amplitude de oscilação dos carrinhos no experimento através de sucessivas tentativas que visavam verificar a maior amplitude que conseguíamos fornecer ao carrinho para que ele oscilasse aproximadamente dez vezes sem perder muita amplitude (energia).

O campo visual da filmadora foi fixado para a captura de 5 cm a partir da posição de equilíbrio do carrinho. Assim foi possível captar a posição do carrinho em diversas partes de seu movimento durante toda a oscilação.

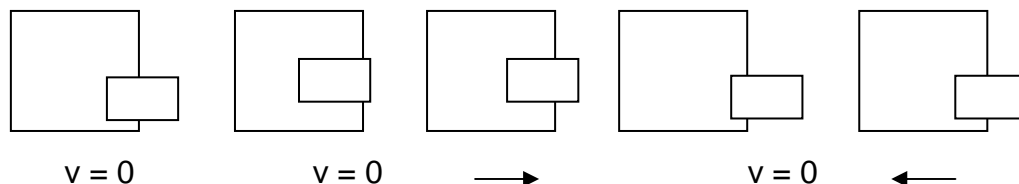


Figura representativa da situação

O movimento do corpo oscilante foi filmado apenas durante as três primeiras oscilações (períodos), pois após essas, o carrinho perdia amplitude significativamente. Somente o movimento da primeira volta e da segunda ida – uma oscilação – do carrinho foi analisado, pois na primeira ida há interação entre o carrinho e a mão que o solta, evitando assim erros experimentais e sistemáticos.

Para a análise do movimento, considerou-se a massa do corpo oscilante como a massa do carrinho somada às massas dos suportes e à metade da massa da mola da direita e da esquerda, incorporando, dessa forma, a massa das molas nos cálculos.

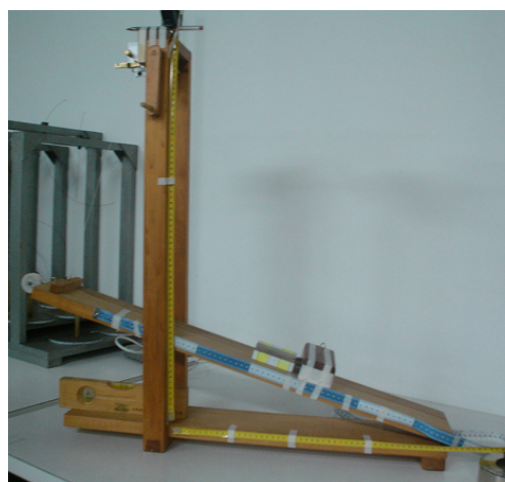
4.3 – Realização da experiência sobre atrito – sem o trilho de ar

Nesta atividade referente ao atrito, o objeto de estudo em questão foi a análise de movimentos feita experimentalmente utilizando o sistema denominado “plano inclinado”.

O objetivo desta experiência foi estudar as leis empíricas do atrito através da visualização e análise de experimentos de deslizamento de blocos em um plano inclinado. Estudou-se a proporcionalidade entre a força de atrito e a força normal, bem como a independência da força de atrito com a área da face do bloco que fica sobre o plano.

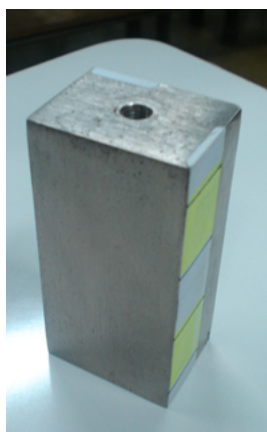
A seguir são descritas as funções de alguns dos aparatos utilizados no experimento, de forma a capacitar ao leitor compreendê-los, bem como o processo de filmagem e obtenção de imagens, tendo uma noção geral do experimento.

Plano inclinado de madeira nivelado, cuja inclinação é variável e está marcado para possibilitar a medição de posições.

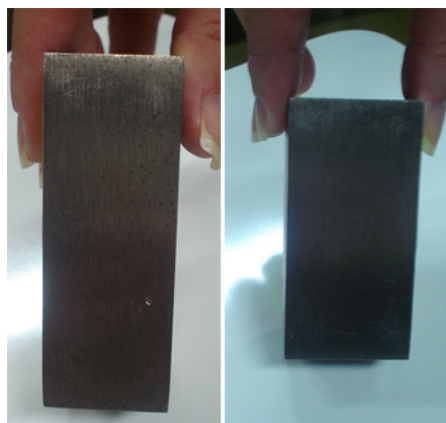


Motor – sua função é aumentar a inclinação da rampa lentamente, para que não haja trancos que provoquem o deslizamento do bloco antes que ele atinja a maior inclinação possível sem iniciar o movimento.





Bloco de aço com secção retangular – seu movimento e o atrito de uma das suas faces com a do plano inclinado são os objetos de estudo destes experimentos.



Área maior: 7,60 cm X 3,73 cm

Área menor: 7,60 cm X 2,79 cm

Sobrepeso – sua função é duplicar (aproximadamente) a massa do bloco de aço, possibilitando o estudo da proporcionalidade entre a força de atrito e força normal.



Placa de vidro – serve como uma das superfícies de apoio do bloco de aço em alguns dos experimentos. A outra superfície é a própria madeira do plano inclinado.



Fita métrica (na rampa) – usada como referência para obtenção da posição do bloco durante o movimento.

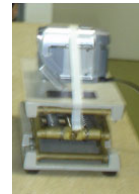


Trenas – servem para medir o cateto oposto (altura) e o adjacente de um triângulo, o que permite determinar o ângulo de inclinação do plano.

Anteparo – Bloco de madeira fixo na rampa – sua função é parar o bloco após este sair do campo de filmagem.

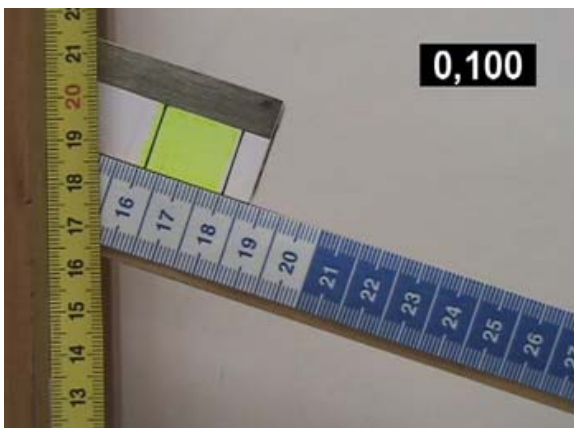


Macaco – regula a altura da filmadora digital para que o bloco esteja no campo de filmagem no início do deslizamento.



Para estudar o atrito analisou-se o movimento de queda do bloco de aço em duas superfícies diferentes (madeira e vidro) no plano inclinado já descrito acima. Estudou-se a proporcionalidade entre a força de atrito e força normal bem como a independência do coeficiente de atrito estático e da massa, através do movimento do bloco de aço comparativamente com o movimento do bloco de aço com o sobrepeso, sendo que a superfície de contato com o plano permaneceu a mesma. Estudou-se também a independência da força de atrito com a área de contato com o plano através da análise do movimento do bloco de aço, ora com a área maior ora com a área menor, em contato com o plano. A determinação dos coeficientes de atrito estático e cinético para cada situação possibilitou embasar a análise.

Colou-se no bloco uma etiqueta com marcas de 2,0 cm e cores intercaladas a fim de facilitar a visualização da posição exata na fita métrica.



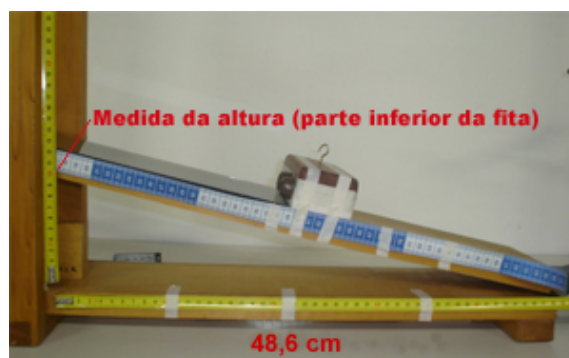
A primeira etapa do processo consistiu no nivelamento do aparato experimental através de moedas que o calçavam. A segunda etapa consistiu na limpeza, com álcool, do bloco e das superfícies, visando eliminar possíveis sujeiras que poderiam aumentar o atrito entre eles.

Após as duas primeiras etapas, colocou-se o bloco de aço sobre a superfície quando esta se encontrava na posição horizontal. Feito isso se ligou o motor de 2 rpm, acoplado ao sistema, que levantava vagarosamente uma das extremidades do plano, inclinándolo cada vez mais, sem trepidações, que poderiam ser suficientes para fazer o bloco deslizar pelo impulso que elas forneceriam a ele.

A filmadora foi ajustada para capturar os instantes iniciais do movimento. A filmagem se deu do instante inicial, iminência do movimento, até o bloco sair do campo de visão da filmadora. Dessa forma foi possível captar os instantes necessários para a análise. Foram feitas algumas tomadas de dados, incluindo o movimento na superfície de vidro com as áreas maior e menor do bloco de aço, e movimento com a área maior do bloco de aço na superfície de madeira.

No plano inclinado, foi presa uma fita métrica ao longo da rampa, permitindo medir a posição do bloco em cada instante do seu deslizamento. O ângulo de inclinação da rampa foi determinado por meio da tangente do ângulo alfa (α), sendo escolhido um triângulo retângulo formado pelos suportes vertical e horizontal. Assim, para determinar a altura da queda do bloco, uma trena foi presa no suporte vertical.

Calculou-se o ângulo α através de uma triangulação sendo que o cateto oposto (altura) e o adjacente de um triângulo foram medidos através da visualização da trena, o que permitiu determinar o ângulo de inclinação do plano e o coeficiente de atrito estático, uma vez que se tratava da iminência do movimento.



$$\mu_e = \operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{48,6}$$

h = altura em cm

A estrutura dessa atividade foi a mesma já descrita anteriormente, possuindo elementos como o processo de filmagem, materiais, filmes, fotos e roteiro, o que favorece a visualização do processo de filmagem e das fotos que são utilizadas para a obtenção de dados para análise.

Procedimento experimental

A seguir esse experimento é descrito, possibilitando a compreensão de sua elaboração e realização. Para a realização desta atividade proposta, foi disponibilizado para os alunos o experimento filmado.

Inicialmente, colocou-se o bloco sobre o plano com uma inclinação pequena, na qual o bloco certamente ficava em repouso. Em seguida, ligou-se o motor e a câmera de vídeo, que acompanhou a subida da rampa na vertical até que o bloco deslizesse. A filmagem foi interrompida somente após o bloco descer o plano inclinado, de modo que seu escorregamento pôde ser filmado e observado.

O experimento foi repetido muitas vezes, algumas delas com a rampa revestida de vidro. O bloco de aço sempre foi o mesmo, na maioria das vezes deslizando sobre a face maior e nas outras, sobre a face menor. Em alguns experimentos, foi colocado um sobrepeso sobre o bloco, para determinar a dependência da força de atrito com a componente normal. A experiência foi feita com superfícies de madeira e de vidro.

As experiências foram classificadas em:

AVG: bloco de **A**ço, superfície de **V**idro, com a área de contato **G**rande;

AVP: bloco de **A**ço, superfície de **V**idro, com a área de contato **P**equena;

AVS: bloco de **A**ço, superfície de **V**idro, com **S**obrepeso;

AM: bloco de **A**ço, superfície de **M**adeira.

Cada estudante recebeu um conjunto de experiência para analisar e, ao final, todos os dados obtidos foram reunidos e apresentados para toda a classe, com uma discussão apresentada pelo professor.

4.4 – Descrição de roteiros de atividades

Nessa etapa serão apresentadas e descritas algumas telas mostradas aos alunos, evidenciando o que cabe ao aluno fazer, possibilitando ao leitor visualizar o caminho sugerido ao aluno. A página da disciplina de Fundamentos de Mecânica é similar a de Mecânica e a página principal é mostrada na foto a seguir (<http://plato.if.usp.br/1-2005/fap0151d/>). À esquerda, na segunda tabela (material), no último item (relatórios) estão contidas as experiências tratadas nesta dissertação.



Ao selecionar “relatórios” o aluno pode escolher qual atividade ele quer trabalhar. A seguir há a tela principal referente a cada uma das quatro atividades.

Fundamentos de Mecânica

Relatório 1 – Trilho de Ar

Mecânica - Relatório1_PROMAT - Microsoft Internet Explorer

Arquivo Editar Exibir Favoritos Ferramentas Ajuda

Endereço http://plato.if.usp.br/1-2005/fap0151d/material/relatorios/relatorio1_PROMAT.html Ir Links >>

RELATÓRIO 01 - TRILHO DE AR

[Processo de filmagem e materiais utilizados VER >>](#)

Filmes dos movimentos

Atenção, os filmes estão no formato DIV-X. Caso você não o tenha [clique aqui](#) para baixá-lo. Recomendado: este é um codec alternativo do DIV-X - open source ([X-VID](#))

[Filme do movimento do carrinho com vela](#)
[Filme do movimento do carrinho sem vela](#)

Fotos

[Fotos da situação 1](#)
[Fotos da situação 2](#)

[Roteiro VER>>](#)

[Instruções para o Relatório VER>>](#)

[Exemplos de Tabelas e Gráficos\(em formato.xls\) VER>>](#)

[FECHAR](#)

Melhor visualizado em 800 x 600 pixels.

Windows taskbar: Iniciar, Capítulo_4..., descricao..., Document..., atrito, FAP153 - ..., FAP0151 - ..., Mecânica - ..., PT, 13:33

Relatório 2 – Força de Atrito

Atrito - Microsoft Internet Explorer

Arquivo Editar Exibir Favoritos Ferramentas Ajuda

Endereço <http://plato.if.usp.br/1-2005/fap0151d/material/relatorios/atrito/index.html> Ir Links

Tema da Experiência: Atrito

Laboratório Virtual sobre as leis empíricas das forças de atrito de contato.

Agradecimentos

Introdução

Equipe

Materiais

Procedimentos

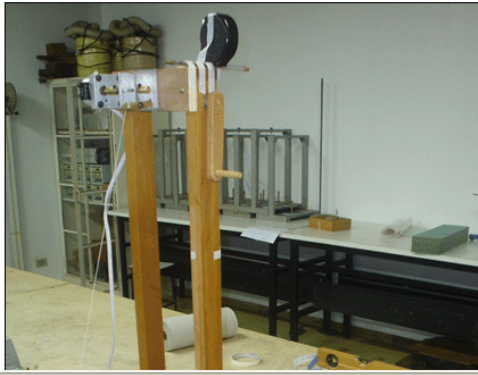
Filmes

Fotos

Roteiros

Estudaremos as leis empíricas do atrito com experimentos de deslizamento de blocos em planos inclinados, um sistema que é muito usado no curso básico de Física como exemplo de aplicação das leis de Newton.

O objetivo do experimento é a verificação da proporcionalidade entre a força de atrito e força normal, bem como a independência da força de atrito com a área da face do bloco que fica sobre o plano. Faremos isso determinando os coeficientes de atrito cinético e estático usando o mesmo equipamento experimental, mudando os detalhes adequados a cada medida.



Internet

Iniciar Microsoft ... atrito FAP153 - Mec... FAP0151 - Fun... Atrito - Micros... Atrito - Micros... PT 13:34

Mecânica

Relatório 1 – Colisões



Relatório 2 – Energia

Mecânica - Relatório2_energia_PROMAT - Microsoft Internet Explorer

Arquivo Editar Exibir Favoritos Ferramentas Ajuda

Endereço <http://plato.if.usp.br/2-2005/fap0153n/energia.htm> Ir Links

RELATÓRIO 02 - ENERGIA



Clique na imagem para ampliá-la

Parâmetros

Mola 1 situação 1 e 2

Massa situação 1 e 3

Mola 2 situação 1 e 2

Massa situação 2 e 4

Mola 2 - $K = 3915 \text{ d/cm}$ e massa = $3,6 \text{ g}$

Processo de filmagem e materiais utilizados [VER >>](#)

Filmes dos movimentos

Atenção, os filmes estão no formato DIV-X. Caso você não o tenha [clique aqui](#) para baixá-lo. Recomendado: este é um codec alternativo do DIV-X - open source (X-VID)

[Filme 1 de energia](#)
[Filme 2 de energia](#)

Fotos

[Fotos da situação 1](#)
[Fotos da situação 2](#)
[Fotos da situação 3](#)
[Fotos da situação 4](#)

Roteiro [VER >>](#)

Internet 13:36

Já nas telas referentes ao experimento escolhido, o aluno pode selecionar qualquer um dos hiperlinks propostos, como processos de filmagem, filmes, fotos ou roteiro.

Em “processos de filmagem”, há as seguintes telas:

Fundamentos de Mecânica


Relatório 1 – Trilho de Ar

Mecânica - Relatório 1_filmagem - Microsoft Internet Explorer

Arquivo Editar Exibir Favoritos Ferramentas Ajuda

Endereço http://plato.if.usp.br/1-2005/fap0151d/material/relatorios/relatorio1_filmagem.html Ir Links


RELATÓRIO 01 - TRILHO DE AR




Processo de filmagem e materiais utilizados

Todas as filmagens foram feitas com o auxílio do pessoal do CCE e do Laboratório Didático, nos laboratórios da Ala Central do IFUSP.

A filmadora serve para registrar as imagens do experimento, que foram digitalizadas e colocadas à disposição na Internet.

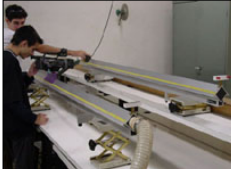


Clique na imagem para ampliá-la



A filmadora foi acoplada a um carrinho em um outro trilho de ar, paralelo ao do experimento.

Dessa forma foi possível realizar uma filmagem paralela ao movimento a ser estudado.



Concluído, mas contém erros na página.

Internet

Iniciar Microsoft Word ... colisoes - Microsoft ... Mecânica - Relatório... Mecânica - Relatório... Atrito - Microsoft In... PT 13:54

Relatório 2 – Força de Atrito

Atrito - Microsoft Internet Explorer

Arquivo Editar Exibir Favoritos Ferramentas Ajuda

Endereço <http://plato.if.usp.br/1-2005/fap0151d/material/relatorios/atrito/index.html> Ir Links >>

Tema da Experiência: Atrito

Agradecimentos

Introdução

Equipe

Materiais

Procedimentos

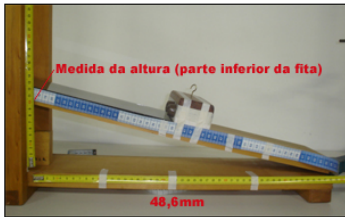

Filmes

Fotos

Roteiros




O arranjo experimental consiste em:

1. um plano inclinado de madeira nivelado, cuja inclinação é variável e está marcado para medir posições;
2. um motor, que permite aumentar lentamente a inclinação do plano;
3. um bloco de aço, com secção retangular;
4. uma placa de vidro;
5. uma filmadora digital;
6. um computador e programas de tratamento de imagens.
7. Fita métrica
8. Anteparo



Medida da altura (parte inferior da fita)

48,6mm



Concluído Internet

Iniciar 3 Microsoft Word ... colisoes - Microsoft ... Mecânica - Relatório... Mecânica - Relatório... Atrito - Microsoft In... PT 13:55

Mecânica

Relatório 1 – Colisões

colisoes - Microsoft Internet Explorer

Arquivo Editar Exibir Favoritos Ferramentas Ajuda

Endereço <http://plato.if.usp.br/2-2005/fap0153n/choques/index.html> Ir Links

Experimento: Colisões

Materiais e Arranjo Experimental

[Agradecimentos](#)
[Introdução](#)
[Equipe](#)
[Materiais](#)
[Procedimentos](#)
[Filmes](#)
[Fotos](#)
[Roteiros](#)



Clique nos componentes para ver detalhes e descrição.

O arranjo experimental consiste em:

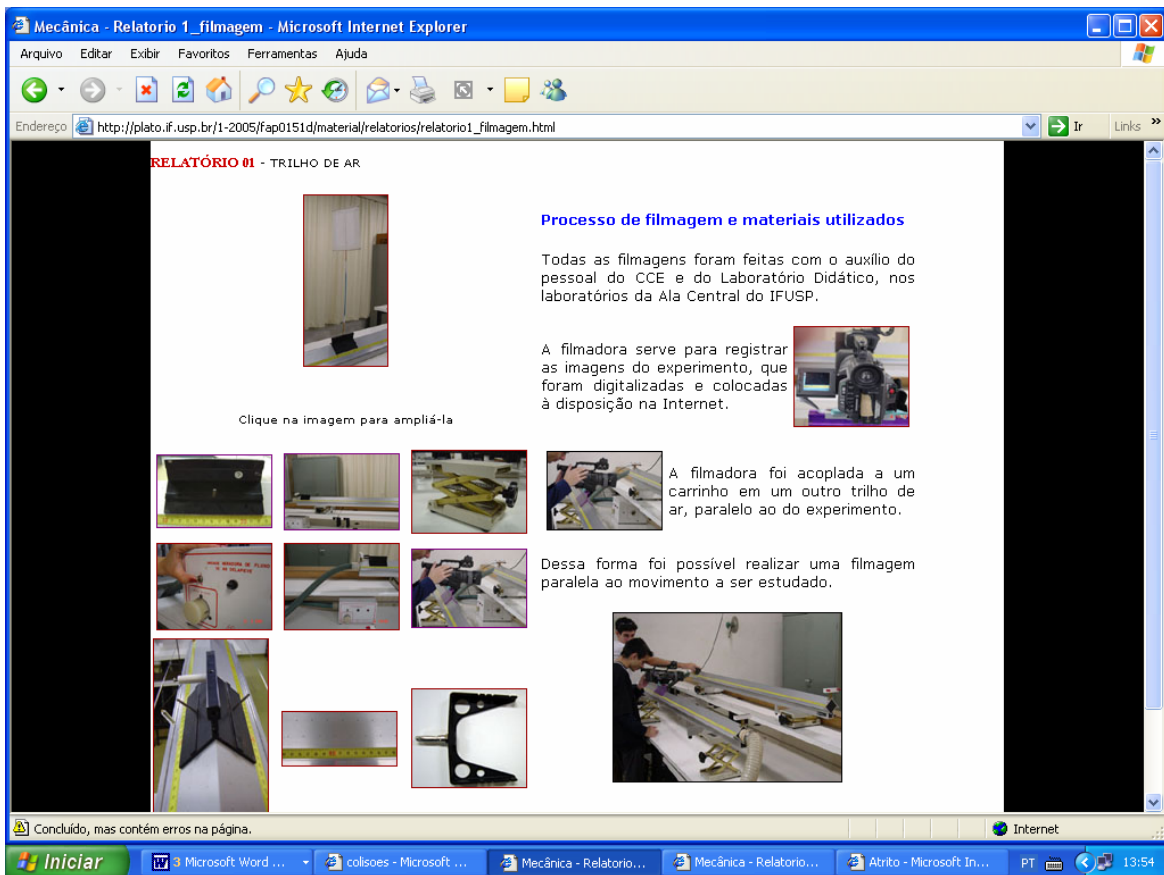


Concluído

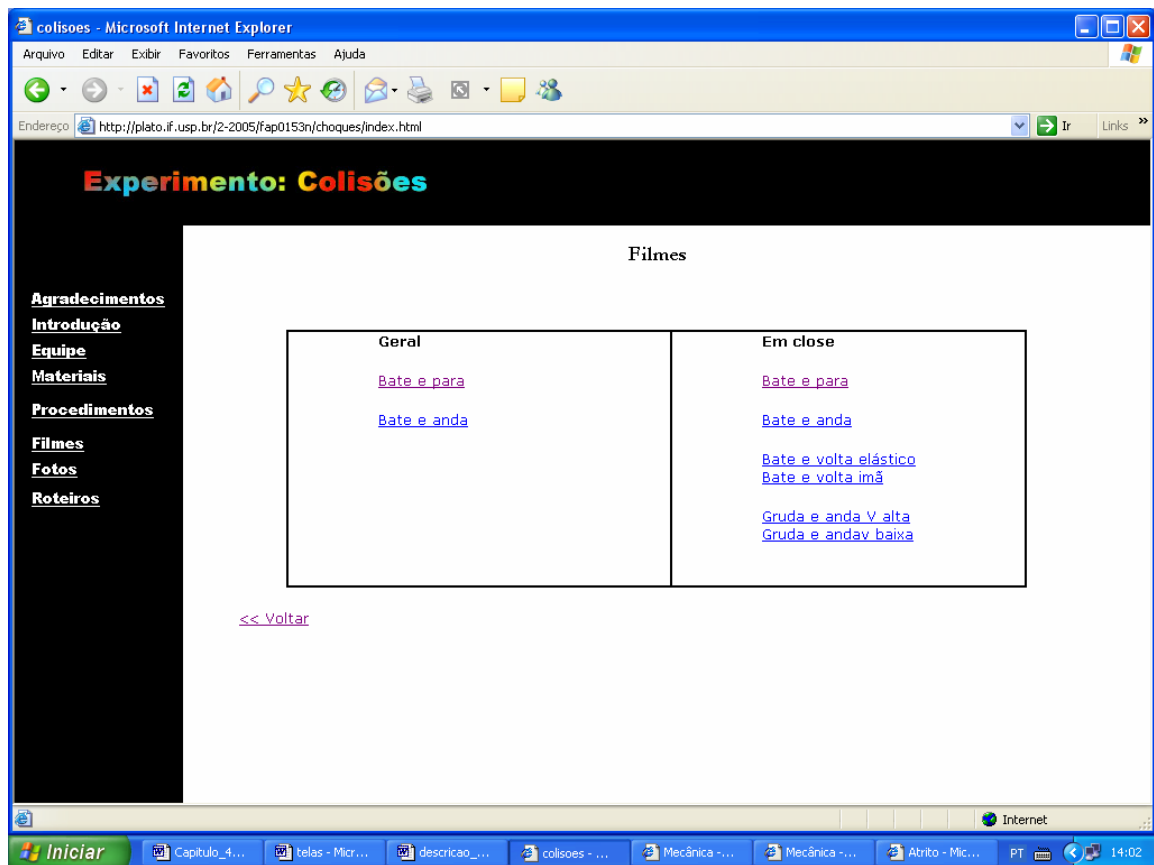
Internet

Iniciar 3 Microsoft Word ... colisoes - Microsoft ... Mecânica - Relatório... Mecânica - Relatório... Atrito - Microsoft In... PT 13:53

Relatório 2 – Energia



Em “filmes”, há os filmes dos movimentos geral e em close, o que possibilita uma visualização em tempo real do decorrer do experimento. Isso faz com que o aluno compreenda como é o experimento realmente.



Em “fotos” há as fotos das situações propostas, de onde serão extraídos os dados para análise.

Fundamentos de Mecânica

Relatório 2 – Força de Atrito

Tema da Experiência: Atrito

Fotos

AM	AVG	AVP	AVS
AM01	AVG01	AVP01	AVS01
AM02	AVG02	AVP02	AVS02
AM03	AVG03	AVP03	AVS03
AM04			
AM05			
AM06			
AM07			
AM08			
AM09			
AM10			
AM11			

Legenda:

AM: bloco de Aço, superfície de Madeira.
AVG: bloco de Aço, superfície de Vidro, com a área de contato Grande;
AVP: bloco de Aço, superfície de Vidro, com a área de contato Pequena;
AVS: bloco de Aço, superfície de Vidro, com Sobrepeso;

[<< Voltar](#)

Mecânica

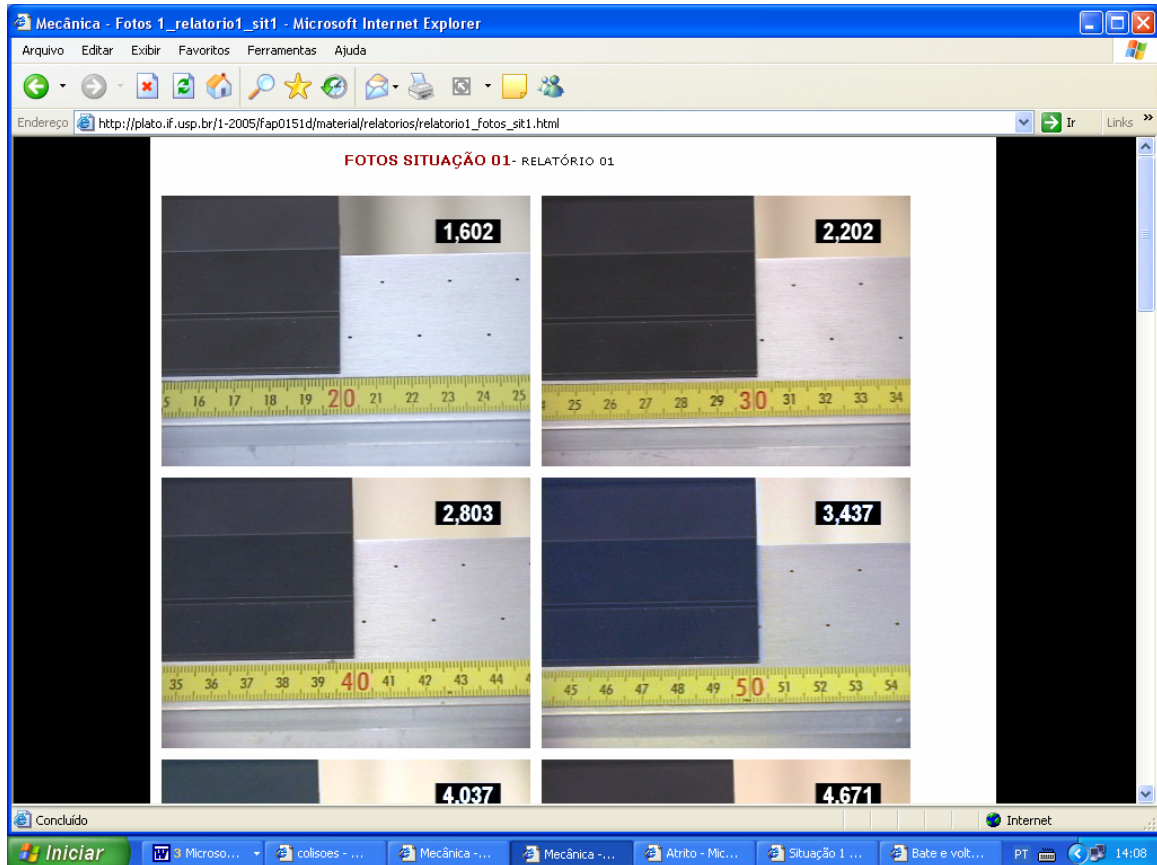
Relatório 1 – Colisões



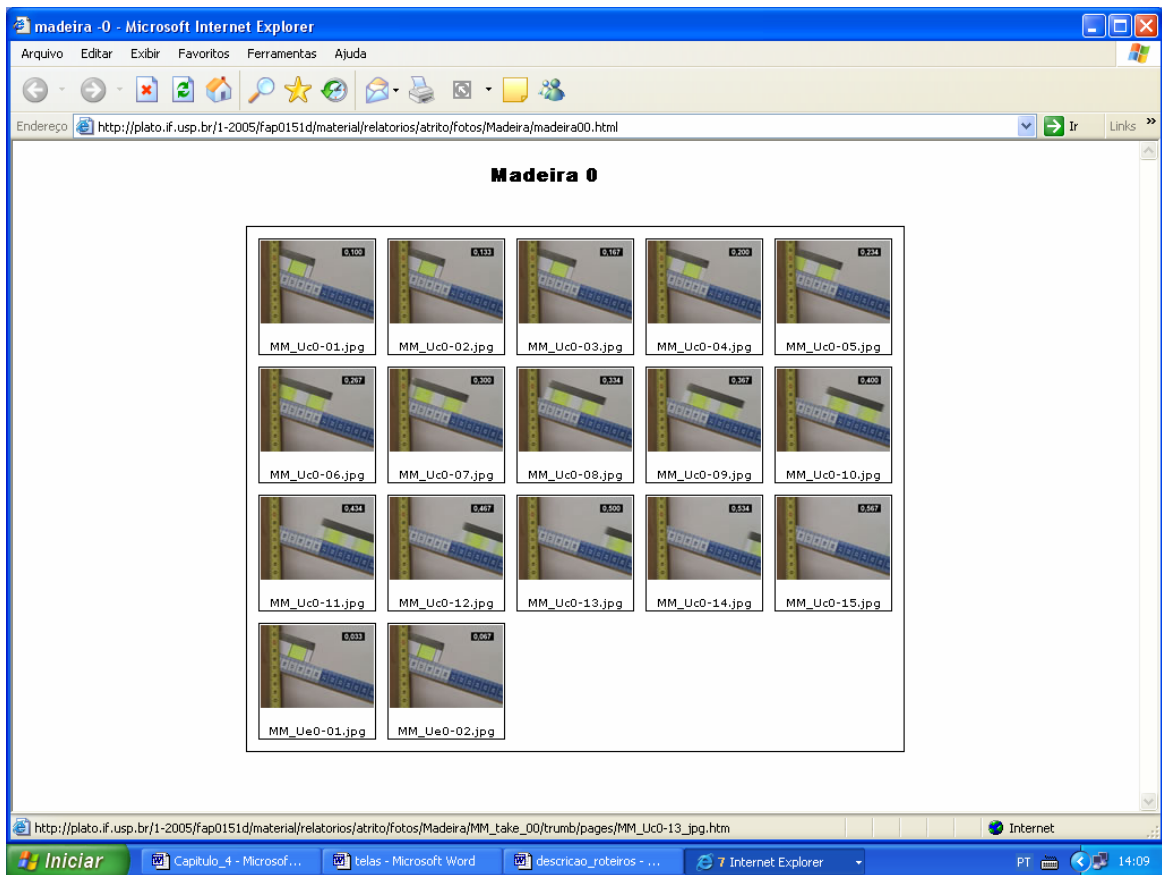
A seguir há um exemplo de telas onde aparecem as fotos.

Fundamentos de Mecânica

Relatório 1 – Trilho de Ar

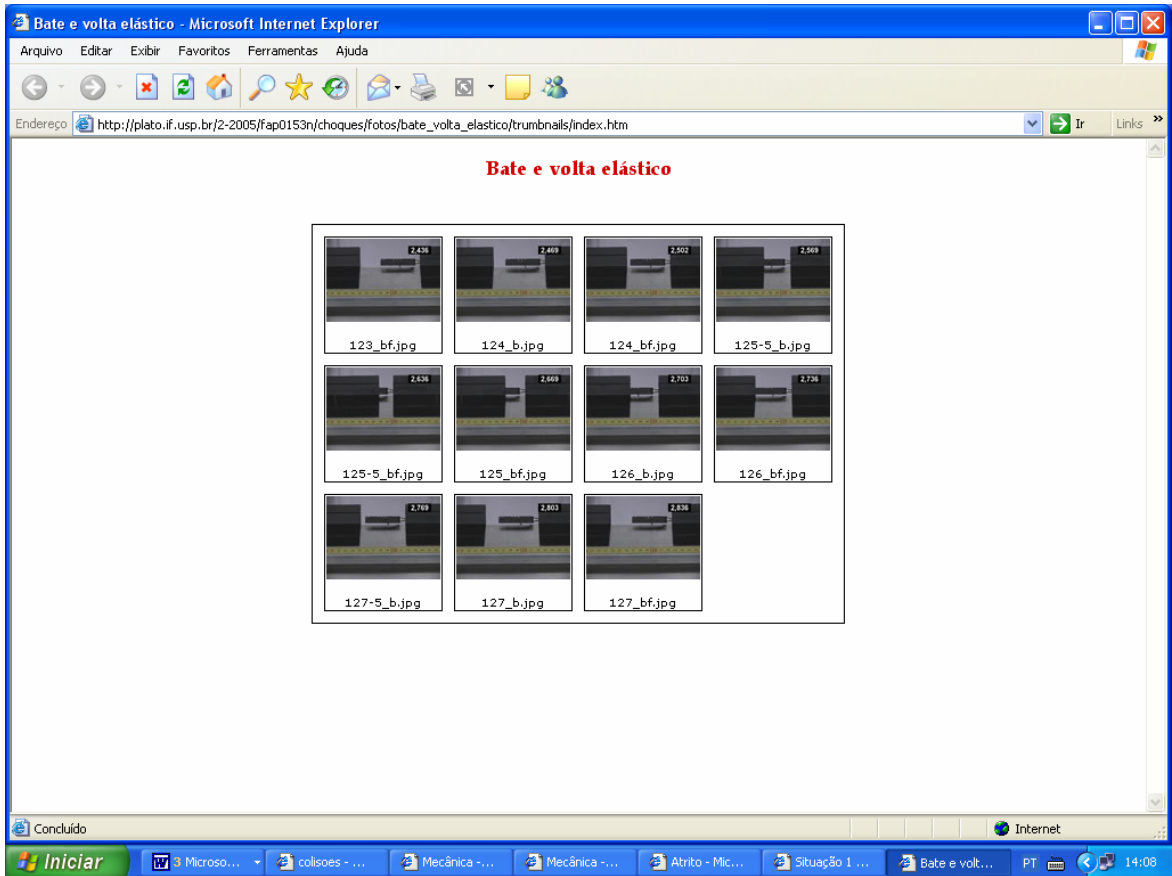


Relatório 2 – Força de Atrito

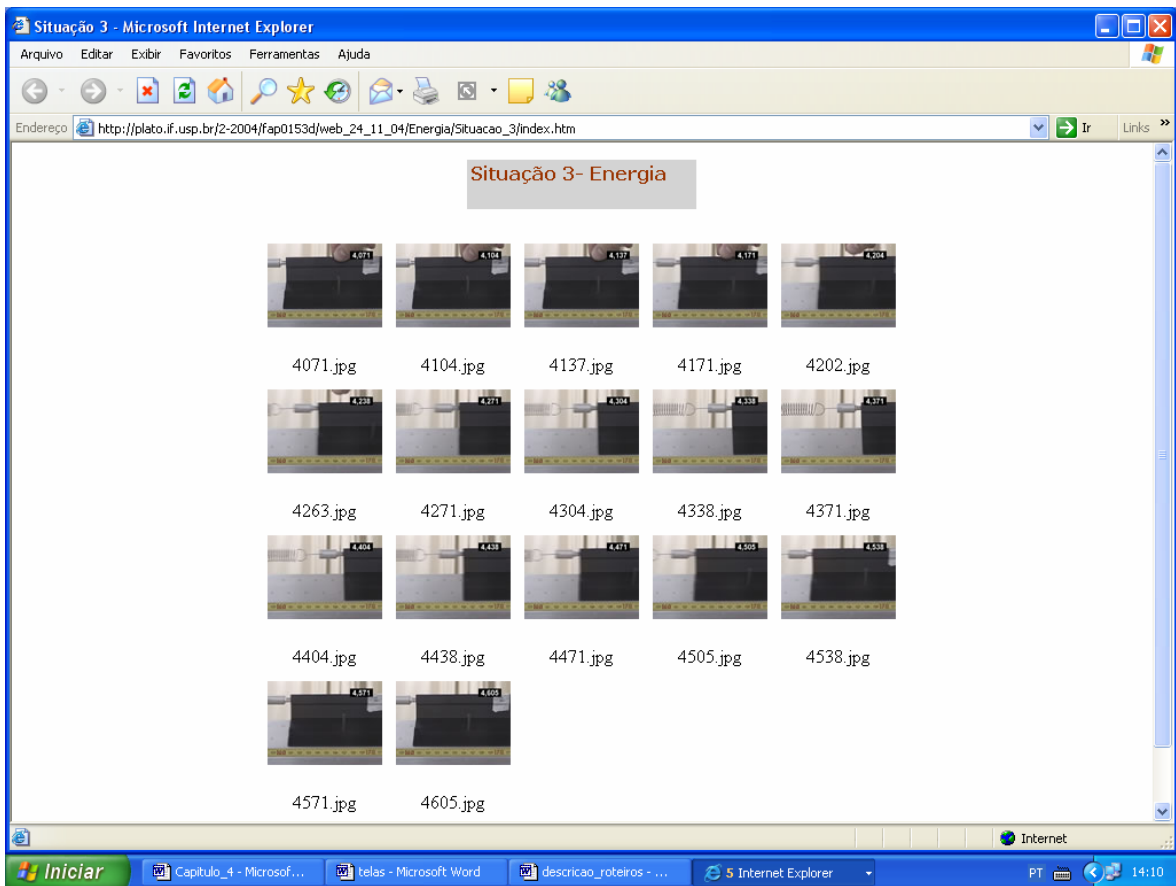


Mecânica

Relatório 1 – Colisões



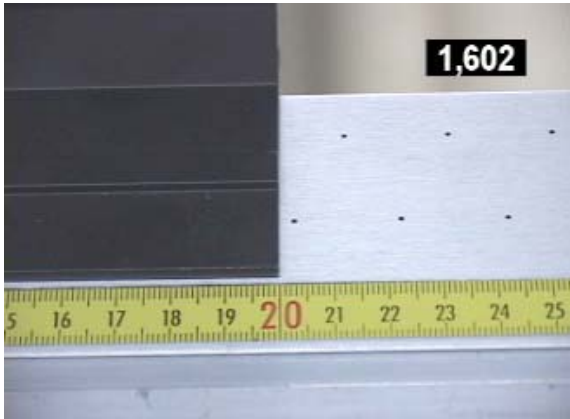
Relatório 2 – Energia



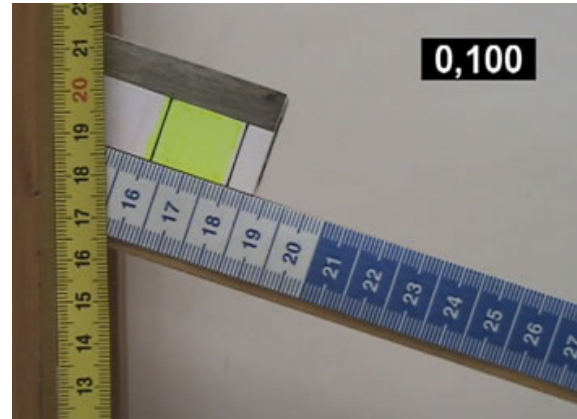
Basta clicar sobre a foto que esta é ampliada, e então anotar os dados necessários para a análise.

Fundamentos de Mecânica

Relatório 1 – Trilho de Ar

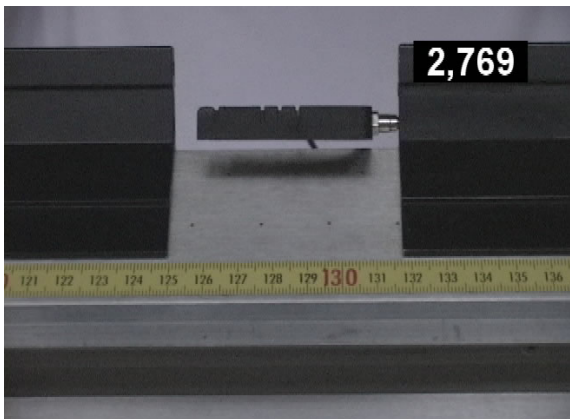


Relatório 2 – Força de Atrito

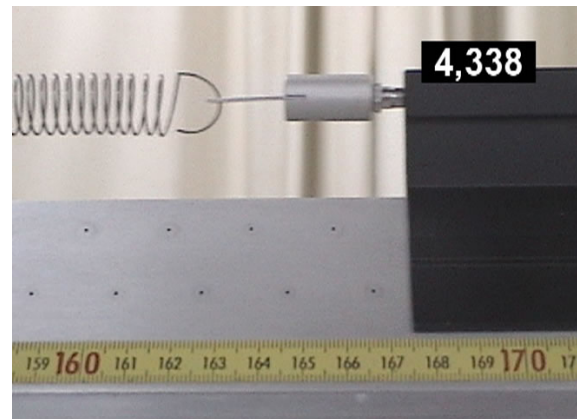


Mecânica

Relatório 1 – Colisões



Relatório 2 – Energia



Percebe-se, assim, que há um caminho possível de ser seguido, e que possibilita a compreensão do universo de trabalho, dos materiais utilizados, do procedimento envolvido e da situação física explorada. Porém, nem sempre o aluno o faz, possivelmente acessando muitas vezes somente as fotos, com o intuito de terminar logo o trabalho. O tipo de “leitura” depende da intenção de cada pessoa.

Capítulo 5 – Utilização em Sala de Aula e seus Resultados

As atividades descritas no capítulo anterior – leis de Newton, atrito, conservação da quantidade de movimento e conservação de energia – foram aplicadas aos alunos de graduação em Licenciatura em Física do IFUSP que cursaram as disciplinas Fundamentos de Mecânica (primeiro semestre de 2005) e Mecânica (segundo semestre de 2004 e de 2005) do IFUSP. Essas disciplinas são teóricas e obrigatórias. As atividades foram realizadas com os alunos na sala de computadores do Instituto em horários de aula, com o auxílio do monitor web das disciplinas.

Em 2004, na primeira aplicação do projeto, trabalhou-se em sala de aula apenas com duas atividades, referentes à conservação da quantidade de movimento e de energia. Da forma como já foi descrito anteriormente, os alunos observaram os filmes do movimento geral e utilizaram as fotos para a obtenção dos dados a fim de cumprir o relatório proposto em cada uma das atividades, analisando a conservação em cada um dos casos. Houve também uma atividade para casa, com o objetivo de preparar e familiarizar os alunos para a obtenção dos dados a partir de fotos da atividade do carrinho com e sem vela, mas essa atividade cumpria uma função demonstrativa, sendo que os alunos viam as fotos, copiavam os dados de posição e tempo, e montavam planilhas e gráficos. Foram realizadas duas entrevistas com essa turma, sendo que a primeira foi feita em dezembro de 2004 com aproximadamente 20 alunos, e a segunda foi feita em março de 2006 com dois alunos.

Em 2005, na versão atual do projeto, trabalhou-se as quatro experiências no formato descrito no capítulo anterior. Na disciplina Fundamentos de Mecânica foram aplicadas as atividades sobre as leis de Newton e Atrito. Na disciplina Mecânica foram aplicadas as atividades sobre Conservação da Quantidade de Movimento e Conservação de Energia, de uma forma similar ao que fora aplicado em 2004. Dessa forma, os alunos ao longo do ano trabalharam as quatro atividades. Uma significativa alteração em relação a 2004 foi a reestruturação da atividade referente às leis de

Newton, sendo que essa foi re-elaborada numa experiência comparativa entre os ambientes real e virtual. Essa experiência será enfatizada nesse capítulo e foram coletados dados específicos dos relatórios entregues pelos alunos. Foram realizadas algumas entrevistas com duplas de alunos dessa turma, em março de 2006.

A autora desse trabalho participou da elaboração e construção do material, mas não da aplicação, nem como monitora nem como professora das disciplinas em que o projeto foi aplicado, sendo apenas participante do processo. Dessa forma, para avaliar o trabalho, foram analisados as entrevistas e os relatórios entregues pelos alunos (leis de Newton).

Esse capítulo consiste na descrição da aplicação das atividades do projeto já descrito e na análise dos resultados obtidos através dos instrumentos de coleta de dados já citados.

Terá ênfase a atividade comparativa referente às leis de Newton, uma vez que a mesma atividade foi realizada por alunos da disciplina Fundamentos de Mecânica (IFUSP), sendo que um grupo trabalhou no laboratório real, e o outro grupo trabalhou na sala de informática, com recursos virtuais. A análise consiste em tentar caracterizar como é inserida e qual a importância da visualização nessa situação, relacionada ao espaço do laboratório, referindo-se a formas de utilização da informática no laboratório, cuja ênfase da investigação será sempre do ponto de vista de como os alunos respondem às ferramentas.

5.1 – Atividades realizadas em 2004

A primeira aplicação do projeto se deu em 2004 com os alunos da disciplina Mecânica do IFUSP, com a aplicação das atividades referentes à conservação de momento e energia.

Foi proposto aos alunos a realização de um experimento, orientando-os através de um roteiro. Os dados necessários para a realização do roteiro (posição e tempo) foram extraídos das fotos referentes a cada experimento proposto, disponibilizadas na rede. Para facilitar o manuseio dos alunos com esse instrumento novo, os alunos fizeram uma atividade para casa que consistia basicamente na leitura dos dados de posição e tempo nas fotos, na elaboração de uma planilha eletrônica contendo posição, tempo e velocidade, e na construção eletrônica de gráficos. Dessa forma, os alunos já viriam para a aula destinada à realização das experiências sabendo como proceder para a obtenção dos dados a partir das fotos, evitando que o primeiro contato do aluno com aquele instrumento fosse na aula, ganhando tempo.

Nas aulas, os alunos visualizaram os filmes e as fotos, coletando os dados de posição e tempo, e construindo eletronicamente tabelas e gráficos, que possibilitaram analisar a conservação em cada caso.

Nessa primeira aplicação não houve uma tentativa sistemática de coletar dados nossos, sobre o sentido do experimento, sendo que foi feita apenas uma entrevista aberta com aproximadamente 20 alunos em dezembro de 2004.

A partir dessa entrevista, percebe-se que os alunos estão vivendo um momento de conflito com a pressão dos prazos e falta de computador e de familiaridade com ele. A maioria depende dos computadores do IFUSP, que segundo eles, estão sempre ocupados e a falta de tempo prejudica muito. Os mais velhos adoram um livro. Porém, fica visível uma certa utilidade da atividade, e a resposta dos alunos foi razoável. O que mais se percebe são comparações entre as atividades real e virtual; a possibilidade de conseguir enxergar ponto a ponto e o fato de não ter apenas um trabalho manual e mecânico. Assim, os alunos viram vantagens evidenciadas na atividade virtual. Pouco se verifica quanto ao sentido e finalidade do laboratório e não há argumentos que permitam identificar a compreensão da proposta. A realidade na filmagem e a relação com a teoria foram citadas mas não foram bem exploradas. As principais críticas dos alunos se referia

ao próprio sistema e à dificuldade que eles encontravam em trabalhar com o microcomputador.

A partir dessa entrevista, foi detectada a necessidade de aprimorar a atividade para o ano de 2005. Uma das mudanças foi realizar um período de preparação e familiaridade com o material, bem como a disponibilidade de computadores. Dessa forma essa entrevista forneceu subsídios para aprimorar a segunda aplicação dos experimentos, norteados sucintamente o “ponto de vista” dos alunos.

Uma outra entrevista foi feita com dois alunos – os únicos voluntários – em março de 2006. Os alunos visualizaram as atividades no computador durante a entrevista e perceberam várias modificações, que foram consideradas essenciais para a melhoria do material, como a preparação e familiarização com as planilhas, as atividades iniciais com a vela e sobre o atrito, além da melhora na visualização das fotos, que estava diferente de quando eles trabalharam. Após quase dois anos, eles lembravam bem das atividades sobre colisão e energia e de como era o procedimento de obtenção dos dados e de análise para verificar a conservação de momento e de energia.

Em 2004, os alunos fizeram essas atividades no segundo semestre. No primeiro semestre, eles trabalharam com applets. Isso foi destacado na entrevista e ambos os alunos disseram que com os applets é possível interagir, alterando a massa por exemplo, mas nos vídeos é evidente o funcionamento real e favorece a compreensão do experimento numa visão geral, aprovando o material.

5.2 – Experiência comparativa – primeira atividade realizada em 2005

Essa atividade foi realizada no primeiro semestre de 2005 por trios de alunos do primeiro ano do curso de graduação de Licenciatura em Física, dos períodos diurno e noturno, na disciplina Fundamentos de Mecânica. Participaram dessa atividade 42 alunos do diurno e 51 alunos do noturno. Foram entregues 16 relatórios referentes ao laboratório real (8 do noturno e 8 do diurno), tendo participado 24 alunos de cada período, e 22 referentes ao “virtual” (14 do noturno e 8 do diurno), tendo participado 18 alunos do diurno e 27 alunos do noturno. Dessa forma, participaram da atividade 93 alunos divididos em 38 grupos.

Essa atividade se refere às leis de Newton e seu objeto de estudo foi a análise de movimentos feita experimentalmente utilizando um sistema denominado “trilho de ar”, e a questão que orientou essa análise foi investigar qual o efeito de uma vela (como a de um barco veleiro) sobre o movimento do carrinho. O objetivo desse trabalho foi investigar o espaço desse recurso didático na aprendizagem. A estratégia utilizada para atingir tal objetivo foi a de comparar os resultados de uma situação de aprendizagem equivalente em duas situações diferentes. Ou seja, a mesma atividade foi realizada pelos alunos, sendo que um grupo trabalhou no laboratório real, e o outro grupo trabalhou na sala de informática, com recursos virtuais.

Os roteiros para a análise do movimento (Anexo 2 e Anexo 3)² diferiam apenas nas orientações para o procedimento de realização do experimento. Dessa forma continham três partes: a primeira, igual em ambos os casos, apresentava como é feita a análise de movimentos através da utilização do sistema denominado “trilho de ar” num laboratório real, e apresentava também em que consistia e qual era o objetivo do experimento. A segunda parte, diferente para os casos, consistia no roteiro para a realização do experimento, com orientações para a formulação de uma hipótese inicial, obtenção de dados e análise dos dados através de tabelas e gráficos. A terceira parte, também igual para ambos os casos, consistia no roteiro para a elaboração do relatório pelos alunos, que deveria conter necessariamente a proposta (situação, objetivo e hipótese), a descrição do experimento, os dados e resultados obtidos (tabelas e gráficos), a análise dos resultados e conclusões

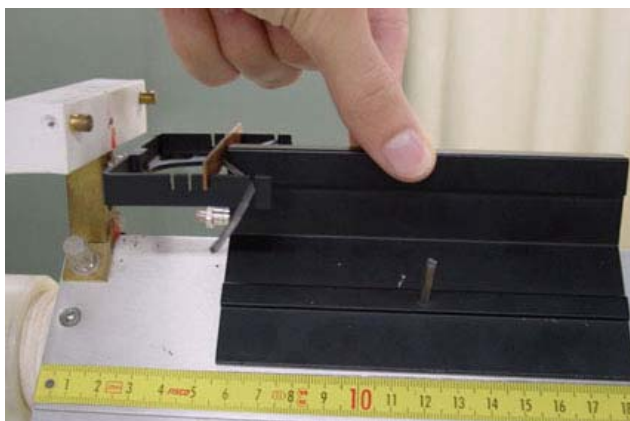
² Esses roteiros foram elaborados por Elizabeth Z. G. Severino (IFUSP) e Maria Regina Dubeux Kawamura (IFUSP) a fim de investigar o espaço desse recurso didático na aprendizagem.

(interpretação dos dados, identificação do carrinho com a vela, e discussão sobre o efeito da presença da vela) e os comentários gerais (análise de questões gerais e novas propostas).

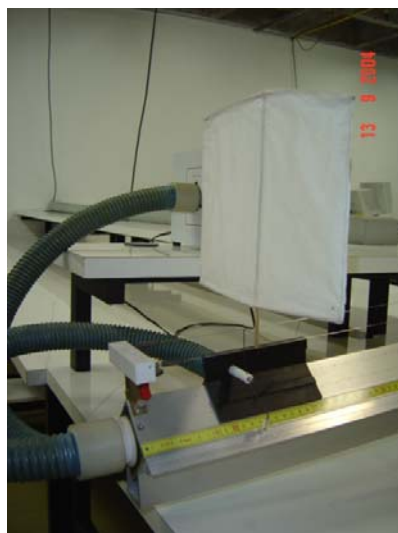
Assim, o encaminhamento do roteiro para a elaboração do relatório foi o mesmo, mas o roteiro para a realização das atividades foi diferente, uma vez que se adequavam ao ambiente de trabalho (laboratório real ou computador). Dessa forma, foi possível comparar os relatórios dos alunos.

A experiência consistiu em analisar dois movimentos distintos – um carrinho simples e outro carrinho que possui uma vela, como a de um barco veleiro.

Carrinho simples



Carrinho com a vela



Nos dois casos, os carrinhos foram lançados com auxílio de um elástico a partir da extremidade do trilho, deslocando-se ao longo dos mesmos até que a extremidade oposta fosse atingida.

A questão que orientou a análise dos movimentos foi investigar qual o efeito da vela sobre o movimento do carrinho.

5.2.1 – Distinção entre os ambientes onde a atividade foi executada

Laboratório real

O carrinho foi lançado, com auxílio de um elástico, como já fora dito, a partir da extremidade do trilho, deslocando-se ao longo do mesmo até que a extremidade oposta fosse atingida. Para o registro das posições do carrinho ao longo do trilho, em diferentes momentos, foi utilizado um faiscador, constituído por uma fonte de alta tensão, que produz uma pequena queimadura em uma fita de papel colocada sobre o trilho. Como a frequência que alimenta a fonte é 60 Hz, o intervalo de tempo entre quaisquer duas marcas consecutivas sobre a fita é 1/60 segundo.

Marcador no Trilho



Fonte de alta tensão



As atividades no laboratório real, cujo roteiro encontra-se no Anexo 3, consistiram na obtenção dos dados, realizando o experimento nas duas situações apresentadas. Para a análise dos movimentos, foram entregues duas fitas de papel com os registros produzidos pelo faiscador, a intervalos de 1/60 segundo – já tiradas pelos professores, a fim de que os alunos não soubessem qual delas correspondia a qual movimento – sendo que os alunos fizeram as medidas de comprimento necessárias com a régua. Para cada fita, foi construída uma tabela, na planilha do software, com os dados de distância percorrida para um certo intervalo de tempo pré-determinado (por exemplo, distâncias percorridas para marcas correspondendo a 10 intervalos de tempo) e velocidade média. A partir desses dados, foi construído o gráfico da distância percorrida em função do tempo e de $v(t)$ em função de t , utilizando os recursos do programa.

Recursos virtuais

As atividades no computador consistiram na visualização e observação de filmes correspondentes ao experimento real, referentes ao movimento dos carrinhos nas duas situações apresentadas, e na análise dos filmes em close, de forma que os alunos não sabiam qual deles correspondia a qual movimento.

De cada filme foi selecionada uma seqüência de fotos, de onde os dados de tempo (t) e posição (x) foram retirados. A partir dessas fotos em close de cada situação, foi feita uma tabela $t_j, x(t_j)$ na planilha, onde t_j é o tempo indicado pelo relógio na foto de número j . Utilizando os dados da tabela, foi construído o gráfico de $x(t)$. Utilizando os dados da tabela, foi calculada a velocidade média para cada um dos intervalos $[t_j, t_{j+1}]$ obtendo, assim, um novo conjunto de dados, de t_j e $v(t)$. Foi feito um gráfico $v(t)$ em função de t .

5.2.2 – Resultados da atividade e análise

Essa etapa consiste na comparação do desempenho dos alunos em cada ambiente onde a experiência foi realizada, sendo que o instrumento de coleta de dados foi baseado no relatório solicitado aos alunos no final da atividade – em anexo.

Embora as atividades ocorressem em ambientes distintos, com roteiros adequados a cada um deles, a análise dos movimentos foi a mesma, bem como a proposta de roteiro para a elaboração do relatório. Sendo assim, a intenção foi analisar os resultados obtidos através das mesmas questões, referentes aos mesmos movimentos, cujo diferencial refere-se apenas às tomadas de dados, que foram extraídos de formas diferentes, por meios diferentes.

Em ambas as propostas foi elaborado um relatório pelos grupos, cuja finalidade consiste na compreensão do que foi feito, qual foi a conclusão a que se chegou e como essa conclusão foi obtida, incluindo proposta e determinação de hipótese inicial, descrição do experimento, dados e resultados obtidos, análise desse resultados e conclusão – caracterizando o movimento e respondendo à questão proposta – e comentários gerais, incluindo novas propostas elaboradas pelo grupo, a partir desse experimento. A intenção principal foi que os alunos elaborassem uma

visão geral e hipótese sobre o experimento; em seguida desenvolvessem o operacional, como a elaboração de gráficos, cálculos, etc.; e por fim explicitassem a capacidade de análise e proposição de novas situações.

É a partir da análise desses dados que foi investigado o papel para o aprendizado dessa ferramenta que utiliza os recursos de visualização.

Categorias dos relatórios

Para facilitar a análise dos relatórios foram definidas três categorias, que foram numeradas para posterior utilização:

1 – compreensão da proposta – nessa etapa, será avaliada a descrição da proposta e da atividade – que podem ter sido copiadas do roteiro, reescritas ou elaboradas – e também como é abordada a hipótese inicial;

2 – procedimentos – nessa etapa, avalia-se a forma de obtenção e a apresentação dos dados, como tabelas de posição e tempo, cálculo de tempo médio e de velocidade média, e gráficos de posição e velocidade, ambos em função do tempo, além das unidades de medida;

3 – compreensão e análise dos resultados – nessa última etapa, avalia-se o detalhamento da conclusão, que pode ser imediata – indicando apenas qual a situação que corresponde ao movimento com vela –, sofisticada – mencionando a aceleração e abordando a presença do atrito –, e elaborada – onde se explicita a aceleração (cálculo ou interpretação gráfica) para justificar os resultados, bem como a presença do atrito, além de haver comentários gerais.

Em cada uma dessas categorias foram criadas escalas de análise, que serão descritas a seguir.

1 – Compreensão da proposta

- a – copia (C), reescreve (R), elabora (E), não há (0).
- b – hipótese: explícita – sim (S) ou não (N).
qual? – a vela acelera (A) ou retarda (R).

2 – Procedimentos

- TST – Tabelas de posição (S) e tempo (T) – certo (C), errado (E), não fez (0)
unidade – certo (UC), errado (UE), não fez (U0).
- t_m – Cálculo do tempo médio – certo (C), errado (E), não fez (0).
- V_m – Cálculo da velocidade média – certo (C), errado (E), não fez (0).
unidade – certo (UC), errado (UE), não fez (U0).
- G – Gráficos – S x t – certo (SC), errado (SE), não fez (S0).
– V x t – certo (VC), errado (VE), não fez (V0).

3 – Compreensão e análise dos resultados (C)

0 – conclusão errada

1 – imediato

2 – sofisticado

3 – elaborado

- Apresenta nova proposta (P): sim (S) ou não (N).

O roteiro para a realização do relatório contém indicações e instruções de como elaborar o relatório a ser entregue, o que resultou em trabalhos variados e distintos. A fim de distinguir as diversas formas de apresentação e detalhamento da compreensão e da análise dos resultados, visando facilitar a análise, a última categoria “compreensão e análise dos resultados” foi dividida em 4 escalas de análise (0, 1, 2 e 3), agrupadas segundo características comuns. Elas serão exemplificados a seguir com a transcrição das respostas presente nos relatórios escritos pelos alunos.

0 – nesse item o aluno apresenta a resposta errada.

1 – Imediata – nesse item o aluno apenas indica qual a situação que corresponde ao movimento com vela.

“A partir dos dados obtidos concluímos que o carrinho B é o que possui a vela.”

“Através da análise dos dados verificamos que o carrinho da fita 02 estava com a vela pois sua velocidade foi diminuindo em função do tempo. Já o carrinho da fita 19 estava sem a vela, pois sua velocidade se manteve constante, considerando os possíveis erros experimentais.

“A partir do experimento pode-se construir uma tabela com os dados das posições em função do tempo e velocidade em função do tempo. No experimento, o carrinho A refere-se às posições sem a vela e o carrinho B refere-se às posições com a vela.”

2 – sofisticada – nesse item o aluno menciona a aceleração e aborda a presença do atrito.

“Como o carrinho com a vela possui um atrito maior com o ar, podemos determinar qual é esse carrinho se compararmos os módulos de suas acelerações (situação 1 $a = -0,36 \text{ cm/s}^2$ – situação 2 $a = -0,83 \text{ cm/s}^2$). Como o módulo da aceleração na situação 2 é maior, concluímos que é nessa situação que se usa a vela.”

“Ambos os carrinhos apresentam aceleração negativa, representando movimentos uniformemente variados. O carrinho com vela apresenta maior aceleração negativa. A vela acarreta uma maior resistência com o ar. Retirando os valores das tabelas calculamos a aceleração num trecho dos dois carrinhos. Situação 1 – $a = -1,43 \text{ cm/s}^2$ e situação 2 – $a = -2,00 \text{ cm/s}^2$. Esse

sistema apenas diminui o atrito transformando-o em um sistema próximo do “ideal”.

3 – elaborada – nesse item o aluno explicita a aceleração (cálculo ou interpretação gráfica) para justificar os resultados, bem como a presença do atrito, além de haver comentários gerais.

“Analisando as tabelas e os gráficos obtivemos as acelerações médias das fitas e os valores encontrados foram, para a fita 16 $a = - 7,61 \text{ cm/s}^2$; e para a fita 23 $a = - 2,31 \text{ cm/s}^2$. O esperado era que uma das fitas representasse um movimento uniforme e não sofresse aceleração. De acordo com a informação dada pelo professor, sabemos que uma das fitas tem vela e a outra não. Por termos encontrado variação de velocidade nas duas fitas, podemos afirmar que o colchão de ar não foi suficiente para eliminar todo o atrito entre o carrinho e o trilho. Observando as acelerações dos carrinhos, vemos que os dois realizaram movimento retardado e a desaceleração do carrinho 16 foi muito maior do que a do carrinho da fita 23. Isso indica que na fita 16 está representado o movimento do carrinho com vela, e na fita 23 o movimento do carrinho sem vela, pois sem a vela a força que age no movimento é a força de atrito. Já a da fita 16 corresponde ao carrinho com a vela, pois nesse movimento as forças que atuam são a força de resistência do ar e a força de atrito com o trilho, que aumenta com o aumento do peso do carrinho devido à adição da vela.”

“Sabemos que um corpo em movimento e em atrito com o ar faz com que a velocidade diminua gradativamente pois o atrito é uma força que age no sentido contrário ao do movimento. Analisando os gráficos das velocidades

vemos que na situação 2 a velocidade (5,8 cm/s em 7,5 segundos ou aceleração = - 0,77 m/s²) cai mais rápido do que na situação 1 (3,5 cm/s em 10,5 segundos ou aceleração = - 0,33 m/s²). Alguém poderia dizer acertadamente que na situação 2 o carrinho sai com uma velocidade um pouco maior que na situação 2 e com isso concluir equivocadamente que essa seria a causa da maior desaceleração naquele carrinho. Porém se em ambos os casos não houvesse a vela, a velocidade deles diminuiria proporcionalmente ou em outras palavras, a desaceleração seria numericamente muito próxima uma da outra. Dessa forma concluímos que o carrinho da situação 2 estava com a vela. Entendemos que esse tipo de experimento é muito válido para podermos analisar as leis da Física em situações teóricas em que o atrito não exista. No caso do nosso experimento não houve contato do carrinho durante seu percurso, todavia, ao mesmo tempo em que o vento contribuiu para eliminar esse atrito, ele também pode ter influenciado no resultado pois criou uma situação inusitada. Percebemos que o gráfico que obtivemos não foi totalmente linear para a velocidade. A princípio poderíamos explicar isso por se tratar de algum erro na leitura dos dados (no caso a medida da trena) pois toda medição vem acompanhada de uma margem de erro de leitura e/ou do instrumento que utilizamos para fazer a medição. No entanto percebemos pelo vídeo que o carrinho com a vela balança um pouco quando parte do repouso para o movimento o que nos faz pensar que esse balanço poderia de alguma forma interferir na sua velocidade.

A nomenclatura VD refere-se ao conjunto de alunos do diurno que fizeram a atividade virtual; VN refere-se ao conjunto de alunos do noturno que fizeram a atividade virtual; RD refere-se ao conjunto de alunos do diurno que fizeram a

atividade no laboratório real; e RN refere-se ao conjunto de alunos do noturno que fizeram a atividade no laboratório real.

Os relatórios foram analisados segundo as categorias e códigos já discriminados, e os resultados são apresentados a seguir.

Nº	1		2				3		Comentários
	a	b	TST	tm	Vm	G	C	P	
1 VD	E	SR	CUC	C	CUC	SC / VC	3	S	
2 VD	R	SR	CU0	C	CU0	SC / VC	3	S	
3 VD	C	SR	CU0	C	CU0	SC / VC	2	S	Escalas ruins, aceleração instantânea
4 VD	C	N	CUC	C	CUC	SC / VC	3	S	Cita unidades erradas e usa as certas
5 VD	C	N	CU0	C	CU0	SC / VC	3	S	Tabelas e gráficos parecem xerox
6 VD	C	N	CUC	C	CUC	SC / VC	2	S	
7 VD	R	N	CUC	C	EUC	SC / VE	0	N	Erro na equação do tm e Vm
8 VD	C	SR	CUC	C	CU0	SC / VC	0	N	Erro na unidade do gráfico de V
9 VN	R	SR	CUC	C	CUC	SC / VC	3	S	Percebe $V_2 > V_1$ = entende o problema
10 VN	C	SR	CUC	C	CUC	SC / VC	2	S	
11 VN	R	SR	CUC	C	CU0	SC / VC	2	S	
12 VN	R	N	CUC	C	CUC	SC / VC	3	S	Escala ruim
13 VN	E	SR	CUC	C	CUC	SC / VC	2	N	Não há comentários gerais mas calcula a
14 VN	E	SR	CUC	C	CUC	SC / VC	2	N	Calcula a errado
15 VN	R	SR	CUC	C	CUC	SC / VC	2	N	Calcula a errado
16 VN	R	SA	CUC	C	CUC	SC / VC	0	S	Confunde a média com a instantânea
17 VN	C	SR	CUC	C	EUC	SC / VE	0	S	Dois primeiros valores de tm1 errados, escala muito ruim
18 VN	R	N	CUC	C	CUC	SC / VC	1	N	Não há comentários gerais
19 VN	R	SR	CUC	0	EUC	SC / VE	0	N	Objetivo errado, não entendeu tm
20 VN	R	SR	CUC	C	CUC	SC / VC	0	N	
21 VN	0	SR	0	C	CUC	S0 / VC	1	N	Escala ruim / não fez nada sobre S
22 VN	C	N	CUC	0	CUE	SC / V0	0	N	Só fez gráficos de S
23 RD	E	SR	CUC	C	CUC	SC / VC	3	N	Não identifica a fita.
24 RD	R	SR	CUC	C	CUC	SC / VC	2	S	V não é no centro do intervalo
25 RD	R	SR	CUC	C	CUC	SC / VC	1	N	Escala ruim. Não identifica a fita.
26 RD	C	SA	CUC	C	EUC	SC / VC	1	N	Não percebe a aceleração em 1. Valores de V deslocados. Não identifica a fita.

27 RD	R	N	CUC	0	0	SC / VC	1	S	Sem tabelas de V e tm, só gráficos. Já identifica os carros no início. Não identifica a fita.
28 RD	R	N	CUC	0	0	SC / VE	1	S	Vm é calculada para o total e por isso é cte em 1. Há gráfico de V_2 sem tabela. Não identifica a fita.
29 RD	R	SR	CUC	C	0	SC / VE	1	S	Hipótese dupla. Valores e gráficos errados mas conclusões certas. Já identifica os carros no início. Não identifica a fita.
30 RD	R	N	0	0	0	SC / VE	0	N	Sem tabelas e tudo resumido. Não reconhece atrito. Já identifica errado os carros no início. Não identifica a fita.
31 RN	E	SR	CUC	C	CUC	SC / VC	0	S	Corta a fita mas não sabe o que fazer.
32 RN	E	SR	0	C	CU0	S0 / VC	2	S	Só há tabela de V. Não identifica a fita.
33 RN	E	SR	CUC	C	CUC	S0 / VC	3	N	
34 RN	R	SR	CUC	C	CUC	SC / V0	3	S	Há cálculo de V sem gráfico.
35 RN	E	SR	CUC	C	CUC	SC / VC	2	N	
36 RN	R	N	CUC	C	CUC	SC / VC	1	N	Não identifica a fita.
37 RN	R	SR	CUC	C	CUC	SC / VC	1	N	Já identifica os carros no início. Não identifica a fita.
38 RN	R	SR	CUC	C	CUC	SC / VC	1	S	

A partir dos dados presentes na tabela, percebem-se algumas diferenças e semelhanças entre os trabalhos referentes às atividades no virtual e às atividades no real. Essas observações são ressaltadas e comentadas a seguir, organizadas nas mesmas categorias que propiciaram a construção da tabela, ou seja, compreensão da proposta, procedimentos e compreensão dos resultados.

1 – Compreensão da proposta

As observações desse item estão relacionadas às colunas 1a e 1b da tabela de categoria dos relatórios. Como não foi observada nenhuma diferença entre o diurno e noturno, os dados serão considerados em conjunto, distinguindo-se apenas quanto ao virtual e ao real.

1a		V	R	V %	R %
	0	1	-	5	-
	C	8	1	36	6
	R	10	10	45	63
	E	3	5	14	31
	Total	22	16	100	100

1b		V	R	V %	R %
	N	7	4	32	25
	SR	14	11	64	69
	SA	1	1	4	6
	Total	22	16	100	100

36% dos trabalhos referentes à atividade no virtual apresentam cópia da descrição da atividade presente no roteiro, que era referente ao experimento real, o que indica que não compreenderam o problema, nem a diferença entre a realização do experimento no real e no virtual (de onde as informações de tempo e espaço foram extraídas das fotos e não da fita faiscada). No real isso só aparece em 6% dos trabalhos, sendo que a maioria reescreveu a proposta.

31% dos trabalhos referentes à atividade no real apresentam uma proposta e descrição da atividade de forma elaborada, enquanto que somente 14% dos trabalhos referentes à atividade no virtual apresentam tal característica.

Isso indica que a interação com o experimento favoreceu a compreensão do aluno para a descrição do aparato experimental, evidenciando que a compreensão do experimento para quem realizou a atividade no ambiente real é melhor.

32% dos trabalhos referentes à atividade no virtual não apresentam uma hipótese inicial explícita, enquanto isso é verificado em 25% dos trabalhos referentes à atividade no real. Essa diferença não é tão expressiva, mostrando uma distribuição equivalente, mas há uma leve indicação da clareza do problema verificada nos relatórios referentes à atividade real.

2 – Procedimentos

As observações desse item estão relacionadas às colunas 2 – TST, tm, Vm, G – da tabela de categoria dos relatórios. Como não foi observada nenhuma diferença entre o diurno e noturno, novamente os dados serão considerados em conjunto, distinguindo-se apenas quanto ao virtual e ao real.

		V	R	V %	R %
	0	1	2	4	12
TST	CUC	18	14	82	88
	CU0	3	-	14	-
	Total	22	16	100	100

18% dos trabalhos referentes à atividade no virtual não apresentam unidade para posição e tempo, enquanto isso ocorre em apenas 12% dos trabalhos referentes à atividade no real. Esse é um indicativo de que a percepção da unidade é melhor entre os alunos que obtiveram os dados através de efetuação de medida através de instrumentos de medida, e não de fotos.

		V	R	V %	R %
	0	2	3	9	19
tm	C	20	13	91	81
	E	-	-	-	-
	Total	22	16	100	100

Percebe-se através da tabela que 9% dos trabalhos referente à atividade no virtual não apresentam o cálculo do tempo médio, enquanto isso ocorre em 19% dos trabalhos referentes à atividade no real. Embora poucos trabalhos não apresentam o tempo médio, mais de 80% dos trabalhos, independente do ambiente, calculam o tempo médio da forma correta.

Vm		V	R	V %	R %
	0	-	4	-	25
	CUC	13	10	59	63
	CU0	5	1	23	6
	EUC	3	1	14	6
	CUE	1	-	4	-
	Total	22	16	100	100

25% dos trabalhos referentes à atividade no real não apresentam o cálculo da velocidade média, o que não acontece nos trabalhos referentes à atividade no virtual, ou seja, todos do virtual calcularam a velocidade média.

23% dos trabalhos referentes à atividade no virtual calcularam corretamente mas não usaram unidades de medida, e 4% calcularam corretamente mas erraram a unidade de medida. Dos trabalhos no ambiente real que apresentam o cálculo da velocidade média há 6% que calcularam corretamente mas não usaram unidades de medida. Novamente percebe-se que a unidade de medida aparece com mais frequência entre os alunos que obtiveram os dados através de efetuação de medida através de instrumentos de medida, e não de fotos.

14% dos trabalhos referentes à atividade no virtual calcularam de forma incorreta a velocidade média, enquanto isso ocorre em apenas 6% dos trabalhos referentes à atividade no real.

59% dos trabalhos referentes à atividade no virtual e 63% dos trabalhos referentes à atividade no real apresentam o cálculo da velocidade média de forma correta. Isso indica que em qualquer ambiente os alunos são capazes de calcular a velocidade média.

G		V	R	V %	R %
	SC / VC	17	10	77	62
	SC / VE	3	3	14	19
	S0 / VC	1	2	4,5	13
	SC / V0	1	1	4,5	6
	Total	22	16	100	100

19% dos trabalhos referentes à atividade no real e 14% dos trabalhos referentes à atividade no virtual apresentam o gráfico da velocidade média de maneira incorreta. 4,5% dos trabalhos referentes à atividade no virtual e 13% dos trabalhos referentes a atividade no real não apresentam o gráfico de posição versus tempo. 4,5% dos trabalhos referentes à atividade no virtual e 6% dos trabalhos referentes a atividade no real não apresentam o gráfico de velocidade versus tempo.

62% dos trabalhos referentes à atividade no real e 77% dos trabalhos referentes à atividade no virtual apresentam os gráficos de posição em função do tempo e de velocidade média em função do tempo de maneira correta. Percebe-se um maior acerto na efetuação dos gráficos nos trabalhos referente ao ambiente virtual. Mas verifica-se uma porcentagem alta de acerto em ambos os ambientes. Dessa forma, a construção de gráficos não foi problema e nem distingue uma atividade da outra.

3 – Compreensão e análise dos resultados

As observações desse item estão relacionadas às colunas 3C e 3P da tabela de categoria dos relatórios. Como não foi observada nenhuma diferença entre o diurno e noturno, os dados serão considerados em conjunto, distinguindo-se apenas quanto ao virtual e ao real.

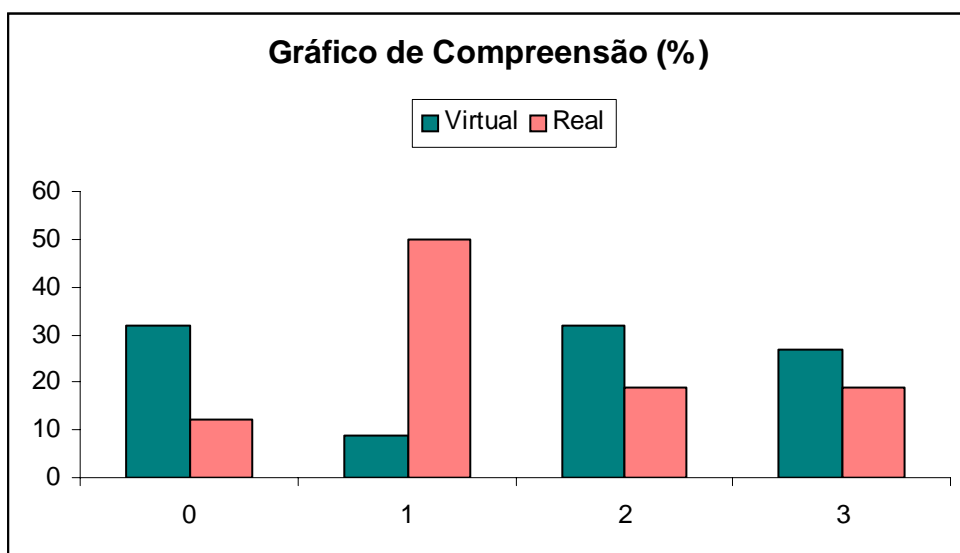
3C		V	R	V %	R %
	0	7	2	32	12
	1	2	8	9	50
	2	7	3	32	19
	3	6	3	27	19
	Total	22	16	100	100

3P		V	R	V %	R %
	S	12	8	55	50
	N	10	8	45	50
Total	22	16	100	100	

45% dos trabalhos referentes à atividade no virtual não apresentam uma nova proposta, enquanto isso existe em 50% dos trabalhos referentes à atividade no real. Esse fato demonstra que essa etapa exige elaboração, o que ainda não é habitual para os alunos do primeiro ano da graduação, não sendo fator de distinção entre as atividades.

Outro fator interessante é que 25% dos trabalhos referentes à atividade no real apresentam a identificação dos carrinhos desde o início, o que não ocorre no virtual. Parece que quem efetua a atividade no virtual faz uma descoberta a partir dos dados, já quem faz no real aparentemente não percebe que no relatório deve haver uma seqüência de informações até a conclusão e identificação dos carrinhos.

O gráfico a seguir mostra os níveis de compreensão existente nos trabalhos.



Verifica-se que se erra mais no virtual (0), porém se elabora mais também no virtual, enquanto que as conclusões e análises existentes nos trabalhos referentes à atividade real são imediatas (50%), apresentando apenas a identificação do carrinho com a vela, sem reflexões e comentários sobre a situação.

A compreensão da proposta, que inclui a descrição da proposta e do experimento bem como a explicitação da hipótese inicial, parece ser mais evidente e de forma mais clara, para aqueles que fizeram a atividade no ambiente real, o que indica que a interação com o experimento favoreceu a compreensão do aluno para a descrição do aparato experimental.

A construção de tabelas de posição e tempo – resultantes da leitura dos dados ou através das fotos (virtual) ou através da efetuação de medidas na fita faiscada (real) – e de gráficos de posição e velocidade, ambos em função do tempo, foram efetuados de forma correta em ambos os ambientes propostos. Já o cálculo da velocidade média pareceu ser mais difícil para os alunos que trabalharam no ambiente real. Dessa forma, no geral, a obtenção dos dados ocorreu de forma eficaz em ambas as atividades.

A compreensão e a análise dos resultados, que envolveu além da identificação do carrinho com vela, a capacidade de detalhar a situação e justificar os resultados através de comentários gerais foi verificada, em sua maioria, de forma mais elaborada, nos relatórios dos alunos que efetuaram a atividade no ambiente virtual. Toda a aparente compreensão inicial pelos alunos que fizeram no real não apareceu na análise dos dados, nem na conclusão e comentários gerais. Os alunos que trabalharam no virtual mostraram ter refletido e elaborado mais. Isso pode ser resultado da necessidade de compreender o material sem poder interagir com ele, o que nitidamente é possível e visível nos relatórios.

5.3 – Outras atividades realizadas em 2005

Além da atividade descrita no item anterior (leis de Newton), foram aplicadas, da mesma forma como foi descrito no capítulo 4, as outras três atividades referentes ao Atrito (primeiro semestre de 2005), Conservação da Quantidade de Movimento e de Energia (segundo semestre de 2005).

Antes da aplicação da primeira atividade foi desenvolvida uma nova atividade nos horários de monitoria web, decorrente da entrevista feita em 2004, visando familiarizar os alunos com os procedimentos necessários para a realização da proposta. Foi elaborado um roteiro de exercícios para familiarização com planilhas – ver anexo 1 –, a fim de que os alunos fossem capacitados a utilizar tal recurso para realizar a atividade proposta. Ou seja, com o objetivo de preparar os alunos para o primeiro relatório da disciplina Fundamentos de Mecânica (2005), foram criados uma série de três exercícios de familiarização com o uso de programas de planilhas, como o Excel. O relatório web consistiu em observar imagens gravadas de um experimento real feito em laboratório e a partir da análise dessas imagens

reconstruir, através de gráficos, a dinâmica daquela experiência. A série foi dividida em três partes: na primeira parte, apresenta-se o programa de planilhas usado e explica-se o experimento que foi gravado no laboratório, induzindo o aluno a construir uma tabela a partir da observação das imagens. Na segunda parte, é usada a tabela construída para criar um gráfico do movimento. Finalmente, na terceira parte, é iniciada a inserção de fórmulas para, por exemplo, calcular a velocidade instantânea.

Na aula destinada à atividade proposta, os alunos já chegaram familiarizados, facilitando tanto o manuseio quanto a compreensão da atividade proposta.

Na atividade referente ao atrito, o objeto de estudo em questão foi a análise de movimentos feita experimentalmente utilizando o sistema denominado “plano inclinado”. O objetivo dessa experiência foi estudar as leis empíricas do atrito através da visualização e análise de experimentos de deslizamento de blocos em planos inclinados. Estudou-se a proporcionalidade entre a força de atrito e a força normal, bem como a independência da força de atrito com a área da face do bloco que fica sobre o plano.

Na atividade referente à Conservação da Quantidade de Movimento o objetivo foi estudar a Lei da Conservação da Quantidade de Movimento Linear, através da visualização e análise das colisões entre dois carrinhos, em quatro situações propostas denominadas “bate e anda”, “bate e pára”, “gruda e anda”, “bate e volta com imã”.

Na atividade referente à Conservação da Quantidade de Energia o objetivo foi estudar a Lei da Conservação da Energia Mecânica através da visualização e análise da colisão de dois carrinhos em duas situações, também através da visualização e análise das oscilações de um carrinho preso a molas em diversas situações propostas.

Ambas as atividades consistiram na visualização e observação de filmes correspondentes ao experimento real, referentes ao movimento nas situações apresentadas, e na análise da seqüência de fotos extraídas dos filmes em close, de onde os dados de tempo e posição foram extraídos. A partir dessas fotos em close de cada situação foram construídos tabelas e gráficos que orientaram a análise de cada situação.

Os roteiros referentes a essas três atividades não foram direcionados como o descrito no item anterior e não foram analisados nessa dissertação.

5.4 – Entrevistas e seus Resultados

Essa etapa consiste na descrição das entrevistas elaboradas e efetuadas com os alunos. A partir da entrevista “preliminar” realizada em dezembro de 2004, elaborou-se outra entrevista realizada em fevereiro de 2006, que envolveu seis pontos de análise. São eles:

- 1 – Compreensão da experiência virtual (a proposta).
- 2 – Sentido das experiências virtuais e reais (finalidade do laboratório).
- 3 – Comparação entre as duas experiências.
- 4 – Dificuldades técnicas operacionais.
- 5 – Realidade nos filmes.
- 6 – Relação com o conteúdo teórico.

Foram entrevistados 9 alunos – três duplas e um trio –, sendo que três alunos fizeram a primeira atividade real e seis alunos fizeram a primeira atividade virtual. Um fato interessante é que em cada grupo de entrevistados que cursaram em 2005 havia alunos que fizeram os dois tipos da primeira atividade, real e virtual, o que resultou num diálogo rico e cheio de elementos. Vale ressaltar que os alunos foram entrevistados após aproximadamente um ano de execução da atividade.

Num primeiro momento, explorou-se o panorama geral facilitando a lembrança dos alunos através de um quadro resumindo o conteúdo de cada experimento.

1 - Movimento do carrinho com/sem vela no trilho de ar.	3 - Estudar a conservação da quantidade de movimento através de colisões no trilho de ar.
2 - Deslizamento de blocos em planos inclinados.	4 - Estudar a conservação da energia no sistema massa-mola no trilho de ar.

A proposta foi compreender o que o aluno executou e assimilou. Para isso investigou-se se do ponto de vista do aluno foi possível “visualizar” a experiência, se a filmagem e as fotos eram reais, se seria possível substituir o laboratório pelas experiências virtuais e qual é a preferência (real ou virtual), se houve problemas e se

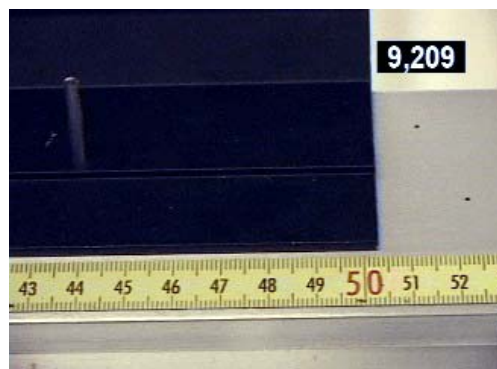
seria a mesma coisa fazer os experimentos no laboratório real e no computador (virtual).

Após instigar a memória do aluno enfatizou-se a primeira experiência (leis de Newton), buscando elementos que fundamentassem a análise dessa experiência, que foi minuciosamente explorada nesse capítulo.

A seguir são apresentadas como exemplo algumas das perguntas que orientaram a entrevista:

1 – *Sentido da experiência*: Para que servia essa experiência?, Você consegue “visualizar” a experiência, como foi feita de verdade?, Você lembra se viu o filme geral ou foi direto para as fotos? Dava para fazer sem o filme?, Dava para entender o filme?, Dava para chegar a uma conclusão (física) ou só era para aprender a visualizar gráficos?

2 – *Sentido da imagem (a imagem ao lado foi mostrada)*: Qual é o significado dessa imagem?, Qual é o significado dos números?, Qual foi a posição e tempo iniciais?, Era real ou maquiado?



3 – *Comparação do experimento real e virtual*: Seria a mesma coisa se você tivesse feito no laboratório real?, Dá para substituir o laboratório pelas experiências virtuais nesse caso?, Você aprende coisas no laboratório que não aprenderia se fosse virtual?, Foi legal?, Você preferia fazer no laboratório real?

4 – *Foco na primeira experiência – com e sem vela*: Quem fez a primeira atividade só no computador já tinha visto o trilho de ar ao vivo? Teria sido mais fácil, mais compreensível, se já tivesse visto essa experiência ao vivo antes de fazer no computador?, Quem fez só no computador teve a curiosidade de ir ao laboratório para ver como era o funcionamento do aparato ao vivo?, Do jeito que o roteiro foi elaborado, dava para entender o que estava sendo pedido? O problema ficou claro?, Vocês perceberam alguma relação entre o que vocês fizeram nessa atividade e a parte teórica que foi vista em sala de aula (leis de Newton)?, É possível aprender realizando atividades como essa só na web?

5 – *Foco no roteiro de exercícios para familiarização com planilhas*: Antes de fazer as experiências, toda a classe cumpriu um roteiro de exercícios para familiarização com planilhas na sala de micros. Lembram? Como foi? Foi útil?

6 – *Problemas técnicos*: Tiveram problemas operacionais?

Resultados

As entrevistas foram analisadas segundo quatro categorias descritas abaixo. É importante destacar que as falas significativas dos alunos durante toda a entrevista foram reunidas para compor o quadro a ser trabalhado, independente do momento em que elas apareciam. Isso significa que as falas transcritas não representam respostas a perguntas específicas de cada categoria, mas de um conjunto de perguntas, que posteriormente foram resumidas a quatro categorias, que possibilitarão uma análise. Essas quatro categorias são:

1 – *Compreensão do experimento virtual* (atividade do carrinho com e sem vela): nessa parte foram reunidas as informações referentes à lembrança, ao objetivo, ao procedimento experimental, ao filme às fotos, tudo referente à atividade com a vela, realizada no ambiente virtual.

2 – *Compreensão do experimento real* (atividade do carrinho com e sem vela): essa parte corresponde à atividade com a vela realizada no ambiente real. Foram reunidas as informações referentes à lembrança do experimento, ao objetivo e ao procedimento experimental.

3 – *Comparação entre o experimento com recursos do virtual e o real*: nessa parte foram reunidas as informações referentes à comparação entre os experimentos virtuais e os reais, ressaltando três categorias – opinião referente ao ambiente real, vantagem referente ao ambiente virtual, e reflexão referente ao ambiente real, feitas pelos alunos. Essa etapa difere das anteriores pois exprime a comparação entre os ambientes, enquanto as outras tratam especificamente de cada ambiente.

4 – *Sentido da experimentação*: nessa parte foram reunidas as informações referentes ao significado da experimentação e sua importância para os alunos, independente de ser no ambiente real ou virtual.

A atividade sobre a análise do movimento com e sem a vela foi lembrada um ano após sua realização e foi escolhida pelos alunos para ser abordada nas entrevistas. Por conta disso, as duas primeiras categorias se referem a esse experimento. A seguir serão destacadas e reunidas algumas falas dos alunos entrevistados, inseridas nas categorias adequadas. Essas falas não correspondem a um momento específico, mas foram selecionadas e reunidas para comporem um quadro a ser analisado.

1 – Compreensão do experimento virtual (atividade do carrinho com e sem vela):

Essa parte corresponde à transcrição das falas dos alunos entrevistados no que se refere ao experimento do carrinho no trilho de ar com e sem vela, realizado no ambiente virtual. Quando solicitados sobre o experimento, os alunos demonstraram que lembravam com clareza não só do experimento como de seu objetivo e procedimento experimental, além de falar também sobre os filmes e sobre as fotos e seu significado, como é verificado a seguir:

“O que eu lembro é que tinha um trilho de ar, ele tinha um formato triangular, se eu não me engano, tinha como se fosse um carrinho no formato triangular e tinha como se fosse um colchão de ar. E aí soltava, dava um impulso inicial no carrinho sem a vela e aí filmava lá e dava pra gente identificar as posições. E o outro era com a vela, tinha uma varetinha com um papel. Aí depois tinha que analisar. Quem tava no virtual tinha que pegar os dados, que foram tirados das fotos, e a partir daí ver qual que tinha vela e qual que tava sem vela.”

O objetivo do experimento e a forma de chegar a esse objetivo ficaram claros para os alunos. Verifica-se também a presença de uma hipótese inicial esperada por eles. A necessidade das tabelas e gráficos também fica evidente. A existência da aceleração para justificar as análises também está presente nos discursos dos alunos. Tudo isso pode ser verificado nas seguintes afirmações:

“A idéia de comprovar se o movimento realmente era... a idéia central, se eu não me engano, acho que era tentar evitar uma resistência. Tanto que era o trilho do ar. E comprovar se realmente o movimento era uniforme.”

“Tanto que esse era um dos objetivos, descobrir qual era com vela.”

“Então, acho que era para perceber que sem a vela a velocidade do carrinho era praticamente constante e com a vela ele ia tomar uma aceleração que faria com que ele fosse freando ao longo do tempo.”

“No meu caso, tinha que analisar quem tava com e quem tava sem vela. Pelos dados não dá para fazer nada. Só anotar números, os números em si não dizem nada. Um tá com vela e outro tá sem vela, então o que eu esperava, que um tava mais acelerado e o outro menos acelerado. Então eu pensei, tem que analisar os dados e enxergar no gráfico e analisar a inclinação e ver.”

“Bom, no nosso caso era um mistério porque só ficavam os dados lá e a gente tinha que descobrir qual que era o carrinho que tava com a vela e sem a vela, mas fazia isso por causa da aceleração por causa da variação da velocidade.”

“Você olhando você tinha uma noção do que estaria acontecendo, e conforme fazia os gráficos e tabelas, você ia delineando melhor o que estava acontecendo, e melhorava a visualização, entendeu. Era a confirmação do que você estava imaginando antes.”

Ao serem questionados sobre o procedimento experimental e análise dos dados também se verificou uma boa recordação:

“Então, a gente entrava no site aí tinha lá uma série de fotos, aí clicava em cima de cada uma das fotos e pegava a posição e marcava esse tempo, e aí montava uma tabelinha no Excel e calculava

a velocidade, a aceleração. Porque mesmo o sem vela tinha uma certa aceleração por causa do atrito e tal. Só que uma era mais intensa que a outra, era mais acelerado que a outra. Aí, bom você via que um era provavelmente o com vela.”

Ao serem questionados sobre os filmes e sobre a realidade desse, verificou-se que os alunos viram os filmes e perceberam que o experimento realmente foi filmado sem truques de montagem, e entenderam sua necessidade, conforme é ilustrado a seguir:

“Dava pra ver assim ao longe, no caso, um filme com vela e outro sem vela. Era um filme que mostrava todo o experimento aí dava pra saber que foi assim que ocorreu.”

“É mas se fosse jogadas as fotos e se não tivesse passado o filme pra gente primeiro eu não entenderia o que estava se passando. Com o filme deu pra ter uma noção maior do que é e entender as fotos. Se não tivesse o filme, esquece.

“Não dava pra fazer sem ver o filme.”

“Eu diria que provavelmente não foi maquiado porque tem fotos que você percebe que o carrinho está em movimento.”

“Olha, pra quem tava no virtual dava pra ter uma noção porque tinha o filme, e não tinha ninguém e o negócio tava andando. Aí falava que o filme foi particionado nas várias fotos.”

Quando questionados sobre o significado da foto, os alunos num primeiro momento responderam como se estivessem fazendo o experimento, mas num segundo momento perceberam que se não fosse inserida num contexto, ela perdia seu significado. Isso é verificado nas seguintes declarações:

“É que a gente já sabe. Mas se eu olhasse na rua, por exemplo, e não soubesse eu diria que é um bloco preto, um número do lado e uma fita métrica embaixo. Nunca ia saber o que é esse número, que é o marcador de tempo.”

“A foto em si não significa muita coisa.”

“Por isso que se fosse só colocar a foto precisaria contextualizar.”

“Que no tempo 9,209 segundos ele estava na posição 50 vírgula alguma coisinha.”

“A posição. Mas desvinculando totalmente do experimento, sei lá, a pessoa diria que era pra ver o comprimento dessa barra e tem um instante marcado. Como a gente já fez o experimento, a gente já sabe que isso é um carrinho, e que é a fotografia dessa posição nesse instante 9209.”

“Mas se desse isso aqui pro aluno assim, ele não entenderia nada. Tem que estar inserido num contexto. O que é essa coisa preta e tal? Nunca ele ia saber que desse furinho está saindo ar.”

É interessante destacar que não houve questionamento por parte dos alunos sobre o ponto “zero” do tempo e da posição, ou seja, se o movimento se iniciava no instante zero segundo, na posição zero centímetro. Mas isso não atrapalhou a realização da atividade uma vez que eles trabalharam com intervalos, considerando as informações da primeira foto como tempo e posição iniciais. Mesmo não tendo atrapalhado esse é um fator a ser pensado.

2 – Compreensão do experimento real (atividade do carrinho com e sem vela):

Essa parte corresponde à transcrição das falas dos alunos entrevistados no que se refere ao experimento com a vela, realizado no ambiente real. Da mesma

forma como ocorreu com os alunos que trabalharam no virtual, quando solicitados sobre o experimento, os alunos que realizaram a atividade no ambiente real demonstraram que lembravam com clareza dessa atividade experimental. A atividade e o procedimento foram descritos pelos alunos, bem como a obtenção e análise dos dados, como é verificado nas declarações a seguir:

“No real o barco (sic) era o mesmo, então a gente tinha um trilho na forma triangular, um carrinho, e a gente tinha, se eu não me engano, duas ou três opções com vela, e nesse esquema. Só que no impulso que a gente dava com a mão tinha uma molinha no início do trilho que a gente soltava. E antes a gente colocava uma fita de um papel encerado, se eu não me engano, e conforme o carrinho ia passando ele ia faiscando na fita aí depois a gente tirava as medidas com e sem a vela para comparar distâncias e tempos percorridos pra calcular a velocidade e mais pra frente calcular coisa sobre o atrito e tal.”

“Então, era uma fitinha que você colocava embaixo do trilho, e na hora q você soltasse o carrinho, você tinha que ligar um negócio e aí dava um choque, e aí ia marcando.”

“É isso, é da frequência da rede, e entre um ponto e outro tinha 1/60 de segundo. É isso. É q eu tava tentando lembrar, mas a gente não usou nenhum cronômetro, mas é da frequência da rede de 60 Hz.”

“É, então no começo a gente recebeu duas fitas... Pq foi assim, o professor deixou a gente fazer o teste com o faiscador só pra gente brincar um pouco... Mas aí ele deu as duas fitas. Era só pra gente brincar um pouco. Olhando assim era difícil perceber qual tinha vela, então a gente teve que medir os pontos, plotar... É, a gente teve que medir e só a partir dos dados no gráfico q a gente viu.”

“A é, eu lembro que a gente trocou a fita com o pessoal que tava na outra sala de lab, e aí a gente descobriu o deles, quem tinha vela ou não.”

“É, a gente fez as duas medidas só para jogar fora... e recebia as novas fitas e não sabia qual era qual.”

“Então, e tinha um que tinha vela, e esse foi muito legal porque assim, eu não sei como foi o de vocês, mas o nosso cada um pegou uma vela então a gente pensava, será que a vela menor foi mais devagar? Então cada um pegou um tipo de vela, tinha maior e menor, e foi bem legal. E a gente pode ver os resultados, eu não lembro o que que deu, mas a gente ficou vendo os resultados e essa parte do experimento foi muito legal.”

3 – Comparação entre o experimento com recursos do virtual e o real

Essa parte corresponde à transcrição das falas dos alunos entrevistados no que se refere à comparação da realização de atividades no ambiente real e no ambiente virtual. Não é apenas destinada a uma atividade específica, como foi feito nos dois itens anteriores, mas revela o pensamento dos alunos em relação a esses dois ambientes e não à atividade em si. Dentre os vários aspectos comparativos presentes nas entrevistas, três se destacaram. São eles: a opinião evidenciando a preferência dos alunos pelo ambiente real, o apontamento de vantagens do ambiente virtual, e reflexões mais aprofundadas sobre o significado de realizar atividades no ambiente real.

Num primeiro aspecto, quando os alunos se manifestaram sobre suas preferências referente a qual ambiente lhes interessava mais, verificou-se a preferência dos alunos pelo ambiente real, independente do ambiente em que trabalharam. Ou seja, tanto os alunos que trabalharam no ambiente real quanto os alunos que trabalharam no ambiente virtual preferem realizar atividades no ambiente real. Essa manifestação só ocorreu pelo real, o que não existiu pelo virtual. O que se percebe são apenas apontamentos de vantagens do ambiente virtual, mas em

momento algum os alunos indicaram preferência pelo ambiente virtual. Tanto os alunos que trabalharam no ambiente real quanto os que trabalharam no ambiente virtual indicaram algumas vantagens de se trabalhar no ambiente virtual evidenciando, contudo, a preferência pelo ambiente real.

A seguir são transcritas as declarações selecionadas que evidenciam a preferência dos alunos por trabalhar e realizar experimentos no ambiente real.

“Eu também entendi, mas eu preferi lá no real, porque no computador tava tudo meio mastigadinho, eu preferi ir lá e fazer.”

“Eu também concordo com ela e acho que também é pelo fato da gente estar entrando agora e não ter muita experiência com experimentação.”

“Porque foi o que eu falei, eu gosto de mão na massa e você vê, então eu preferi no real. No virtual é essa coisa estática. Ou você faz isso ou não.”

“Então achei legal por isso, eu acho importante a gente ir e mexer e saber como funciona. Porque só pelas fotos eu acho que você pega os dados mas você não tem tanta facilidade, você não se empenha tanto assim pra fazer. Eu acho mais emocionante fazer na prática no real.”

“E além do que ele que fez no real, acho que ele olha pras fotos com uma visão mais panorâmica.”

“Eu acho que quando você tá no lab real você fica mais empolgado, mais entusiasmado, então você aprende mais facilmente. Nas fotos você tá com a particularidade do momento e no real você tá em contato com tudo, então você consegue enxergar mais.”

“Agora, você ver o negócio acontecendo você fica motivado.”

Num segundo aspecto, verificou-se alguns apontamentos de vantagens de se trabalhar no ambiente virtual por alunos que realizaram as atividades tanto no ambiente real quanto no virtual, mas em momento algum os alunos indicaram preferência pelo ambiente virtual. A seguir são transcritas as declarações dos alunos que evidenciam essas vantagens de trabalhar e realizar experimentos no ambiente virtual.

“Eu acho que seria mais interessante fazer no real, no experimental, na prática. Só que ao mesmo tempo eu gostei da idéia de fazer uma experiência pela web porque é o contexto que eu vou achar em muita escola por aí. Eu não vou achar um laboratório onde eu possa fazer as coisas, então eu achei interessante. Eu acho que é mais comum eu achar um lugar onde haja uma quantidade razoável de computadores, o que agora é um rigor das escolas públicas, do que um laboratório montado com todo esse sistema.”

“Eu, por exemplo, fiz um ano no Mackenzie e o lab de lá não tem nada. Se a gente visse essa experiência abriria nosso olho e nossa visão. Se a gente visse essa experiência pela Internet ajudaria muito.”

“A vantagem também é que você não tem aquela coisa, ou você faz naquele momento no real ou não faz mais. Você pode fazer a qualquer hora que puder, até em casa... É muito mais prático.”

“O virtual é reproduzível. Você põe o vídeo pra frente e pra trás. O real você faz uma vez e acabou. Se você tirar uma medida errada, sinto muito.”

“Acho que acima de tudo o conforto, você não precisa sair pra ir no lab. É mas fácil, e hoje o pessoal gosta de coisas mais fáceis, e como já tem as fotos prontas, o tempo já tá pronto e as medidas já tão dadas e é só pegar e jogar no excel.”

“Acho que é só comodidade mesmo. Tá tudo pronto. Você só copia e cola, copia e cola, põe na fórmulinha e pronto.”

“Tem as suas vantagens fazer no virtual, porque você tem algo mais preciso e com mais detalhes, eu acho. Mas você não pega o processo.”

“É legal porque não precisa fazer na hora, você pode fazer em casa, então eu acho interessante. Talvez a fórmula mágica seja ir no lab, mostrar como faz, e os dados pegar em casa pelo computador. Ou talvez se não puder levar no lab, trazer pra sala de aula q nem o Vito levou o do ovo, da queda livre.

“Eu também prefiro ver as coisas acontecendo. Mas eu tenho trauma de lab e no virtual é mais confortável. Se for no lab só pra pegar os dados correndo e terminar naquela aula eu prefiro no virtual pra pegar os dados. O ideal seria mexer e discutir coisas que atrapalham ou ajudam no lab real e depois pegar os dados no virtual.”

Os alunos reconhecem que não seria possível fazer os experimentos de colisão e energia na prática, ou seja, no laboratório real, enxergando uma vantagem para o virtual, destacando que a internet facilita a tomada de dados. Reconhecem também que se não existir um laboratório real, a utilização dos recursos virtuais, como as experiências que foram feitas, seria muito útil.

Percebe-se que ninguém defende o virtual por si, mas em nome da comodidade, do conforto, da reprodutibilidade, da praticidade, do tempo ou da ausência de laboratório. Sugere-se até juntar os dois ambientes, para facilitar o operacional, mas a preferência é nitidamente pelo ambiente real.

Num terceiro aspecto, para aprofundar o sentido da preferência dos alunos pelo ambiente real foram reunidas de todas as entrevistas as justificativas feitas pelos alunos da preferência pelo ambiente real. Nesse momento trata-se não da manifestação de preferência pelo real, mas de aspectos levantados pelos alunos que são considerados essenciais para seu aprendizado, na visão dos alunos

presentes somente no ambiente real, justificando, assim, sua preferência por esse ambiente. Esses aspectos são: a possibilidade de acertar e errar na execução do experimento, a interação física com o material, a possibilidade de testar as hipóteses e a discussão favorecida por esse ambiente real. Os alunos exploram esses fatores que são importantes e que eles só percebem no ambiente real.

A seguir são transcritas as declarações selecionadas que evidenciam as justificativas que fundamentam a preferência dos alunos por trabalhar e realizar experimentos no ambiente real.

“É, então, porque assim no real você pode pensar “nossa se eu fizesse isso” e aí você vai lá e faz. Ali no virtual não, tá ali, pronto e acabou. É só aquilo. E foi o que eu falei, eu fiquei assoprando e via que tava de um jeito, e mó medo de levar um choque... E ia fazendo várias coisas, pensando e fazendo...”

“Exatamente. E acho que quando você observa direto o filme você não teve a chance de errar. Porque, por exemplo, quando você monta no real e faz o gráfico e sai alguma coisa errada, você pensa que o gráfico saiu estranho por isso ou por aquilo. Aí você volta no experimento, e você tem a chance de ver tudo que você tá fazendo, porque seus dados saíram dessa forma, eu acho bem mais interessante.”

“Porque no virtual por exemplo deu erro aí você pensa será que é meu ou é da foto. No real isso não acontece, se você erra você faz de novo. Eu prefiro o real porque eu gosto de ver as coisas acontecendo.”

“E o processo você acaba entendendo melhor, porque no virtual você já tem a posição e o tempo e no real não, você tem que medir os pontos, pegar a trena, medir, calcular, e isso é bem interessante. Você vai ter que pegar e medir e vai ter que ter um empenho maior assim, e acho que nesse empenho você acaba se interessando e talvez compreendendo melhor o que está acontecendo, a situação.”

“Eu acho assim que perde muita discussão, então ficava perguntando de onde sai o ar, e o furinho. A gente não, perguntava porque tem isso, então a discussão com o Vito dentro do lab, pra gente que fez foi muito melhor, porque não ficava perdendo tempo.”

“Eu acho que a discussão e essa coisa de trocar idéias aprimora o nosso conhecimento. Toda vez que tinha que fazer a web eu ia pegava os dados e ia embora. Eu prefiro no real com discussão, aí dá pra aprender mesmo. No virtual você olha e vê, eu fiz isso deu esse resultado, é o que tinha que dar, é, então acabou. No lab a gente discute e pergunta.”

4 – Sentido da experimentação

Essa parte corresponde à transcrição das falas dos alunos entrevistados no que se refere ao significado da experimentação e sua importância para os alunos, independente dessa experimentação ser no ambiente real ou no virtual. A possibilidade de visualizar o que se está estudando, a experimentação relacionada com o conteúdo teórico, é estimulante e de muito proveito para os alunos. Ver na prática, tanto no real quanto no virtual através de filmes e fotos, o conteúdo estudado na teoria facilita o aprendizado e a compreensão dos alunos, como é verificado nas falas dos entrevistados.

“Eu acho que essas experiências, tanto no virtual quanto no real, são muito importantes. É o que a gente tava falando, é ver na prática, no real o que a gente tá estudando na teoria. Ver fica muito mais fácil.”

“Ah, eu adorei a experiência. Porque a gente já tinha feito coisa de lab no de Medidas, só que no de Medidas a gente só ficava naquilo, vendo número, vendo número, e foi a primeira vez que a gente pegou um lab pra ver o que realmente tava acontecendo do que a gente tava

estudando. Então eu achei sensacional porque realmente acontecia. Porque é assim, eu dou aula, você dá aula e a gente sabe, você falando é uma coisa e você vendo acontecer é outra.”

“Eu lembro bem o de energia, eu fiquei tão feliz quando meu gráfico saiu assim (e gesticulou uma senoide). Nossa achei o máximo. E eu achei legal porque a gente queria provar que conservava né, então com os dados que a gente pegou e a gente mesmo gerou. É parece que foi a gente que fez... a gente só copiou os dados mas parece que a gente que fez. Aí dava pra você chegar que conservou mesmo e que aí tá o máximo e ali o mínimo, e quando tá o mínimo o outro tá o máximo.”

“E também é legal porque por mais que você já tenha admitido isso, movimento uniforme realmente, é interessante você poder provar isso experimentalmente.”

“O que você vê na teoria, você tá vendo, vendo mesmo.”

“Deu pra comprovar o movimento, só que no caso do atrito, até o professor mesmo citou que analisar o atrito não dá, assim, que a nossa idéia intuitiva, que a gente aprende, “mi vezes a normal”, não funciona sempre na prática. Então alguns resultados deram parecidos e outros deram totalmente fora do esperado.”

“Sim, relação com a parte teórica principalmente naquele do atrito que a gente tava vendo e já aplicando.”

“Concomitantemente é ideal. É e dá pra fixar mais.”

“É o gráfico dá assim, aí o dado mesmo resultava nisso, não é porque a fórmula diz isso ou a professora disse.”

Além dessas quatro categorias – compreensão do experimento virtual, compreensão do experimento real, comparação entre o virtual e o real, e sentido da experimentação – há um outro fator significativo que foi possível identificar nas entrevistas, que são os problemas operacionais citados pelos alunos. Quando questionados sobre possíveis problemas operacionais, os alunos destacaram que houve problema para visualizar os filmes, houve demora em abrir as páginas e havia alguns dados errados. Entretanto, foi ressaltado que esses problemas foram contornados e as atividades foram realizadas de maneira satisfatória. Vale ressaltar que um dos alunos entrevistados considerou que um dos dados errados favoreceu sua melhor compreensão da atividade, conforme destacado a seguir:

“É mas vai ver que foi sem querer, e até foi interessante porque não estava batendo com o que eu esperava então alguma coisa tem que estar errada. Aí eu fui lá analisar, enfim, eu achei q foi didático esse erro.”

Outro fator significativo que deve ser novamente ressaltado foi a lembrança imediata da primeira atividade que os alunos realizaram, que foi a atividade referente ao estudo do movimento de dois carrinhos, um com vela e outro sem vela, no trilho de ar, realizada um ano antes da entrevista. Esses alunos eram calouros e nessa fase tudo é atrativo. A novidade e as expectativas impulsionam os alunos a desbravar o desconhecido, e o fato dessa atividade ter sido uma das primeiras atividades experimentais realizadas por eles pode ser um indicativo dessa escolha.

Através das análises dos relatórios de atividades dos alunos e através de suas falas nas entrevistas é possível verificar algumas características e especificidades da ferramenta para aquisição de dados através de fotos e filmes. A sistematização desses resultados será o objeto do próximo capítulo.

Capítulo 6 – Considerações Gerais e Conclusão

Esse trabalho teve como foco avaliar o recurso virtual de produção de experimentos para atividades de laboratório didático, na área de Mecânica. Buscou caracterizar e compreender a ferramenta desenvolvida no âmbito de um projeto de produção de material didático, o Pro-Mat, através de uma investigação de seus usos e significados.

Essa ferramenta consiste na filmagem de objetos em movimento real e sua disponibilidade em ambiente virtual, através de filmes e fotos, possibilitando a utilização do aluno, que consegue visualizar na tela, o instante e o espaço percorrido pelo objeto a ser estudado ao longo de todo o movimento. As montagens filmadas foram equivalentes àquelas utilizadas no laboratório convencional para o estudo de aspectos da mecânica básica e, no caso, envolveram a utilização de um trilho de ar.

Os recursos computacionais permitiram a análise de experimentos que envolvem cálculos baseados em dados obtidos a partir de medidas realizadas em vídeos digitalizados de situações reais. Os alunos realizam medições de grandezas físicas a partir de fotos, de forma direta, o que lhes permite, em seguida, buscar respostas para questões previamente colocadas.

Na condição em que foi produzida e utilizada, essa ferramenta consiste num instrumento didático que substitui o laboratório real através da utilização de recursos do computador. No caso desse trabalho sua aplicação se deu no ensino presencial, em uma disciplina introdutória do Ensino Superior, designada como “teórica”. No entanto, da forma em que foi elaborada, também é possível sua utilização no ensino à distância, uma vez que todo o conteúdo necessário para a realização das atividades está reunido em um mesmo sitio na Internet. Ou seja, os filmes, as fotos, os roteiros, as explicações, etc., para a compreensão e execução da atividade escolhida podem ser acessados de qualquer computador a qualquer momento.

Dentre os recursos virtuais que vêm sendo mais freqüentemente utilizados no Ensino de Física, foram identificadas quatro possibilidades de ferramentas – hipertextos, experimentos ou aquisição de dados por computador, simulações e modelagens. A ferramenta desenvolvida e tratada nesse trabalho é classificada

como “experimentos ou aquisição de dados por computador”, uma vez que o computador propicia a realização de medições de grandezas físicas em tempo real, e tem a especificidade da visualização através de fotos reais.

Uma outra forma possível de utilização dessa ferramenta pode ser como um primeiro passo para a modelagem, caso o objetivo seja enfatizar a construção ou proposição de modelos explicativos para determinada situação física. Por exemplo, poder-se-ia utilizar dados das fotos e propor um modelo para analisar o movimento, o que permitiria aos alunos construir possíveis modelos e analisar o quanto esses modelos são ou não aproximados ou suas respectivas validades.

Dentre o conjunto das possibilidades que vem sendo introduzidas no Ensino de Física, seja do ponto de vista de suas características, seja do ponto de vista de seus recursos de visualização, são destacadas algumas semelhanças e diferenças em relação à ferramenta desenvolvida.

No trabalho descrito por MAGALHÃES et al. (2002), os movimentos reais e os realizados em laboratório são filmados e as imagens são capturadas para o computador. O software SAM é utilizado para a análise quantitativa desses movimentos e possibilita a realização das medidas de posição através de uma “régua virtual”. No trabalho descrito por BARBETA (2002) os vídeos digitalizados são analisados através de um software que fornece os dados de posição e tempo e constrói gráficos para a análise do movimento.

Em ambos os trabalhos, de forma semelhante à ferramenta desenvolvida, os movimentos são filmados e capturados para o computador e o filme é mostrado quadro a quadro. Há, entretanto, algumas diferenças a serem destacadas. Em ambos os casos, a visualização das imagens não possui a nitidez necessária para um tratamento de dados mais rigoroso, como a que é proporcionada pela ferramenta desenvolvida por nós, fazendo com que os objetivos desses outros recursos sejam mais demonstrativos dos fenômenos, ainda que com avaliação quantitativa. Além disso, na ferramenta construída, as medidas de posição são obtidas através da leitura em uma régua apresentada na própria foto, representando com fidelidade a posição real do objeto que está sendo estudado.

No trabalho referente à informatização de um experimento tradicional envolvendo a medida de coeficientes de atrito (MOSSMANN et al., 2002), os dados são adquiridos por sensores. No experimento proposto para o estudo de colisões através do som (CAVALCANTE et al., 2002) os dados são extraídos através da

placa de som. Em ambos os trabalhos, o computador é utilizado através de interfaces específicas para a obtenção dos dados, gerando gráficos em tempo real, diferindo da forma de obtenção e análise de dados proposta na ferramenta desenvolvida.

No caso de nosso trabalho, o computador não fornece os dados por uma interface específica, mas possibilita a visualização de fotos com uma precisão suficiente para a leitura dos dados necessários (tempo e posição). Dessa forma, a ferramenta desenvolvida tem um potencial para situações que relacionem medidas de comprimento e tempo, reproduzindo a coleta de dados do laboratório.

Os filmes e as fotos possuem uma nitidez e uma precisão suficientes para possibilitar uma boa visualização do experimento e a aquisição dos dados de forma fiel e condizente com a realidade. A precisão pode ser considerada melhor que a própria medida feita no laboratório, pois conta com recursos de visualização do computador, sendo possível, por exemplo, dar um zoom na imagem. Dessa forma, simplifica-se o processo de obtenção de dados pelos alunos, que é feito de forma concreta, possibilitando uma compreensão imediata sem necessidade de abstração, uma vez que é a própria realidade que se enxerga nas filmagens e nas fotos.

Foram construídos e analisados instrumentos para acompanhar os resultados da utilização pelos alunos – análise de relatórios da atividade comparativa e entrevistas – procurando caracterizar e compreender essa ferramenta desenvolvida.

O primeiro instrumento para acompanhar os resultados da utilização pelos alunos foi a análise dos relatórios da atividade comparativa entre os ambientes real e virtual, o que evidenciou aspectos que distinguem a realização de atividades pelos alunos nesses ambientes. No ambiente real foi feita a experiência e no ambiente virtual utilizou-se a ferramenta construída, em situações experimentais bastante semelhantes e com a utilização de roteiros equivalentes. Dessa forma pode-se avaliar a interação dos alunos com essa ferramenta, investigando sua aproximação com o real e a compreensão dos alunos mediados por essa ferramenta.

A apresentação da proposta, a descrição da atividade e do aparato experimental foi verificada de forma mais elaborada nos relatórios referentes à atividade real, o que poderia indicar um maior envolvimento dos alunos com o experimento nessa situação. De qualquer forma, por esses itens também estarem presentes nos relatórios das atividades virtuais, ainda que de forma não tão

elaborada, fica evidente que é possível, através da ferramenta desenvolvida, compreender a proposta da atividade e o aparato experimental.

Há um indicativo de que a percepção da atividade é melhor entre os alunos que obtiveram os dados através de efetuação de medida por instrumentos de medida reais e não por fotos virtuais. Mas observa-se que através da ferramenta foi possível perceber e visualizar as unidades de medida, o que é verificado na maioria dos relatórios referente à atividade virtual.

Foi verificado que em qualquer ambiente os alunos são capazes de efetuar de forma desejada e correta os cálculos e construir os gráficos necessários. Dessa forma é possível afirmar que a ferramenta possibilita um trabalho adequado pelos alunos e a obtenção dos dados ocorre de forma eficaz.

A compreensão e a análise dos resultados, que envolveu, além da identificação do carrinho com vela, a capacidade de detalhar a situação e justificar os resultados através de comentários gerais foi verificada, em sua maioria, de forma mais elaborada, nos relatórios dos alunos que efetuaram a atividade no ambiente virtual, ou seja, que utilizaram a ferramenta desenvolvida. Os alunos que trabalharam no virtual mostraram ter refletido e elaborado mais. Isso pode ser resultado da necessidade de compreender o material sem poder interagir com ele, o que nitidamente é possível e visível nos relatórios.

Isso prova que a ferramenta é útil na compreensão e possibilita a realização do experimento pelos alunos de forma desejada, adequada e suficiente. Certamente a interação com o experimento favorece sua compreensão, mas a utilização da ferramenta não atrapalha nem prejudica.

De certa forma, é possível identificar uma certa contradição. Por um lado, há indícios de que a leitura dos dados, no recurso virtual, pode se transformar em um procedimento automatizado, sem uma compreensão maior do experimento real. No entanto, esse fato parece facilitar, por outro lado, as análises subseqüentes dos dados obtidos.

Percebe-se que em ambos os ambientes houve resultados bastante satisfatórios. A clareza dos roteiros, que foram elaborados com objetivos explícitos evidenciando uma proposta pedagógica adequada, pode ser um forte indício do sucesso dos resultados, o que nos leva a acreditar que o encaminhamento da proposta é de extrema importância para a realização de qualquer atividade, independente do ambiente de sua realização.

O segundo instrumento para acompanhar os resultados da utilização pelos alunos foi a realização de entrevistas, visando compreender o que o aluno executou e assimilou. Para isso, investigou-se em que medida, do ponto de vista do aluno, foi possível “visualizar” a experiência, se a filmagem e as fotos lhes pareciam reais, se seria possível substituir o laboratório pelas experiências virtuais, qual seria a preferência (real ou virtual), se houve problemas e se seria a mesma coisa fazer os experimentos no laboratório real e no computador (virtual).

As entrevistas foram analisadas segundo quatro categorias – compreensão do experimento virtual (atividade com a vela); compreensão do experimento real (atividade com a vela); comparação entre o virtual e o real; e sentido da experimentação.

A atividade sobre a análise do movimento com e sem a vela foi a primeira a ser lembrada pelos alunos quando entrevistados um ano após sua realização e foi escolhida espontaneamente, por eles, para ser abordada nas entrevistas, tanto pelos alunos que fizeram a atividade no ambiente real como no ambiente virtual. Isso evidencia que a utilização da ferramenta foi marcante, assim como a realização do experimento no laboratório real. Esse aspecto pode sugerir que a proposta da própria atividade, com uma questão aberta para ser respondida, e não apenas uma verificação de dados, pode ter exercido o aspecto motivador principal.

No que se refere à compreensão do experimento virtual (atividade com a vela), os alunos demonstraram que lembravam com clareza não só do experimento como de seu objetivo e procedimento experimental, destacando a análise dos dados através dos filmes e das fotos.

É interessante destacar que durante as entrevistas, os alunos que trabalharam no ambiente virtual e, portanto, utilizaram a ferramenta, recordaram detalhes do experimento, como o formato do trilho, a formação do colchão de ar, o impulso inicial do carrinho, a vela, etc.

É possível verificar que não só o objetivo do experimento como a forma de chegar a este objetivo foi assimilada pelos alunos. A necessidade das tabelas e gráficos e a presença da aceleração para justificar as análises também estão presente nos discursos dos alunos que trabalharam no ambiente virtual.

Em relação aos filmes e sobre a realidade deste, verificou-se que os alunos viram os filmes e perceberam que o experimento realmente foi filmado sem truques

de montagem, e entenderam sua necessidade para a compreensão de todo o contexto experimental. É importante ressaltar que nenhum aluno que trabalhou no virtual foi ao laboratório para ver o trilho de ar. Isso evidencia que a ferramenta possibilitou a compreensão do aparato experimental, e os alunos não sentiram a necessidade de comprovar seu funcionamento através de interação física.

Quando foi mostrada a foto de um dos movimentos estudados aos alunos, instantaneamente foi destacado seu significado. Todos identificaram que ela mostrava a posição do carrinho num determinado instante. Mas foi ressaltado que ela perderia seu significado se não fosse contextualizada no experimento. Isso evidencia que a ferramenta utilizada através da visualização das fotos possibilita a obtenção dos dados pelos alunos de forma clara, eficaz e sem abstração.

No entanto, no experimento virtual, o sentido da medida do tempo, não foi questionado e nem sequer problematizado pelos alunos. Para eles, a indicação “ $t = \dots$ ” foi suficiente, uma vez que deveriam ser utilizados apenas intervalos de tempo. A origem da escala de tempos ou o sentido das medidas impressas na foto não se constituiu em um problema, mas também não foi compreendida.

Quando solicitados a escolher entre a utilização do laboratório real ou do virtual, verificou-se a preferência dos alunos pelo ambiente real, independente do ambiente em que trabalharam. Tanto os alunos que trabalharam no ambiente real quanto os que trabalharam no ambiente virtual indicaram algumas vantagens de se trabalhar no ambiente virtual evidenciando, contudo, a preferência pelo ambiente real. A possibilidade de acertar e errar na execução do experimento, a interação física com o material, a possibilidade de testar hipóteses e a discussão favorecida pelo ambiente real fundamentam a preferência dos alunos por trabalhar e realizar experimentos no ambiente real.

Os alunos destacaram que compreenderam a atividade no ambiente virtual mas preferem trabalhar no laboratório real. Atribuem ao ambiente virtual características pouco atrativas como dados “mastigados”, ambiente muito estático, sem interação, evidenciando que no virtual trabalha-se com a particularidade do momento e no real com o todo. Novamente, esse aspecto sugere o perigo de uma automatização de procedimentos sem a correspondente compreensão do fenômeno, como foi apontado acima.

Os alunos ressaltaram, contudo, algumas vantagens de se trabalhar no ambiente virtual, tais como a possibilidade de poder fazer a qualquer hora e em qualquer lugar, a praticidade, a reprodutibilidade, o conforto, a comodidade.

Os alunos reconhecem que não seria possível fazer os experimentos de colisão e energia na prática, ou seja, no laboratório real, enxergando uma vantagem para o virtual, destacando que a internet facilita a tomada de dados. Reconhecem também que se não existir um laboratório real, a utilização dos recursos virtuais, como as experiências que foram feitas, seria muito útil.

Outro fator significativo que foi possível identificar nas entrevistas foram os problemas operacionais citados pelos alunos, que destacaram que houve problema para visualizar os filmes, houve demora em abrir as páginas e havia alguns dados errados.

Através desses fatores evidenciados nas entrevistas percebe-se que embora haja uma preferência pela interação promovida pelo ambiente real, a utilização da ferramenta pode ser útil em atividades que não são possíveis de serem realizadas na prática e na ausência de laboratório. Nessas situações os alunos incentivam a utilização da ferramenta.

A possibilidade de visualizar o que se está estudando, a experimentação relacionada com o conteúdo teórico, é estimulante e de muito proveito para os alunos. Ver na prática, tanto no real quanto no virtual através de filmes e fotos, o conteúdo estudado na teoria facilita o aprendizado e a compreensão dos alunos.

Mais do que as vantagens apontadas para a realização de atividades no ambiente virtual, deve ser ressaltado que a ferramenta, tal como foi elaborada, contém elementos e procedimentos suficientes para favorecer a compreensão dos alunos. Além disso, fica evidente que é possível trabalhar com essa ferramenta de forma adequada, desde que os alunos sejam introduzidos a seu uso, ou seja, sejam ensinados a operar a ferramenta. Percebe-se que essa forma de utilização de recursos virtuais em ensino de Física é muito recente e que os alunos ainda não possuem familiaridade com ela ou que elas não são reconhecidas como parte da cultura escolar.

Com a realização desse trabalho foi possível avaliar, caracterizar e compreender a ferramenta desenvolvida, através da investigação de seus usos e significados, principalmente do ponto de vista dos alunos. Fica evidente que essa

ferramenta substitui o laboratório de forma eficaz e suficiente no que diz respeito ao seu conteúdo, e de uma forma diferente do que se encontra nas propostas atuais, mas do ponto de vista dos alunos ela fica em desvantagem em relação à interação proporcionada pelo ambiente real.

Essa foi uma forma de inserção de recurso virtuais em aulas de laboratório de Física, que ocorreu de forma satisfatória, o que não dispensa mais investigação, uma vez que essa forma de utilização em sala de aula ainda é muito recente.

Esperamos ter contribuído, através desse trabalho, com mais alguns elementos para a compreensão do sentido dos recursos virtuais que estão sendo introduzidos no Ensino de Física. Um panorama mais abrangente depende, contudo, de um número mais significativo de estudos de caso e da construção de instrumentos de investigação com maior especificidade. Uma atividade de laboratório didático real pode ser tão desestimulante como uma atividade de laboratório virtual, ou vice-versa, se o sentido e o contexto de aprendizado dessa atividade não forem compreendidos pelos alunos. Por isso, para buscar avaliar a especificidade dos recursos virtuais, será necessário ainda aprender a identificar e distinguir o que é acessório do que é fundamental.

Referências Bibliográficas

BARBETA, V. B.; YAMAMOTO, I., Desenvolvimento e Utilização de um Programa de Análise de Imagens para um Estudo de Tópicos de Mecânica Clássica, Revista Brasileira do Ensino de Física, v. 24, n.2, pág 158 a 167, junho 2002.

CAMILETTI, G. e FERRACIOLI, L., A Utilização da Modelagem Computacional Semiquantitativa no Estudo do Sistema Mola-Massa, Revista Brasileira do Ensino de Física, v. 24, n.2, pág 110 a 123, junho 2002.

CASTRO, N. J.; HAGUENAUER C.; SILVA, E. M.; ALVES, L. A.; WASHINGTON M. G. M.; CARVALHO, M. B.; RESENDE, R. L. S. M.; ROCHA, S. S.; FERREIRA, S. S.; GARCIA, S. P.; PEDROSO, T. P., O Estudo a Distância com Apoio da Internet, VIII Congresso Internacional de Educação à Distância, Brasília, DF, 2001.

CAVALCANTE, M. A.; SILVA, E.; PRADO, R. HAAG, R., O Estudo de Colisões Através do Som, Revista Brasileira do Ensino de Física, v. 24, n.2, pág 150 a 157, junho 2002.

DIAS, N. L.; PINHEIRO, A. G.; BARROSO, G. C., Laboratório Virtual de Física Nuclear, Revista Brasileira do Ensino de Física, v. 24, n.2, pág 232 a 236, junho 2002.

FERNANDES, M. R. e FERRACIOLI, L., A Integração De Um Ambiente De Modelagem Computacional Quantitativo No Estudo Do Fenômeno De Colisões, IX Encontro De Pesquisa Em Ensino De Física, Jaboticatubas, MG, 2004.

FIOLHAIS, C. e TRINDADE, J., Física no Computador: o Computador como uma Ferramenta no Ensino e na Aprendizagem das Ciências Físicas, Revista Brasileira do Ensino de Física, v. 25, n.3, pág 259 a 274, setembro 2003.

GOBARA, S. T.; ROSA, P. R. S.; PIUBÉLI, U. G.; BONFIM, A. K., Estratégias para Utilizar o Programa Prometeus na Alteração das Concepções em Mecânica, Revista Brasileira do Ensino de Física, v. 24, n.2, pág 134 a 145, junho 2002.

GOMES, T. e FERRACIOLI, L., A Investigação Da Construção De Modelos No Estudo De Um Tópico De Física Utilizando Um Ambiente De Modelagem Computacional Qualitativo, IX Encontro De Pesquisa Em Ensino De Física, Jaboticatubas, MG, 2004.

JÁCOME, S. S. B.; MEDEIROS, F. F.; CORSO, G.; LUCENA, L. S., Visualizando os Modos Normais de Vibração com o Computador, Revista Brasileira do Ensino de Física, v. 24, n.2, pág 214 a 220, junho 2002.

JOHNSON-LAIRD, P, Images, Models, and Propositional Representations. In Models of Visuospatial Cognition, Manuel de Vega, Margaret Jean Intons Petersons, Philip Johnson-Laird, Michel Denis y Marc Marschark, Cap 3 pp 90-126, New York, Oxford, Oxford University Press, 1996.

LÉVY P., As tecnologias da Inteligência - o futuro do pensamento na era da informática, São Paulo, Editora 34, 1993.

LÉVY, P., O que é o virtual?, São Paulo, Editora 34, 1996.

LÉVY, P., Cibercultura, São Paulo, Editora 34, 2001.

MAGALHÃES, M. G. M.; SCHIEL, D.; GUERRINI, I. M.; MAREGA, E. Jr., Utilizando Tecnologia Computacional na Análise Quantitativa de Movimentos: Uma Atividade para Alunos do Ensino Médio, Revista Brasileira do Ensino de Física, v. 24, n.2, pág 97 a 102, junho 2002.

MANTOVANI, K. C.; SCHIEL, D.; BARREIRO, A. C. M., Analisando A Aplicação Da Informática Na Educação De Jovens E Adultos : É Possível Que A Informática Contribua Para A Construção De Modelos Científicos Em Eletricidade?, VIII Encontro De Pesquisa Em Ensino De Física, Águas de Lindóia, SP, 2002.

MARTINS, I., O papel das representações visuais no ensino-aprendizagem de ciências. Atas do I Encontro Internacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, SP, Brasil, 1997.

MIRANDA, R. M.; BECHARA, M. J.; VANIN, V. R., Uso De Simulações Em Disciplinas Básicas De Mecânica Em Um Curso De Licenciatura Em Física, IX Encontro De Pesquisa Em Ensino De Física, Jaboticatubas, MG, 2004.

MEDEIROS, A. e MEDEIROS, C. F., Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino de Física, Revista Brasileira do Ensino de Física, v. 24, n.2, pág 77 a 86, junho 2002.

MOSSMANN, V. L. F.; CATELLI, K. B. M. F.; LIBARDI, H.; DAMO, I. S., Determinação dos Coeficientes de Atrito Estático e Cinético Utilizando-se a Aquisição Automática de Dados, Revista Brasileira do Ensino de Física, v. 24, n.2, pág 146 a 149, junho 2002.

OTERO, M. R., Imágenes y Enseñanza de la Física: una vision cognitiva. Tesis doctoral, Universidad de Burgos, España, 2002.

OTERO, M. R.; GRECA, I.; SILVEIRA F. L. El uso de imágenes visuales en el aula y el rendimiento escolar en Física: Un estudio comparativo . Aceptado para publicación en la Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias. Universidad de Vigo, España, 2003.

OTERO, M. R. ; MOREIRA, M. A. . El uso de imágenes externas y la visualización mental: un estudio de caso. In: IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2003, Bauru. Atas do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2003.

PIRES, M. A. e VEIT, E.A., Uma Análise Preliminar Sobre O Uso De Tecnologias De Informação E Comunicação Como Meio De Ampliar E Estimular O Aprendizado De Física, IX Encontro De Pesquisa Em Ensino De Física, Jaboticatubas, 2004.

REIS, E. M.; RAPKIEWICZ, C. E.; LINHARES, M. P., Uma Proposta Para Formação Tecnológica Integrada De Professores De Ciências Do Ensino Médio No Norte Fluminense Através De Um Ambiente Virtual Com Ênfase No Meio Ambiente, VIII Encontro De Pesquisa Em Ensino De Física, Águas de Lindóia, SP, 2002.

ROHLING, J. H.; NEVES, M. C. D.; SAVI, A. A.; SAKAI, F. S.; RANIERO, L. J.; BERNABE, H. S., Produção de Filmes Didáticos de Curta Metragem e CD-ROMs para o Ensino de Física, Revista Brasileira do Ensino de Física, v. 24, n.2, pág 168 a 175, junho 2002.

SANTOS, A. V.; SANTOS, S. R.; FRAGA, L. M., Sistema de Realidade Virtual para Simulação e Visualização de Cargas Pontuais Discretas e seu Campo Elétrico, Revista Brasileira do Ensino de Física, v. 24, n.2, pág 185 a 195, junho 2002.

SANTOS, H.; SILVA, A. M. T. B.; REZENDE, F., Um Estudo Da Prática Construtivista Do Tutor De Um Curso A Distância De Formação Continuada De Professores De Física, VIII Encontro De Pesquisa Em Ensino De Física, Águas de Lindóia, SP, 2002.

SILVA, H. C. e FILHO, J. L. C., Imagens Interativas No Ensino De Física: Construção E Realidade, IX Encontro De Pesquisa Em Ensino De Física, Jaboticatubas, MG, 2004.

SILVA, W. P.; SILVA C. M. D. P.S.; SILVA, C. D. P. S; SOARES, I. B.; SILVA, D. D. P. S., Apresentação do Software Educacional “Vest21 Mecânica”, Revista Brasileira do Ensino de Física, v. 24, n.2, pág 221 a 231, junho 2002.

TAGIKU, A. M., Microcomputadores: a perspectiva dos alunos, Dissertação de Mestrado, FE-IFUSP, 2001.

VEIT, E. A. e TEODORO, V. D., Modelagem no Ensino/Aprendizagem e os Novos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, Revista Brasileira do Ensino de Física, v. 24, n.2, pág 87 a 96, junho 2002.

VEIT, E. A.; MORS, P. M.; TEODORO, V. D., Ilustrando a Segunda Lei de Newton no Século XXI, Revista Brasileira do Ensino de Física, v. 24, n.2, pág 176 a 184, junho 2002.

VICTOR, R. e FERRACIOLI, L., A Utilização Da Modelagem Computacional No Laboratório De Física Básica, VIII Encontro De Pesquisa Em Ensino De Física, Águas de Lindóia, SP, 2002.

VINHA, M. L.; NUNES, C.; PIETROCOLLA, M., Criatividade No Processo De Elaborar Simulações Virtuais De Física, IX Encontro De Pesquisa Em Ensino De Física, Jaboticatubas, MG, 2004.

Sites (último acesso em 06/2006)

Site de Fundamentos de Mecânica: <http://plato.if.usp.br/1-2005/fap0151d/>

Página de relatórios do site de Fundamentos de Mecânica:

<http://plato.if.usp.br/1-2005/fap0151d/relatorios.php>

Site de Mecânica: <http://plato.if.usp.br/2-2005/fap0153n/>

Página de relatórios do site de Mecânica:

<http://plato.if.usp.br/2-2005/fap0153n/relatorios.php>

Site do Labvirt: www.labvirt.futuro.usp.br

Site do curso de Laboratório do Ensino Médio:

<http://www.cei.santacruz.g12.br/~fisica1/>

Site da ABED (Associação Brasileira de Ensino a Distância): <http://www.abed.org.br>

Anexos

ANEXO 1

Pro-Mat – Roteiro de Exercícios para Familiarização com Planilhas

Com o objetivo de preparar os alunos para o primeiro relatório da disciplina Fundamentos de Mecânica –2005 –, criamos uma série de três exercícios de familiarização com o uso de programas de planilhas, como o Excel. O relatório web consiste em observar imagens gravadas de um experimento real feito em laboratório e a partir da análise dessas imagens reconstruir, através de gráficos, a dinâmica daquela experiência.

Dividimos a série em três partes: na primeira parte, apresentamos o programa de planilhas usado e explicamos o experimento que foi gravado no laboratório, induzindo o aluno a construir uma tabela a partir da observação das imagens. Na segunda parte, usamos a tabela construída para criar um gráfico do movimento. Finalmente, na terceira parte, iniciamos a inserção de fórmulas para, por exemplo, calcular a velocidade instantânea.

Sugerimos fortemente aos alunos que comparecessem à monitoria para praticar o uso de planilhas antes de participarem do relatório web. Àqueles que já conhecem esse programa de planilhas, e as funções descritas, recomendamos que pratiquem a série de três sessões que foram preparadas.

1ª sessão (15/03 diurno e 14/03 noturno)

Objetivo: Familiarizar o aluno com o uso de uma planilha para construção e formatação de uma tabela a partir de valores adquiridos durante a atividade.

Parte prática: Construir uma tabela de dados em uma planilha a partir das fotos em close da situação 1 do ano passado, utilizando os recursos disponíveis do programa.

Etapas a seguir:

Explicar sumariamente a proveniência das fotos o suficiente para permitir a leitura dos dados cinemáticos (posição e tempo).

Ler os valores na coletânea de fotos selecionadas.

Registrar os valores (t,x) de posição e tempo para cada foto em duas colunas da planilha.

Imprimir a tabela construída na planilha.

2ª sessão (29/03 diurno e 28/03 noturno)

Objetivo: Motivar o aluno a usar o recurso assistente gráfico para transformar os dados de uma tabela em um gráfico.

Parte prática: Construir um gráfico a partir da tabela feita na planilha da 1ª sessão.

Etapas a seguir:

Repetir a explicação das fotos, agora com ênfase no movimento todo, olhando o filme do percurso todo do carrinho.

Usar o assistente gráfico da planilha para montar o gráfico.

Imprimir o gráfico.

Ler valores interpolados no gráfico impresso. Aqui, muitos vão ter obtido escalas inadequadas para leitura, além de não terem desenhado linhas de grade.

Remontar o gráfico com atenção às escalas usadas e desenhando linhas de grade para facilitar a leitura.

3ª sessão (05/04 diurno e 04/04 noturno)

Objetivo: Familiarizar os alunos com os recursos básicos de inserção de fórmulas e expressões em planilhas.

Parte prática: Calcular a velocidade instantânea em função do tempo a partir da tabela de dados (t,x) obtida nas sessões anteriores e fazer o gráfico correspondente.

Etapas a seguir:

Repetir a explicação das filmagens, passando por todas as etapas do processo. A determinação de uma grandeza física que não pode ser lida diretamente das fotos, mas pode ser deduzida dos dados, requer fórmulas que, no final, são aplicadas repetidamente aos dados. No caso específico, essa grandeza é a velocidade, que é uma proporção de variações, exigindo ao menos duas fotos por valor deduzido.

Implementar fórmulas: referências a células tipo C_i , $C_{\$i}$; $\$C_{\$i}$; comportamento dessas referências com a operação de cópia; definição de uma fórmula e nomeação dos dados.

Implementar a fórmula da derivada em uma célula da planilha.

Copiar a fórmula para todas as células. Fazer e imprimir o gráfico.

ANEXO 2

Pro-Mat – ATIVIDADE EXPERIMENTAL VIRTUAL: ANÁLISE DE MOVIMENTOS

(A ser desenvolvida em grupo de três alunos)

A análise de movimentos pode ser feita, experimentalmente, utilizando um sistema denominado “trilho de ar”. Esse trilho consiste em um dispositivo que introduz uma camada de ar entre o trilho (plano e horizontal) e o objeto que se movimenta sobre ele, de forma a diminuir ou eliminar o atrito, permitindo que sejam analisadas as características dos movimentos nessas condições.

O registro das posições do objeto ao longo do tempo é feito através da filmagem do experimento. Desse filme, são selecionadas e apresentadas algumas fotos. Em cada uma delas, é possível identificar a posição do objeto e está também registrado o instante de tempo correspondente, em segundos. O início da contagem de tempo não corresponde ao início do movimento, pois o cronômetro é acionado de forma independente.

A experiência consiste em analisar dois movimentos distintos:

1. Um carrinho simples
2. Um carrinho que possui uma vela, como a de um barco veleiro.

Nos dois casos, os carrinhos são lançados, com auxílio de um elástico, a partir da extremidade do trilho, deslocando-se ao longo dos mesmos até que a extremidade oposta seja atingida.

A questão que deve orientar a análise do movimento é *investigar o efeito da vela sobre o movimento do carrinho*.

ROTEIRO PARA AS ATIVIDADES DE ANÁLISE DOS FILMES

1. Antes da análise dos filmes, verifique se o problema ficou claro. Discuta qual sua expectativa sobre o efeito que a vela possa vir a ter sobre o movimento

de um carro (eventualmente comparando com seu efeito sobre o movimento de um barco). Anote sua hipótese (por escrito), justificando-a.

2. Proceda à observação dos filmes que correspondem ao movimento dos carrinhos nas duas situações apresentadas.

Para a análise desses movimentos:

3. De cada filme foi selecionada uma seqüência de fotos, de onde os dados de tempo (t) e posição (x) devem ser retirados. A partir destas fotos em close de cada situação, faça uma tabela $t_j, x(t_j)$ na planilha, onde t_j é o tempo indicado pelo relógio na foto de número j .
4. Utilizando os dados da tabela, construa o gráfico de $x(t)$.
5. Utilizando os dados da tabela, calcule a velocidade média para cada um dos intervalos $[t_j, t_{j+1}]$. Para cada velocidade média calculada no intervalo de tempo $[t_j, t_{j+1}]$, suponha que esta seja a velocidade média no tempo definido por $[(t_j) + (t_{j+1})]/2$. Com esses cálculos, você estará obtendo um novo conjunto de dados, de t_j e v_t .
6. Considerando as observações do item anterior, faça um gráfico $v(t)$ versus t utilizando o mesmo programa do item 4.

ROTEIRO PARA A ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO – TRILHO DE AR

O relatório deve ser feito cuidadosamente, tomando como referência um público que não conheça o experimento nem o que foi realizado, mas tenha conhecimentos básicos de Física. A finalidade do relatório é que uma pessoa possa compreender o que foi feito, qual foi a conclusão a que se chegou e como essa conclusão foi obtida. (Recomenda-se uma apresentação clara e objetiva dos aspectos abaixo, algo em torno de duas páginas, mas necessariamente sem ultrapassar três páginas).

1. PROPOSTA: Apresente a situação e o objetivo do experimento, assim como as hipóteses iniciais formuladas.
2. DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO: Descreva o arranjo experimental, o material utilizado, etc. e o funcionamento desse arranjo para a obtenção de

dados. Mencione trajetórias dos movimentos, dimensões, tempos característicos, etc.

3. DADOS E RESULTADOS OBTIDOS:

Apresente os dados obtidos, valores e gráficos construídos, identificando-os e nomeando-os de forma clara (carrinho A e carrinho B, por exemplo). Verifique se expressou os valores das grandezas em unidades apropriadas.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES:

- i) Interprete os resultados obtidos, caracterizando o movimento dos carrinhos e comparando grandezas características dos movimentos. Identifique qual o carrinho com a vela.
- ii) Qual o efeito da presença da vela sobre o movimento do carrinho? Procure discutir essa questão usando as grandezas físicas relevantes, compare seus valores, e estabeleça, quando possível, relação de suas observações com as leis físicas que você conhece.

5. COMENTÁRIOS GERAIS

- i) Procure analisar questões mais gerais ligadas à realização do experimento.

(Por exemplo, “O sistema utilizado para a obtenção de medidas diminui ou elimina o atrito?” ou “De que serve analisar movimentos em situações sem atrito, considerando que todos os movimentos reais envolvem atrito?” ou ainda outras que sejam pertinentes).

- ii) **NOVAS PROPOSTAS:** Proponha uma nova questão significativa que possa ser investigada com um trilho de ar semelhante a esse, descrevendo a proposta de experimento.

ANEXO 3

Pro-Mat – ATIVIDADE EXPERIMENTAL REAL: ANÁLISE DE MOVIMENTOS

(A ser desenvolvida em grupo de três alunos)

A análise de movimentos pode ser feita, experimentalmente, utilizando um sistema denominado “trilho de ar”. Esse trilho consiste em um dispositivo que introduz uma camada de ar entre o trilho (plano e horizontal) e o objeto que se movimenta sobre ele, de forma a diminuir ou eliminar o atrito. Com esse sistema, é possível analisar as características dos movimentos nessas condições.

Para o registro das posições do objeto ao longo do trilho, em diferentes momentos, é utilizado um faiscador, constituído por uma fonte de alta tensão, que produz uma pequena queimadura em uma fita de papel colocada sobre o trilho. Como a frequência que alimenta a fonte é 60 Hz, o intervalo de tempo entre quaisquer duas marcas consecutivas sobre a fita é 1/60 segundo.

A experiência consiste em analisar dois movimentos distintos:

1. Um carrinho simples
2. Um carrinho que possui uma vela, como a de um barco veleiro.

Nos dois casos, os carrinhos são lançados, com auxílio de um elástico, a partir da extremidade do trilho, deslocando-se ao longo dos mesmos até que a extremidade oposta seja atingida.

A questão que deve orientar a análise dos movimentos é *investigar qual o efeito da vela sobre o movimento do carrinho*.

ROTEIRO PARA AS ATIVIDADES NO LABORATÓRIO

1. Antes da obtenção dos dados, verifique se o problema ficou claro. Discuta qual sua expectativa sobre o efeito que a vela possa vir a ter sobre o movimento de um carro (eventualmente comparando com seu efeito sobre o movimento de um barco). Anote sua hipótese (por escrito), justificando-a.

2. Proceda à obtenção dos dados, realizando o experimento nas duas situações apresentadas, segundo as orientações a serem fornecidas.

Para a análise dos movimentos, você deverá dispor de duas fitas de papel com os registros produzidos pelo faiscador, a intervalos de $1/60$ segundo, e fazer as medidas de comprimento necessárias com a régua. Para cada fita:

3. Construa uma tabela, na planilha do software, com os dados de distância percorrida para um certo intervalo de tempo pré-determinado por você (por exemplo, meça distâncias percorridas para marcas correspondendo a 10 intervalos de tempo). A planilha deve incluir valores de intervalos de tempo sucessivos ($t_i = 1, 2, 3, 4\dots$) e valores das distâncias percorridas até os instantes assinalados (x_j).
4. Utilizando os dados da tabela, construa o gráfico da distância percorrida em função do tempo.
5. Utilizando os dados da tabela, verifique como é possível obter a velocidade média em cada intervalo de tempo correspondente a (t_j, t_{j+1}) . Suponha que essa seja a velocidade média correspondente ao instante $(t_j + t_{j+1})/2$ e construa uma nova tabela, agora de instantes (t) e velocidades médias $v(t)$ correspondentes.
6. A partir da tabela, construa um gráfico de $v(t)$ em função de t , utilizando os recursos do programa.

ROTEIRO PARA A ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO – TRILHO DE AR

O relatório deve ser feito cuidadosamente, tomando como referência um público que não conheça o experimento nem o que foi realizado, mas tenha conhecimentos básicos de Física. A finalidade do relatório é que uma pessoa possa compreender o que foi feito, qual foi a conclusão a que se chegou e como essa conclusão foi obtida. (Recomenda-se uma apresentação clara e objetiva dos aspectos abaixo, algo em torno de duas páginas, mas necessariamente sem ultrapassar três páginas).

1. PROPOSTA: Apresente a situação e o objetivo do experimento, assim como as hipóteses iniciais formuladas.
2. DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO: Descreva o arranjo experimental, o material utilizado, etc. e o funcionamento desse arranjo para a obtenção de dados. Mencione trajetórias dos movimentos, dimensões, tempos característicos, etc.

3. DADOS E RESULTADOS OBTIDOS:

Apresente os dados obtidos, valores e gráficos construídos, identificando-os e nomeando-os de forma clara (carrinho A e carrinho B, por exemplo). Verifique se expressou os valores das grandezas em unidades apropriadas.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES:

- i) Interprete os resultados obtidos, caracterizando o movimento dos carrinhos e comparando grandezas características dos movimentos. Identifique qual o carrinho com a vela.
- ii) Qual o efeito da presença da vela sobre o movimento do carrinho? Procure discutir essa questão usando as grandezas físicas relevantes, compare seus valores, e estabeleça, quando possível, relação de suas observações com as leis físicas que você conhece.

5. COMENTÁRIOS GERAIS

- i) Procure analisar questões mais gerais ligadas à realização do experimento.
(Por exemplo, “O sistema utilizado para a obtenção de medidas diminui ou elimina o atrito?” ou “De que serve analisar movimentos em situações sem atrito, considerando que todos os movimentos reais envolvem atrito?” ou ainda outras que sejam pertinentes).
- ii) NOVAS PROPOSTAS: Proponha uma nova questão significativa que possa ser investigada com um trilho de ar semelhante a esse, descrevendo a proposta de experimento.