

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS:
QUÍMICA DA VIDA E SAÚDE**

**ATIVIDADES DIDÁTICAS INOVADORAS DE
MECÂNICA DE PARTÍCULAS COM
DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS EM UM
AMBIENTE DE COMPUTAÇÃO NUMÉRICA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Dioni Paulo Pastorio

Santa Maria, RS, Brasil

2014

**ATIVIDADES DIDÁTICAS INOVADORAS DE MECÂNICA
DE PARTÍCULAS COM DESENVOLVIMENTO DE
COMPETÊNCIAS EM UM AMBIENTE DE COMPUTAÇÃO
NUMÉRICA**

Dioni Paulo Pastorio

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Área de Concentração Educação Científica: Processos de Ensino e Aprendizagem na Escola, na Universidade e no Laboratório de Pesquisa, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre em Educação em Ciências**.

Orientador: Prof. Ricardo Andreas Sauerwein

**Santa Maria, RS, Brasil
2014**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Pastorio, Dioni Paulo

ATIVIDADES DIDÁTICAS INOVADORAS DE MECÂNICA DE
PARTÍCULAS COM DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS EM UM
AMBIENTE DE COMPUTAÇÃO NUMÉRICA / Dioni Paulo Pastorio.-
2014.

130 p. ; 30cm

Orientador: Ricardo Andreas Sauerwein

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de
Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e
Saúde, RS, 2014

1. Atividades Didáticas 2. Simulações Computacionais
3. Resolução de Problemas 4. Software Computacional I.
Sauerwein, Ricardo Andreas II. Título.

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Naturais e Exatas
Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e
Saúde**

**A comissão examinadora abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado**

**ATIVIDADES DIDÁTICAS INOVADORAS DE MECÂNICA DE
PARTÍCULAS COM DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS EM
UM AMBIENTE DE COMPUTAÇÃO NUMÉRICA**

elaborada por
Dioni Paulo Pastorio

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Educação em Ciências

COMISSÃO EXAMINADORA:

Ricardo Andreas Sauerwein, Dr. (Presidente/Orientador)

Luiz Caldeira Brant de Tolentino Neto (UFSM)

Pedro Fernando Dornelles (UNIPAMPA)

Carmen Vieira Mathias (UFSM)

Santa Maria, 10 de abril de 2014.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências:
Química da Vida e Saúde
Universidade Federal de Santa Maria

ATIVIDADES DIDÁTICAS INOVADORAS DE MECÂNICA DE PARTÍCULAS COM DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS EM UM AMBIENTE DE COMPUTAÇÃO NUMÉRICA

AUTOR: DIONI PAULO PASTORIO
ORIENTADOR: RICARDO ANDREAS SAUERWEIN
Data e Local da Defesa: Santa Maria, 10 de abril de 2014.

O presente trabalho procurou investigar como atividades didáticas (AD) inovadoras de resolução de problemas, baseadas em simulações computacionais, contribuem para o desenvolvimento de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais. Ainda estas AD objetivaram o desenvolvimento de competências associadas a um ambiente de computação numérica (ACN). Para isso, trabalhamos com a elaboração, implementação e avaliação das AD estruturadas a partir da estratégia de resolução de problemas. Este processo de implementação ocorreu junto à turma de ingressantes de um curso de graduação em Meteorologias da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). A obtenção dos dados envolveu os seguintes instrumentos de coleta: questionários inicial e final, registros obtidos a partir dos encontros presenciais realizados e ainda a partir das respostas obtidas nas soluções das AD entregues pelos estudantes. A análise destes dados deu-se no momento de avaliação, e possibilitou-nos concluir que estas atividades proporcionam o desenvolvimento dos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais concomitantemente, e ainda o desenvolvimento de competências associadas a um *software* matemático de uso geral. Por fim, a avaliação realizada pelos estudantes indicou que estas atividades são mais instrutivas e interessantes do que a estratégia de resoluções de problema de lápis e papel.

Palavras-chave: Atividades Didáticas, Simulações Computacionais, Resolução de Problemas, *Software* Computacional.

ABSTRACT

Master's Degree Thesis
Graduate Program in Science Education:
Chemistry of Life and Health
Universidade Federal de Santa Maria

INNOVATIVE TEACHING ACTIVITIES OF MECHANICAL PARTICLE WITH DEVELOPING SKILLS IN AN ENVIRONMENT OF COMPUTER NUMERICAL

**AUTHOR: DIONI PAULO PASTORIO
ADVISOR: RICARDO ANDREAS SAUERWEIN**

This study aimed to investigate how innovative problem-solving learning activities (AD), based on computer simulations, contribute to the development of conceptual, procedural and attitudinal contents. Yet these AD, aimed to develop associated with numerical computing environment (ACN) skills. For this reason, we work with the development, implementation and evaluation of structured from the problem-solving strategy AD. This motion has occurred along class of freshmen undergraduate course in Meteorology, Federal University of Santa Maria (UFSM). Data collection involved the following data collection instruments: initial and final questionnaires, records obtained from the person meetings and even from the responses obtained in the solutions delivered by students of AD. The analysis of these data was done at the time of evaluation, and allowed us to conclude that these activities provide the development of conceptual, procedural and attitudinal contents concomitantly, and the development of skills associated with a mathematical software for general use. Finally, the assessment performed by the students indicated that these activities are more instructive and interesting than the strategy of problem resolutions pencil and paper.

Keywords: Teaching Activities, Computer Simulations, Troubleshooting, Computer Software.

AGRADECIMENTOS

Ao falar de agradecimentos, lembramos de muitos que contribuíram nesta caminhada. Nesta perspectiva, tentarei não esquecer de ninguém.

Primeiramente agradeço a Deus por me proporcionar grandes momentos de trabalho, que hoje se tornam em alegria, uma vez que desempenha-se com louvor aquilo que me foi disposto.

Agradecer a família pelo apoio, mesmo de longe, demonstrado a cada telefonema, a cada viagem, a cada mensagem. Em especial, pelos dias e noites que vocês perderam, pai e mãe, imaginando como a vida se passava por aqui. Serei eternamente grato a tudo que vocês fizeram por mim. Aos irmãos Eduardo e Bruna obrigado por cultivarem um amor que durará para sempre. A minha família estará sempre no meu coração e digo, sem dúvidas, que esta vitória também é de vocês.

Não esquecer daquela que me acompanhou dia a dia, por todos estes anos, aguentando a dura missão de suportar um ciclo de mestrado. A você meu amor, Paula Ronsani, o meu muito obrigado por tudo que representou, representa e representará em minha vida, pelo carinho, amor, dedicação, afeto e por tudo que me proporciona nestes seis anos. Amo muito você e tentarei sempre retribuir tudo o que você me oferece a cada dia.

Aos amigos que, de uma maneira ou de outra estiveram estendendo a mão para os momentos difíceis e alegres. Que compartilharam comigo as dores e as festas. Que se transformaram em uma família dentro de quadras, jantares, jogos, salas de aulas, campos ou em qualquer lugar que estivéssemos. Obrigado por estarem perto de mim e tenham em mim um amigo para sempre que precisarem. Em especial aos amigos: Dieson Casagrande, Francis Centenaro, Lucas Casagrande, Paulo Henrique, Régis Felipe, Paulo Saldanha, Andirlei da Silva, Carlos Insabrald, Luciana Ronsani, Maurício Thomas, Darlei Bamberg, Trícia Andrade, André Borniatti, Douglas Bamberg, Cátia Daiane, Magno Cassiano, Lucas Vieira, Muryel Vidmar, Josemar Alves, Saul Schirmer, Daniele Correia. A todos: Valeu mesmo.

Quero agradecer também ao orientador, Prof. Ricardo, pela oportunidade, paciência e principalmente pela dedicação nestes dois anos de trabalho, muito obrigado por tudo aquilo que me ensinou. Em especial a Prof. Inês, como a primeira pessoa que me influenciou na sequência da carreira acadêmica.

Por fim, agradecer ao programa de pós-graduação pela oportunidade, aos docentes que me conduziram até aqui e a instituição que me acolheu. A tudo isso o meu muito obrigado.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Áreas das publicações do CBEF.....	24
Figura 2 – Áreas das publicações da RBEF.....	27
Figura 3 – Imagem usada em livros didáticos para representar movimento.....	30
Figura 4 – Interface da plataforma Portal <i>Physics Education Technology (PhET)</i>	33
Figura 5 – Tela Inicial do <i>MERLOT</i>	34
Figura 6 – Interface inicial do repositório Banco Internacional de Objetos de Aprendizagem.....	35
Figura 7 – Interface inicial do repositório Portal <i>Applets Java</i> de Física.....	36
Figura 8 – Interface inicial do repositório Portal do Professor.....	37
Figura 9 – Tela inicial da simulação computacional utilizada na disciplina de Física I.....	58
Figura 10 – Tela inicial de uma simulação computacional utilizada na disciplina de Física I.....	59
Figura 11 – Uso do computador como ferramenta de análise gráfica e cálculos numéricos... ..	62
Figura 12 – Interface inicial do blog utilizado para postar as AD.....	71
Figura 13 – Exemplo de solução desenvolvida por um estudante I.....	76
Figura 14 – Exemplo de solução desenvolvida por um estudante II.....	77
Figura 15 – Exemplo de solução desenvolvida por um estudante III.....	78
Figura 16 – Exemplo de solução desenvolvida por um estudante IV.....	79
Figura 17 – Exemplo de solução desenvolvida por um estudante V.....	84
Figura 18 – Exemplo de solução desenvolvida por um estudante VI.....	85
Figura 19 – Exemplo de solução desenvolvida por um estudante VII.....	88
Figura 20 – Exemplo de solução desenvolvida por um estudante VIII.....	89
Figura 21 – Exemplo de solução desenvolvida por um estudante IX.....	90
Figura 22 – Exemplo de solução desenvolvida por um estudante X.....	91
Figura 23 – Exemplo de solução desenvolvida por um estudante XI.....	92
Figura 24 – Exemplo de solução desenvolvida por um estudante XII.....	93
Figura 25 – Exemplo de solução desenvolvida por um estudante XIII.....	94
Figura 26 – Avaliação dos alunos em relação ao custo/benefício de realizar as AD.....	96

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação dos procedimentos trabalhados nas ADRP.....	86
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Número de artigos publicados em cada ano no CBEF.....	22
Tabela 2 – Número de artigos publicados em cada ano na RBEF.....	25
Tabela 3 – Dados extraídos das repostas dos alunos.....	96
Tabela 4 – Resultados dos problemas da AD I.....	98
Tabela 5 – Resultados dos problemas da AD II.....	100
Tabela 6 – Resultados dos problemas da AD III.....	101
Tabela 7 – Resultados dos problemas da AD IV.....	102
Tabela 8 – Resultados dos problemas da AD V.....	103
Tabela 9 – Resultados dos problemas da AD VI.....	104

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACN – Ambiente de Computação Numérica

AD – Atividades Didáticas

ADRP – Atividades Didáticas de Resolução de Problema

AE – Atividades Experimentais

ATD – Análise Textual Discursiva

CBEF – Caderno Brasileiro de Ensino de Física

CCNE – Centro de Ciências Naturais e Exatas

ES – Estágios Supervisionados

ESEF – Estágio Supervisionado de Ensino de Física

EUA – Estados Unidos da América

G/MP – Graxaim/Movimento de Partículas

MERLOT - Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching

MPEAC - Métodos e Processos de Ensino-Aprendizagem de Ciências

OA – Objeto de Aprendizagem

RBEF – Revista Brasileira de Ensino de Física

PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais

PCN+ - Parâmetros Curriculares Nacionais

PhET - Portal Physics Education Technology

PIBID – Programa Institucional com Bolsa de Iniciação à Docência

PPG – Programa de Pós-Graduação

RP – Resolução de Problemas

TIC – Tecnologias de Informação e Comunicação

UFSM – Universidade Federal de Santa Maria

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A – Atividade Didática 1.....	113
Apêndice B – Atividade Didática 2.....	115
Apêndice C – Atividade Didática 3.....	117
Apêndice D – Atividade Didática 4.....	119
Apêndice E – Atividade Didática 5.....	121
Apêndice F – Atividade Didática 6.....	123
Apêndice G – Questionário Final.....	126
Apêndice H – Questionário Inicial.....	128

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	11
1.1 Apresentação	11
1.2 Justificativa	12
1.3 Objetivos	16
1.3.1 Objetivo Geral	16
1.3.2 Objetivos Específicos	16
CAPÍTULO 2 – O USO DAS TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA SALA DE AULA	18
2.1 Contextualização	18
2.2 Seleção dos Trabalhos	19
2.2.1 Análise dos Periódicos.....	21
2.2.2 Considerações e Comparações	28
2.3 Simulações Computacionais	29
2.4 Portais da rede que disponibilizam simulações computacionais	32
2.4.1 Portal <i>Physics Education Tecnology</i> (PhET)	32
2.4.2 <i>Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching</i> (MERLOT)	33
2.4.3 Banco Internacional de Objetos Educacionais	34
2.4.4 Portal <i>Applets</i> Java de Física	36
2.4.5 Portal do Professor	37
2.4.6 Graxaim	38
2.5 Ambiente de Computação Numérica	39
CAPÍTULO 3 – RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS	41
3.1 Definição de Problema	41
3.2 As atividades didáticas de resolução de problemas e o desenvolvimento de conteúdos	42
3.2.1 As atividades didáticas de resolução de problemas e o desenvolvimento de competências em um ACN.....	45
3.2.2 Dificuldades no Ensino-Aprendizagem de resolução de problemas	46
3.3 Principais enfoques da pesquisa em RP	49
3.3.1 A resolução de problema como habilidade geral.....	50
3.3.2 A resolução de problemas como um processo específico	51
3.3.3 A Resolução de problemas como investigação científica	52
3.4 A resolução de problemas no contexto do presente trabalho	53

CAPÍTULO 4 – ATIVIDADES DIDÁTICAS	55
4.1 Apresentação das Atividades Didáticas	55
4.2 Estrutura das Atividades Didáticas	56
4.3 Atividades	60
4.3.1 Atividade 01	60
4.3.2 Atividade 02	61
4.3.3 Atividade 03	62
4.3.4 Atividade 04	63
4.3.5 Atividade 05	64
4.3.6 Atividade 06	65
4.4 Sugestões de Aplicação	66
CAPÍTULO 5 – APLICAÇÃO DAS ATIVIDADES DIDÁTICAS E ANÁLISE DOS RESULTADOS	69
5.1 A turma de aplicação	69
5.2 Processo de Aplicação das Atividades Didáticas (AD)	70
5.3 As AD atingiram seus objetivos didáticos?	74
5.4 As Atividades Didáticas contribuíram para o desenvolvimento de competências em um ACN?	75
5.5 As atividades didáticas contribuíram para a aprendizagem dos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais?	82
5.5.1 Conteúdos Conceituais Desenvolvidos	83
5.5.2 Conteúdos Procedimentais Desenvolvidos	86
5.5.3 Conteúdos Atitudinais Desenvolvidos	96
5.6 As AD, de modo geral, foram vistas pelos estudantes como algo interessante?	96
5.7 Análise das atividades didáticas caso a caso: principais aspectos	98
5.7.1 Atividade Didática 01	99
5.7.2 Atividade Didática 02	100
5.7.3 Atividade Didática 03	101
5.7.4 Atividade Didática 04	103
5.7.5 Atividade Didática 05	103
5.7.6 Atividade Didática 06	105
CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES	107
REFERÊNCIAS	110
APÊNDICES	114

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

Muitas pesquisas na área de Ensino de Física tem evidenciado o potencial das tecnologias educacionais, neste caso específico, o uso de simulações computacionais e *softwares* educativos, para mediar as atividades didáticas desenvolvidas neste âmbito, seja em qualquer nível, como médio, superior e tecnológico. Neste sentido, o uso das Tecnologias de Informação e Comunicação como ferramenta didática já está bastante disseminado nas pesquisas em Ensino de Física como pode ser comprovado por uma vasta produção na área (FIOLHAIS e TRINDADE, 2003), (RODRIGUES et al., 2012), (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002), (ANJOS, 2008), (HECKLER, SARAIVA E FILHO, 2007).

Diante deste contexto, desenvolveu-se, aplicou-se e analisou-se um conjunto de atividades didáticas¹ (AD) inovadoras, baseadas em estratégias de solução de problemas, que trabalham concomitantemente o conteúdo programático de tópicos de Física I com o desenvolvimento de competências em um Ambiente de Computação Numérica (ACN).

No primeiro capítulo, apresenta-se a trajetória do acadêmico, a justificativa pela escolha do programa de pós-graduação e ainda pelo tema do trabalho. Também traz-se o objetivo geral e os objetivos específicos.

No segundo capítulo, identificam-se as atuais tendências para o papel do computador em sala de aula a partir de uma análise de dois periódicos científicos de circulação nacional relacionadas ao ensino de Física. Ainda, mapeia-se entre os trabalhos voltados à sala os conteúdos programáticos mais abordados. Por fim, apontam-se vantagens do uso de simulações computacionais e traz-se alguns portais da rede que disponibilizam estas simulações e que funcionam como bibliotecas digitais.

No terceiro capítulo, discute-se a estratégia didática baseada em resolução de problemas. Nesta discussão, explicita-se que esta estratégia possibilita a aprendizagem de três tipos de conteúdo: conceituais, atitudinais, procedimentais. E, finalmente, argumenta-se a necessidade

¹ Sempre que aparecer a sigla AD faz-se referência as atividades didáticas planejadas, implementadas e avaliadas neste trabalho.

de atividades didáticas que fazem uso coordenado de dois aspectos, a saber, resolução de problemas e competência em um ACN.

No quarto capítulo, apresenta-se uma sequência de AD voltada ao conteúdo programático de Física 1, apresentada, sempre que possível, na forma de problemas e desenhada para ser trabalhada coordenadamente à promoção da aprendizagem em um ACN.

No quinto capítulo, analisam-se as AD desenvolvidas através da análise dos resultados de sua aplicação. Desta forma, apresenta-se a turma onde foi implementado este trabalho, o processo de implementação e, finalmente, passa-se à análise propriamente dita na qual se avalia se, de fato, nossas AD atingiram os seus objetivos didáticos.

Para encerrar, no sexto capítulo, tecem-se considerações finais a respeito das AD e do trabalho e de nosso trabalho onde são destacados também alguns possíveis desdobramentos.

1.2 Justificativa

A escolha pela Licenciatura em Física deu-se no início da escolaridade. Na graduação, logo no terceiro semestre, tive a primeira oportunidade de desempenhar atividades acadêmicas de extensão, junto a alunos da rede pública, quando participei do Projeto Janela Aberta da UFSM. No referido trabalho, eram desenvolvidas atividades didáticas para o ensino de Física, com o caráter exclusivamente experimental. Sem dúvidas, esta experiência proporcionou-me um grande aprendizado, pois se tratou do primeiro contato com este tipo de atividade, muito embora ainda estivesse iniciando o curso. Ou seja, tive a oportunidade de deparar-me com práticas características da profissão de professor como planejamento, desenvolvimento de material e avaliação mesmo que ainda no início do curso.

Já no quinto semestre, participei do edital de seleção ao Programa Institucional de Iniciação à Docência (PIBID), que, por sua vez, estava iniciando naquele ano. Segundo o mesmo, o objetivo do projeto era inserir o acadêmico dos cursos de Licenciatura nas salas de aula para proporcionar-lhes uma experiência relacionada a este contexto independentemente do semestre que o aluno estava inserido. O que, na prática, podia representar um acesso a experiências de sala de aula, mesmo antes do Estágio Supervisionado² (ES) que o aluno deve fazer. A partir deste, (ES), vi uma grande oportunidade de prosseguimento da carreira

² Disciplinas relacionadas diretamente a prática docente. As mesmas são ofertadas nos quatro últimos semestres do curso de graduação, no caso da Física Licenciatura Plena da UFSM.

acadêmica, mesmo sabendo que o objetivo do projeto não estava ligado diretamente à pesquisa. Afinal, depois de alguns meses de espera (devido ao atraso do início do projeto), o resultado positivo da seleção motivou-me na conclusão do curso e na tentativa do ingresso na pós-graduação.

Além do objetivo citado inicialmente, o PIBID Ensino de Física (no qual estava inserido) primava pelo desenvolvimento de atividades didáticas de sala de aula com o uso de uma ferramenta em potencial: o uso das tecnologias de informação e comunicação, mais precisamente o computador. Além disso, logo nos primeiros encontros percebemos que o direcionamento era ainda mais claro quando planejamos todas as atividades didáticas de Física, em função de simulações computacionais. Ou seja, nestas atividades, trabalhamos basicamente na perspectiva da resolução de problemas de Física mediada por tecnologias.

De certa forma, no início, a adaptação para com este tipo de atividade foi um pouco lenta. Afinal, jamais havia trabalhado com esta ferramenta, para uma aula de Física. Mesmo como aluno, tive contato com o computador em aula, apenas em uma disciplina de programação no currículo do curso de Licenciatura³. Passada esta disciplina, em nenhum outro momento do curso foi desenvolvida qualquer atividade relacionada ao computador, de modo que competências associadas a isto precisam ser constantemente trabalhadas, uma vez que são facilmente esquecidas.

No entanto, com o desenvolvimento das atividades, e principalmente a partir dos resultados encontrados, consegui notar sua potencialidade e acessibilidade. Isso só pode ser concluído mediante ao material escrito que os alunos nos entregavam, em que manifestavam intensamente sua motivação em trabalhar com atividades como aquelas.

Concomitante a isso, ainda em 2009 e 2010, realizei o Estágio Supervisionado em Ensino de Física (ESEF) I, II e III, nos quais os objetivos principais eram conhecer a realidade da escola (problemas, desafios, organização, administração), perceber a sala de aula como um local de trabalho e proporcionar a turma aulas extras como um monitor (podendo assim estar inserido em sala de aula), assistir à aula do docente responsável, assim como discutir temas de interesse com o mesmo, e planejar as atividades que desenvolveria quando fosse o professor.

No ano seguinte, com o início do ESEF IV, tive a oportunidade de aplicar as atividades anteriormente planejadas, agora em uma aula regular. Os resultados encontrados durante o estágio foram extremamente gratificantes, principalmente pelos alunos obterem grandes

³ A disciplina FORTRAN foi cursada no segundo semestre do curso de graduação, no ano de 2007 (primeiro semestre letivo). Para maiores informações sobre a ementa do curso de Física Licenciatura Plena da UFSM consultar http://w3.ufsm.br/cursodefisica/index.php?option=com_content&view=article&id=24&Itemid=30.

aproveitamentos nas atividades realizadas. Cabe salientar que mesmo os melhores alunos apresentavam algumas dificuldades no uso da simulação computacional, na resolução do problema, ou ainda na construção de gráficos. Este fato evidenciava que ainda necessitava aprofundamento sobre a utilização deste tipo de atividade.

Foi a partir destes resultados, obtidos a partir de minha experiência de docente nas disciplinas do ESEF e também na atuação como bolsista do PIBID, considerando estes questionamentos, assim como comentários positivos e também negativos que me proporcionaram o desejo de investigar a potencialidade do uso do computador, mais especificamente, o uso de simulações computacionais como ferramentas didáticas para o ensino de Física na educação básica.

Com a conclusão do curso a aproximar-se, no fim do ano de 2011, realizei o processo seletivo do Programa de Pós-Graduação em Ciências: Química da Vida e Saúde, optando pela linha de pesquisa denominada Educação Científica: Processos de Ensino e Aprendizagem na Escola, na Universidade e no Laboratório de Pesquisa. A opção por tal linha está intimamente relacionada a sua característica, que é de desenvolver ações que envolvam o espaço escolar e o universitário, na busca por alternativas para amenizar situações problema relacionadas ao processo educacional. Ainda, as questões de pesquisa que se relacionam com esta área envolvem:

- as implicações da pesquisa no ensino de ciências;
- as implicações da pesquisa enquanto estratégia de formação de professores de ciências;
- as relações entre pesquisa em ciências e ensino de ciências;
- os saberes que constituem as práticas docentes;
- concepções epistemológicas sobre ciências e ensino de ciências;
- universidade e Espaços Educativos: espaços de formação e investigação;
- implicações teóricas na construção do conhecimento científico.

Como a intenção era investigar um cenário especificamente de sala de aula, a escolha pela linha temática referida anteriormente se faz justificada. Sendo assim, ingressei no primeiro semestre de 2012 no curso de Mestrado em Educação em Ciências, tendo como temática de pesquisa o uso de tecnologias de informação e comunicação (TIC) como ferramenta didática.

Neste sentido, o presente trabalho tem como um dos eixos centrais o desenvolvimento de atividades didáticas inovadoras, que fazem uso de TIC, baseadas em estratégias de resolução de problemas. Mais especificamente, elaboramos um conjunto de AD, nas quais empregamos uma simulação computacional, em diferentes configurações, para o estudo de mecânica de

partículas, tentando propor situações-problema desafiadoras e abertas, que, entre outras coisas, estimulem nos estudantes a atitude científica.

Optamos por utilizar o computador como ferramenta didática, pois o uso da informática como recurso didático tem experimentado um grande avanço nas últimas décadas, tanto em seu potencial didático como na diversificação de seu uso, conforme destacam Medeiros e Medeiros (2002) e Fiolhais e Trindade (2003).

Por outra perspectiva, Fiolhais e Trindade (2003) mencionam que:

A necessidade de diversificar métodos para combater o insucesso escolar, que é particularmente nítido nas ciências exactas, conduziu ao uso crescente e diversificado do computador no ensino de Física. O computador oferece actualmente várias possibilidades para ajudar a resolver os problemas de insucesso das ciências em geral e da Física em particular. (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003, p. 259)

Ou seja, as atividades que fazem o uso do computador cresceram na medida em que podem construir condições para mudar o panorama de insucesso escolar atualmente observado. Esses aspectos, em certa medida, justificam a nossa escolha em desenvolver atividades didáticas baseadas em TIC.

Além disso, iniciativas de políticas públicas, tais como o projeto UCA⁴ (Um Computador por Aluno) e o Proinfo⁵ (Programa Nacional de Tecnologia Educacional) estão facilitando o acesso ao computador de camadas cada vez maiores e diversificadas da nossa sociedade, principalmente para as salas de aula dos brasileiros. Mais direcionados ao docente, em paralelo, projetos tais como o Portal do Professor, o Banco Internacional de Objetos Educacionais, o PhET (sigla em inglês do projeto Tecnologia Educacional em Física da Universidade do Colorado), entre muitos outros, disponibilizam materiais didáticos com a intenção de subsidiar e incentivar o uso do computador como ferramenta didática no contexto prático das escolas.

Isso indica um incentivo de utilização deste tipo de atividade, o que nos confere uma outra justificativa para aplicabilidade do trabalho desenvolvido. Contudo, apesar deste aspecto, Fiolhais e Trindade (2003) indicam

...empreendem-se muitos esforços para desenvolver ferramentas educativas e são realizados muitos trabalhos que recorrem aos computadores no ensino. Contudo, só uma pequena minoria de docentes utiliza computadores quer no contexto da sala de aula quer como complemento de ensino fora das aulas. (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003, p. 270)

⁴ <http://www.uca.gov.br/institucional/>

⁵ <http://www.fn.de.gov.br/programas/programa-nacional-de-tecnologia-educacional-proinfo>

Ou seja, apesar do crescente e diversificado desenvolvimento de pesquisas e propostas para a inserção do computador como uma alternativa didática inovadora, a sua efetiva inserção na escola média não vem ocorrendo. Diante desses argumentos, justificamos o nosso interesse em desenvolver, implementar e avaliar atividades didáticas baseadas no uso do computador.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

- Elaborar, implementar e avaliar um conjunto inovador de atividades didáticas de mecânica de partículas baseadas em resolução de problemas e uso de simulações computacionais.

1.3.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos foram:

- Visualizar o campo de publicações na área, analisando duas revistas científicas de publicações nacionais no âmbito do ensino de Física, sobre o uso do computador em atividades de sala de aula. Ainda, buscamos registrar quais áreas da Física recebem maiores atividades.

- Elaborar atividade de Resolução de Problemas de Física, proporcionando a elaboração de material didático.

- Primar pelo desenvolvimento, por parte dos alunos, de competências e habilidades relacionadas à análise, construção e interpretação de gráficos (segundo o escopo da representação e comunicação dos PCN).

- Desenvolver concomitante conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais a partir das atividades didáticas inovadoras.

- Implementar as atividades anteriormente planejadas, em uma turma do nível superior.

- Possibilitar aos alunos, iniciantes no curso de graduação, contato com *softwares* educacionais de uso matemático, assim como trabalhar com interfaces de programação a partir de linhas de comando, proporcionando o desenvolvimento de competências associadas a este ACN.

- Avaliar a implementação de tais atividades, buscando estabelecer relações entre os resultados apresentados, identificando avanços e dificuldades mostrados a partir dos resultados entregues pelos alunos.

- Promover/Possibilitar o contato dos estudantes com atividades de caráter científico, como a coleta e a análise de dados.

CAPÍTULO 2 – O USO DAS TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA SALA DE AULA

Neste capítulo, mostram-se os resultados de uma pesquisa bibliográfica referente ao uso do computador, a qual foi realizada em dois periódicos nacionais, de 2000 a 2011, relacionados ao ensino de Física. O resultado aponta para uma pequena parcela de trabalhos vinculada ao uso do computador associado à resolução de problemas, e nenhum com o desenvolvimento de competências relacionados a um ambiente de computação numérica (ACN). Ainda, caracteriza-se uma simulação computacional, destacando as principais vantagens do uso destas em salas de aula e apresentam-se alguns portais da rede que trazem bibliotecas digitais, para o acesso a estes objetos virtuais. Ao finalizar, define-se o que é um ACN.

2.1 Contextualização

As práticas didáticas adotadas pelos professores de Física em sala de aula têm se baseado atualmente, em geral, em uma aula fundamentada extensivamente na exposição de conteúdos pelo professor, no uso do quadro negro e giz, e ainda aliada a uma alta taxa de resolução de exercícios. Esta prática didática é conhecida como “método tradicional”. Conforme Heineck (2007, p.1), “Relativo ao ensino de Física, atualmente o modelo adotado por alguns educadores tende a obedecer ao método tradicional de simples repasse de conteúdos, com aulas à base de giz, quadro-verde e livro didático”.

Porém a sala de aula está exposta à evolução tecnológica observada na sociedade em geral. Os meios de comunicação, os veículos, a medicina, tudo evolui rapidamente, e a escola também deve acompanhar esta evolução.

Neste sentido, as Tecnologias de Informação e Comunicação⁶ (TIC), hoje, acessíveis à grande maioria da população⁷, oferecem um acesso à informação diário e atualizado, o que pode mudar a forma com que o aluno estuda e aprende. Conforme (Brasil, 2002, p.88), “é inegável

⁶ As tecnologias de informação e comunicação se apresentam hoje, como qualquer material de caráter digital que proporciona a população atualização tecnológica e social.

⁷ Através da televisão, rádio, jornais e internet, por exemplo.

que a escola precisa acompanhar a evolução tecnológica e tirar o máximo de proveito dos benefícios que esta é capaz de proporcionar”.

Além disso, os PCN+⁸ (BRASIL, 2002) conferem importância fundamental às tecnologias, relacionando com o caráter social da aprendizagem ao destacar que:

A escola não pode ficar alheia ao universo informatizado se quiser, de fato, integrar o estudante ao mundo que o circunda, permitindo que ele seja um indivíduo autônomo, dotado de competências flexíveis e apto a enfrentar as rápidas mudanças que a tecnologia vem impondo à contemporaneidade (BRASIL, 2002, p. 229-230).

Já em relação ao computador, Araújo e Veit (2004, p.5) ressaltam que “Os computadores estão onipresentes na maior parte das áreas do conhecimento humano, desde a construção de usinas atômicas à elaboração de uma simples planilha para o controle do orçamento doméstico”.

Assim sendo, acredita-se que, se essas tecnologias forem incorporadas nas nossas escolas atuais, elas podem proporcionar um ambiente de aprendizado que condiz com a sociedade na qual o aluno está inserido. Os estudantes que hoje adentram às salas têm acesso a muitas ferramentas que podem ser úteis ao professor em sua aula. Os avanços tecnológicos devem ser incorporados às aulas, pois o professor tem em mãos uma quantidade de novos recursos ao seu dispor, como variedade de textos, figuras, animações, sons, jogos, aplicativos interativos, simulações computacionais, que podem tornar a aula mais dinâmica e interativa, proporcionando um processo de ensino-aprendizagem em que o estudante sinta-se mais envolvido.

Contudo, o simples fornecimento destes materiais, como o computador e *tablets*, mesmo para uso didático, não garante sucesso no processo de ensino-aprendizagem. É função do professor planejar as aulas de acordo com as necessidades impostas por estas estratégias, para que o objetivo de ensinar seja realmente alcançado. Como destacam Macedo, Dickman e Andrade (2004), a necessidade de o professor estar preparado para atividades inovadoras como esta é fundamental. Isso indica que de nada adianta introduzir equipamentos de tecnologia avançada na sala de aula, se o docente não está devidamente preparado para trabalhar com estas ferramentas.

2.2 Seleção dos Trabalhos

⁸ Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN).

Segundo Fiolhais e Trindade (2003), foi no início do presente século, com o aparecimento da *internet* e o desenvolvimento de notebooks, que o uso dos computadores no ensino de crianças e adolescentes ficou mais intenso.

Se o uso de computadores em atividades didáticas é algo já consolidado desde os anos 2000, conforme Fiolhais e Trindade (2003), restam alguns questionamentos acerca do tema: a) para que tipo de atividade o computador é utilizado como ferramenta didática em sala de aula? b) atividades de coleta de dados ainda são a principal função dos computadores nas salas de aulas?⁹ c) as simulações computacionais já são atividades consolidadas nas salas de aula? d) existem atividades baseadas em resolução de problemas com o uso de simulações computacionais?

Na tentativa de responder estes questionamentos e de identificar as diversas correntes relativas ao uso do computador em sala de aula, optou-se por realizar uma revisão bibliográfica em artigos científicos nacionais que estão voltados diretamente à prática docente de Física, tanto no Ensino Médio quanto no ensino superior. Ainda, definiu-se também como objetivo desta revisão criar um mapeamento conceitual sobre essas publicações. Ou seja, foram classificados e analisados os artigos na busca de identificar quais são os conceitos Físicos envolvidos nas atividades, destacando os que recebem maior e menor atenção.

Para desenvolver esta revisão, procurou-se analisar as publicações que se iniciaram no ano 2000 e perduraram até o ano de 2011, tendo em vista o uso de computadores no ensino. A investigação foi realizada sobre duas revistas científicas de circulação nacional, o Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF)¹⁰ e a Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF)¹¹.

A justificativa perante a escolha das revistas deu-se em torno do foco apresentado pelas mesmas. A RBEF visa a contribuir para a educação científica da sociedade como um todo, publicando artigos sobre aspectos teóricos e experimentais de Física, materiais e métodos instrucionais, desenvolvimento de currículo, pesquisa em ensino, história e filosofia da Física, política educacional e outros temas pertinentes e de interesse da comunidade engajada no ensino e pesquisa em Física.

⁹ Admite-se que o computador era usado primordialmente em atividades experimentais, para uso em coleta automática e análise de dados.

¹⁰ Esta revista possui avaliação no sistema Qualis Capes (2013) B1 para a área de Ensino, e esta versão é grátis e disponível no formato *on-line*.

¹¹ Este caderno possui avaliação no sistema Qualis Capes (2013) A1 para a área de ensino, e esta versão é grátis e disponível no formato *on-line*.

Já o CBEF é voltado prioritariamente para os cursos de formação de professores de Física. Também é utilizado em pós-graduações em Ensino de Ciências/Física e em cursos de aperfeiçoamento para professores do Nível Médio. O mesmo tem por objetivo promover uma disseminação efetiva e permanente de experiências entre docentes e pesquisadores, visando a elevar a qualidade do ensino de Física tanto nas instituições formadoras de novos professores quanto nas escolas em que esses docentes irão atuar.

Desta forma, a partir destes focos, fica clara a ligação existente entre os periódicos escolhidos e as metodologias empregadas para o ensino de Física, o que é passível de análise neste texto.

2.2.1 Análise dos Periódicos

Para a análise dos artigos, inicialmente, optou-se por um processo de filtragem. Esta seleção consistiu na leitura do título, do resumo e das palavras-chave de cada artigo, a fim de identificar aqueles que abordavam o uso do computador em atividades didáticas no ensino de Física. Caso fosse encontrada alguma informação que levasse a situação acima descrita, o artigo era selecionado para análise e interpretação; caso contrário, ele era automaticamente descartado.

Após este processo, deu-se a leitura completa dos artigos selecionados para, através da Análise Textual Discursiva (ATD) (MORAES; GALIAZZI, 2006), classificá-los em função de dois aspectos: a) se estão voltados à sala de aula; b) quanto aos conteúdos mais abordados na proposta descrita. Os resultados encontrados estão mostrados na próxima seção deste capítulo e estão divididos a partir da respectiva revista.

2.2.1.1 Caderno Brasileiro de Ensino de Física

Da investigação realizada nas últimas treze edições do CBEF (345 artigos publicados), foram selecionados 24 artigos que faziam menção ao uso do computador como ferramenta didática. A tabela 1 apresenta o número de artigos publicados em cada ano, além da porcentagem de artigos selecionados em relação ao número total.

Tabela 1 – Número de artigos publicados em cada ano no CBEF

Ano	N de artigos	Artigos Selecionados	Porcentagem
2000	26	4	15,3
2001	26	3	11,5
2002	31	0	0
2003	18	1	5,5
2004	66	2	3,0
2005	20	2	10,0
2006	19	1	5,2
2007	20	0	0
2008	26	3	12,5
2009	31	2	6,4
2010	33	4	12,1
2011	29	2	6,9
Total	345	24	6,9

Fonte: Elaborada pelo autor.

Ao analisar-se a tabela 1, observa-se uma quantidade pequena de artigos publicados relacionados ao uso do computador. É considerável ressaltar que, por dois anos (2002 e 2007), não foi encontrado nenhum texto de interesse na análise realizada. Como o campo de publicações do periódico é bastante amplo (vide foco descrito no início do capítulo), acredita-se que haja um equilíbrio nos temas publicados.

- Voltados à sala de aula

Inicialmente, o foco da análise dos artigos, como já destacado, foi quanto à natureza de sua publicação; neste caso, se é voltado à sala de aula. Nesta etapa, restaram 18 artigos para reflexão. Ou seja, dos vinte e quatro iniciais que tratavam do uso do computador, apenas dezoito ainda eram condiciona a sala de aula. De acordo com a análise destas publicações, através da Análise Textual Discursiva (ATD) (MORAES; GALIAZZI, 2006), emergiram quatro categorias:

- Simulações Computacionais: metade dos trabalhos voltados à sala de aula (nove) está relacionado ao uso de simulações computacionais. Através da análise realizada, encontraram-se relatos de atividades voltadas aos três níveis de ensino (médio, superior e tecnológico), o que pode apontar para a utilização gradativa destas estratégias em sala, embora apenas este indício não permita fazer alguma generalização.

Um trecho de um dos artigos selecionados evidencia a criação desta categoria.

Este estudo apresenta uma breve e panorâmica visão crítica sobre o uso das Tecnologias da Informação e Comunicação na Educação e, em especial, na Educação em Ciências, buscando, mais precisamente, centrar nossa atenção nos recursos da informática, com ênfase no uso e na adequação dos programas de simulação no ensino da Física (ANJOS, 2008, p. 570).

- Atividade Experimental: outra grande parcela (seis) dos artigos publicados é destinada ao uso do computador para fins experimentais. Dentre as características de seu uso, principalmente, valem-se de atividades de coleta de dados, ou, então, de análise gráfica. O fragmento abaixo explicita esta categoria.

Este artigo procura enfatizar a importância da experimentação na compreensão de um fenômeno físico sobre interferência, denominado batimento de ondas sonoras. Algumas alternativas para a realização do experimento são apresentadas e as limitações de cada uma delas são apontadas. O artigo apresenta, também, um software desenvolvido especificamente para este experimento, denominado Batimento... (SILVA et al, 2004, p.103).

- Aprendizagem: esta categoria relaciona estudos de teorias de aprendizagem e suas relações com o uso de computadores. A mesma contou com a seleção de dois artigos. De certa forma, caracterizam-se estes artigos como os que não foram aplicados em sala de aula e apresentam informações a respeito do uso do computador a partir de uma teoria de aprendizagem ou ainda dos processos de cognição envolvidos durante as atividades didáticas com TIC. Um exemplo de trecho de um artigo que possibilitou a identificação desta categoria foi “En este trabajo se discuten las ventajas y desventajas didacticas del uso de software de simulación en Física. Se establecen relaciones con la Teoria del Aprendizaje Signicativo de Ausubel.” (SANTOS; OTERO; FANARO, 2000, p. 50).

- Formação de Professores: responsável pela categoria com o menor número de publicações (um), esta representa o uso acoplado de TIC com atividades de formação de professores. Esta ferramenta, neste contexto, apresentou-se como ferramenta motivacional para o estudo de

determinado conteúdo, para a parcela de docentes envolvidos na pesquisa. O extrato a seguir representa uma fala característica da respectiva categoria

O foco do artigo é a descrição da nova versão da unidade conceitual (voltada a professores), complementada por alguns resultados qualitativos obtidos com a aplicação de instrumento virtual previamente construído para levantar informações sobre o tema. (OSTERMANN, 2005, p. 9).

- Quanto aos conteúdos abordados

O outro aspecto de análise consistiu em verificar os conteúdos abordados nas atividades. Um fator observado que cabe destacar foi a quantidade de trabalhos que abordaram conteúdos relacionados à Física Moderna, superando inclusive aqueles que abordaram os conteúdos de Cinemática.

As atividades relacionadas com Cinemática apresentaram uma relevância menor, porém ainda com um número considerável. A figura 01 apresenta os resultados encontrados neste item:

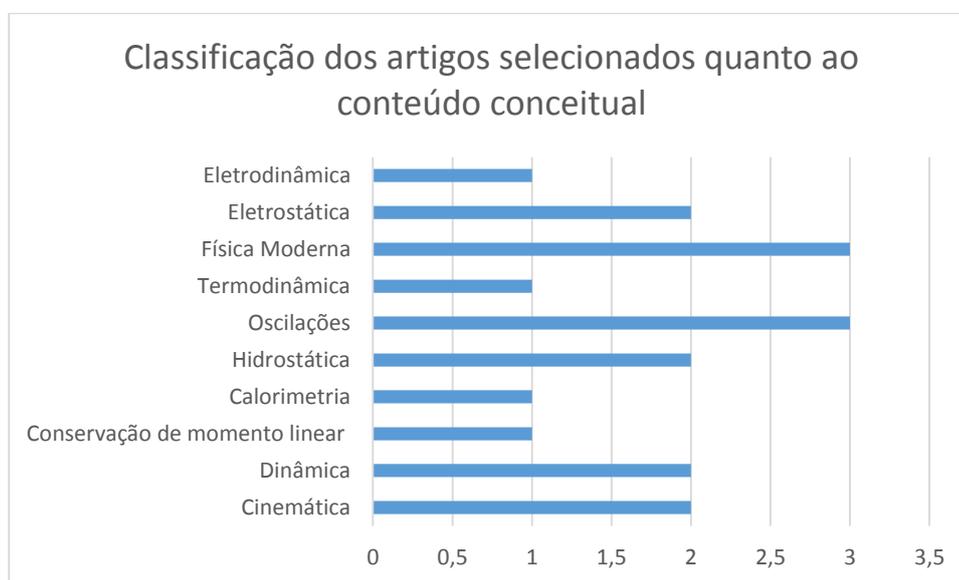


Figura 1 – Áreas das publicações do CBEF

Fonte: Elaborada pelo autor.

2.2.1.2 Revista Brasileira de Ensino de Física

Foram analisados 789 artigos, publicados entre janeiro de 2000 e dezembro de 2011. Desta análise, resultaram 133 artigos que utilizavam o computador como ferramenta didática. Após isso, a segunda etapa de seleção consistiu em separar os artigos que estavam voltados à sala de aula (foco deste trabalho). Com este filtro, 48 artigos foram descartados, restando, então, 85 trabalhos. A tabela 2 apresenta o número de artigos publicados em cada do ano, além da porcentagem de artigos selecionados em relação ao número total.

Tabela 2 – Número de artigos publicados em cada ano na RBEF

Ano	N de artigos	Artigos Selecionados	Porcentagem
2000	71	9	12,6
2001	57	7	12,2
2002*	59	21	35,6
2003	47	5	10,6
2004*	54	15	27,7
2005	76	10	13,1
2006	65	15	23,1
2007	79	10	12,6
2008	63	9	14,2
2009	63	9	14,2
2010	64	5	7,8
2011	91	18	19,7
Total	789	133	16,8

Fonte: Elaborada pelo autor.

Apesar de existir alguns anos com uma porcentagem alta de publicações relacionadas ao tema – devido a existência de publicações especiais que tratavam unicamente do uso do computador como ferramenta didática, como em 2002 e 2004 – visualiza-se certa linearidade no número de publicações e o valor de 16,8% corresponde a uma taxa significativa dos artigos analisados. Abaixo, destacam-se as classificações realizadas para este periódico.

- Voltados à sala de aula

Através da Análise Textual Discursiva (ATD) (MORAES; GALIAZZI, 2006), emergiram quatro categorias:

- Simulações Computacionais: a mais recorrente manifestação sobre o uso de computadores em sala de aula deu-se por meio de simulações computacionais. Isto representou 47% dos trabalhos desenvolvidos, o que, sem dúvida, é um número considerável quando comparado à totalidade dos artigos selecionados.

Assim como na análise realizada no periódico anterior, aqui também foi possível evidenciar que as atividades de simulações computacionais estão presentes no contexto de sala de aula, tanto no nível médio quanto no nível superior. O texto abaixo caracteriza a categoria.

Neste trabalho é apresentada a ferramenta de software Easy Java Simulations (EJS). Além de citar suas principais características e potencialidades na produção de simulações-Applets dirigidas ao ensino de Física, desenvolvem-se duas aplicações de modelagem em atividades de ensino: um sistema massa-mola e a solução numérica da Equação Schrodinger independente do tempo. (FIGUEIRA, 2005, p.613).

- Atividade Experimental: Aproximadamente 35% dos textos baseavam-se em atividades experimentais. Nestas atividades, o computador foi fundamental nos processos de coleta de dados e análise/construção de gráficos. O texto abaixo traz algumas evidências relacionadas a esta categoria.

Com a finalidade de testarmos nosso sistema experimental, realizamos algumas medidas envolvendo um circuito básico RC serial. Investigamos a forma de onda observada nos circuitos tipo passa-baixa e passa-alta nas configurações de integrador e diferenciador, respectivamente. (MAGNO et al, 2004, p.117).

Analisando esta citação, a utilização do computador como parte do aparato experimental da atividade é nítida. Observa-se que sua utilização também pode estar vinculada à análise e reprodução de gráficos.

- Aprendizagem: esta categoria representa uma parcela de aproximadamente 8% dos textos que abordam aspectos relacionados a teorias de aprendizagem associadas ao uso do computador em sala de aula. O texto abaixo, extraído de um dos artigos selecionados, representa características da categoria.

Fazemos uma breve análise da hierarquia de objetivos educacionais no domínio cognitivo seguindo a taxonomia sugerida por Bloom. Por outro lado, usamos a computação algébrica para construir as figuras de Lissajous e as comparamos com as já existentes na literatura. Classificamos a comparação das figuras obtidas com as já

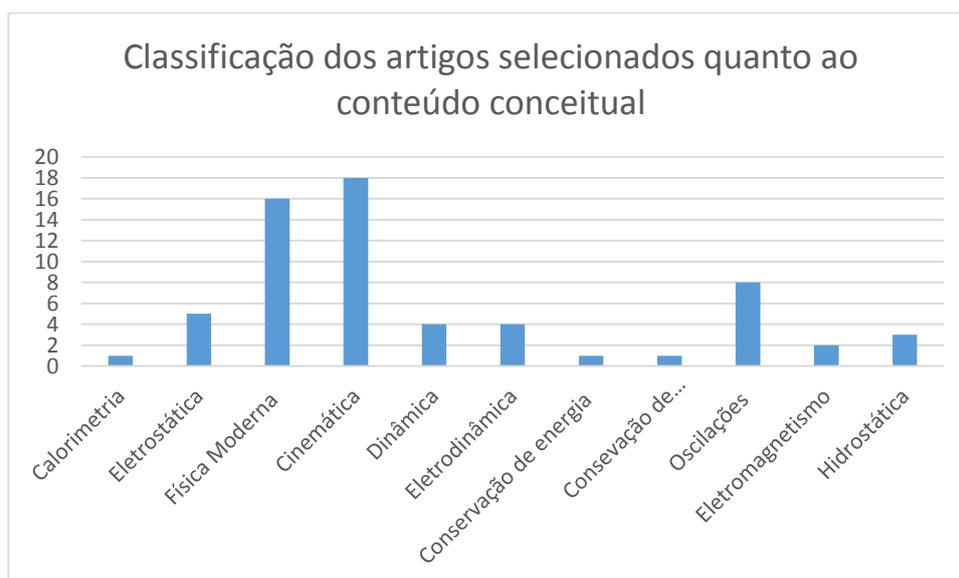
existentes como um processo ao terceiro nível da taxonomia de Bloom, o de aplicação. (ANDRADE; CAMPOS, 2005, p.587).

- Vídeos: esta categoria emergiu a partir das atividades que utilizavam o computador como ferramenta de construção ou visualização de vídeos. Esta utilização esteve presente em aproximadamente 10% dos artigos selecionados. O trecho abaixo representa a categoria: “Através de uma filmadora digital e do software de domínio público VirtualDub consegue-se registrar espacial e temporalmente a evolução dinâmica de um sistema muito rápido, como por exemplo, a queda livre” (SISMANOGLU et al ,2009, p.1501).

A análise realizada possibilitou também verificar que, na maior parte das atividades selecionadas nesta categoria, o texto esteve atrelado ao conteúdo de cinemática. Neste contexto, observa-se a utilização de gravações de diferentes tipos de movimento para análise de gráficos ligados ao Movimento Retilíneo Uniformemente Variado.

b) Quanto aos conteúdos abordados

A figura 2 apresenta uma perspectiva da divisão dos conteúdos das atividades em função do número de publicações. Cabe ressaltar que 66 artigos estavam estruturados a partir de algum conteúdo¹².



¹² Aborda-se aqui apenas os conteúdos conceituais ligados ao conteúdo programático da Física. Alguns artigos que tratavam de conteúdos relacionados a Matemática, como cálculo diferencial e integral, não aparecem na figura 2.

Figura 2 – Conteúdos conceituais das publicações do RBEF

Fonte: Elaborada pelo autor.

A leitura destes dados mostra que o conteúdo Cinemática está presente em 18 artigos, o que corresponde aproximadamente a 27% das publicações. Porém, outros dois fatores de interesse podem ser discutidos a partir do gráfico: o primeiro é a grande fatia, quase em igualdade com a da Cinemática, das publicações relacionadas a Física Moderna; o segundo, uma considerável parcela dos trabalhos ligados diretamente ao conteúdo de oscilações. Na próxima seção será dado ênfase a estas considerações.

2.2.2 Considerações e Comparações

Pela pesquisa realizada, no que confere ao uso do computador como atividade didática, esta prática mostra-se recorrente – segundo os periódicos analisados –, sendo aplicadas de cinco formas diferentes: simulação computacional, atividades experimentais, aprendizagem, vídeos e formação de professores.

A categoria simulação computacional engloba o uso de diferentes objetos de aprendizagem, simulações computacionais, modelagens computacionais e outros *softwares* empregados em sala de aula. Na análise realizada, verificou-se que esta prática está presente em diferentes níveis de ensino, o que comprova o questionamento inicial, no qual se pergunta se atividades deste caráter estavam sendo empregadas nas práticas didáticas de sala de aula.

Apesar de maciças as contribuições sobre este tema, são praticamente inexistentes os registros de trabalhos que envolvam as simulações associadas a práticas de resolução de problema, como estratégia didática. Apenas em um artigo do CBEF este tema foi abordado segundo esta estrutura. Ainda se for somado o desenvolvimento de competências em um ambiente de computação numérica (foco deste trabalho), o resultado é nulo/inexistente. Ou seja, o presente trabalho deve preencher em partes esta carência observada.

Com relação à categoria atividade experimental, o computador tem sido utilizado como ferramenta na coleta de dados, e análise e interpretação de gráficos. Mas esta prática, quantitativamente, já aparece em minoria quando comparada a de simulação computacional.

As outras três categorias restantes (aprendizagem, vídeos e formação de professores – estas duas últimas em revistas diferentes) representadas em menor escala discutiram aspectos relacionados à aprendizagem dos alunos em atividades computacionais, construção e análise de vídeos e, por fim, atividades de formação de professores.

Quanto aos conteúdos, embora houvesse uma diferença nos resultados dos dois periódicos, observou-se uma predominância com a Cinemática. Porém, há outros fatores que necessitam uma discussão mais aprofundada, como o número considerável de atividades relacionadas com o tema Física Moderna. Para uma primeira justificativa deste resultado, acredita-se que as simulações computacionais sobre este tema são de maior acesso do que os experimentos reais, os quais são em grande parte caros e de difícil acesso para a maioria das escolas/universidades.

Este aspecto é evidenciado por Fiolhais e Trindade (2003), que afirma que as simulações computacionais são excelentes alternativas para trabalhar atividades experimentais, quando de alguma maneira (econômica, de infraestrutura ou social) não se apresenta um laboratório de Ciências Naturais adequado para práticas deste tipo.

Ainda, nas duas revistas analisadas identificou-se que o conteúdo de Oscilações também possuiu notória atenção nos artigos. Geralmente, quando mencionado, apareceu juntamente com atividades experimentais.

2.3 Simulações Computacionais¹³

O conceito de movimento faz parte da vida das pessoas. Não obstante, vários temas na Física têm relação com movimento. Velocidade, aceleração, deslocamento e noções de cargas em movimentos são apenas alguns exemplos dentre outros tantos. Então, a partir disso, o professor, geralmente, deve ensiná-los de forma estática. Deste modo, cabe a seguinte pergunta: de que forma os livros textos atuais tratam de conceitos que envolvem o estudo de movimento?

Para Medeiros e Medeiros (2002), os livros-texto de Física têm recorrido, crescentemente, ao uso de um grande número de ilustrações, muitas das quais referentes a fenômenos dinâmicos. Mas, desta forma, usando figuras impressas para explicar situações de movimento, é claro para o aluno que um conceito relacionado ao movimento, pode ser

¹³ As simulações computacionais são reproduções de um modelo Físico de algum determinado fenômeno de interesse.

visualizado de forma estática? Estes autores destacam que a dificuldade de representar movimentos e processos através de ilustrações estáticas é algo que não deve ser subestimado no processo de ensino-aprendizagem.

Neste sentido, observa-se, muitas vezes, representações em livros didáticos de fenômenos de movimento com fotos que sucedem partículas em estados diferentes. A figura 03, abaixo, é usada como imagem em um livro didático do curso de Física no nível superior.

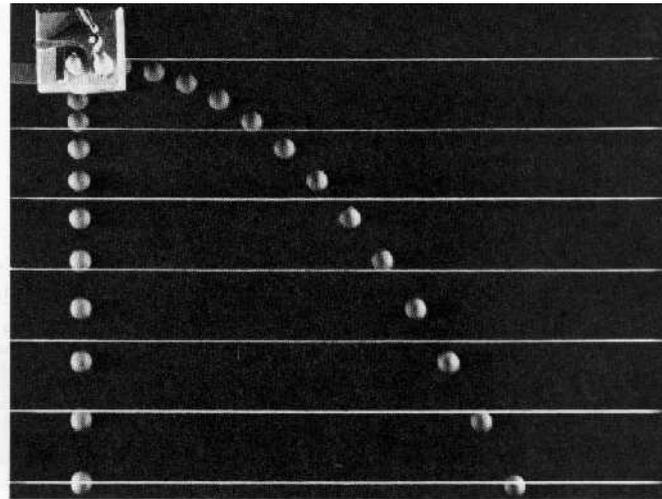


Figura 03: Imagem usada em livros didáticos para representar movimento

Medeiros e Medeiros (2002) afirmam que

Para contornar esta dificuldade de representação visual, os livros tem utilizado alguns truques como o de representar situações iniciais e finais de um processo por uma série de gravuras em diferentes instantes de tempo ou mesmo apelando para o uso de fotografias estroboscópicas. Tem sido, igualmente, utilizado o recurso de mostrar objetos em movimento com a adição de várias linhas na direção da velocidade ou de representar carros desacelerados com deformações exageradas dos pneus ou ainda de desenhar objetos velozes com linhas difusas e assim por diante.

Estes artifícios na tentativa de explicar os conteúdos relacionadas ao movimento continuam a apresentar resultados insatisfatórios para os estudantes¹⁴. Nesta perspectiva, como se verá a seguir, há literatura que apresenta as simulações computacionais como ferramenta para situações como as acima descritas Medeiros e Medeiros (2002).

¹⁴ O aproveitamento escolar dos alunos em situações como destaca-se acima, não é o desejado.

Porém, as vantagens desta prática não se resumem a esta citada anteriormente. Dentre as principais, segundo Medeiros e Medeiros (2002), destacam-se:

- Interatividade dos estudantes com o objeto de estudo, simulando variáveis de controle preestabelecidas;
- Desenvolvimento de atividades personalizadas, de modo que os alunos possam desenvolver atividades de caráter individual, com a sequência que desejarem;
- Representações muito próximas das experiências originais, o que indica que os modelos utilizados explicam com clareza o fenômeno estudado através da simulação computacional;

Além destes, ao tratar de simulações computacionais Fiolhais e Trindade (2003) também indicam vantagens do uso das mesmas:

- Possibilidade de simular atividades experimentais muito difíceis de ser explicadas ou abordadas, seja esta dificuldade oriunda de escassez de orçamentos, infraestrutura ou ainda por problema temporal;
- Fornece um *feedback*¹⁵ para aos alunos, enquanto desenvolvem a atividade de modo que os mesmos podem perceber o desempenho durante ou depois da tarefa;
- Proporciona aos estudantes atividades de caráter científico como: emissão e teste de hipótese e coleta e análise de dados¹⁶;
- Torna conceitos abstratos em concretos;
- Promove habilidades de raciocínio crítico;
- Visualiza sobre o mundo real, a partir de situações virtuais, sobre situações impossíveis de serem visualizadas diretamente;
- Desenvolve habilidades de resolução de problema.

Neste sentido, dá-se ênfase a uma vantagem descrita: a de fornecer estratégias complementares ao uso do laboratório experimental. Muitas vezes, algumas escolas não dispõem de laboratório de ciências e o uso de simulações pode reduzir, em partes, esta carência.

Confirmando esta perspectiva (quanto ao acesso do laboratório de Ciências), segundo dados de Comitê Gestor da Internet no Brasil, (BRASIL, 2010) apenas 52% das escolas da rede pública apresentam laboratório de Física e 86% apresentam laboratório de informática, com internet.

¹⁵ Entende-se, aqui, *feedback* como respostas ao desenvolvimento das atividades desenvolvidas pelos estudantes.

¹⁶ Atividades com caráter experimental.

Uma reflexão sobre estes dados pode apontar para o uso gradativo de atividades que fazem uso de (TIC) no ensino de Física, tanto no nível médio (educação básica), como em níveis mais avançados, como o ensino superior e o tecnológico. Contudo, não se afirma, aqui, que o uso destas estratégias deve superar a experimentação¹⁷ no ensino. Muito pelo contrário, mesmo que os alunos tenham acesso ao laboratório experimental, haverá a necessidade de TIC estarem inseridas como estratégia didática. Por exemplo, as mesmas podem ser usadas para coleta automática e análise de dados, ou ainda, simulações computacionais podem ser usadas para comparar modelos matemáticos com comportamento físico real (obtido nos laboratórios). Assim, não se está negando a importância das atividades experimentais (AE), ao invés disso, propondo estratégias complementares a estas, e que, caso necessário, possam suprir a carência de espaços físicos necessários para AE.

2.4 Portais da rede que disponibilizam simulações computacionais

Atualmente, existem inúmeros portais da rede que agrupam as simulações computacionais a fim de se apresentarem como uma biblioteca digital. Abaixo, estão listados aqueles considerados mais importantes na área de ensino de Física, e ainda caracteriza-se cada um com relação ao tipo de recursos didáticos, quantificação ou classificação das áreas de conhecimento abrangidas.

2.4.1 Portal *Physics Education Technology* (PhET) ¹⁸

É desenvolvido na Universidade do Colorado (EUA). Na página inicial, clicando no link sobre a PhET, pode-se considerar quais são as vantagens que os elaboradores destacam, dentre os quais se pode citar:

- Possibilitam visualizar situações invisíveis a olho nu;
- Interatividade;

¹⁷ Entende-se como atividades experimentais.

¹⁸ Disponível em http://phet.colorado.edu/pt_BR/.

- Resolução de problemas quantitativos;
- Análise e coleta de dados, proporcionando situações relacionadas com experimentos;
- *Feedback* à medida que o aluno desenvolve as respostas;
- Simulações gratuitas e de fácil acesso;

As simulações computacionais desse portal são desenvolvidas a partir dos conteúdos que abordam (os mesmos dão o nome aos objetos). Os conteúdos envolvem as disciplinas de Biologia, Física, Química, Ciências da Terra e Matemática. Neste caso, devido ao interesse, ao analisar as simulações relacionadas à disciplina de Física, encontraram-se os seguintes conteúdos abordados e a sua quantificação: Movimento (28); Som e Ondas (8); Trabalho, Energia e Potência (11); Calor e Termometria (11); Fenômenos Quânticos (20); Luz e Radiação (22); Eletricidade, Imãs e circuitos (23).

A figura 04, abaixo, representa a interface inicial deste portal:

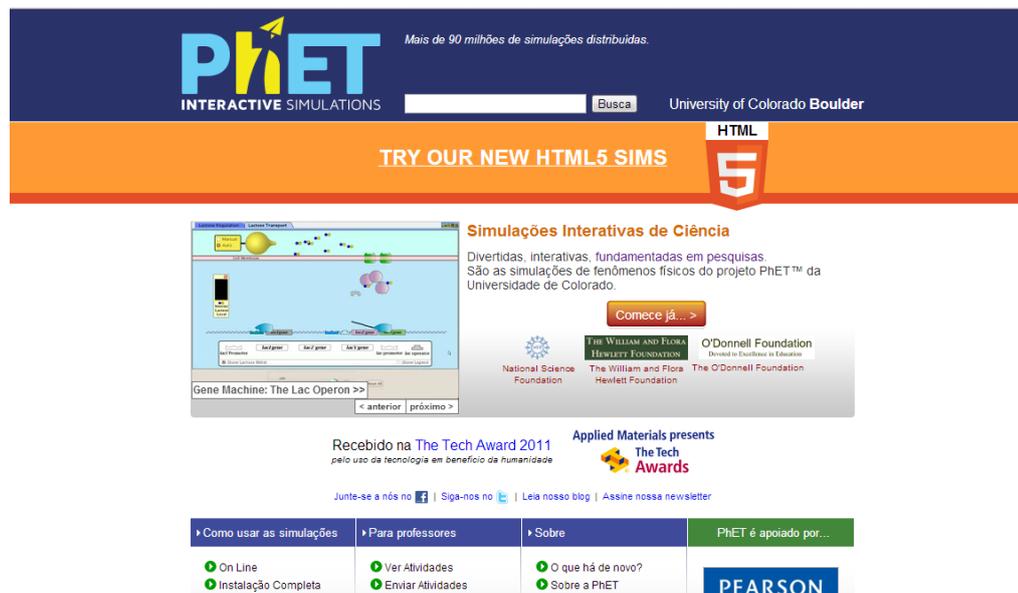


Figura 04: Interface da plataforma Portal *Physics Education Technology* (PhET)

Fonte: Portal *Physics Education Technology* (PhET)

2.4.2 *Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching* (MERLOT)¹⁹

¹⁹ Disponível em <http://www.merlot.org/merlot/index.html>.

O MERLOT é um programa da *California State University*, e, segundo informações disponibilizadas na página inicial deste portal, o objetivo é proporcionar acesso aos docentes do mundo todo, a uma comunidade livre e aberta, construída para o compartilhamento de ferramentas educacionais com o propósito educacional.

Estão disponíveis 38.938 recursos educacionais. Especificamente para a Física, são 2.075 recursos, organizados nos seguintes temas e quantidades: Mecânica clássica (352); Termodinâmica e mecânica estatística (152); Oscilações e ondas (238); Eletricidade e magnetismo (343); Ótica (214); Física moderna (308); Mecânica quântica (111); e Geral (357).

A figura 05, abaixo, representa a interface inicial do site do MERLOT:



Figura 05: Tela inicial do MERLOT.

Fonte: MERLOT.

2.4.3 Banco Internacional de Objetos Educacionais²⁰

²⁰ Disponível em <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/>

É um repositório de objetos educacionais direcionados a todos os níveis de ensino, Nesse momento, o portal possui 19.712 objetos²¹ publicados, 174 sendo avaliados ou aguardando autorização dos autores para a publicação e um total de 5.025.149 visitas de 185 países.

Abaixo, na figura 06, capturou-se a imagem da interface inicial do portal:

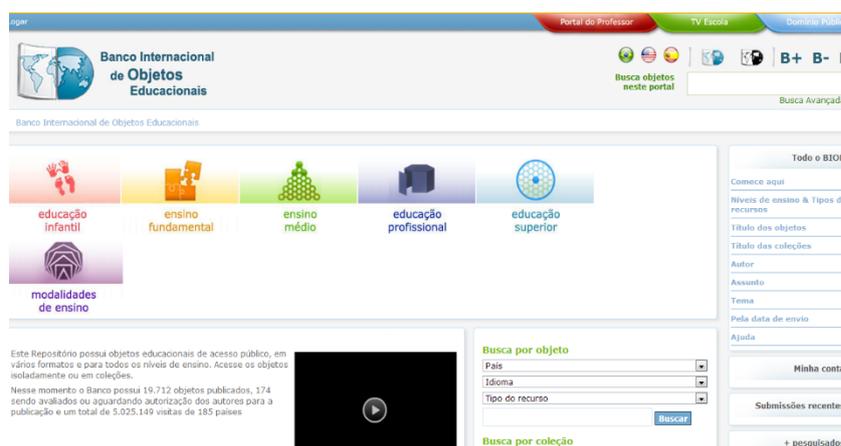


Figura 06: Interface inicial do repositório Banco Internacional de Objetos de Aprendizagem.

Fonte: Banco Internacional de Objetos de Aprendizagem.

Ao observar a figura 06, visualiza-se que, na tela inicial, já se encontra uma divisão por nível de ensino: educação infantil, ensino fundamental, ensino médio e educação profissional. De certa forma, isto representa que as hiper mídias educacionais estão disponíveis para todos os níveis de ensino.

Fazendo uma breve análise sobre a categoria ensino médio, encontram-se ferramentas hiper mídia de todas as áreas do conhecimento²² e, especialmente, a que se refere a disciplina de Física tem um número total de 2145 objetos virtuais. Dentre todas as áreas do conhecimento, é a mais quantificada, o que indica grande relevância (através da alta produção de materiais didáticos) desta prática na área de ensino de Física, o que vai ao encontro das considerações iniciais deste capítulo.

²¹ Objetos, neste contexto, devem ser entendidos como qualquer ferramenta hiper mídia.

²² Aqui, áreas do conhecimento competem as disciplinas presentes no currículo do ensino médio das escolas brasileiras.

Ao adentrar na categoria da disciplina de Física há uma predominância de atividades do tipo de simulações computacionais, correspondendo a aproximadamente 43% das atividades de Física dispostas no site. Cabe ainda ressaltar que outra categoria bastante relevante é a de vídeos que representam aproximadamente 23% do número total de hiperlinks no portal.

Existem também campos de pesquisa no site, que podem conferir ao professor buscar o conteúdo e a ferramenta de interesse, de uma forma rápida e objetiva. Ademais, o arquivo pode ser baixado, de forma que pode ser amplamente divulgado e utilizado.

2.4.4 Portal *Applets* Java de Física

Este portal aborda exclusivamente simulações computacionais de Física, classificadas e quantificadas da seguinte forma: Mecânica (14), Oscilações e Ondas (7), Eletrodinâmica (8), Ótica (3), Termodinâmica (1), Teoria da Relatividade (1), Física Atômica (2) e Física Nuclear (2). Além destas simulações computacionais citadas anteriormente, o repositório contém 13 *applets*²³ em Inglês que são direcionados a atividades didáticas.

A figura 07, abaixo, representa a interface inicial do portal:

Mecânica	
Equilíbrio entre Três Forças	03/11/2000 - 01/20/2003
Resultante das Forças (Adição de Vetores)	11/02/1998 - 01/20/2003
Sistema de Polias	03/24/1998 - 01/20/2003
Princípio da Alavanca	11/02/1997 - 01/20/2003

²³ Uma *applet* é uma pequena aplicação executada em uma janela de uma outra aplicação. Tem por finalidade estender as funcionalidades de *browsers*, adicionando som, animação, etc..., provenientes de fontes locais ou remotas, sendo que cada página web pode conter uma ou mais *applets*.

Figura 07: Interface inicial do repositório Portal *Applets* Java de Física.

Fonte: Portal *Applets* Java de Física.²⁴

2.4.5 Portal do Professor

Como o próprio nome já refere é um espaço destinado ao professor²⁵. Nele, estão disponíveis materiais de aula, recursos educacionais, cursos de formação continuada, planos de aula, assim como notícias relacionadas a educação.

A figura 08, abaixo, representa a interface inicial do portal:



Figura 08: Interface inicial do repositório Portal *do Professor*.

Fonte: Portal do Professor

Na tela inicial, representada na figura 08, observam-se as categorias na parte superior da figura. Destacam-se, neste momento, três delas: Espaço de aula, Cursos e Materiais e ainda Conteúdos Multimídia.

²⁴ Disponível em <http://www.walter-fendt.de/ph14br/>

²⁵ Disponível em <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/index.html>.

Para o primeiro (Espaço de aula), observa-se a opção “sugestões de aula”, onde o docente tem acesso a diversos materiais didáticos instrucionais, no sentido de fornecer ao professor um local adequado para o armazenamento de bibliografias relacionadas com atividades didáticas de sala de aula.

Já no segundo (Cursos e Materiais), estão dispostas informações sobre cursos de formação de professores. Há também, no item materiais de estudo, com artigos e publicações, estratégias pedagógicas, e entre outros objetos, de modo a subsidiar as práticas escolares dos professores.

Por fim, o espaço designado Conteúdos Multimídia dispõe de mais de doze mil recursos educacionais, dentre os quais estão simulações computacionais, animações, vídeos, entre outros, classificados de acordo com os conteúdos e níveis de ensino.

2.4.6 Graxaim²⁶

O site graxaim.org²⁷ desenvolve e disponibiliza aplicativos didáticos interativos. Estes aplicativos são projetados para serem incorporados em atividades didáticas de terceiros. Ou seja, cabe ao professor – interessado em utilizar esses recursos – desenvolver suas próprias AD. Isto é feito deliberadamente para que o docente possa empregar esses recursos de modo flexível, de acordo com suas necessidades e objetivos.

Atualmente, o site graxaim.org disponibiliza simulações de: (1) cinemática; (2) termodinâmica; (3) mecânica estatística. O Objeto de Aprendizagem (OA) que se emprega no presente trabalho, o Graxaim/Movimento de Partículas (G/MP), foi desenvolvido no âmbito do site graxaim.org. Esta simulação computacional é descrita em maiores detalhes no capítulo quatro desta dissertação.

As principais características dos OA desenvolvidos no âmbito deste²⁸ projeto são:

- Portabilidade didática: um OA Graxaim pode ser empregado em diferentes tipos de atividades didáticas, tais como aulas/demonstrações, proposição de problemas (abertos

²⁶ O Graxaim possibilita ao professor montar a atividade didática de acordo com as suas necessidades, uma vez que dispõe-se apenas do OA. Além disso, o portal não oferece em suas simulações a construção simultânea de gráficos, o que reforça a necessidade do professor construir atividades didáticas que potencializem esta ferramenta.

²⁷ Descreve-se o site graxaim.org em maiores detalhes, porque o OA empregado foi desenvolvido no âmbito desse site.

²⁸ Desenvolvidos entre o docente orientado e o pesquisador.

e fechados), trabalhos em grupo, entre outros. Portanto, o aplicativo em si não se constitui como uma AD. E isso dá a liberdade ao docente de utilizá-lo de acordo com seus objetivos e necessidades.

- **Interatividade:** esses aplicativos simulam modelos Físicos. Dessa maneira, o estudante pode variar certos parâmetros desse modelo e, então, observar/investigar quais são as consequências disso;
- **Representação visual sintética:** o OA graxaim simula o modelo Físico e não sistema físico real. Em outras palavras, a sua interface deve deixar claro para o estudante que está simulando um modelo de um sistema Físico e não o sistema real em si;
- **Portabilidade computacional:** essa característica está associada ao fato que esses aplicativos podem ser facilmente incorporados a páginas de web. E executados no próprio navegador de internet independentemente do sistema operacional utilizado, isto é, sem a necessidade de instalação no computador.

2.5 Ambiente de Computação Numérica

São muitas as competências que o estudante deve desenvolver para trabalhar com tecnologias, como competência na elaboração de textos, na elaboração de apresentações multimídias, em realizar pesquisas em múltiplas fontes, em trabalhar com colegas em ambientes virtuais e manipular, e em comparar e analisar dados numéricos.

Muitas dessas (como as quatro primeiras citadas), o aluno desenvolve bem durante sua escolaridade. Porém a última inexiste na grande maioria das atividades desenvolvidas no nível médio, e muitos estudantes não conseguem nem desenvolver atividades em planilhas de cálculo. Contudo, atualmente, problemas de ciências e engenharias requerem o desenvolvimento desta competência a partir de um ACN, que então precisam ser trabalhadas o quanto antes nas salas de aula (SAUERWEIN; SAUERWEIN, 2011). Esta competência está ligada ao domínio de um ambiente de computação numérica (ACN).

Um ACN pode ser um aplicativo ou um *software* numérico, onde se desenvolve uma variedade de operações matemáticas e de engenharia, associadas, por exemplo, ao cálculo diferencial, matrizes, ou simplesmente a operações básicas como soma e subtração. Além disso, muitos desses ACN também proporcionam a construção e análise de gráficos, a partir da inserção de um conjunto de dados na interface. Dentre os ambientes mais conhecidos,

destacam-se alguns como o Matlab, o Scilab, o Octave e ainda o FreeMat. Geralmente estes *softwares* são desenvolvidos a partir do uso de linhas de comando.

Disponibilizar o aprendizado deste tipo de *software*, o quanto antes possível, pode proporcionar que estudantes do nível médio já alcancem o ensino superior²⁹ munidos desta experiência, desta forma, o docente do nível superior receberia estudantes mais preparados, principalmente em áreas de matemática, engenharias e afins.

²⁹ Mesmo que não alcance a todos os estudantes de nível médio, que a proposta atinja aqueles interessados em carreiras acadêmicas relacionadas a esta área.

CAPÍTULO 3 – RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

Neste capítulo, inicialmente, definem-se e diferenciam-se problemas e exercícios, destacando suas funcionalidades didáticas. Logo após, mostra-se como atividades didáticas de resolução de problemas podem desenvolver conteúdos conceituais, procedimentais, atitudinais e o desenvolvimento de competências em ACN. Também se apresentam algumas críticas à forma como esta estratégia vem sendo desenvolvida, apontando para critérios que devem ser considerados ao propor atividades deste gênero. Discutem-se quais os principais enfoques da pesquisa da resolução de problemas, situando o presente trabalho.

3.1 Definição de Problema

A prática de resolução de exercícios e problemas como ferramenta didática no ensino de Física já está instaurada há anos nas salas de aulas brasileiras e de outros países. Apesar de, por vezes, os mesmos serem empregadas com o mesmo significado, não compartilham da mesma definição e aplicação didática.

O termo problema é apresentado em função dos procedimentos que o aluno utiliza enquanto resolve a atividade apresentada: caso utilize aplicação direta de fórmula/expressão, tem-se um exercício; do contrário, trata-se de um problema (Lester, *Apud* Pozo, 1998, p.18). Conforme Pozo (1998), um problema diferencia-se de um exercício na medida em que neste dispõe-se e utilizam-se sequências que levam a solução direta. Especificamente quanto ao problema, o autor afirma que

De uma forma bastante genérica, pode-se dizer que uma dada situação, quantitativa ou não, caracteriza-se como um problema para um indivíduo quando, procurando resolvê-la, ele não é levado à solução (no caso dela ocorrer) de uma forma imediata ou automática. Isto é, quando, necessariamente, o solucionador se envolve em um processo que requer reflexão e tomada de decisões sobre uma determinada sequência de passos ou etapas a seguir. (POZO, 1998, p16)

De modo geral, uma situação pode ser vista como um problema quando se assumir que a mesma necessita de uma resposta, mas que esta não é alcançada de forma prática, através de uma operação direta. São, muitas vezes, situações novas (as quais nunca se esteve em contato),

desafiadoras, em geral difíceis, que exigem reflexão e uma série de tomada de decisões quanto aos passos que se deve realizar na busca de uma solução possível.

Em contrapartida, o termo exercício, para Pozo (1998, p.16), fica concebido como “aplicação de rotinas aprendidas por repetição e automatizadas, sem que o aluno saiba discernir o sentido que está fazendo e, por conseguinte, sem que possa transferi-lo ou generaliza-lo de forma autônoma a situações novas, sejam cotidianas ou escolares”. Isso evidencia que o processo de resolução de exercício dá-se em torno de atividades sem reflexão por parte dos alunos, ou ainda, uma sequência de procedimentos que levam a um produto final sem sentido, analogamente a um algoritmo de programação.

Cabe salientar que essas definições não são absolutas, pois, uma vez que aprendemos a resolver um problema, as situações semelhantes (com soluções parecidas) passam a ser um simples exercício, ou ainda, o que é um problema para um aluno (não familiarizado com o conteúdo) não o é para seu professor ou colega, mais familiarizado com o assunto (PEDUZZI, 1997). Isto indica que uma mesma situação pode ser encarada como problema para alguns e como um exercício para outros (POZO, 1998). Como afirma Peduzzi (1997, p.230)

A distinção entre problema e exercício é bastante sutil, não devendo ser especificada em termos absolutos. Ela é função do indivíduo (de seus conhecimentos, da sua experiência etc.) e da tarefa que a ele se apresenta. Assim, enquanto uma determinada situação pode representar um problema genuíno para uma pessoa, para outra ela pode se constituir em um mero exercício.

Mas as atividades didáticas baseadas em exercícios têm funções didáticas importantes e que merecem destaque. Cabe salientar que os exercícios podem ser vistos como passos iniciais para o estudante aprender a resolver problemas, visto que é através dos exercícios que o aluno adquire e consolida as competências e habilidades (PEDUZZI, 1997).

Neste sentido, Costa e Moreira (2001, p.264) destacam que “Partimos do pressuposto de que os exercícios são importantes uma vez que habitualmente pretendem consolidar determinadas habilidades que serão exigidas na resolução de problemas”.

Isso indica que, muitas vezes, atividades introdutórias e que demandem um aprendizado de técnicas e habilidades, de modo sistemático, podem ficar a cargo de exercícios. Porém, no intuito de promover o aprendizado, a partir de problemas, somente isto não basta, pois os problemas demandam que o aluno utilize de maneira estratégica esses procedimentos aprendidos, sendo esta uma importante diferença entre praticar exercícios e resolver problemas.

3.2 As atividades didáticas de resolução de problemas e o desenvolvimento de conteúdos

Para Pozo (1998, p17), ensinar a resolver problemas não consiste somente em dotar os alunos de habilidades e estratégias eficazes na solução do problema. Na verdade, vai muito além disso, quando destacam que “...exigem a ativação de diversos tipos de conhecimento, não só de diferentes procedimentos mas também de diferentes tipos de atitudes, motivações e conceitos”.

Neste sentido, Clement e Terrazzan (2011, p.88) também indicam que a resolução de problemas vai além do domínio de procedimentos, pois afirmam que, em uma perspectiva de aprendizagem, a partir de RP, “... é preciso ensinar aos alunos, além dos conteúdos conceituais, também os conteúdos procedimentais e atitudinais, fundamentais para a resolução de problemas.”

Em relação a estes conteúdos, Zabala (1998, p.42-48) aborda-os nas três categorias discutidas anteriormente: atitudinais, conceituais e procedimentais. Para este autor, os conteúdos conceituais referem-se à construção ativa de capacidades intelectuais para operar símbolos, imagens, ideias e representações que permitam organizar as realidades. Já os conteúdos procedimentais, segundo ele, referem-se ao fazer com que os alunos construam instrumentos para analisar, por si mesmos, os resultados que obtêm e os processos que colocam em ação para atingir as metas que se propõem. Por fim, os conteúdos atitudinais referem-se à formação de atitudes e valores em relação à informação recebida, ou frente às atividades propostas. Abaixo, encontra-se destacado cada um deles, tentando identificar exemplos que se enquadram nas características destes conteúdos.

Os conteúdos conceituais aproximam-se dos conteúdos relacionados com as disciplinas³⁰. Por exemplo, em uma atividade de RP de Física sobre o estudo de Cinemática, os conteúdos conceituais desenvolvidos podem ser: o conceito de referencial, de posição, de velocidade, de aceleração; dentre outros temas relacionados à Cinemática. O desenvolvimento dos conceitos em uma atividade didática é fundamental, uma vez que a aprendizagem da Física está estritamente associada ao desenvolvimento dos conteúdos.

Os conteúdos procedimentais, por sua vez, estão ligados aos procedimentos envolvidos em uma atividade de RP. Sobre isso, Cool e Vals (2000) apresentam um conjunto de verbos denominados por eles de “verbos procedimentais”, os quais estão ligados a este tipo de conteúdo. Alguns deles são: manejar, usar, construir, aplicar, coletar, observar, experimentar,

³⁰ Relacionados com o conteúdo programático da disciplina.

elaborar, simular, demonstrar, planejar, avaliar, representar, analisar, identificar, entre outros. Estes verbos indicam uma ação, um saber fazer, quer dizer, expressam procedimentos que são necessários em várias atividades didáticas. Neste sentido, observa-se que o desenvolvimento de conteúdos procedimentais no âmbito da RP está associado a uma ação desenvolvida pelo estudante, ou ainda, na aquisição de meios para a execução de tais atividades.

Clement e Terrazzan (2011), ao analisar atividades de RP, apresentam alguns conteúdos procedimentais adquiridos pelos estudantes, dentre eles:

- Busca de informações (dados/fatos, leis, conceitos);
- Seleção das informações;
- Utilização/aplicação das informações recolhidas;
- Representação gráfica ou de desenhos;
- Comparação e/ou aplicação dos problemas a situações vivenciais;
- Ativação e utilização dos conhecimentos disponíveis;
- Elaboração de hipóteses;
- Proposição, discussão e elaboração de possíveis soluções (estratégias);
- Manipulação algébrica de equações e realização de cálculos;
- Expressão oral, ou seja, questionamentos, contraste de opiniões e apresentação do resultado obtido (processo de resolução);
- Argumentação e defesa de sua resolução;
- Expressão escrita, registro da resolução praticada.

Para esta definição, de conteúdos procedimentais, tem-se como base os estudos de Pozo (1998) , que, para isso, adotaram um conjunto de cinco categorias que agrupam os mesmos, quais sejam: 1) aquisição da informação; 2) interpretação da informação; 3) análise da informação e realização de inferências; 4) compreensão e organização conceitual da informação e 5) comunicação da informação. Mais tarde, no capítulo de análise dos resultados, estes grupos servirão como referência para mostrar o desenvolvimento de alguns conteúdos procedimentais.

Por fim, os conteúdos atitudinais estão relacionados aos valores morais que o aluno apresenta e adquire frente ao problema proposto. O comportamento, as escolhas, os diálogos, as atitudes. Especificamente, as atitudes são, segundo Zabala (1998, p. 46), “...tendências ou predisposições relativamente estáveis das pessoas para atuar de certa maneira.”

Ainda, no que confere às atitudes, também se destacam as que estão associadas diretamente com a prática de RP como iniciativa, curiosidade, senso de desafio, capacidade de

formular questões, dentre outras. Estas atitudes, uma vez desenvolvidas nos estudantes, podem colaborar fortemente em futuras atividades de resolução de problemas.

Ainda, os conteúdos atitudinais podem estar associados, por exemplo, ao desenvolvimento de uma atitude científica perante um problema, ou seja, o estudante entende a atividade proposta como desafiadora e cria estratégias de resolução, que partem da emissão de hipóteses até a comprovação e validação dos resultados obtidos.

A partir do exposto até aqui a resolução de problema configura-se como uma importante ferramenta didática no Ensino de Física (e de Ciências no geral) justamente por ser uma atividade na qual é possível integrar e desenvolver esses três tipos de conteúdo. Ao resolver um problema proposto, o estudante não utiliza somente domínio de procedimentos e técnicas. Além disso, quando o problema requer compreensão e entendimento do enunciado na busca das informações apresentadas, será preciso ter senso numérico ao trabalhar com as relações de quantidades, deferir por certas atitudes e ainda adquirir habilidade para construir, testar, verificar e comprovar as hipóteses desenvolvidas nas etapas de RP. Isto porque o conhecimento conceitual é importante no entendimento do enunciado do problema. Já os procedimentos são fundamentais para executar a solução planejada. E ainda, sem a atitude, a situação não representa um problema significativo, mas sim uma simples tarefa que o professor impôs ao seu aluno e que ele deve resolver pela necessidade indicada pela situação.

3.2.1 As atividades didáticas de resolução de problemas e o desenvolvimento de competências em um ACN

A importância do desenvolvimento de competências associadas às linguagens gráficas e análise de dados para o ensino de Física é de grande relevância. Os PCN+ (BRASIL,2002) apontam para esta importância, na primeira categoria de competências, denominada Representação e Comunicação.

O item I.2 do referido documento, ARTICULAÇÃO DOS SÍMBOLOS E CÓDIGOS DA C&T, destaca os objetivos a serem alcançados, a saber; ler, articular e interpretar símbolos e códigos em diferentes linguagens e representações: sentenças, equações, esquemas, diagramas, tabelas, gráficos e representações geométricas.

Ainda, este documento traz uma série de procedimentos alcançáveis, que culminam no domínio dos objetivos acima destacados:

- Ler e interpretar corretamente tabelas, gráficos, esquemas e diagramas, apresentados em textos;

Por exemplo, interpretar um gráfico de velocidade em função do tempo, ou da força pelo deslocamento de um objeto; compreender o esquema de uma montagem elétrica; ler um medidor de água ou de energia elétrica; interpretar um mapa meteorológico ou uma fotografia de radiação infravermelha, a partir da leitura de suas legendas.

- Construir sentenças ou esquemas para a resolução de problemas; construir tabelas e transformá-las em gráfico;

Deste modo, o aluno demonstra a capacidade de trabalhar com coleta e interpretação de dados, para, por exemplo, descrever o consumo de energia elétrica de uma residência, o gasto de combustível de um automóvel, em função do tempo, ou a posição relativa do Sol ao longo do dia ou do ano.

- Compreender que tabelas, gráficos e expressões matemáticas podem ser diferentes formas de representação de uma mesma relação, com potencialidades e limitações próprias, para ser capaz de escolher e fazer uso da linguagem mais apropriada em cada situação, além de poder traduzir entre si os significados dessas várias linguagens. Por exemplo, compreender que o consumo mensal de energia elétrica de uma residência, ao longo do ano, pode ser apresentado em uma tabela, que organiza os dados; ou através de um gráfico, que permite analisar melhor as tendências do consumo.

Dentre as diversas estratégias didáticas existentes, os PCN+ (BRASIL, 2002) indicam que o uso de resolução de problemas, no contexto do ensino de Física, favorece o desenvolvimento das competências acima mencionadas.

Desta forma, acredita-se que o uso de um ACN, pode promover os objetivos destacados pelo documento, na categoria I.2, primando pelo desenvolvimento de atividades relacionadas à coleta e interpretação de dados associadas a análise/construção de gráficos e o desenvolvimento de cálculos numérico, a partir da estratégia de resolução de problemas.

Este uso, além de conferir o desenvolvimento destes procedimentos, pode proporcionar aos estudantes um domínio da utilização de uma ferramenta relacionada ao ACN, que pode ser bastante útil na vida acadêmica e profissional.

3.2.2 Dificuldades no Ensino-Aprendizagem de resolução de problemas

Como destacado no início deste capítulo, a RP como uma atividade didática de sala de aula é utilizada há muitos anos, tanto no Ensino de Física como no Ensino de Ciências. Segundo Clement e Terrazzan (2011, p.87), o Ensino de Física e o Ensino de Ciências dedicam uma parte significativa de sua carga horária em sessões de RP. Ainda, para estes autores, “No ensino de Ciências e Matemática as atividades didáticas de resolução de problemas são consideradas atividades fundamentais para a promoção da aprendizagem dos alunos.”

Com relação a esta grande parcela das aulas de Física destinadas a atividades de RP, cabe uma crítica e um levantamento de características que promovam mudanças neste panorama, indicando para o uso adequado desta estratégia didática.

Muitas vezes, o professor pode preparar uma aula baseada em problemas para seus alunos e, na verdade, acabar executando apenas uma reprodução exagerada de exercícios, pois não consegue determinar que tipo de problema a turma está preparada para resolver. Isso pode levar a uma massificação da atividade e um desestímulo dos estudantes, pois resolvem os problemas de uma maneira imediata, conforme destaca Pozo (1998) sem refletir as etapas envolvidas na resolução.

Tendo em vista a importância atribuída para a resolução de problemas como estratégia didática para o ensino de Física, ou ainda o tempo de sala de aula dedicado para essa prática, seria fácil imaginar que os estudantes estivessem preparados para resolver problemas e traduzissem isso em resultados expressivos. Contudo, segundo Gil, Torregrossa e Pérez (1988), isso não é uma realidade, dado as altas taxas de fracasso dos alunos na prática de RP e o considerável número de reprovações nas disciplinas, como a Física, que empregam a RP como um dos principais instrumentos de avaliação da aprendizagem (ZYLBERSZTAJN, 1998).

Entre as explicações possíveis para esse quadro negativo, Gil, Torregrossa e Pérez (1988) e Peduzzi (1997) destacam a ineficiência da didática tradicionalmente empregada no processo de ensino-aprendizagem da resolução de problemas e o uso exclusivo de problemas fechados. De acordo com esses autores, a resolução de problemas é tradicionalmente abordada em sala de aula pelos professores, de forma simplificada, linear e mecânica, como se fossem simples exercícios de repetição com respostas diretas que não causam dúvidas (PEDUZZI, 1997).

Se a atual prática de RP em sala de aula apresenta carências, cabe a necessidade de que as aulas sejam estruturadas a partir de problemas, preferencialmente abertos. Em resumo, para que as situações

... se configurem verdadeiros problemas que obriguem o aluno a tomar decisões,

planejar e recorrer à sua bagagem de conceitos e procedimentos adquiridos, é preciso que as tarefas sejam abertas, diferentes uma das outras, ou seja, imprevisíveis. Um problema é sempre uma situação de alguma forma surpreendente. (POZO, 1998, p. 160).

Neste sentido, Pozo (1998, p. 161) estabelece alguns critérios que o professor precisa levar em conta no planejamento, execução e avaliação de atividades didáticas de resolução de problemas, para que estas tenham mais probabilidade de serem vistas pelos alunos como problemas e encarem-nos desta forma. Entre esses critérios, destacam-se os seguintes:

- Na proposição do problema:
 - Propor tarefas abertas que admitam vários caminhos possíveis de resolução e, inclusive, proporcionando problemas que admitam diferentes soluções;
 - Diversificar os contextos nos quais se propõe a aplicação de uma mesma estratégia, fazendo com que o aluno trabalhe os mesmos tipos de problemas em diferentes momentos do currículo, diante de conteúdos conceituais diferentes;
 - Usar os problemas com fins diversos durante o desenvolvimento de uma sequência didática de um tema, evitando que as tarefas práticas apareçam como ilustração, demonstração ou exemplificação de alguns conteúdos previamente apresentados ao aluno.

Desses itens percebe-se que os problemas devem ser mais que simples aplicação dos conceitos e procedimentos trabalhados. Essas atividades devem ser vistas como uma oportunidade de aprofundá-los e generalizá-los, afinal uma das grandes funções da aprendizagem é a possibilidade de generalização do aprendizado para ser utilizado em qualquer contexto.

A introdução de atividades que permitam ao aluno a escolha e tomada de decisões perante a resolução das mesmas são fundamentais, pois, desta maneira, o estudante participa efetivamente do próprio processo de aprendizagem.

- Durante a solução do problema:
 - Habituar o aluno a adotar as suas próprias decisões sobre o processo de resolução, assim como refletir sobre esse processo, dando-lhe uma autonomia crescente no processo de tomada de decisão;
 - Proporcionar aos alunos as informações que precisam durante o processo de resolução, realizando um trabalho de apoio, dirigido mais a fazer perguntas ou fomentar nos alunos o hábito de perguntar-se do que dar a resposta às perguntas dos alunos.

Na análise destes aspectos, visualiza-se a necessidade de um docente que proporcione, em encontros presenciais e não presenciais, um processo de mediação entre as atividades e os estudantes, de modo que o mesmo fomente discussões e não apresente a resposta pronta como um produto final e acabado.

Desta forma, na medida em que adquire habilidades e competências para desenvolver as soluções necessárias, a partir do apoio deste docente mediador, o aluno desenvolve a autonomia necessária para a sequência das atividades.

- Na avaliação do problema:
 - Avaliar mais os processos de resolução seguidos pelo aluno do que a correção final da resposta obtida. Ou seja, avaliar mais do que corrigir;
 - Valorizar especialmente o grau em que esse processo de resolução envolve um planejamento prévio, uma reflexão durante a realização da tarefa e uma auto avaliação do aluno pelo processo seguido;
 - Valorizar a reflexão e a profundidade das soluções alcançadas pelos alunos e não a rapidez com que são obtidas.

Estas concepções, principalmente a primeira, reflete diretamente a ação do professor como avaliador. Muitas vezes, ao deferir uma avaliação de alguma atividade, os professores concentram-se apenas no resultado final alcançado e não observam quais foram os caminhos traçados pelos alunos para este produto. Avaliar estes caminhos significa buscar entender quais foram os meios utilizados pelos alunos, identificando a coerência e a validade dos resultados encontrados.

3.3 Principais enfoques da pesquisa em RP

Segundo Pozo (1998), a pesquisa em didática de RP pode ser classificada em duas grandes tendências:

- Resolução de problemas como uma habilidade geral;
- Resolução de problemas como um processo específico.

Além destes destacados por Pozo (1998), Zylbersztajn (1998) identifica um terceiro enfoque, denominado resolução de problemas como investigação científica, proposto por Gil,

Torregrossa e Pérez (1988). A seguir, apresenta-se e discute-se brevemente cada um destes enfoques, para, mais tarde, situar o presente trabalho nestes contextos.

3.3.1 A resolução de problema como habilidade geral

Neste enfoque, as habilidades e estratégias relacionadas com a resolução de problemas são vistas como um conteúdo possível de generalização e independente da estrutura e dos conteúdos específicos das diferentes áreas do conhecimento. Para Costa e Moreira (1997, p.155), “existe uma série de procedimentos e habilidades que são comuns em todos os problemas”. Na prática, isso indica que expostos a dois problemas distintos ainda assim desenvolvem-se estratégias iguais para solucioná-los e que estas devem ser ensinadas numa perspectiva geral, para a generalização do seu uso.

Segundo Pozo (1998), os pesquisadores desse enfoque reconhecem que os procedimentos para solucionar problemas podem variar de uma disciplina para outra. Entretanto, todas as estratégias ou métodos que otimizam a resolução de problemas estendem-se a todos os campos do conhecimento.

Isso indica que a tarefa de ensinar através da resolução de problemas consiste em dotar o estudante de um número razoável de habilidades e técnicas, para que o mesmo consiga generalizá-las para outros problemas, até mesmo de outras áreas do conhecimento ou ainda para situações de seu cotidiano. Pozo (1998) indica que dois problemas extremamente diferentes ainda compartilham de técnicas de resolução semelhantes.

Para Pozo (1998), a solução de um problema, a partir deste enfoque, exige “a compreensão da tarefa, a concepção de um plano que nos conduz a meta, a execução desse plano e, finalmente, uma análise que nos leve a determinar se alcançamos esta meta ou não.” Estas ideias acima mencionadas são entendidas como uma série de etapas, que conduzem até uma solução pertinente.

Contudo, os resultados apresentados não foram satisfatórios. Conforme destaca Pozo (1998), apenas os problemas simples ou ainda relacionados a matemática tiveram resultados interessantes. O autor assinala que

“De qualquer forma, parece difícil, tanto por razões psicológicas como didáticas, treinar os alunos na solução de problemas de uma maneira geral, ou seja, independente dos conteúdos concretos aos quais se aplicam” (POZO, 1998, p. 29).

Diante deste resultado, o enfoque no qual a RP está estritamente relacionada com os conteúdos específicos das disciplinas começou a ganhar destaque. No item a seguir, discute-se esse segundo enfoque com mais detalhes.

3.3.2 A resolução de problemas como um processo específico

Para Pozo (1998, p. 30), este enfoque “ênfatiza as especificidades das técnicas e habilidades”. Na prática, isso indica uma ênfase maior nos conhecimentos específicos relativos a solução do problema, e não nas técnicas e habilidades gerais, conforme destacado no enfoque anterior. O autor afirma que:

“Em vez de tentar identificar um processo geral útil para a solução de qualquer problema, tenta-se conhecer como a experiência e os conhecimentos específicos numa determinada área ou domínio de conhecimentos afetam a solução de um problema próprio dessa área.” (POZO, 1998, p. 30).

Existem também características fundamentais para a execução deste enfoque de resolução de problemas. De acordo com Pozo (1998, p. 30-32), alguns dos pressupostos básicos são os seguintes:

- As habilidades e estratégias de solução de problemas são específicas a um dado domínio e, por isso, dificilmente transferíveis de uma área para a outra;
- A maior eficiência na solução de problemas pelos especialistas não seria devido a sua maior capacidade cognitiva geral e sim aos seus conhecimentos específicos;
- A perícia implica uma utilização ideal dos recursos cognitivos disponíveis na própria área de especificidade;
- As habilidades de resolução de problemas e, em geral, a perícia, são um efeito da prática;
- A eficiência na solução de problemas depende muito da disponibilidade e da ativação de conhecimentos conceituais adequados.

Segundo Pozo (1998), o objetivo dessa técnica de investigação é comparar como especialistas e novatos resolvem problemas específicos de uma área para mapear as diferenças e tentar identificar o que torna o especialista um solucionador de problemas mais eficiente. Ou seja, dá-se grande relevância ao domínio de estratégias e técnicas que são específicas àquela

determinada área do conhecimento. Em relação a esta diferença entre especialistas e iniciantes, o autor destaca que “físicos resolvem os problemas de física de maneira mais eficaz”. Esta afirmação confere a característica básica deste enfoque, evidenciando as especificidades de cada área do conhecimento respectivo ao problema.

3.3.3 A Resolução de problemas como investigação científica

O desenvolvimento deste enfoque deu-se na tentativa de uma proposta mais efetiva na didática de Resolução de problemas (Gil, Torregrossa e Pérez 1988). Para Gil et al. (1992, p. 14)

Se analisarmos a literatura presente sobre resolução de problemas podemos constatar que uma boa parte tem se dedicado a mostrar a diferença entre especialistas e iniciantes, entre bons e maus revolvedores, com objetivo de estabelecer relações e extrair recomendações uteis para os alunos.” (Tradução nossa).

Como destacam, os resultados destas investigações não trouxeram grande avanços para o campo da resolução de problemas. Assim sendo, desenvolveram um modelo de resolução de problemas baseado em situações-problemas abertas³¹. Todavia, abordar situações-problemas abertas pode ser um processo confuso para os estudantes, uma vez que muitos podem não estar habituados a trabalhar somente com os problemas tradicionais. Tendo isto em conta, Gil et al (1992, p. 14-18) propuseram um modelo de resolução de problemas com a finalidade de auxiliar os estudantes e professores nessa tarefa. Abaixo, apresentam-se os passos que compõem esse modelo:

- Considerar qual pode ser o interesse da situação problemática considerada;
- Começar por um estudo qualitativo da situação, tentando abordar e definir de maneira precisa o problema, explicitando as condições que se consideram reinantes, etc.;
- Emitir hipóteses fundadas sobre os fatores dos quais podem depender a grandeza buscada e sobre a forma desta dependência, imaginando, em particular, casos limites de fácil interpretação física;

³¹ São problemas em que o aluno tem menos informações sobre a sequência de passos que o leva a solução do problema. Geralmente, quando são aplicadas, as mesmas dispensam roteiros preestabelecidos ou rotinas de passo a passo.

- Elaborar e explicar possíveis estratégias de solução antes de proceder a esta, evitando o puro ensaio e erro. Buscar distintos modos de resolução para possibilitar a contraste dos resultados obtidos e mostrar a coerência do corpo de conhecimentos de que se dispõe;
- Realizar a resolução verbalizando ao máximo, fundamentando o que se faz e evitando, uma vez mais, operativismos carentes de significação física;
- Analisar cuidadosamente os resultados à luz das hipóteses elaboradas e, em particular, dos casos limites considerados;
- Considerar as perspectivas abertas pela investigação realizada, contemplando, por exemplo, o interesse de abordar a situação em um nível de maior complexidade ou considerando suas implicações teóricas (aprofundamento na compreensão de algum conceito) ou práticas (possibilidades de aplicações técnicas). Conceber, particularmente, novas situações a investigar, sugeridas pelo estudo realizado;
- Elaborar uma memória que explique o processo de resolução e que destaque os aspectos de maior interesse no tratamento da situação considerada.

Estes passos destacados por Gil et al. (1992) aproximam-se de uma investigação científica (de natureza científica) e em detrimento disso, este enfoque é denominado desta maneira.

3.4 A resolução de problemas no contexto do presente trabalho

Na seção anterior, foram mostrados os três principais enfoques da pesquisa de resolução de problemas. Apontaram-se algumas diferenças entre eles, principalmente as relacionadas com a forma de abordar a solução de problemas. Mas, ficou evidenciado que todos³² concordam que a estruturação de atividades didáticas na forma de problemas configura-se como uma importante ferramenta didática para o ensino das Ciências Naturais.

Uma atividade didática baseada na resolução de problemas tem como núcleo central situações-problema. Entretanto, para que o estudante solucione uma situação-problema, ele precisa executar determinados procedimentos e estabelecer relações entre conceitos, o que favorece a construção do seu conhecimento.

Para tanto, mescla-se o uso de problemas mais fechados nas atividades iniciais (AD de

³² A palavra todos se refere aos enfoques da pesquisa em RP.

1 a 4), para, então, propor problemas abertos somente nas AD finais (5 e 6). No contexto de nosso trabalho, a resolução de problemas foi abordada mesclando algumas características do enfoque ligado aos conteúdos específicos, assim como características da resolução de problemas como investigação científica. No que diz respeito ao primeiro item, os conteúdos específicos da disciplina de Física (mecânica de partículas) desempenham um papel importante nas atividades didáticas (AD). Para o caso da RP como investigação científica, as AD foram desenvolvidas tendo como um de seus objetivos gerais fomentar no estudante a atitude científica, a qual está relacionada com os seguintes aspectos, propostos por Gil, Torregrossa e Pérez (1988): (1) empregar situações-problemas mais abertas que permitam múltiplas resoluções válidas; (2) problemas que estimulem os estudantes a criar/testar hipóteses; (3) analisar a resposta alcançada levando em conta as hipóteses criadas.

CAPÍTULO 4 – ATIVIDADES DIDÁTICAS

4.1 Apresentação das Atividades Didáticas

As AD constituem-se em um conjunto de problemas (sempre que possível constituem-se de problemas) formulados em torno de uma simulação computacional do movimento de partículas que promovem o aprendizado desde tópicos básicos de cinemática até tópicos que envolvem energia e colisão de partículas. A resolução dos problemas estimula o aluno a adotar uma ferramenta matemática para a análise dos dados gerados pela simulação, a fim de desenvolver uma série de competências em um ACN.

As AD foram elaboradas para propiciar o aprendizado de três tipos de conteúdo: os conceituais, que estão ligados diretamente aos conceitos; os atitudinais, os quais se relacionam com as atitudes dos alunos perante as atividades apresentadas e ainda os procedimentais, os quais estão relacionados com o domínio de procedimentos para a resolução das atividades didáticas.

É imprescindível que as AD apresentadas contemplem os conceitos abrangidos pela mesma. Não há como ensinar Física sem desenvolver o aprendizado de conteúdos como velocidade, aceleração, força e conservação de energia, por exemplo. O aprendizado dos conceitos Físicos necessários é fundamental para que os objetivos didáticos propostos através das atividades sejam alcançados. Estes conceitos compreendem os conteúdos conceituais e afirma-se que estão relacionados diretamente com o conteúdo programático da disciplina.

Com relação aos conteúdos atitudinais que, geralmente, não estão explícitos nos programas das AD desenvolvidas nas disciplinas, aqui detêm um papel significativo. Afinal, estes aparecem na busca por uma atitude científica³³ na realização das atividades e esta capacidade de enfrentar os problemas de sala de aula como se fossem problemas científicos pode estimular o aluno no desenvolvimento destas AD e ainda de outras que possivelmente forem apresentadas em outro contexto.

O desenvolvimento de conteúdos procedimentais em atividades de RP está sempre presente. Desta forma, as AD objetivam o desenvolvimento destes, que estão ligados

³³ Entende-se como trabalho semelhante ao dos laboratórios de pesquisa, no qual se configura a emissão e o teste de hipóteses, por exemplo.

diretamente a um domínio de uma série de métodos, destrezas, habilidades e técnicas. Além destes citados, estas atividades proporcionam o desenvolvimento de conteúdos procedimentais ligados ao desenvolvimento de competências em um ACN, proporcionando o aluno ingressante na graduação contato com ferramentas deste gênero.

Conforme destaca Zabala (1998), a RP possibilita o desenvolvimento, de forma conjunta, de ambos os conteúdos discutidos anteriormente (conceituais, atitudinais e procedimentais). Então, a partir desta estratégia didática e usando uma simulação computacional estruturaram-se as AD.

Cabe destacar que a resolução de problemas desenvolvida neste trabalho vai além da habitual prática de RP realizada em sala de aula. Enquanto a segunda está ligada com problemas oriundos de livros textos básicos das disciplinas e resolvidas com a prática chama de lápis e papel³⁴, a primeira está vinculada ao uso de simulações computacionais aliadas a este desenvolvimento de problemas.

Para a realização destas AD é necessário a adoção de um pacote matemático de uso geral. As mesmas geram deliberadamente uma grande quantidade de dados para que os alunos possam analisá-los de acordo com os problemas propostos. Neste sentido, devido à enormidade do conjunto de dados gerados pela simulação, a análise de dados manualmente torna-se inviável e improdutiva para realizá-las, de modo que a utilização deste ACN proporcionará ao estudante um aprendizado de suma importância. Há vários pacotes disponíveis, desde planilhas de cálculo (Excel, Openoffice), até ferramenta mais complexas como Matlab, Scilab e Octave usadas normalmente nas áreas de engenharias e afins.

Visto a necessidade do uso desta ferramenta, o docente estará proporcionando aos estudantes uma experiência de grande importância. Se, por ventura, algum estudante já domina algum *software*, terá a oportunidade de aprimorar o uso, uma vez que é comum esquecer-se algumas funcionalidades à medida que o tempo passa e não usar algumas destas ferramentas. Além disso, para aqueles que nunca tiveram contato com experiências deste gênero, o aprendizado de competências em um ACN, as quais podem ser muito úteis em sua vida acadêmica e profissional ainda no início de sua graduação tende a ser bastante proveitosa.

4.2 Estrutura das Atividades Didáticas

³⁴ Prática didática de uso expressivo nas atuais aulas de Física.

Quando atividades inovadoras são apresentadas aos estudantes, faz-se necessária certa adaptação dos mesmos para com as atividades. Neste sentido, cabe salientar que as AD foram estruturadas com um modelo ascendente em dois aspectos, tanto quanto ao desenvolvimento de problemas que partem de mais simples³⁵ até os mais complexos, até o desenvolvimento de competências em um ACN, inicialmente, de fácil execução até rotinas mais difíceis de serem executadas no *software* matemático.

Desta forma, a primeira atividade tem um nível de exigência conceitual e de desenvolvimento de procedimentos ligados ao uso do *software* menos complexo do que a última atividade (no caso específico deste trabalho, a sexta AD). Por exemplo, a primeira trata de conceitos básicos do movimento de partículas como posição e velocidade, em relação aos conteúdos conceituais, e domínio de simples comandos para construção de gráficos, relacionadas ao desenvolvimento de competências ACN. Já a última AD traz para os conteúdos conceituais o princípio de conservação de energia e momento linear, e ainda, para o desenvolvimento de competências ACN, comandos para o cálculo diferencial e construção de vários gráficos em uma mesma tela são necessários.

Como as AD envolvem o desenvolvimento de conteúdos conceituais, atitudinais e procedimentais, o acompanhamento do docente durante a realização das AD faz-se extremamente necessário. Além disso, como as AD trabalham conteúdos relacionados a disciplina, é necessário que sejam aplicadas perante acompanhamento do conteúdo em sala de aula e ainda frisando o fato das simulações gerarem um grande número de dados, e isso implicar na escolha de um *software* matemático de uso geral, o que pode, em alguns casos (se o aluno não domina nenhuma ferramenta deste tipo) demandar acompanhamento e oficinas didáticas que auxiliem ao uso destas ferramentas.

As AD têm uma série de fatores comuns, a saber: um texto introdutório referente a cada AD, o uso do objeto de aprendizagem Graxaim Movimento de Partículas G/MP, uma série de instruções para o uso deste objeto e para a realização da atividade e, por fim, a sequência de problemas que devem ser resolvidos pelos alunos.

No que concerne ao texto introdutório, o mesmo refere-se a situações de conhecimento cotidiano dos estudantes, e tem a importância de orientar o aluno sobre o tema desenvolvido na AD. Por exemplo, na AD número 4³⁶, o texto foi: “Você está jogando futebol e de repente aos

³⁵ Cabe destacar novamente, que as atividade 5 e 6 foram fundamentadas mais em termos de problemas abertos, enquanto as iniciais habituaram os alunos a trabalhar com atividades deste gênero.

³⁶ Disponível em <http://boltz.ccne.ufsm.br/st01/?q=node/9>.

45 minutos do segundo tempo, falta para o seu time na frente da área. O treinador olha pra você e grita: É você quem bate! E agora será que você consegue passar a barreira? Que fatores influenciam no seu chute?” Essa frase tenta induzir o aluno a atividades ligadas ao seu cotidiano, indicando que o problema assemelha-se com algo que ele, de alguma maneira, já teve contato.

Cada AD traz o G/MP em uma configuração especialmente planejada, em função dos problemas abordados nas tarefas apresentadas aos estudantes, demonstrando o interesse por simulações computacionais programadas de acordo com as necessidades julgadas, de modo que os problemas e a simulação computacional foram elaborados conjuntamente, indicando que os mesmos são dependentes. Referente às simulações computacionais utilizadas nas AD, as figuras 09 e 10 listadas abaixo, trazem a interface de duas simulações usadas em algumas das atividades:

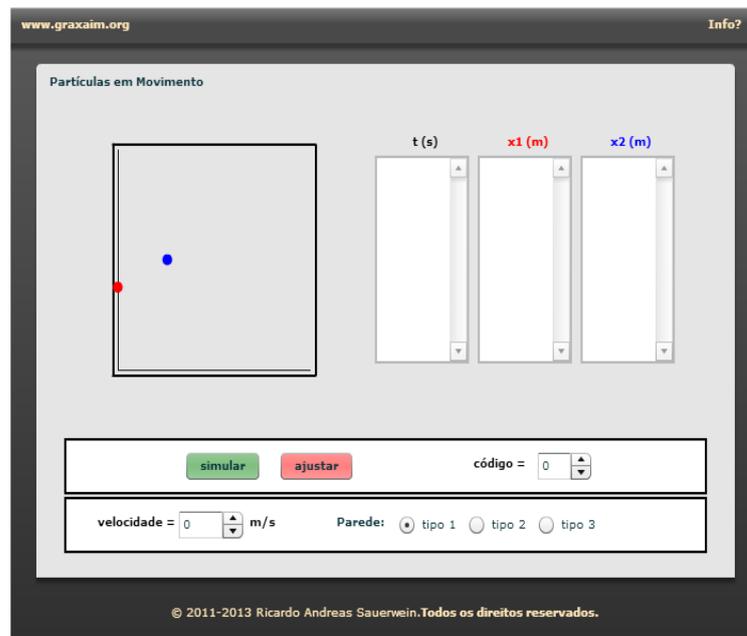


Figura 09: Tela inicial da simulação computacional utilizada na disciplina de Física I

Fonte: GRAXAIM.³⁷

³⁷ Disponível em <http://boltz.ccne.ufsm.br/st01/?q=node/1>.

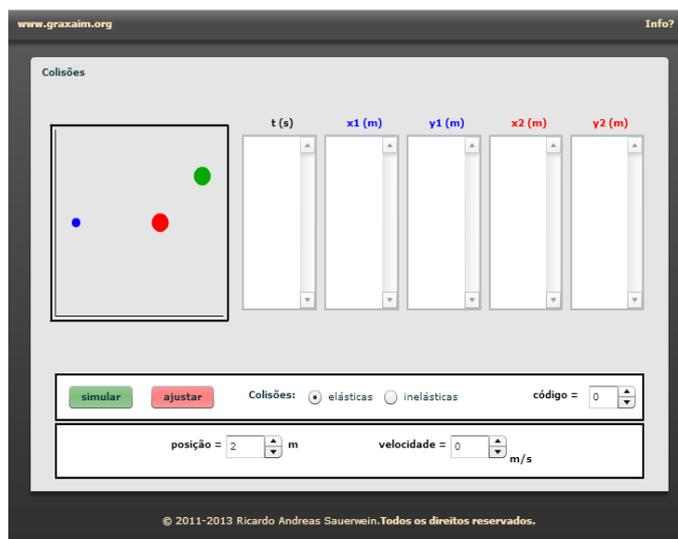


Figura 10: Tela inicial de uma simulação computacional utilizada na disciplina de Física I³⁸

Fonte: GRAXAIM.³⁹

Ao visualizar a figura 9 e a figura 10, identifica-se, na parte esquerda do vídeo, uma caixa onde estão dispostas as partículas. Neste espaço, é onde se reproduz o modelo físico⁴⁰ envolvido. Ao notar que se vê apenas partículas, identifica-se que, neste local, não se está atento para o design da simulação, na verdade, pelo contrário, por ora, acredita-se que os estudantes tenham a compreensão de que modelo vem sendo tratado a partir da simulação computacional proposta.

Já a parte direita das telas acima das figuras 9 e 10 onde estão dispostas as colunas (três na primeira tela e cinco na segunda tela), é o espaço onde são gerados os dados referentes a utilização da simulação computacional. Estes dados significam um dos produtos mais importantes da simulação, uma vez que será através da análise destes que se constituirá a resolução dos problemas propostos. As tabelas são divididas em torno das variáveis úteis para o desenvolvimento das AD, no caso, tempo e distância percorrida.

As simulações computacionais, apresentadas nas figuras 9 e 10, geralmente, têm botões, denominados simular e ajustar, que proporcionam ao estudante a opção de interação frente a

³⁸ Cabe salientar que a simulação computacional não gera relatórios que possibilitem ao professor acompanhar quais foram as alterações realizadas enquanto o mesmo desenvolvia os problemas propostos nas AD.

³⁹ Disponível em <http://boltz.ccne.ufsm.br/st01/?q=node/12>.

⁴⁰ O modelo Físico está associada a cada exemplo de fenômeno representado na simulação computacional. Onde por exemplo considera-se a aceleração gravitacional constante e despreza-se a resistência do ar e as forças de atrito.

ferramenta disponibilizada. Como uma das principais vantagens descritas por uma simulação computacional é proporcionar a interação com o usuário, esta vantagem não poderia deixar de aparecer nas simulações utilizadas. Quanto ao botão simular sua função é de iniciar o movimento, porém, ainda através dele, é possível pausar a qualquer momento a simulação para uma possível análise ou visualização. Já referente ao botão ajustar, sua função é permitir a introdução e o ajuste dos parâmetros disponibilizados para que a simulação funcione. Esta característica está presente na maioria das AD aqui destacadas, e permite ao estudante interação com o material desenvolvido, cabendo-lhe inserir tais parâmetros de acordo com os problemas propostos na AD.

Depois de apresentado o texto introdutório, e da simulação computacional, as AD trazem certas orientações para o uso adequado da ferramenta. Aqui cabe destacar a caixa código de exercício, que confere a possibilidade de proporcionar problemas com diferentes soluções para cada aluno, dependendo do código a ser inserido pelos estudantes ao realizar as atividades. Desta forma, torna-se uma ferramenta extremamente útil, visto a possibilidade de direcionar para a simulação computacional diferentes parâmetros de entrada, acarretando em problemas personalizados para cada aluno.

Por fim, as AD trazem o questionário, desenvolvido a base de problemas, que devem ser resolvidos pelos estudantes. A entrega das respostas deve ser pessoal (em papel), visto que não existem campos disponíveis para responder as atividades na simulação computacional (de modo online).

4.3 Atividades

4.3.1 Atividade 01⁴¹

A atividade consiste em duas partículas que se movimentavam com velocidade constante e atingem uma barreira situada a certa distância inicial de ambas as partículas. Variando a velocidade inicial de uma das partículas, o estudante pode estimar o tempo

⁴¹ A AD está disponível em <http://boltz.ccne.ufsm.br/st01/?q=node/1>.

necessário para que as mesmas encontrem-se na barreira colocada na interface da simulação. Esta atividade está disponível no Apêndice A.

Para descrever quais foram os conteúdos abordados nas AD, dividiu-se de duas formas: os conteúdos disciplinares, em que se concentram os conteúdos, as etapas de cálculo e de solução do problema, e ainda os conteúdos de ACN, onde estão localizados os elementos do uso da ferramenta computacional. Desta forma, em todas as AD abaixo descritas, dividem-se, nestes dois quesitos, os conteúdos desenvolvidos.

- Conteúdos Disciplinares:
 - Conceituais: os conceitos abordados durante a atividade são o de movimento retilíneo uniforme, velocidade, posição e deslocamento;
 - Etapas de cálculo e solução dos problemas: determinar posição de encontro de duas partículas; comparar resultados encontrados através das equações do movimento uniforme, com os resultados encontrados através do uso do ACN.
- Conteúdos em ACN:
 - Manipulação simples de dados;
 - Construção e análise de um gráfico da posição em função do tempo, através do *software* Octave.

4.3.2 Atividade 02⁴²

A segunda atividade consiste no estudo de vários tipos de movimento. Na escola, durante a Educação Básica, sabe-se que os conteúdos abordados com relação ao estudo do movimento resumem-se a dois: o movimento uniforme e o movimento uniformemente variado (ambos retilíneos). Nesta atividade, é possível observar três partículas que se movimentavam de forma diferente: (em relação a velocidade de cada partícula) movimento uniforme, movimento variado e movimento com aceleração variável. Esta atividade está disponível no Apêndice B.

Os conteúdos abordados nesta atividade foram:

- Conteúdos disciplinares:

⁴² Esta atividade está disponível em <http://boltz.ccne.ufsm.br/st01/?q=node/2>.

- Conteúdos conceituais: os conteúdos abordados foram os de movimento uniforme, movimento uniformemente variado e movimento com aceleração variável;
- Etapas de cálculo e solução dos problemas: caracterização de cada um dos três tipos de movimento, considerando as diferenças em relação à velocidade em cada caso; classificação dos tipos de cada um dos movimentos de acordo com as características da aceleração de cada partícula, cálculos de velocidade e aceleração de diferentes partículas.
- Conteúdos em um ACN:
 - Domínio de procedimentos ligados à construção do gráfico;
 - Domínio de procedimentos ligados a tarefas de como inserir eixo, unidades de medida, ajuste de funções e legendas, a partir do uso do ACN;
 - Construção e análise de um gráfico da posição em função do tempo, através do ACN, contando com os três movimentos inseridos neste único gráfico.

4.3.3 Atividade 03⁴³

A atividade três concentra-se exclusivamente na construção e análise gráfica. Utilizando a interface da simulação computacional da Atividade 02, onde três partículas desenvolvem movimentos com características diferentes (movimento uniforme, movimento variado e movimento com aceleração variável), os alunos devem deter-se apenas em problemas relacionados com atividades de construção e análise gráfica. Esta atividade está disponível no Apêndice C.

Os conteúdos abordados nesta atividade foram:

- Conteúdos Disciplinares:
 - Conteúdos conceituais: os conteúdos abordados durante a atividade são movimento uniforme, movimento uniformemente variado e movimento com aceleração variável;

⁴³ Esta atividade está disponível em <http://boltz.ccne.ufsm.br/st01/?q=node/8>.

- Etapas de cálculo e solução dos problemas: identificação de comportamentos das funções relacionadas com cada movimento, possibilitando classificações destes movimentos a partir das curvas observadas.
- Conteúdos em um ACN:
 - Construção e análise de diferentes gráficos em um mesmo plano cartesiano;
 - Domínio de procedimentos ligado à definição das cores que identificam cada curva observada no gráfico;
 - Aprimoramento das funções básicas do Octave para construção gráfica.

4.3.4 Atividade 04⁴⁴

Na quarta atividade, a simulação computacional representa uma partícula que desenvolve movimento nas direções vertical e horizontal e precisa (ou não, dependendo do problema) ultrapassar uma barreira localizada a certa distância do ponto de lançamento. Esta simulação representa um problema característico de ser resolvido em lápis e papel (determinando altura e alcance máximo). Esta atividade está disponível no Apêndice D.

Os conteúdos abordados através desta atividade foram:

- Conteúdos disciplinares:
 - Conteúdos conceituais: para a realização da atividade, os seguintes conceitos são abordados: movimento em duas dimensões, movimento uniforme, movimento variado, independência dos movimentos;
 - Etapas de cálculo e solução dos problemas: discussão sobre o conceito de movimento em duas dimensões; observação da independência dos movimentos através da simulação computacional; cálculos de velocidade, alcance máximo, altura máxima e ainda ângulo de lançamento; comparação entre os resultados obtidos através da visualização na simulação e os encontrados teoricamente.
- Conteúdos em um ACN:
 - Construção de gráficos relacionados com a posição em função do tempo em várias situações;

⁴⁴ A mesma pode ser acessada neste endereço eletrônico <http://boltz.ccne.ufsm.br/st01/?q=node/9>.

- Análise dos gráficos obtidos e retirada de resultados a partir das construções realizadas;
- Domínio de procedimentos para a construção de mais de uma função em um mesmo gráfico;
- Comparação dos resultados obtidos teoricamente através das equações, com os observados na simulação computacional.

4.3.5 Atividade 05⁴⁵

A quinta atividade didática traz uma simulação computacional com a representação de um movimento de queda de uma partícula⁴⁶, que, ao colidir com o chão, possibilitava duas situações: a primeira em que há a conservação de energia e a segunda em que o piso é amortecido, o que demanda em certa dissipação de energia na colisão com o chão. Ainda outro fator variável é a presença de arrasto, o que indicaria uma dissipação ainda maior de energia. Esta atividade está disponível no Apêndice E.

Os conteúdos desenvolvidos foram:

- Conteúdos disciplinares:
 - Conteúdos conceituais: os conteúdos abordados foram os de movimento variável, movimento de queda livre, energia potencial gravitacional, energia cinética, princípio da conservação de energia mecânica, força de arrasto;
 - Etapas de cálculo e solução dos problemas: visualização de exemplos de movimento em que ocorra a conservação de energia, bem como situações em que a energia mecânica não se conserva; cálculos da aceleração da gravidade, e dos diferentes tipos de energia.
- Conteúdos em um ACN:
 - Construção e análise de gráficos relacionados à energia total e dissipada (dependendo da situação);
 - Quantificação da energia, a partir do uso do *software* matemático, através de cálculo numérico;

⁴⁵ A AD pode ser acessada em <http://boltz.ccne.ufsm.br/st01/?q=node/11>.

⁴⁶ Aqui despreza-se a resistência do ar.

- Domínio de procedimentos ligados a cálculo numérico através do ACN;
- Domínio de procedimentos relacionados com a análise gráfica, considerando gráficos de energia com comportamentos distintos.

4.3.6 Atividade 06⁴⁷

Para a sexta AD, é possível imaginar que o objeto de aprendizagem (OA) simula o movimento que os discos de hóquei sobre o gelo teriam caso deslizassem sem nenhum atrito sobre a superfície horizontal de uma pista de patinação no gelo. No OA, há três discos, identificados pelas cores azul, vermelho e verde que têm dimensões e massas distintas (que são maiores que as um disco de hóquei real). Neste OA, é possível selecionar através dos respectivos marcadores se as colisões entre os discos serão elásticas ou inelásticas. No primeiro caso, você pode considerar que as laterais dos discos (superfícies nas quais os discos tocam-se) são polidas de forma que o impulso de um disco sobre o outro sempre dá-se ao longo da direção que une seus centros. Portanto, nas colisões elásticas, estes discos comportam-se efetivamente como partículas (as colisões não provocam variação da energia cinética de rotação dos discos). A seleção de colisão inelástica pode ser interpretada como a colocação de uma película levemente aderente na superfície lateral de cada disco. Através dos controladores identificados por posição e velocidade é possível ajustar a coordenada y e a componente x da velocidade da partícula azul. Esta atividade está disponível no Apêndice F.

Os conteúdos desenvolvidos foram:

- Conteúdos disciplinares:
 - Conteúdos conceituais: os conteúdos conceituais abordados são: energia cinética, princípio da conservação da energia mecânica, momento linear, princípio da conservação do momento linear, colisões elásticas e colisões inelásticas;
 - Etapas de cálculo e solução dos problemas: visualização na simulação computacional de fenômenos de interesse; cálculos de massa e momento linear; encontrar a relação existente entre conservação de energia e conservação de momento linear.

⁴⁷ A AD está disponível em <http://boltz.ccne.ufsm.br/st01/?q=node/12>.

- Conteúdos de ACN:
 - Domínio de procedimentos de análise gráfica, inferindo comparações de conservações através dos gráficos encontrados;
 - Uso de comandos associados a cálculo diferencial através do uso do *software*;
 - Construção de diferentes gráficos relacionados e energia.

4.4 Sugestões de Aplicação

Como afirmou-se anteriormente, uma das principais características da simulação computacional G/MP, é que a mesma gera uma grande quantidade de dados. Com isso, através dos problemas dispostos nas atividades, o aluno deve analisá-los da maneira que achar mais adequada. Esta escolha deve, necessariamente, cair sobre a definição de um pacote matemático de uso geral.

A escolha pelo *software* envolvido na elaboração das AD deu-se aleatoriamente, de forma que cada estudante poderia escolher o mais adequado. Porém, optou-se por escolher apenas um em que fosse possível abranger todas as necessidades, e ainda auxiliar os mesmos para o desenvolvimento das AD através deste *software*. Assim sendo, o programa matemático escolhido foi o Octave, e a escolha justifica-se pelos seguintes fatores:

- Interface simples, com linhas de comando, de tal forma que proporcionaria ao aluno um novo conhecimento, um aprendizado sobre técnicas de informática distintas das que já conhece. O que está diretamente ligado ao domínio de competências ligadas ao uso deste tipo de programa;

- Compatibilidade com o Matlab⁴⁸ (99% das funções de ambos os pacotes são equiparadas);

- Gratuito e disponível na rede para *download* (isto possibilitou proporcionar aos alunos um equipamento sem custo e de fácil acesso, diferentemente do Matlab, que somente está disponível para compra);

⁴⁸ Segundo a Wikipedia, o MatLab é um software interativo de alta performance voltado para o cálculo numérico. O MATLAB integra análise numérica, cálculo com matrizes, processamento de sinais e construção de gráficos em ambiente fácil de usar onde problemas e soluções são expressos somente como eles são escritos matematicamente, ao contrário da programação tradicional. Disponível em <http://pt.wikipedia.org/wiki/MATLAB>.

- Disponível para os três sistemas operacionais mais utilizados: Apple, Linux e Windows, o que proporciona certa facilidade do estudante poder trabalhar com o *software* no sistema operacional em que utiliza. Além disso, este pacote matemático também está disponível para tablets, o que proporciona acesso a estas ferramentas em qualquer lugar e horário.

No que confere ao que se chamou de linhas de comando, o uso deste artefato pode parecer intimidatório para alunos acostumados a só usar interfaces gráficas, porém cumpre lembrar que a linha comando do Octave é uma maneira de introduzir o aluno a uma linguagem de programação de alto nível. O que por si só, representa uma importante competência a ser desenvolvida.

Quando apresentada a comparação com o Matlab, do qual o Octave aproxima-se muito em termos de suas funções básicas e avançadas, objetiva-se frisar que o primeiro é, na prática, um padrão para a resolução de problemas associados a cálculos numéricos e também para análise gráfica. Desta forma, justifica-se sua importância no contexto acadêmico e a escolha de um *software* alternativo com execução semelhante, mantendo assim o êxito dos instrumentos para a realização das atividades didáticas.

Cabe frisar aqui que atividades com caráter inovador (como esta apresentada neste capítulo) sempre têm impacto em sala de aula. Por vezes, os alunos não estão ambientados com este tipo de AD e, então, é fundamental que o professor proponha certa adaptação, de modo que os mesmos consigam, com o passar das atividades, habituarem-se às mesmas. Neste sentido, tentou-se encadear atividades com uma espécie de evolução, proporcionando ao estudante adquirir, na medida em que passavam as atividades, as habilidades e competências necessárias para a realização das próximas AD. Esta importante característica foi contemplada. Destaca-se, aqui, as AD um e seis para demonstrar como as mesmas estão interligadas, demonstrando um processo de evolução a cada AD realizada.

Inicialmente, a primeira AD é uma das que se considerou mais fechada e direcionada do conjunto proposto. Ela foi organizada/projetada dessa forma, pois tem como uma de suas finalidades ambientar os estudantes no manejo do G/MP. É possível perceber que essa atividade basicamente é constituída por alguns problemas (por vezes até exercícios⁴⁹ para alguns alunos) de fácil aceção, afinal seu principal objetivo é, inicialmente, confrontar o estudante para o tipo de atividade, munindo os estudantes dos procedimentos necessários para as AD finais, que foram estruturadas a partir de problemas abertos. Esta fácil aceção refere-se igualmente aos

⁴⁹ Pela definição de Pozo (1998).

problemas envolvidos em conteúdos conceituais até mesmo ao desenvolvimento de competências para ACN.

Isso não infere que a AD seja considerada fácil em demasia, ou até mesmo sem importância, pois, a mesma englobava conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais de suma importância para o desenvolvimento das futuras AD.

Quando se analisa a sexta AD, observa-se um aprofundamento maior, relacionado aos problemas (onde de fato propõem-se problemas abertos) e também às tarefas ligadas à análise gráfica. Esta característica indica que a preocupação é que o aluno evolua durante a realização das AD, de modo que desenvolvendo habilidades, competências, aliadas ao desenvolvimento dos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais, ele esteja apto a resolver problemas com grau de dificuldade mais avançado.

CAPÍTULO 5 – APLICAÇÃO DAS ATIVIDADES DIDÁTICAS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo, analisa-se a sequência de atividades didáticas através dos resultados de sua aplicação em uma turma do curso de Meteorologia da UFSM na disciplina de Física I. Para que se possa entender as circunstâncias nas quais se obtiveram os registros nos quais se baseiam nossa análise, reservam-se as duas primeiras seções deste capítulo para descrever a turma e o processo de aplicação. Após estas seções, seguem as seções nas quais se busca mostrar o quanto a aplicação da sequência de AD aproximou-se de seus objetivos pré-estabelecidos. A partir de três tipos de registros, a saber, (1) produção dos estudantes (material escrito), (2) encontros presenciais e (3) respostas dos questionários, procurou-se evidenciar que as AD contribuíram para a aprendizagem dos três tipos de conteúdo, bem como para o desenvolvimento de competências em um ACN.

5.1 A turma de aplicação

O conjunto de atividades didáticas no contexto do Ensino Superior foi implementado e avaliado em uma instituição da rede federal, a UFSM, localizada na cidade de Santa Maria. Esta instituição de ensino oferta Ensino Médio, Cursos Técnicos, Cursos de Graduação e Pós-Graduação, sendo que o ingresso para esses cursos dá-se através de concurso público regulado por edital. De modo geral, essa instituição conta com uma excelente infraestrutura, em especial com uma grande quantidade de laboratórios de informática, especialmente no prédio onde a turma de aplicação está instalada, os quais são amplos, bem equipados e com acesso à internet.

A turma em que as AD foram aplicadas era formada por alunos ingressantes em um curso de exatas na UFSM, especificamente do curso de graduação em Meteorologia, que estavam cursando a disciplina Física I no primeiro semestre de 2013. Havia dezoito alunos matriculados, mas efetivamente cursaram a disciplina doze alunos⁵⁰. Física I é uma disciplina obrigatória para a maioria dos cursos de exatas e tem um conteúdo muito similar ao conteúdo

⁵⁰ Em muitas disciplinas oferecidas pelo Departamento de Física da UFSM é muito comum os alunos se matricularem em mais disciplinas do que aquelas que efetivamente pretendem cursar. Em geral, a escolha é feita nas duas primeiras semanas de aula.

de física do primeiro ano do Nível Médio. No entanto, no nível superior, a abordagem aos conceitos físicos é feita usando conceitos matemáticos ainda não abordados no Nível Médio⁵¹, de forma que os conceitos vistos anteriormente passam a ser revistos como casos particulares de situações mais gerais⁵². Deve-se ressaltar que a turma não era dos cursos de licenciatura ou bacharelado em Física. Em geral, estes alunos (dos cursos de exatas) reconhecem a importância dos conceitos físicos para sua formação básica, mas seu interesse maior é por conceitos mais diretamente relacionados às carreiras que escolheram. Logo, para estes alunos o desenvolvimento de competências em um ACN é particularmente atrativo. Em outras palavras, o desenvolvimento de competências pode ser um elemento motivador para ensinar os conceitos de Física I.

De forma geral, alunos ingressantes mesmo em cursos de exatas têm uma formação de nível médio em Física muito deficiente e com muitas lacunas de formação. A turma em que se aplicou as AD não fugiu a esta regra, de modo que o nível das AD que envolve em sua maior parte o conteúdo conceitual do nível médio não foi um elemento desmotivador por apresentar algo já aprendido. Ao contrário, foi uma nova oportunidade para dominar estes conceitos. Portanto, dado o nível das AD e as características da turma, acredita-se que as análises e conclusões deste trabalho podem também servir de guia para aplicações em turmas do Nível Médio.

5.2 Processo de Aplicação das Atividades Didáticas (AD)

A implementação das AD com os estudantes apresentou as seguintes etapas: (1) um encontro presencial de apresentação da proposta e do Graxaim/MP; (2) implementação online das AD como atividades extraclasse; (3) Encontros presenciais específicos para esclarecimentos de dúvidas, concomitantes ao desenvolvimento das atividades didáticas⁵³. (4) entrega das atividades pelos estudantes.

⁵¹ Basicamente conceitos de cálculo integral e diferencial e de álgebra vetorial.

⁵² Por exemplo, no Nível Médio, há um tópico chamado Movimento Uniformemente Variado para o qual há até uma sigla MUV. Nos cursos de Física I de Nível Superior, este fenômeno é apenas um caso particular de movimento de partícula no qual a aceleração permanece constante.

⁵³ Estes encontros presenciais, também denominados em alguns momentos de oficinas didáticas, tinha como função possibilitar a interação dos alunos com o docente orientado em horários flexíveis. Desta maneira realizaram-se aproximadamente quinze encontros durante o semestre letivo que tinham como finalidade a eliminação de dúvidas referentes as AD propostas. Cabe ressaltar que a frequência das mesmas, mesmo em horários flexíveis, cercava a marca de oitenta por cento. As mesmas (oficinas) foram bem avaliadas no questionário final, evidenciando sua função no desenvolvimento deste trabalho.

O primeiro encontro foi realizado em sala de aula, no horário designado a disciplina de Física I. Inicialmente, foi mostrada a proposta em sala de aula, onde se explicou detalhes da implementação, para, então, mais tarde, no laboratório de informática⁵⁴ do Centro de Ciências Naturais e Exatas (CCNE) da UFSM, os alunos já pudessem ter contato com o material.

No primeiro encontro presencial, também pediu-se aos alunos que respondessem um questionário (Questionário I⁵⁵, disponível no Apêndice H) com o objetivo de conhecer a maneira como os alunos utilizavam ou não computadores ou tablets. O questionário era de preenchimento não obrigatório e não anônimo.

Para que os alunos tivessem fácil acesso as AD, foi criado um blog na internet, onde a cada duas semanas (aproximadamente) eram disponibilizadas as atividades a serem desenvolvidas⁵⁶. A figura 12, abaixo, apresenta a tela inicial do blog disponível na rede:



Figura 12: Interface inicial do blog utilizado para postar as AD

Fonte: Blog da turma de Física I⁵⁷.

Também se disponibilizou um canal de ligação direta através de e-mails para responder dúvidas e prestar esclarecimentos sobre as AD.

⁵⁴ Este laboratório de informática dispõe de um quadro branco, vinte e cinco computadores com acesso à internet, cinco computadores sem acesso à rede e uma impressora.

⁵⁵ Desenvolvido pelo docente orientado e o orientador.

⁵⁶ O mesmo está disponível no endereço <http://boltz.ccne.ufsm.br/st01/>.

⁵⁷ Disponível em <http://boltz.ccne.ufsm.br/st01/>.

Com referência à disponibilidade ao ACN, para que os alunos não tivessem dificuldades em sua instalação, imaginou-se que a criação de um material multimídia que trouxesse esta ferramenta instalada, poderia trazer facilidade no uso do mesmo. Desta forma, o Grupo MPEAC elaborou um CD que continha o sistema operacional utilizado e ainda continha uma versão do *software*, o que viabilizou um processo mais dinâmico na realização das AD, uma vez que todos os alunos dispunham da mesma ferramenta para ser utilizada.

Com a produção do CD, os estudantes dispunham, no mesmo ambiente computacional, todas as ferramentas necessárias para a resolução da AD, de modo que poderiam instalar no seu computador pessoal, sem que nenhuma alteração no sistema operacional vigente fosse necessária (ao retirar o CD do computador, nenhuma alteração realizada permanecia salva na máquina). Desta maneira, a adesão ao CD foi total, evidenciando as facilidades que este recurso gerou para o desenvolvimento das AD pelos estudantes.

As AD foram incorporadas às demais atividades da disciplina, não constituindo algo excepcional. No andamento da disciplina, haviam aulas presenciais expositivas, aulas de resolução de problemas do tipo lápis e papel e aulas de dúvidas. Em período optativo, ocorreram, concomitantemente, encontros presenciais para ensinar os comandos específicos do ACN necessários para realizar a AD que estava sendo dada em sincronia com o conteúdo conceitual da disciplina. Do ponto de vista do aluno, o bom aproveitamento do curso envolveu, além da participação nas aulas, o estudo do livro texto de referências adotado, a resolução dos problemas do tipo lápis e papel indicados e realização das AD computacionais. Para efeito de análise, chamam-se todas as atividades, exceto a última, de atividades tradicionais. Para se ter uma visão de proporção entre estes tipos de atividades, pode-se ver a contribuição de cada uma delas para a nota de aproveitamento final do aluno⁵⁸. A avaliação da parte tradicional foi feita por duas provas e oito testes (avaliação com um único problema de lápis e papel para ser resolvido em meia hora). As AD computacionais eram obrigatórias e, após corrigidas, notas foram-lhes atribuídas. A nota de aproveitamento da disciplina foi calculada através da média aritmética do aproveitamento das provas, da nota média dos testes e da nota média das AD computacionais. Em resumo, o peso das AD correspondeu a 25% da nota do aproveitamento dos estudantes antes do exame⁵⁹.

⁵⁸ Esta é naturalmente apenas uma visão parcial. As atividades não são independentes. A leitura do livro texto permite uma melhor compreensão da atividade computacional e vice-versa. Uma simulação computacional pode facilitar a resolução de um problema tradicional que de outro modo pareceria muito abstrato.

⁵⁹ Na UFSM, alunos com nota de aproveitamento semestral menor do que sete devem fazer exame. Para quem faz o exame, a nota final é dada pela média aritmética anterior com a nota do exame. Logo, para este estudante, o peso das AD para a nota final foi 12,5%.

As turmas ingressantes na academia não têm, em geral, familiaridade com ferramentas matemáticas que proporcionem a realização de análise dos dados. Quando muito possuem algumas noções básicas de planilhas de cálculo e/ou algum aplicativo para a elaboração de gráficos. Também não estão habituados a aprender a usar um novo recurso computacional através da leitura de seus manuais ou tutoriais disponibilizados na Internet. Enfim, são necessários encontros presenciais, eventualmente acompanhados de atendimento à distância, para ensiná-los a usar um ACN. Por outro lado, o aprendizado de um novo recurso de um ACN pode cair no esquecimento se não for utilizado para a resolução de um problema imediato. Por isso, estruturou-se encontros presenciais para tratar dos aspectos do ACN que estavam relacionados à realização de uma determinada AD. Deve-se lembrar que, por sua vez, a sequência das AD faz um uso progressivo dos recursos do ACN, de modo que a aprendizagem do conteúdo de física fica estimulada pela necessidade do desenvolvimento de competência do ACN e vice-versa.

Assim, foi definido um cronograma assistencial para plantão de aulas com objetivo de eliminar as dúvidas recorrentes, onde, para cada atividade apresentada, planejavam-se duas aulas extras, ou seja, fora do turno escolar para proporcionar um ambiente de discussão e aprofundamento dos problemas envolvidos. Cada aula extra⁶⁰ desenvolvida era planejada para ser executada em, no máximo, duas horas, podendo por vezes (e na grande maioria destas) ser finalizada em menos tempo.

Neste sentido, todas as oficinas didáticas desenvolvidas ocorreram no contra turno (ou em horários flexíveis em relação as aulas de Física I), de modo que a frequência dos alunos nestas atividades sempre foi de excelência, sendo que na maioria das vezes aproximadamente oitenta por cento dos estudantes⁶¹ estavam presentes em uma atividade não obrigatória e com horário alternativo. Esta escolha deve-se ao fato de que para realizá-las os estudantes necessitavam de tempo para refletir. A reflexão era necessária, pois as AD exigiam que os alunos elaborassem e simulassem experimentos virtuais, bem como observassem, coletassem dados, elaborassem gráficos, figuras, entre outras coisas.

Referente ao planejamento das oficinas didáticas, como foram desenvolvidas sempre duas a cada atividade, dividiu-se cada uma delas da seguinte forma: o primeiro encontro tratava-se sempre da apresentação dos comandos úteis do *software* Octave para a realização da atividade proposta naquela semana, e o segundo funcionava como “tira dúvidas” referente a

⁶⁰ Também entendemos estas atividades como oficinas didáticas.

⁶¹ Este resultado indica para a importância das oficinas didáticas ministradas, uma vez que se, oitenta por cento de frequência se manteve em atividades extraclasse.

atividade. Na prática, isso quer dizer que, na primeira oficina, apenas tratava-se do *software* de maneira geral, não relacionando com a AD proposta, para, então, apenas na segunda fazer as inferências sobre a atividade.

Destaca-se ainda que, por outra perspectiva, atividades extraclasse são importantes ferramentas didáticas que permitem aos estudantes praticar e aprofundar (aplicar em situações novas) os conhecimentos escolares, estabelecendo relações entre suas diferentes partes (POZO, 1998). Isto porque estes conteúdos escolares nem sempre são esgotados em sala de aula e necessitam de amplo estudo fora dela.

Ainda referente à entrega das AD, não se exigia dos alunos nenhum formato pré-definido de apresentação e entrega das resoluções, tais como relatórios. Fazia-se isso intencionalmente para que os estudantes tivessem total liberdade para escolher como sistematizar e comunicar as resoluções. Como exemplo disso, destaca-se que as resoluções foram entregues em papel, – digitadas e manuscritas –, contendo textos, gráficos, figuras (*print screens*) e desenhos.

Após a entrega da última atividade, pediu-se aos alunos que respondessem um questionário sobre a sequência das AD (Questionário 2, disponível no Apêndice I). Novamente, a entrega do questionário não era obrigatória, porém o aluno deveria se identificar.

5.3 As AD atingiram seus objetivos didáticos⁶²?

Esta resposta deve ser dada ao conjunto das AD. Para efeitos de análise, é conveniente separar as atividades em dois grupos. Inicialmente, as atividades de 1 a 4 têm um enfoque bastante procedimental. Este caráter é necessário, pois o aluno deve primeiro dominar os procedimentos para, depois, poder escolher qual o mais adequado quando for abordar um problema mais complexo.

Também não se pode esquecer que os alunos não estão acostumados a coletar dados e analisá-los. Em particular, simulações computacionais geram uma grande quantidade de dados. Isto torna inviável o uso de papel milimetrado para a elaboração de gráficos e o uso de

⁶² Aqui os objetivos didáticos são os descritos no início do capítulo cinco, a saber: desenvolvimento de atividades que trabalhem os três tipos de conteúdo e ainda o desenvolvimento de competências e habilidades associadas ao uso de um ambiente de computação numérica.

calculadoras para cálculo manual de uma grandeza de cada vez⁶³. Logo, esta tarefa em si, na prática, é um problema, visto a dificuldade visualizada pelos estudantes no decorrer das atividades. Por isso, as AD de 1 a 4 foram planejadas de tal forma que ao final delas o aluno dominasse as competências de coleta e análise de dados em um ACN que permitisse a abordagem de qualquer problema envolvendo dinâmica de partículas.

As atividades 5 e 6 destacam-se das demais por já estarem na estrutura que se considera ideal pois se apresentam como problemas, de fato, abertos. Para resolvê-las, os alunos devem escolher uma entre várias possíveis estratégias, cada qual estando associada a diferentes procedimentos numéricos e/ou gráficos que foram dominadas nas atividades iniciais.

5.4 As Atividades Didáticas contribuíram para o desenvolvimento de competências em um ACN?

Um dos focos deste trabalho foi o desenvolvimento de competências e habilidades relacionadas ao uso de um ACN, e ainda por opção deste, especificamente o Octave.

Estas habilidades e competências estão ligadas a um domínio de procedimentos úteis para a realização das tarefas propostas a partir da RP das atividades didáticas e por si só já representam um conteúdo procedimental de grande relevância para o aprendizado dos alunos, especialmente estes envolvidos nas atividades, os quais geralmente desenvolverão uma carreira acadêmica e profissional, onde este domínio é amplamente utilizado.

Este conteúdo procedimental está no domínio de competências relacionadas à operacionalização do ACN, que foi sendo estabelecido com a evolução das AD durante o semestre. Desta forma, inicialmente, as atividades de um a quatro tiveram a função principal de proporcionar o domínio de procedimentos básicos para o desenvolvimento do *software* matemático, para, então, nas atividades cinco e seis, a exigência em termos de problemas e do uso destas competências ser mais acentuada.

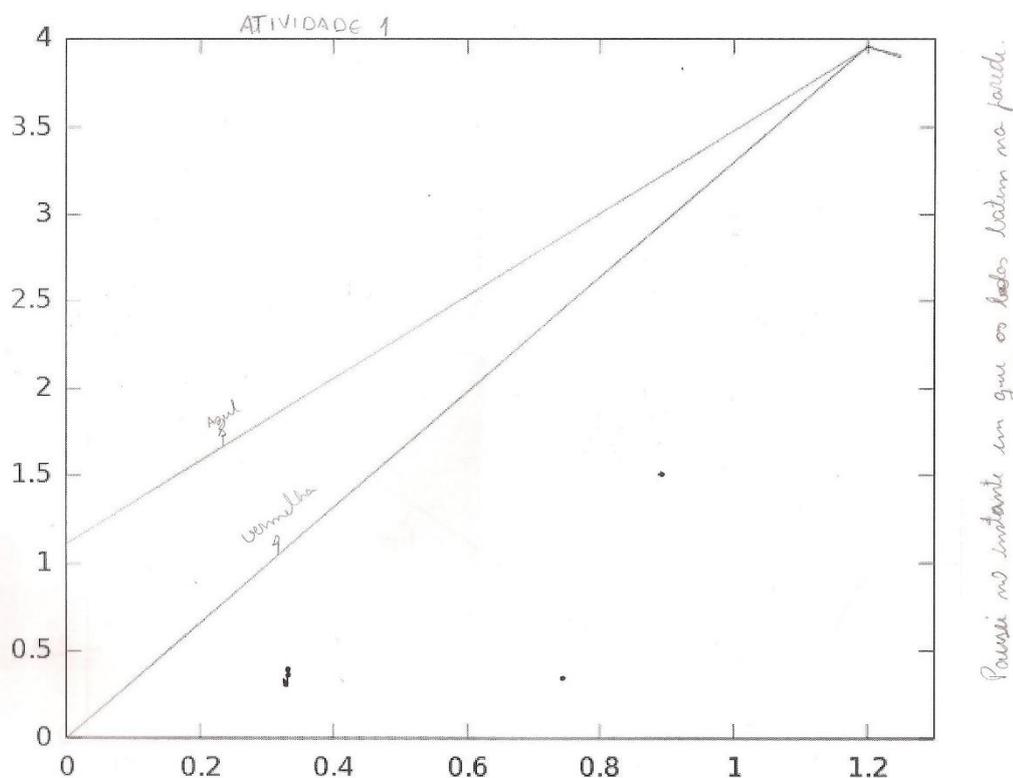
⁶³ A simulação do movimento de uma partícula em movimento unidimensional gera uma sequência de dados de posição em cada instante. É possível calcular a velocidade média em um intervalo, calculando-se a razão entre o deslocamento em um intervalo e a sua duração. Para isso, são necessárias três contas: (1) determinar o deslocamento, (2) determinar o intervalo e (3) fazer a razão entre essas duas grandezas. Para fazer esta conta, são necessárias a digitação de quadro dados: as duas posições que definem as extremidades do deslocamento e os dois instantes que definem o início e o fim do intervalo. Logo, uma conta feita com um instrumento eletrônico é um processo que requer um trabalho manual de apertar teclas. Tipicamente, para a realização das AD coleta-se de 50 ou 100 intervalos, logo, é impraticável tentar resolvê-las manualmente, por isso, a necessidade de um ACN.

Isso não infere que as atividades iniciais⁶⁴ não se configurem como problemas, uma vez que o fato isolado de um estudante desenvolver atividades de coleta e análise de dados a partir de uma simulação computacional, a qual não está habituado a trabalhar, já se configura um problema.

Estas competências, em geral, fortaleceram-se em dois grandes aspectos: primeiramente, o mais utilizado, competências relacionadas à construção e análise gráfica a partir do ACN e a segunda, não menos importante, o desenvolvimento de cálculos diferenciais a partir da ferramenta acima citada.

Em relação ao domínio de competências de construção e análise de gráficos, desenvolveu-se, ao passar das AD, certa evolução em termos dos procedimentos necessários na operacionalização do Octave.

Analisando as respostas obtidas através dos problemas que envolviam gráficos, pode-se perceber o desenvolvimento destas competências. Por exemplo, a figura 13, aponta para um problema da AD 01, onde os estudantes precisavam construir um gráfico com duas curvas:



⁶⁴ AD de 1 a 4.

Figura 13 – Exemplo de solução desenvolvida por um estudante I

Fonte: Resposta a um problema proposto.

Neste problema⁶⁵, o estudante necessitava coletar os dados da simulação para, então, inseri-los no ACN e construir o gráfico solicitado. Como se pode observar, na figura 13, o gráfico carece de elementos básicos e explicativos, nome dos eixos e as unidades de medidas respectivas, uma vez que os estudantes não dominavam os procedimentos associados a esta função.

Cabe destacar também, através da figura 13, que, além destas, existem outras funções que os mesmos não sabiam e escreveram com caneta, sentindo a importância da presença destes elementos, como o título e a legenda que estão escritos à mão.

Na figura 14, a qual se refere a um problema proposto⁶⁶ na AD 04, embora não fosse explícita a necessidade, além construir o gráfico, os alunos deveriam inserir dados como legenda, títulos e nome dos eixos (assim como as unidades de medidas referentes a cada um dos eixos).

⁶⁵ Problema 5 da AD 1. Disponível em <http://boltz.ccne.ufsm.br/st01/?q=node/1>.

⁶⁶ Se refere a um dos itens do problema 4 da AD 4. Disponível em <http://boltz.ccne.ufsm.br/st01/?q=node/9>.

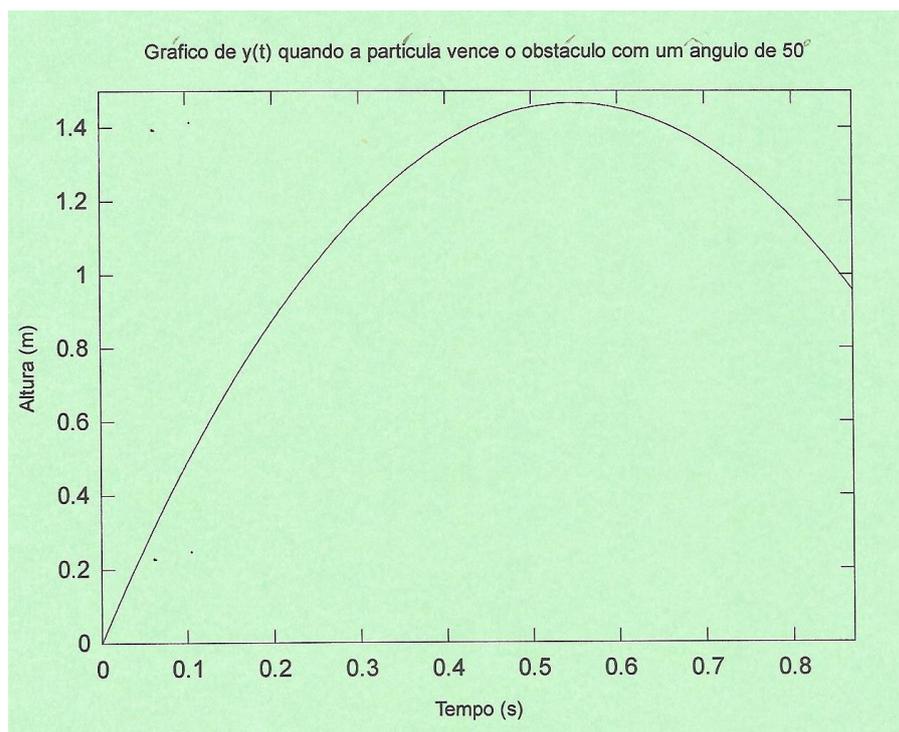


Figura 14 – Exemplo de solução desenvolvida por um estudante II

Fonte: Resposta a um problema proposto.

Observa-se que, na figura 14, o gráfico possui legendas, títulos e unidades de medidas, as quais foram inseridas através do *software* utilizado na elaboração da atividade. Isso indica que, neste instante, além de já desenvolverem esta competência, estavam utilizando-a de maneira adequada.

A figura 15 já se refere a uma das AD mais avançadas. A mesma trata de um problema⁶⁷ da AD 5, em que os alunos devem construir um gráfico, a partir dos dados da simulação, com três curvas na mesma interface gráfica.

⁶⁷ Problema 3 da AD 5. Disponível em <http://boltz.ccne.ufsm.br/st01/?q=node/11>.

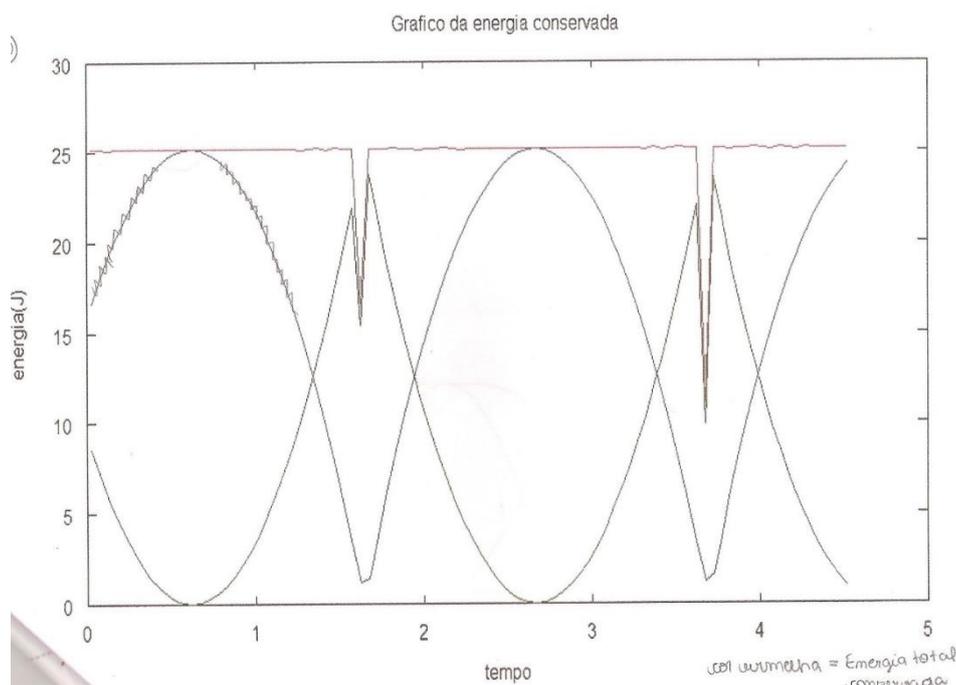


Figura 15 – Exemplo de solução desenvolvida por um estudante III

Fonte: Resposta a um problema proposto.

Observa-se que, na figura 15, as três curvas foram construídas no mesmo gráfico através do ACN. Cabe destacar que, por limitação da imagem, não se visualiza que cada uma das curvas acima destacadas possui uma cor, que tem a função de diferenciá-las, o que indica outro domínio de procedimento ligado ao uso do *software*. Mais uma vez, eixos, coordenadas e títulos também aparecem.

Já a figura 16 relaciona um problema⁶⁸ também da AD 5, onde o estudante opta por utilizar * para demarcar cada ponto cartesiano do gráfico, outra competência diferente associada ao ACN.

⁶⁸ Problema 4 da AD 5. Disponível em <http://boltz.ccne.ufsm.br/st01/?q=node/11>.

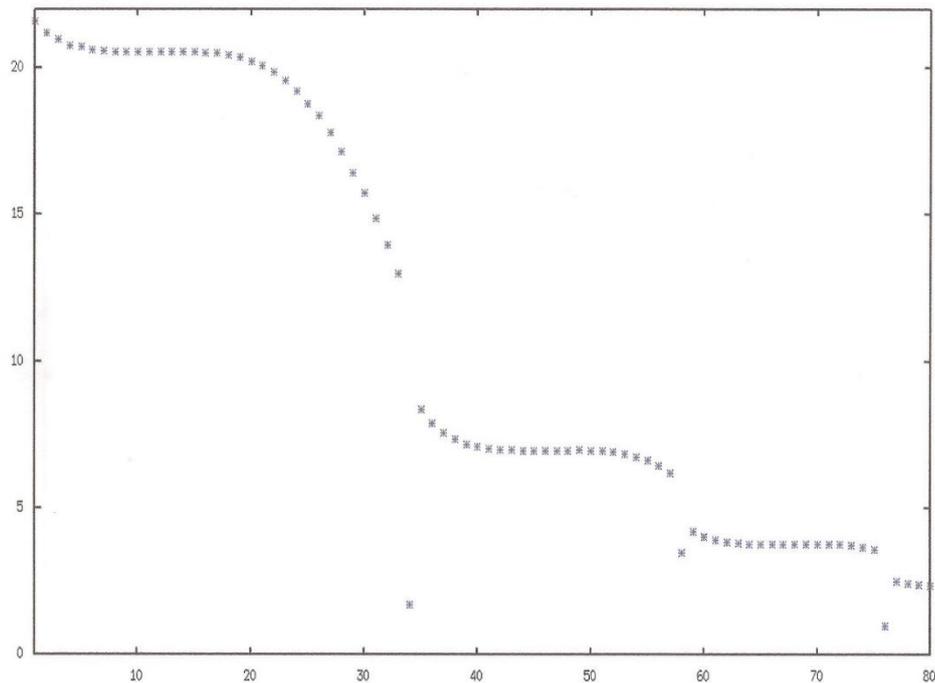


Figura 16 – Exemplo de solução desenvolvida por um estudante IV

Fonte: Resposta a um problema proposto.

Ao analisar as telas anteriores referentes as figuras 13, 14, 15 e 16, percebe-se que a medida que as atividades didáticas foram evoluindo, aumentou-se gradativamente o nível de competências que o estudante deveria desenvolver a partir do uso da ferramenta matemática. Essas competências estavam associadas estritamente ao domínio de comandos a serem executado no *software*. Isso, conforme já se destacou, indica que as AD de um a quatro tiveram o papel fundamental de possibilitar o aprendizado das competências básicas para a utilização adequada do ACN.

Além disso, o domínio de competências ligadas ao Octave não se resumiu unicamente aos comandos associados à análise e construção de gráficos. Nas AD 5 e 6, os estudantes também desenvolveram outro, como o de resolver cálculo diferencial, o que, em meio a carreira acadêmica escolhida, tende a ser um conhecimento com vasta aplicação.

Por exemplo, na AD 5, quando foi necessário calcular a energia mecânica e cinética⁶⁹, os estudantes poderiam optar por fazê-la através dos comandos de cálculo diferencial com o auxílio da ferramenta computacional.

Como se definiu anteriormente, um dos objetivos destas AD é de desenvolver habilidades e competências relacionadas à análise de gráficos e cálculos numéricos. Neste sentido, analisando o questionário final, quando indagados se as mesmas contribuíram para a aprendizagem de técnicas computacionais associadas ao objetivo geral, as respostas foram categoricamente afirmativas: todos consideraram que as AD contribuíram muito nesta perspectiva.

Ainda uma questão de resposta aberta foi proposta, na qual o aluno deveria avaliar a AD. Desta maneira, indagou-se sobre como avaliariam as AD propostas durante o semestre, identificando pontos de interesse e relevância, ainda que apontando pontos de desvantagens ou de dificuldades apresentadas.

Categorizando as respostas obtidas, através da Análise Textual Discursiva, não se identifica nenhuma avaliação negativa para com as AD. Em contrapartida, as avaliações positivas forma divididas segundo características e apresentadas nestas categorias:

- Avaliação – nas respostas obtidas através do questionário, observou-se grande incidência da importância da nota atribuída as atividades didáticas. Alguns justificaram que por proporcionar uma nota relativamente maior do que quando comparadas a atividades ditas “normais” de sala de aula, estas AD tornaram-se de grande relevância.
- Proposição de novo conhecimento – esta concepção surgiu a partir das respostas que indicaram que estas AD proporcionaram ao estudante um “novo” conhecimento. Imagina-se que, em geral, este conhecimento esteve ligado ao domínio do uso do *software* matemático, que particularmente é novo, visto que a maioria dos alunos respondeu, no questionário inicial, que nunca havia desenvolvido nenhuma tarefa com este tipo de ferramenta computacional.
- Melhor entendimento dos problemas propostos – esta categoria representa a tendência que os estudantes manifestaram em que as AD propuseram um melhor entendimento na resolução de problemas do que ao resolver problemas semelhantes dispostos no livro texto da disciplina.

⁶⁹ Problema 2 da AD 5. Disponível em <http://boltz.ccne.ufsm.br/st01/?q=node/11>.

5.5 As atividades didáticas contribuíram para a aprendizagem dos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais?

Idealmente estes três tipos de conteúdo poderiam ser trabalhados conjuntamente caso as AD fossem formuladas na forma de problemas abertos. No entanto, como se discutiu anteriormente, é preciso que os alunos dominem antes os procedimentos. Logo, apenas nas AD 5 e 6, começou-se, de fato, a propor problemas medianamente abertos.

Uma situação-problema é considerada aberta quando apresenta variabilidade de soluções válidas. Por outro viés, um problema aberto está relacionado com a atitude científica. Isto porque demanda do aluno reflexão e tomada de decisão quantos aos passos que deve executar em sua resolução. Afinal, problemas desse tipo exigem que o estudante crie/teste hipóteses, bem como analise a resposta obtida com base nas hipóteses que formulou (CLEMENT e TERRAZZAN, 2011; GIL, TORREGROSSA e PÉREZ, 1987).

Como já se afirmou, aqui evidencia-se que as atividades didáticas 5 e 6 implementadas continham situações-problema abertas. Para isso, analisa-se, por exemplo, o problema 1 da atividade 5, o qual questionava: Determine o valor da aceleração da gravidade do planeta? Neste problema em especial, o aluno precisava determinar a aceleração da gravidade em um suposto planeta, diferente da terra (uma vez que a aceleração gravitacional terrestre já era conhecida). Para isso, são muitas as possibilidades a serem seguidas, as quais são destacadas e discutidas abaixo.

Uma das opções para determinar a aceleração da gravidade é usando a equação (1) da posição em função do tempo para o movimento uniformemente variado:

$$S = S_o + V_o \cdot t + \frac{1}{2}at^2 \quad (1)$$

Através da simulação computacional o estudante observa que a partícula possui movimento inicial na subida, podendo optar por esperar que a partícula comece a descer, para que, então, sua velocidade inicial seja nula. Assim, sabendo a distância percorrida na direção vertical e o tempo de movimento (dados extraídos da simulação), a determinação da aceleração da gravidade é possível.

Além desta opção, outra que também está associada ao estudo da Cinemática é a utilização da equação (2) da velocidade em função do tempo para o movimento uniformemente variado:

$$v = v_0 + a \cdot t \quad (2)$$

Como na simulação computacional, a partícula é lançada com certa velocidade inicial, o estudante pode optar por calcular a velocidade final através da diferença entre duas posições por dois intervalos de tempo, pois esses dados estão disponíveis nas telas da simulação.⁷⁰ Este cálculo da velocidade foi desenvolvido nas AD 1, 2 e 3.

Além destas, a última opção de determinar a aceleração da gravidade através das equações da cinemática é pela equação (3) conhecida como Torricelli:

$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta S \quad (3)$$

Nesta, assim como na anterior, o estudante precisa determinar a velocidade através dos dados gerados pela simulação computacional.

Ainda, além das equações da cinemática, o estudante poderia optar por usar a equação (4) da conservação de energia mecânica⁷¹:

$$mgh_0 + m\frac{v_0^2}{2} = mgh_f + m\frac{v_f^2}{2} \quad (4)$$

Por esta opção, o estudante não terá o valor da massa da partícula, porém esta grandeza é indiferente na determinação da aceleração da gravidade para esta situação. De tal forma que, determinada a velocidade pela sucessão de intervalos de tempo, o mesmo pode determinar o valor da aceleração da gravidade.

Assim, depois de explicitar as possíveis múltiplas soluções associadas a este problema, procurou-se identificar, a partir das soluções dos alunos, se alguns optaram por utilizar estas distintas soluções (isso não indica esperar uma solução diferente apresentada por um estudante, e sim para dois diferentes).

Porém, após analisar este problema específico, o resultado indicou que todas as soluções seguiram um padrão de referência, de modo que outras possíveis soluções não foram exploradas. Possivelmente, por se tratar de uma turma de ingressantes, os quais apresentaram dificuldades perante as atividades ainda iniciais, esta pode ter sido encarada com mais dificuldade, visto seu nível. Ainda, credita-se parte deste resultado à influência das oficinas didáticas realizadas anteriormente a entrega destas atividades, as quais podem ter influenciado o aluno a seguir determinada solução e, desta forma, todos os alunos optarem por ela, afinal a mesma representa o resultado adequado.

5.5.1 Conteúdos Conceituais Desenvolvidos

⁷⁰ Vide interface das simulações computacionais utilizadas nas atividades didáticas que estão disponíveis no capítulo 4.

⁷¹ A soma da energia cinética e da energia potencial de um sistema.

O desenvolvimento de conteúdos conceituais foi um dos objetivos das AD. Afinal o aprendizado dos conceitos por parte dos alunos é fundamental para o aprendizado da Física. A partir destas (AD), então, pretendeu-se englobar todos os conceitos/conteúdos de maior relevância no estudo de cinemática de partículas a partir da ementa da disciplina, na qual o trabalho foi desenvolvido, neste caso, Física I.

Os conteúdos abordados englobam, através das atividades, o estudo da cinemática unidimensional e bidimensional, os princípios de conservação: de energia e de momento e ainda o de colisões. Cabe a ressalva que não houve AD referente ao estudo da dinâmica, uma vez que seria muito difícil projetar a simulação computacional.

Assim sendo, os problemas propostos aos alunos envolviam o desenvolvimento de conteúdos conceituais, exigindo do aluno a utilização do conhecimento aprendido em sala de aula. Como, por exemplo, o problema 4 da AD 04, transcrito logo a seguir: “Sabendo a velocidade inicial da partícula e as características do obstáculo, é possível determinar teoricamente os ângulos de lançamento para os quais a partícula vence o obstáculo. Faça este cálculo e compare com os resultados obtidos na primeira questão.”⁷²

Este problema explicita os conteúdos conceituais desenvolvidos quando, para alcançar a resposta do mesmo, o aluno precisa determinar o resultado teórico a partir das equações de lançamento e trajetória, com o observado na simulação. Abaixo a figura 17 representa uma solução encontrada por um dos estudantes:

⁷² Disponível em <http://boltz.ccne.ufsm.br/st01/?q=node/9>

(4) $x - x_0 = v_0 \cos \theta_0 t$ Use a posição final
 $\theta_0 = \cos^{-1} \left(\frac{x - x_0}{v_0 t} \right)$ e tempo decorrido até
a partícula chegar
a esta posição.
 $\theta_0 \geq \cos^{-1} \left(\frac{3,914}{7,073} \right)$
 $\theta \geq 40^\circ$
↳ limite inferior
Agora para o limite superior, usei o
instante em que a partícula tocou
o obstáculo e foi para a direita vencen-
do-o. Esta posição do obstáculo é
igual a 2,596 m e o instante que
isto ocorreu foi 1,190 s.
Destemodo, como limite superior
de ângulo de lançamento da parti-
cula para que vença o obstáculo,
temos:
 $\theta_0 \leq \cos^{-1} \left(\frac{2,596}{7 \cdot 1,190} \right)$
 $\theta_0 \leq 71,8^\circ$
↳ que é aproximadamen-
te igual a 72° .
Logo:
 $40^\circ \leq \theta_0 \leq 72^\circ$ (1,5)

Figura 17 – Exemplo de solução desenvolvida por um estudante V

Fonte: Resposta elaborada a um problema.

É possível notar, na figura 17, que o aluno precisa utilizar os conteúdos conceituais referentes ao estudo da cinemática (expressão do alcance máximo) para determinar teoricamente o intervalo do ângulo de lançamento que ultrapassa a barreira, para, então, comparar com o resultado, retirado da observação obtida através da simulação computacional.

Além deste, outro problema que cabe ser discutido, aqui, é o problema 4 da AD 01 que traz: “Como você determinou a velocidade da partícula no item anterior? É possível determinar este valor teoricamente? Como?”⁷³

Neste problema, em particular, o aluno deve dominar os conceitos que envolvem velocidade, distância percorrida e tempo, manipulando as equações relacionadas à trajetória de

⁷³ Disponível em <http://boltz.ccne.ufsm.br/st01/?q=node/11>.

cada partícula. Abaixo, a figura 18 reproduz a solução que envolve o desenvolvimento dos conteúdos, exercida por um dos alunos:

④ Delimitar uma velocidade inicial para partícula de $3,3 \text{ m/s}$ e observei que as duas partículas batiam juntas na parede com essa velocidade. É possível determinar teoricamente esta velocidade da seguinte forma, no mesmo intervalo de tempo que a partícula azul chega até a posição $3,950$ a partícula vermelha também deve estar nessa posição. Para isto deve percorrer uma distância maior no mesmo período ficando com uma velocidade maior. Para calcular a velocidade inicial da partícula vermelha pode ser assim: $\frac{3,950 \text{ m}}{1,2 \text{ s}}$ que dá aproximadamente $3,33 \text{ m/s}$. (2,0)

Figura 18 – Exemplo de solução desenvolvida por um estudante VI

Fonte: Resposta elaborada a um problema.

Na figura 18, o aluno precisa desenvolver os conteúdos conceituais relacionados ao movimento uniforme, utilizando a equação da velocidade em função do tempo para resolver o problema proposto.

Evidentemente que as AD não se resumem unicamente a dois problemas de natureza conceitual. O que se deseja, aqui, é mostrar que se conseguiu desenvolver em meio as atividades de resolução de problemas o conteúdo ministrado em sala de aula pelo docente, e perceber que as soluções propostas pelos alunos tem coerência e, ainda, na grande maioria das vezes, o resultado encontrado é aproximadamente correto. Por razões de limitação de espaço, e de escolha, obviamente não se analisam todos os problemas que envolvem conteúdos conceituais e tampouco todas as soluções envolvidas.

5.5.2 Conteúdos Procedimentais Desenvolvidos

Para Pozo (1998), os conteúdos procedimentais são fundamentais em atividades de resolução de problemas. Desta forma, discute-se, nesta seção, quais foram os conteúdos procedimentais contemplados neste trabalho, indicando, a partir das resoluções das AD, suas principais recorrências. Conforme destaca Pozo (1998, p. 146), os conteúdos procedimentais dividem-se em cinco categorias, a saber:

- 1) Aquisição da informação;
- 2) Interpretação da informação;
- 3) Análise da informação e realização de inferências;
- 4) Compreensão e organização conceitual da informação;
- 5) Comunicação da informação;

Com base nessas cinco categorias apresentadas por Pozo (1998), Clement e Terazzan (2011), ao analisarem propostas de atividades didáticas de resolução de problema do tipo aberto, com estratégia de lápis e papel, para alunos do nível médio, os autores desenvolveram um quadro síntese dos conteúdos procedimentais desenvolvidos nas suas atividades didáticas. Abaixo, o quadro 1, representa o quadro síntese.

Categorias de Classificação	Conteúdos Procedimentais
Aquisição de informação	<ul style="list-style-type: none"> – Busca de informações (dados/fatos; leis, conceitos). – Seleção das informações. – Utilização/aplicação das informações recolhidas.
Interpretação da informação	<ul style="list-style-type: none"> – Representação gráfica ou de desenhos. – Comparação e/ou aplicação dos problemas a situações vivenciais. – Leitura cuidadosa da situação-problema. – Ativação e utilização dos conhecimentos disponíveis.
Análise da informação e realização de inferências	<ul style="list-style-type: none"> – Elaboração de hipóteses. – Atribuição de valores, por estimativa, às grandezas físicas julgadas necessárias à resolução. – Proposição, discussão e elaboração de possíveis soluções (estratégias).

	<ul style="list-style-type: none"> – Manipulação algébrica de equações. – Realização de cálculos. – Realização de análises geométricas. – Comprovação do resultado e processo de resolução praticado. – Refutação de algumas hipóteses. – Execução das estratégias de resolução elaboradas
Compreensão e organização conceitual da informação	<ul style="list-style-type: none"> – Utilização de diferentes informações e conceitos. – Estabelecimento de relações entre os conceitos. – Verbalização da resolução praticada. – Elaboração da síntese da resolução. – Proposta de novas situações-problema.
Comunicação da informação	<ul style="list-style-type: none"> – Expressão oral: – Questionamentos; · – Expressão escrita:

Quadro 3 - Classificação dos procedimentos trabalhados na ADRP

Fonte: (CLEMENT; TERRAZZAN; 2011, p.96)

A partir das soluções empregadas nas AD, da mesma maneira que Clement e Terrazzan (2011) desenvolveram, tentou-se identificar quais destas categorias e destes procedimentos foram contemplados através delas.

Conforme destacam Clement e Terrazzan (2011), estas categorias não devem representar uma sequência a ser seguida, porém representam a grande quantidade de conteúdos procedimentais que podem ser desenvolvidos através de atividades didáticas de resolução de problemas.

E ainda, conforme Pozo et al. (1998), indicam, porém, que a relação entre estes passos não é uma série de atividades. Segundo os autores, “isto não quer dizer que toda solução de

problemas envolva necessariamente da mesma maneira os cinco tipos de procedimentos, nem que a aplicação destes deva seguir necessariamente a mesma ordem sequencial”.

Referente à primeira categoria, denominada aquisição da informação, destacam-se os três tópicos: (1) busca de informação, (2) seleção das informações e (3) utilização/aplicação das informações recolhidas.

Sobre estes tópicos, a atividade 01 contempla-os de uma única vez, afinal o estudante deve (1) retirar da simulação computacional os dados úteis para a atividade, (2) dentre a grande quantidade de dados que ferramenta computacional origina, selecionar os que considera suficientes e (3) ainda aplicá-los na forma da resolução dos problemas propostos. Abaixo, a figura 19 traz a solução proposta por um estudante, onde o mesmo desenvolve os passos acima citados.

$$1- x_{\text{azul}} = 1,540 \text{ m} \quad / \quad (2,0)$$

$$2- v_0 = \frac{x - x_0}{t - t_0}$$

$$v_0 = \frac{3,644 - 1,540}{1,850 - 0,950} = \frac{2,104}{0,9} = 2,33 \text{ m/s} \quad (2,0)$$

$$3- v_0 \text{ vermelha} = 5,12 \text{ m/s}$$

4- Fiz por tentativa e erro até chegar a velocidade inicial $5,12 \text{ m/s}$ e para ser mais precisa fiz a conta:

$$v_0 = \frac{3,840}{0,750} = 5,12 \text{ m/s} \quad (2,0)$$

Sim, pois a partícula vermelha deverá percorrer um caminho maior para chegar ao mesmo tempo da azul. (1,5)

Figura 19 – Exemplo de solução desenvolvida por um estudante VII

Fonte: Resposta elaborada a um problema.

O problema 1 da figura 19 indica a posição inicial da partícula azul, dado este que deve ser extraído da simulação computacional, cabendo ao aluno a busca pela informação desejada. Imediatamente após esta etapa, munido dos dados dispostos na ferramenta computacional, o mesmo seleciona quais os registros úteis e, assim, resolve os problemas 2 e 4.

No que confere à segunda categoria proposta, denominada interpretação da informação, destacam-se os seguintes tópicos: (1) representação gráfica ou de desenhos, (2) comparação e/ou aplicação dos problemas a situações vivenciais e, por fim, (3) ativação e utilização dos conhecimentos disponíveis.

O item (1) foi aquele mais recorrente na execução das AD, de modo que, em todas, houve algum problema que recorresse à construção e análise de gráficos. Para o desenvolvimento das AD, em nenhum instante, como se já afirmou, foi indicado aos alunos o uso especificamente do *software* Octave. De tal maneira, para a realização da Atividade 01, três alunos optaram por duas formas diferentes de entregar os gráficos exigidos: dois realizaram a mão livre e ainda um optou por fazê-los no *software* matemático Origin. Porém, este foi o único registro de utilização de recursos diferentes ao Octave durante o desenvolvimento de todas as AD. Abaixo as figuras 20, 21, 22 e 23 indicam as resoluções propostas sobre estes tópicos, referentes a problemas apresentados nas AD 01, 01, 02 e 03 respectivamente.

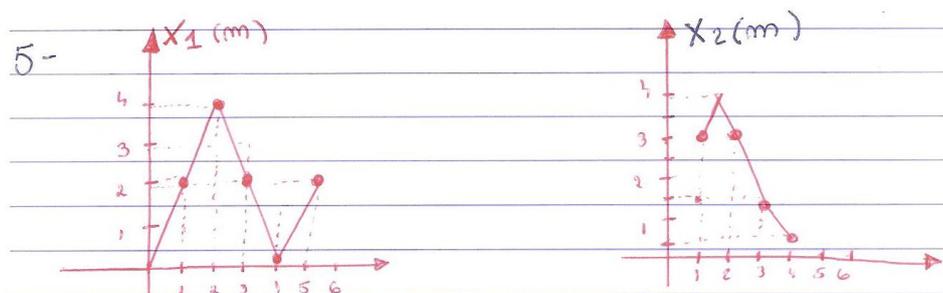


Figura 20 – Exemplo de solução desenvolvida por um estudante VIII

Fonte: Resposta elaborada a um problema.

A figura 20 demonstra a solução apresentada por um estudante ao desenvolver os problemas que envolviam gráficos da AD 01, que optou por fazê-los a mão livre, indicando que

em nenhum momento foi exigida a construção dos mesmos via uso de qualquer ferramenta matemática de uso geral. Abaixo a figura 21 traz outro resultado:

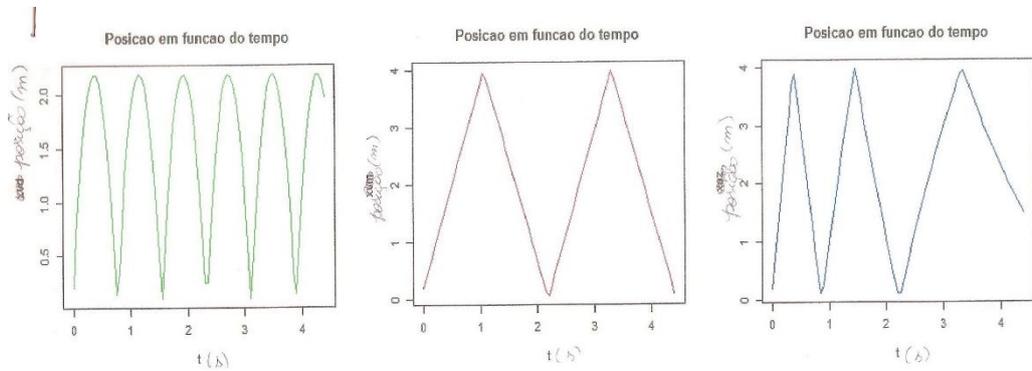


Figura 21 – Exemplo de solução desenvolvida por um estudante IX

Fonte: Resposta elaborada a um problema.

A figura 21 demonstra a resolução de um estudante que optou por desenvolver os problemas que envolviam gráficos da AD 01 através do *software* matemático Origin. A seguir, a figura 22, apresenta outra tela de um gráfico elaborado.

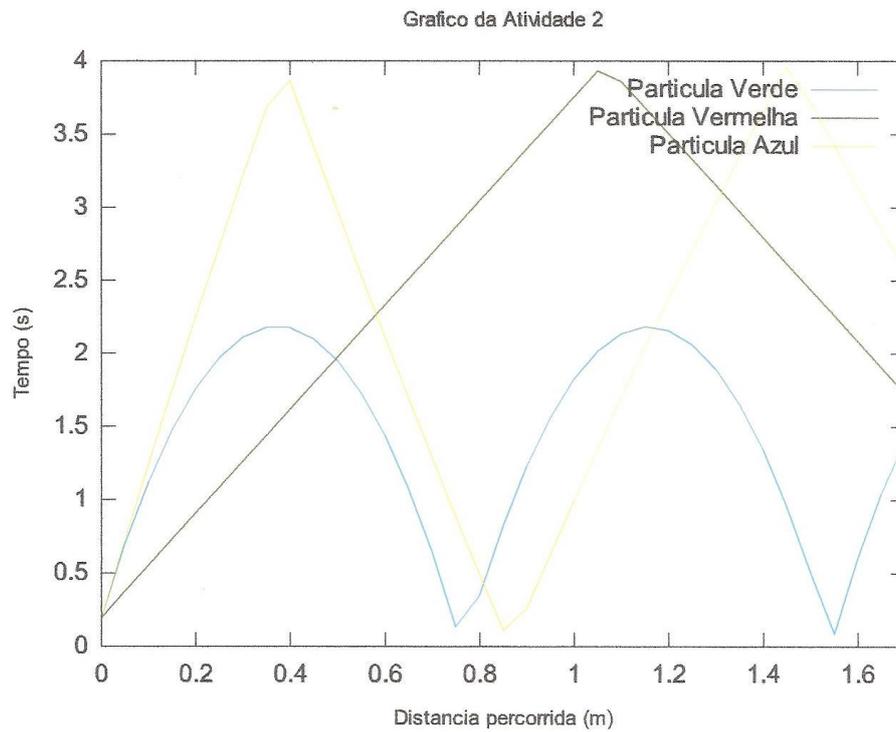


Figura 22 – Exemplo de solução desenvolvida por um estudante X

Fonte: Resposta elaborada a um problema.

A figura 22 corresponde a problemas relacionados com a AD 02, e demonstra a construção dos gráficos através do *software* Octave. Abaixo, a figura 23 apresenta outra solução relacionada a construção de gráficos.

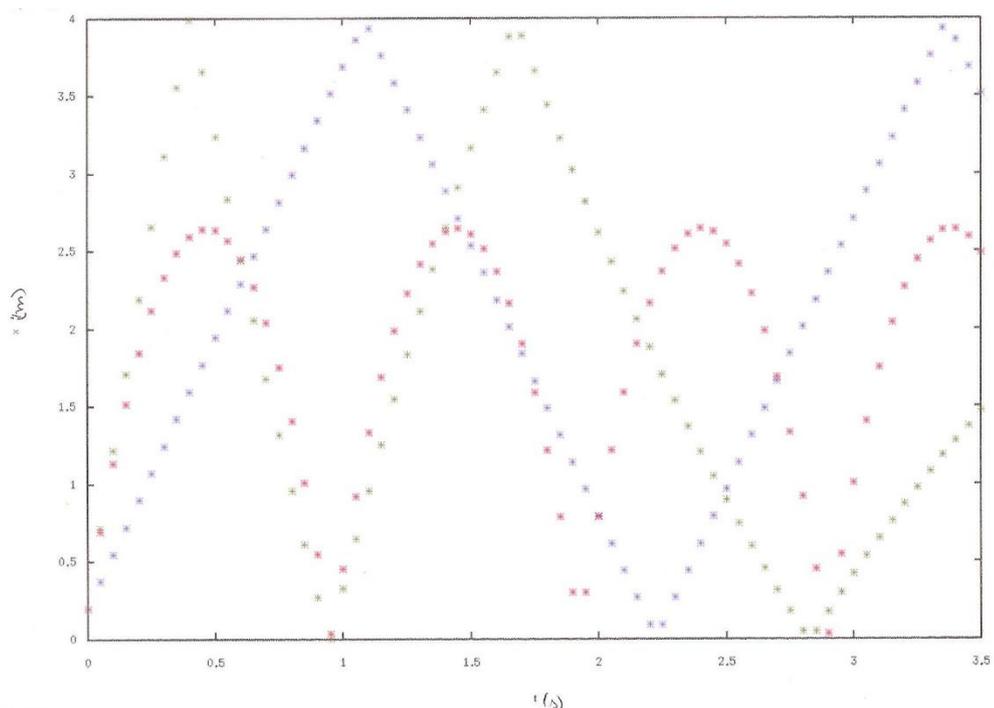


Figura 23 – Exemplo de solução desenvolvida por um estudante XI

Fonte: Resposta elaborada a um problema.

A figura 23 também representa a solução de um problema que envolvia construção e análise de gráficos para a AD 03. A ferramenta utilizada, neste caso, foi o Octave.

Já ao item (2), lembra-se que cada AD traz, inicialmente, um texto introdutório que deve conduzir o estudante a situações vivenciais. O trecho escrito abaixo foi retirado da atividade 02, e exemplifica essa característica:

“Movimentos estão sempre presente em nossas vidas. Quando vamos de casa para a escola estamos nos movendo. É fácil imaginar uma bola de tênis movendo-se verticalmente e quicando no chão algumas vezes. Também podemos imaginar uma bola de futebol que foi chutada rasteira em um gramado e que rola até parar. São tantos os tipos de movimento que é conveniente agrupá-los em classes que partilham aspectos comuns. Desta forma, podemos generalizar o que aprendemos com um movimento específico para todos os movimentos da mesma classe. Uma forma importante de classificar um movimento é feita a partir da

observação de sua aceleração. Este objeto de aprendizagem é especialmente feito para abordar esta questão.”⁷⁴

Ainda, o item (3) é recorrente em todas as AD. Afinal, para que o aluno desenvolva as atividades com êxito, deve fundamentalmente fazer as ligações com o que já aprendeu, uma vez que as AD são apresentadas em um momento posterior ao conteúdo a ser ministrado em sala de aula pelo docente.

Para a terceira categoria, análise de informação e realização de inferências, destacam-se os seguintes aspectos: (1) elaboração de hipóteses, (2) atribuição de valores, por estimativa, às grandezas físicas julgadas necessárias à resolução, (3) proposição, discussão e elaboração de possíveis soluções (estratégias), (4) realização de cálculos e (5) manipulação algébrica de equações.

Referente aos itens (1), (2), (3), (4) e (5), estes aspectos são contemplados em concomitância com os conteúdos atitudinais objetivados com as atividades, ou seja, o desenvolvimento de uma atitude científica perante o problema.

Por exemplo, o item (2) está contemplado no problema 03 da AD 01, quando é pedido ao aluno que estime a velocidade da partícula vermelha para que chegue a parede no mesmo instante da partícula azul.

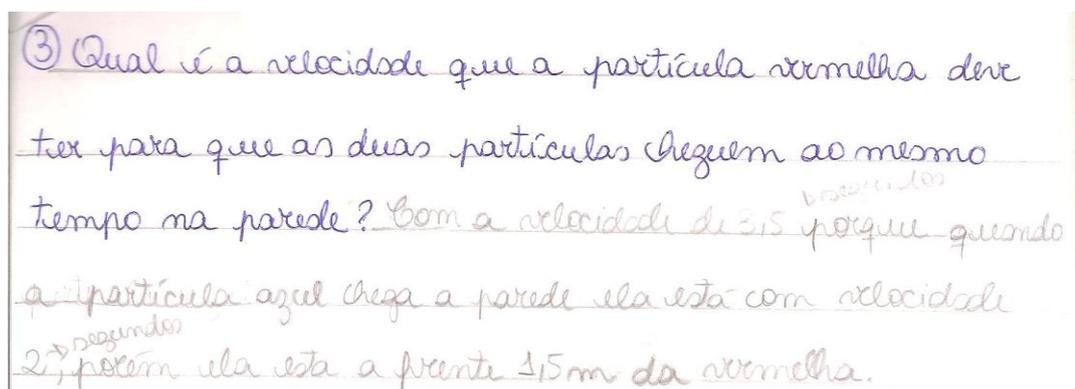


Figura 24 – Exemplo de solução desenvolvida por um estudante XII

Fonte: Resposta elaborada a um problema.

⁷⁴ Disponível em <http://boltz.ccne.ufsm.br/st01/?q=node/2>.

Nesta solução demonstrada na figura 24, observa-se que os estudantes necessitam elaborar hipóteses que resolvam o problema apresentado. Após isso, a testagem desta hipótese lançada inicialmente é de fundamental relevância.

Considerando que o aluno pode estimar a velocidade de maneiras distintas, os itens (3), (4) e (5) são contemplados no problema proposto, logo a seguir, quando traz: Como você determinou a velocidade da partícula no item anterior? É possível determinar este valor teoricamente? Como?

A figura 25 abaixo reproduz uma solução de um dos alunos para os problemas da AD 01 expostos anteriormente:

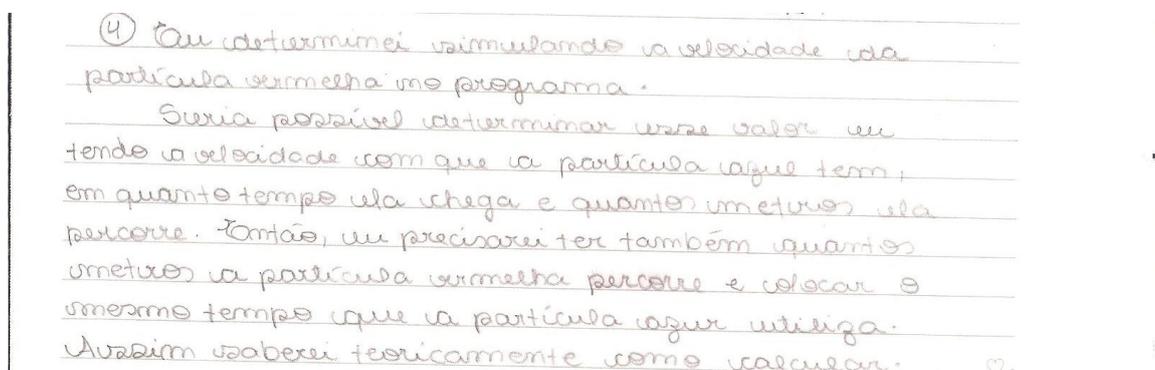


Figura 25 – Exemplo de solução desenvolvida por um estudante XIII

Fonte: Resposta elaborada a um problema da AD.

Por fim, para a quarta e quinta categoria descrita por Pozo (1998), compreensão e organização conceitual da informação e comunicação da informação, respectivamente, destacam-se os seguintes aspectos: (1) utilização de diferentes informações e conceitos, (2) estabelecimento de relações entre os conceitos e (3) elaboração da síntese da resolução.

Os itens (1) e (2) são fundamentais para a prática de RP e estiveram presentes em todas as AD, afinal a utilização de informações e conceitos e, ainda, o estabelecimento de relações conceituais é de suma importância para a resolução de um problema, na medida em que não se tem uma solução rápida e heurística.

Em relação ao item (3), destaca-se que a sistematização dos resultados encontrados constitui o material escrito que o estudante entregou, o qual contém as resoluções dos problemas propostos.

5.5.3 Conteúdos Atitudinais Desenvolvidos

Com referência ao desenvolvimento de conteúdos atitudinais, as AD inovadoras aqui descritas objetivaram, de uma maneira geral, o desenvolvimento de uma atitude científica dos estudantes na etapa de resolução de problemas.

Esta atitude científica está diretamente ligada as seguintes etapas de resoluções em atividades didáticas: elaboração de hipóteses, teste de hipóteses, elaboração dos cálculos, resultados e validade dos resultados.

Partindo destas etapas, o aluno desempenhará uma resolução de atividades coerente com a proposta, exercitando soluções justificadas e organizadas em termos de resolução de problemas de caráter científico. Esta perspectiva parece fundamental, uma vez que, partindo deste tópico, o aluno pode, então, desenvolver atitudes relacionadas com a motivação, justificando, assim, o interesse por este tipo de resolução.

5.6 As AD, de modo geral, foram vistas pelos estudantes como algo interessante?

Esta seção tem a função de evidenciar o interesse e a motivação dos estudantes frente às AD implementadas. Conforme argumenta-se abaixo, após realizarem as atividades didáticas, os estudantes avaliaram o benefício das mesmas ao responderem as questões 7, 11, 12 e 13, do questionário final⁷⁵⁷⁶ que foi aplicado. Esses dados estão representados na tabela 3.

Tabela 3 – Dados extraídos das repostas dos alunos

⁷⁵ Para maiores detalhes do questionário, vide exemplar disponibilizado no Apêndice G. Apesar de, no início do semestre, o questionário inicial ter sido respondido por doze alunos, o questionário final obteve seis repostas.

⁷⁶ As questões 11 e 12 referem-se a uma comparação com a resolução de problemas dispostos nos livros-textos.

Grau	Relação com o Programa	Instrutivas	Interessantes	Aprendizagem
1	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
2	0,00%	0,00%	0,00%	16,6%
3	0,00%	0,00%	0,00%	16,6%
4	33,3%	50%	16,6%	33,3%
5	66,6%	50%	83,3%	33,3%

Fonte: Elaborada pelo autor.

O resultado da tabela 3 está traduzido no histograma da figura 26:

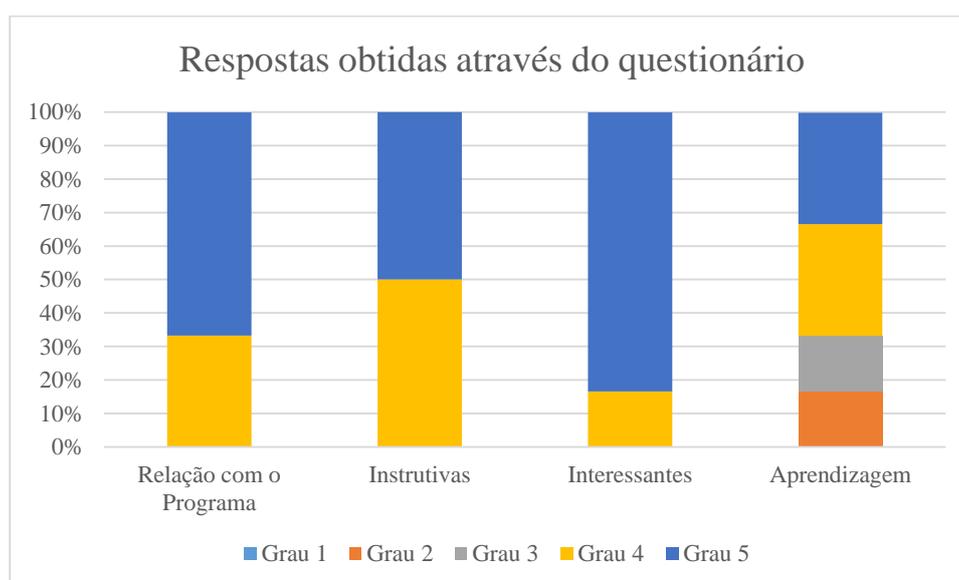


Figura 26 – Avaliação dos alunos em relação ao custo/benefício de realizar as AD.

Fonte: Fonte: Elaborada pelo autor.

Na tabela 3, visualiza-se que os estudantes consideraram que as AD estavam de acordo com o programa da disciplina, ou seja, que as mesmas estavam de acordo com o conteúdo obrigatório determinado pela ementa.

Analisando o questionamento sobre o grau de instrução das atividades, o resultado mostrado na Figura 26, fica claro que a grande maioria aponta para vantagens nas AD de

simulação computacional na comparação já citada. Isto indica que, na concepção dos estudantes, a realização de atividades computacionais, neste âmbito, pode ser mais instrutiva que as tradicionais resoluções de problema de lápis e papel. Esse aspecto é de grande interesse para a pesquisa, pois identifica, a partir das respostas dos alunos, uma expectativa em que as AD tornem-se mais úteis que as RP de lápis e papel.

Com referência ao questionamento que leva em conta o quão interessante é uma atividade em relação a outra, identifica-se, na Figura 26, que os alunos consideraram as AD de simulação computacional muito mais interessantes que as atividades tradicionais de RP. Este fator gera grande interesse, pois ao classificarem as AD como interessantes, imagina-se certo empenho e dedicação ao realizá-las.

Nesta seção, indica-se uma série de argumentos baseados nas respostas propostas pelos estudantes, através de um questionário entregue ao término da aplicação. As respostas indicaram que as AD mostraram-se como um aspecto importante e relevante para a sua formação escolar, ao demonstrarem interesse e ao identificarem a importância do seu uso em sala de aula.

5.7 Análise das atividades didáticas caso a caso: principais aspectos

Nesta seção, apresentam-se, na forma de tabelas, os resultados quantitativos oriundos das avaliações realizadas sobre as soluções das atividades didáticas entregues pelos alunos, e ainda, logo após, faz-se uma descrição qualitativa em aspectos considerados de maior relevância.

Antes de apresentar e discutir estes resultados, cabem ressalvas referentes ao termo classificado nas tabelas que seguem “resolveu parcialmente correto”. Este termo classifica as resoluções dos problemas que apesar de não acertar a questão completamente, seja por erro algébrico, erro na coleta dos dados ou ainda em pequenos desleixos com relação aos gráficos, o mesmo manteve coerência nos seus argumentos e apresentou ideias consistentes nas formulações das hipóteses. Para casos que se julgar referência, descreve-se com maior detalhe este tópico.

5.7.1 Atividade Didática 01⁷⁷

Os resultados obtidos com a primeira atividade didática estão representados na tabela 4. O desafio proposto pela mesma era de determinar o tempo necessário para que duas partículas chegassem na mesma posição⁷⁸. Além deste, problemas relacionados a construção e análise de gráficos foram solicitados.

Tabela 4 – Resultados dos problemas da AD I

	Resolveu corretamente	Resolveu parcialmente correto	Não resolveu ou errou	Total entregue
Problema 1	12	0	1	13
Problema 2	12	0	1	13
Problema 3	12	0	1	13
Problema 4	8	2	3	13
Problema 5 (Gráfico)	1	8	1	13

Fonte: Elaborada pelo autor.

A tabela 4 mostra que a grande maioria (quase a totalidade) dos alunos respondeu os primeiros três problemas. Ao analisar os mesmos, percebe-se que estão ligados diretamente à visualização e manipulação da simulação computacional, a partir da seleção de dados úteis para a resolução.

O problema 4, segundo a tabela 4, também obteve registro razoável na porcentagem daqueles que acertaram. Da pequena parte, dos quais não acertaram ou resolveram parcialmente correto, observa-se que a tendência foi de não demonstrar como é possível determinar o valor da velocidade da partícula vermelha teoricamente.

O que se pretendia neste caso é que todos desenvolvessem a manipulação das equações para comparar o resultado teórico com aquele obtido através da ativação da simulação computacional.

⁷⁷ Os problemas referentes a esta AD estão disponíveis em <http://boltz.ccne.ufsm.br/st01/?q=node/1>.

⁷⁸ A posição de encontro, nesta situação, é a parede delimitada pela simulação computacional.

Com relação ao problema 5, conforme a tabela 4, observa-se que a grande maioria dos alunos não contemplou a resolução com êxito. A mesma compunha-se unicamente da construção de um gráfico a partir dos dados coletados e, desta forma, os principais erros encontrados foram: 1) falta de legendas, 2) falta de nomes nos eixos, 3) falta de unidades de medidas e ainda 4) gráficos sem títulos.

Cabe ressaltar que não se havia mostrado como inserir estas informações a partir do *software* Octave nas oficinas didáticas. Porém, nem os que desenvolveram as AD de gráficos com outras estratégias (conforme já se destacou) contemplaram estas necessidades.

Este resultado foi utilizado na construção da AD seguinte, de modo que se tentou contemplar este déficit nas próximas oficinas didáticas, assim sendo, os estudantes poderiam perceber a necessidade de incluir tais informações nos gráficos das AD subsequentes.

5.7.2 Atividade Didática 02

Os resultados obtidos com a segunda atividade didática estão representados na tabela 5. O desafio nesta AD era de identificar diferenças entre as velocidades de cada partícula disposta na simulação computacional. Além deste, problemas relacionados a construção e análise de gráficos foram solicitados.

Tabela 5 – Resultados dos problemas da AD II

	Resolveu corretamente	Resolveu parcialmente correto	Não resolveu ou errou	Total entregue
Problema 1	9	2	0	11
Problema 2	8	1	2	11
Problema 3	3	6	2	11
Problema 4	5	3	3	11
Problema 5	5	2	4	11
Problema 6	4	5	2	11

Problema 7 (Gráfico)	3	8	0	11
-------------------------	---	---	---	----

Fonte: Elaborada pelo autor.

Referente aos problemas 1 e 2 desta AD, segundo a tabela 5, observa-se um alto aproveitamento. Os mesmos correspondem à visualização do movimento na simulação e, ainda, à determinação do valor da velocidade inicial de cada partícula.

Quanto aos resultados dos problemas 4, 5 e 6, dispostos na tabela 5, em geral, os estudantes que não conseguiram desenvolver o primeiro destes, também não resolveram os outros descritos. Como estes necessitavam que os alunos descobrissem a velocidade de cada partícula em determinado instante, a grande maioria só acertou a partícula que possuía movimento uniforme e que, por conseguinte, a velocidade não varia em nenhum momento durante toda a trajetória, indicando dificuldades na manipulação das equações que envolviam velocidade variável (aceleração constante e uniforme), pois as outras duas partículas dispostas na simulação computacional têm este comportamento.

Na análise do problema 7, segundo a tabela 5, que está conectada a construção de um gráfico, os erros observados no problema 6 da AD 01 também foram constatados. Isso se justifica devido à entrega destas duas atividades (primeira e segunda) que se deu na mesma data e assim os resultados referentes a isso, e como já se afirmou, foi considerado na sequência das AD propostas durante o semestre.

5.7.3 Atividade Didática 03

Os resultados obtidos com a terceira atividade didática estão representados na tabela 6. O desafio nesta AD era exclusivamente sobre construção e análise de diferentes gráficos.

Tabela 6 – Resultados dos problemas da AD III

	Resolveu corretamente	Resolveu parcialmente correto	Não resolveu ou errou	Total entregue
Problema 1 (Gráfico)	8	1		9
Problema 2 (Gráfico)	8	1		9
Problema 3 (Gráfico)	8	1		9
Problema 4	3	1	5	9
Problema 5	3	1	5	9

Fonte: Elaborada pelo autor.

Como os três primeiros problemas desta AD (problema 1, 2 e 3) estão relacionados diretamente à construção de gráficos, e a partir do alto rendimento observado nas avaliações dispostas na tabela 6, acredita-se que o domínio de procedimentos para a construção dos mesmos, para esta AD, alcançou os objetivos inicialmente propostos.

Cabe a ressalva que a única solução que não contemplou com êxito estes três problemas, apenas não construiu as três curvas no mesmo gráfico, conforme sugerido pela AD, e, então, como este domínio de procedimento é de grande valia, indica-se a mesma como resolveu parcialmente correto.

Os problemas 4 e 5, conferem a uma análise dos gráficos dos problemas anteriores ligados ao desenvolvimento dos conteúdos conceituais. O resultado exposto na tabela 6 traz uma distribuição quase homogênea em termos de erros/acertos, porém um aspecto relacionado ao erro cabe discussão.

A grande maioria das soluções errôneas apresentadas trouxeram em geral, o mesmo erro: uma partícula, por exemplo, no gráfico da posição em função do tempo tem comportamento classificado como movimento uniforme, ou seja, com velocidade constante e no gráfico da velocidade em função do tempo, a mesma partícula altera suas configurações, passando a ter comportamento classificado como movimento variado, ou seja, com velocidade variável.

Este resultado traz preocupação, uma vez que esta confusão escancara uma dificuldade conceitual e de análise dos gráficos que não permite ao estudante o domínio deste conteúdo em particular.

5.7.4 Atividade Didática 04

Os resultados obtidos com a quarta atividade didática estão representados na tabela 7. O desafio nesta AD era proporcionar que uma partícula ultrapassasse certo obstáculo, determinando alcance máximo e o intervalo do ângulo de lançamento. Além deste, problemas relacionados a construção e análise de gráficos foram solicitados.

Tabela 7 – Resultados dos problemas da AD IV

	Resolveu corretamente	Resolveu parcialmente correto	Não resolveu ou errou	Total entregue
Problema 1	9			9
Problema 2	9			9
Problema 3	6	3		9
Problema 4	9			9
Problema 5 (Gráfico)	8		1	9
Problema 6 (Gráfico)	8		1	9
Problema 7 (Gráfico)	7	1	1	9

Fonte: Elaborada pelo autor.

Esta AD foi uma das que obteve melhor desempenho dos estudantes (juntamente com a primeira e a quinta). A mesma exigia observações na simulação computacional para seleção de dados, desenvolvimento de conteúdos conceituais e, por fim, análise e construção de gráficos.

Segundo a tabela 7, apenas um estudante não contemplou os problemas gráficos, e isso aconteceu porque o mesmo não entregou estes problemas (no caso o 4, 5 e 6), indicando apenas os problemas iniciais.

5.7.5 Atividade Didática 05

Os resultados obtidos com a quinta atividade didática estão representados na tabela 8. O desafio nesta AD era determinar a aceleração da gravidade para determinada situação. Ainda em um movimento de queda livre, era necessário determinar a energia dissipada pelo contato com o solo amortecido. Além destes, problemas relacionados a construção e análise de gráficos foram solicitados.

Tabela 8 – Resultados dos problemas da AD V

	Resolveu corretamente	Resolveu parcialmente correto	Não resolveu ou errou	Total entregue
Problema 1	6		1	7
Problema 2	3	2	2	7
Problema 3 (Gráfico)	7			7
Problema 4 (Gráfico)	7			7
Problema 5	3	3	1	7
Problema 6 (Gráfico)	7			7
Problema 7	4	1	2	7

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os resultados mostrados na tabela 8, acima, indicam que o aproveitamento dos estudantes nos problemas que envolvem gráficos foi máximo. Mais uma vez, este indicador mostra que, a medida que as AD foram evoluindo, o aproveitamento dos estudantes foi aumentando consideravelmente e, nestas últimas, conservando-se como excelente.

Porém, os resultados menos expressivos da tabela 8 foram mostrados em problemas em que os estudantes deveriam desenvolver procedimentos de cálculo matemático através do *software*. Muitos deles mostraram dificuldades, uma vez que este tópico estava sendo abordado nas atividades didáticas pela primeira vez.

5.7.6 Atividade Didática 06

Os resultados obtidos com a sexta atividade didática⁷⁹ estão representados na tabela 9. O desafio nesta AD era determinar a massa de certa partícula, proporcionando colisões entre as mesmas⁸⁰. Além deste, problemas relacionados a construção e análise de gráficos foram solicitados.

Tabela 9 – Resultados dos problemas da AD VI

	Resolveu corretamente	Resolveu parcialmente correto	Não resolveu ou errou	Total entregue
Problema 1	1	1	2	4
Problema 2	1		3	4
Problema 3	1		3	4
Problema 4 (Gráfico)	3		1	4
Problema 5 (Gráfico)	3		1	4
Problema 6	2		2	4
Problema 7 (Gráfico)	3		1	4
Problema 8 (Gráfico)	3		1	4

Fonte: Elaborada pelo autor.

Nesta AD 06, os estudantes, mais uma vez, deveriam desenvolver competências associadas à utilização do *software* para a construção de gráficos e também a realização de cálculos numéricos.

A tabela 9 traz a mesma tendência observada nas análises das AD anteriores, quando demonstra que a porcentagem de estudantes que desenvolveram com êxito os problemas que utilizavam gráficos foi alta. Como esta foi a última AD implementada, e nela abordaram-se

⁷⁹ Esta AD foi a que obteve o menor número de soluções entregues, com quatro. Acredita-se que isso pode estar associado a dois fatores: primeiro, ao fato de que a mesma foi entregue no último dia de aula, em meio a provas e trabalhos e segundo, ao escasso número de aluno que frequentara a disciplina até o final.

⁸⁰ Usando as equações da conservação da energia e do momento linear é possível determinar a massa da partícula de interesse através da colisão de duas ou mais partículas.

todas as competências associadas a gráficos desenvolvidas desde a primeira delas, o resultado apresentado esteve acima das expectativas, indicando que o desenvolvimento de atividades em um processo evolutivo pode trazer bons resultados.

Já em relação aos problemas que não tinham relação com gráficos desta AD apresentaram dificuldades aos estudantes, afinal, os mesmos envolviam em grande parte o domínio de conhecimentos conceituais relacionados à conservação de energia e de momento linear para a resolução de um único problema. Para determinarem a massa da partícula verde, os mesmos precisariam desenvolver relações entre as equações de conservação de energia e também a de conservação de momento linear, considerando as direções de deslocamento das partículas após a colisão.

Assim, muitos não obtiveram a relação entre equações adequadas e não conseguiram encontrar o resultado correto. A pequena parcela dos que conseguiu foi mediante as dúvidas dispostas no espaço de discussão (e-mail⁸¹), onde, em contato com o docente orientador, resolveram o problema de acordo com a proposta/objetivo inicial.

⁸¹ Através do e-mail foram recebidas trinta e sete dúvidas sobre as atividades didáticas (referente ao conjunto total delas). Dentre as dúvidas mais recorrentes destaca-se as que estavam relacionadas com o uso do software matemático empregado.

CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES

Nesta dissertação, apresentou-se como resultado um conjunto inovador de atividades didáticas de mecânica de partículas baseadas em resolução de problemas e TIC. O conjunto de AD desenvolvido foi elaborado, implementado e avaliado com uma turma de um curso de exatas da UFSM na disciplina de Física I. Através da análise da produção dos estudantes, o material escrito com a síntese das resoluções das tarefas, as respostas do questionário inicial e final permitiram avaliar se o conjunto de atividades didáticas cumpriu com os seus objetivos: (1) estruturação a partir de problemas; (2) trabalhar os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais de forma integrada; (3) desenvolver competências associadas a um ambiente de computação numérico.

Segundo os exemplos elencados e argumentação desenvolvida no capítulo 5, demonstrou-se que as atividades didáticas continham problemas desafiantes, primordialmente nas AD 5 e 6, enquanto as iniciais (de 1 a 4) tiveram a função de preparar o estudante para a sequência da implementação. Na análise dos problemas das atividades finais, percebeu-se que os estudantes não optaram por seguir soluções diferentes (característica de um problema), e um dos fatores para este aspecto pode ter sido a influência das oficinas didáticas ministradas.

Mostrou-se também que as AD foram bem aceitas pelos estudantes, que demonstraram interesse na resolução das mesmas. No capítulo 5, registrou-se ainda que as AD trabalharam conceitos, atitudes e procedimentos concomitantemente, fato importante para que haja uma aprendizagem significativa, embora admite-se a dificuldade em avaliar estes conteúdos atitudinais com atividades extraclasse e materiais impressos.

Além disso, as AD proporcionaram o desenvolvimento de competências associadas a um ACN, juntamente com o desenvolvimento dos conteúdos acima destacados. Portanto, conclui-se que as atividades didáticas cumpriram com os seus objetivos e apresentam potencial para serem generalizadas para outras realidades.

Ainda, o desenvolvimento de competências associadas ao uso de um ambiente de computação numérica, possibilitou a estes alunos o desenvolvimento de um domínio de conteúdos procedimentais fundamentais para o desenvolvimento de atividades profissionais e acadêmicas vinculadas a sua área, neste caso específico, a do curso de graduação em Meteorologia. Isto ficou evidenciado, quando concomitantemente ao curso de Física I, os

mesmo já desenvolviam estas competências associadas a construção e análise de gráficos, em outras disciplinas que cursavam.

Cabe destacar também que o significativo decréscimo dos estudantes que desenvolviam as atividades é uma realidade da disciplina de Física I. E esta turma não fugiu à regra. Embora tenha sido desenvolvido atividades baseadas em problemas abertos somente nas últimas duas, e que apenas quatro estudantes tenham entregue a AD 06, isto não descaracteriza a intencionalidade do trabalho, uma vez que isso comprovam estes dados relacionados ao abandono da disciplina.

Dessa primeira experiência de aplicação do material desenvolvido, percebeu-se – pela opinião dos alunos e impressões nossas – a necessidade de realizar algumas mudanças nas atividades didáticas, em futuras aplicações. Passadas estas considerações restam alguns pontos que possam gerar futuros desdobramentos, de modo que possibilitaria uma amostra mais completa e proporcionando conclusões mais abrangentes. Cabe salientar que as mesmas não foram executadas por diversos motivos, a saber, por exemplo, um destes foi o tempo de aplicação e análise limitado, considerando a abrangência dos desdobramentos citados a seguir, em virtude da conclusão do curso de Mestrado (dois anos/quatro semestres).

Referente à pesquisa bibliográfica sobre o uso do computador, a mesma pode ser abrangida tanto em termos da leitura e análise de periódicos nacionais e internacionais, como em outras áreas (evitando apenas relações com o ensino de Física). A leitura de publicações internacionais e de outras áreas proporcionaria uma visão mais global do tema.

Caberia também uma leitura mais intensificada sobre como as simulações computacionais são utilizadas, identificando as vantagens e desvantagens mais exploradas destas ferramentas, exibindo, assim, onde estas simulações ainda podem evoluir enquanto ferramentas didáticas.

Quanto aos conteúdos relacionados com as mesmas, cabe pesquisar quais os motivos que levam a opção por não serem trabalhados em atividades didáticas que fazem uso desta ferramenta. Este levantamento identificaria as áreas da Física menos abrangidas e pode proporcionar o desenvolvimento de material didático novo para áreas que ainda geram grandes dificuldades de aprendizagem pelos alunos.

Quanto à aplicação das atividades didáticas, proporcionar uma ampla utilização das mesmas para uma avaliação mais completa. Isso quer seja no nível superior, onde as mesmas foram aplicadas no contexto desta dissertação, ou até mesmo, em uma transposição didática para o nível médio, inserindo estas atividades em salas de aula das redes pública e privada na

cidade e nos entornos de Santa Maria, visando à evolução das mesmas a partir de um grande número de resoluções entregues para análise.

A partir desta expansão citada anteriormente, possibilitar-se-ia também uma conexão com os docentes de nível médio, propiciando discussão acentuada sobre a natureza das atividades, sua aplicabilidade, de modo a evoluir tanto como ferramenta didática de pesquisa quanto como ferramentas de trabalho futuras ao docente, de modo que, munido desta experiência, o mesmo transforme-a em realidade de suas aulas.

Este contato pode fornecer uma opinião de um especialista, o qual pode identificar áreas problemáticas proporcionando, assim, uma ferramenta didática de maior qualidade, visando à aprendizagem dos estudantes.

Também seria interessante desenvolver atividades didáticas que contemplassem outros conteúdos conceituais, como o de Dinâmica, compreendendo, assim, todo o conteúdo de um nível ou série.

Referente ao blog seria de interesse proporcionar um espaço de comentários, online, onde o estudante pudesse “postar” dúvidas e sugestões a serem respondidas e que todos os alunos da turma tivessem acesso.

Caberia avaliar também se atividades didáticas online (os estudantes desenvolvessem as atividades no computador e enviassem-nas por um portal de armazenamento de dados) teriam uma boa aceitação e frequência de entrega, uma vez que o estudante não necessitaria entregá-las em mãos ao docente.

Também, a partir dos resultados conseguidos com esta análise e avaliação, aprimorar as atividades didáticas, os problemas propostos, os prazos de entrega e ainda realizar encontros presenciais mais adequados, assim propiciando uma tarefa mais completa e melhor executada, visando sempre ao aprendizado da gama de conteúdos que cerca as AD: conceituais, procedimentais e atitudinais.

Em síntese, com este trabalho, conclui-se que o conjunto de atividades didáticas desenvolvidas, implementadas e avaliadas apresenta potencial para ser generalizado para outras realidades escolares. E esse será um dos desafios a serem enfrentados em trabalhos futuros. Conclui-se ainda que o conjunto de atividade didática cumpriu com os seus objetivos didáticos já citados. O fato de proporcionar o contato e a experiência no desenvolvimento de competências associadas a um ACN para o público envolvido confere um resultado interessante. E, então, possibilitar que este aspecto possa ser inserido ainda em níveis anteriores, como na educação básica, passa a ser um desafio futuro.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, D.; CAMPOS, M. Análise do processo cognitivo na construção das figuras de Lissajous. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v.27, n.4, p.587-591, 2005.

ANJOS, A.J.S.; As novas tecnologias e o uso dos recursos telemáticos na educação científica: a simulação computacional na educação em Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v.25, n.3, p.569-600, 2008

ARAÚJO, I.S.; VEIT, E.A. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de Física. **Revista Brasileira de Educação em Ciências**. v.4, n.3, p.5-18, 2004.

BRASIL. Ministerio da Educacao. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília, 2002b. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2014.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Censo Escolar 2010 - Resumo Técnico**. Brasília, 2010. Disponível em: <[Http://download.inep.gov.br/educacao_basica/censo_escolar/resumos_tecnicos/divulgacao_censo2010_revisao_04022011.pdf](http://download.inep.gov.br/educacao_basica/censo_escolar/resumos_tecnicos/divulgacao_censo2010_revisao_04022011.pdf)>. Acesso em: 26 fev. 2014.

CLEMENT, L; TERRAZZAN, E.A. Atividades Didáticas de Resolução de Problemas e o Ensino de Conteúdos Procedimentais. **Revista Eletrônica de Investigação no ensino de Ciências**. v.6, n.1, p.97-101, 2011.

COLL, C.; VALLS, E. A aprendizagem e o ensino de procedimentos. **Os conteúdos na reforma: ensino e aprendizagem de conceitos, procedimentos e atitudes**. Porto Alegre/BRA: Artes Médicas, 2000.

COSTA, S.S.C; MOREIRA, M. A. A resolução de Problemas como um tipo especial de aprendizagem significativa. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v.18, n.3, p.263-277, 2001.

COSTA, S.S.C; MOREIRA, M. A resolução de problemas IV: Estratégias para a resolução de problemas. **Investigações em Ensino de Ciências**. v.3, n.2, p.153-184, 1997

FIGUEIRA, J.S. Easy Java simulations – Modelagem computacional para o ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v.27, n.4, p.613-618, 2005.

FIOLHAIS, C.; TRINDADE, J. Física no Computador: O Computador como uma Ferramenta no Ensino e na Aprendizagem das Ciências Físicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n.3, p.259-272, 2003.

GIL PEREZ, D.; MARTINEZ TORREGROSA, J.; SENENT PEREZ, F. El fracasso en la resolución de problemas de física: una investigación orientada por nuevos supuestos. **Enseñanza de Las Ciencias**. v. 6, n. 2, p. 131-146, 1998.

Gil, D. et al. Questionando a didática de resolução de problemas: elaboração de um modelo alternativo. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. v. 9, n 1, p. 7-19, 1992.

HECKLER, V.; SARAIVA, M. F. O.; FILHO, K. S. O. Uso de simuladores, imagens e animações como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de óptica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v.29, n.2, p.267-273, 2007.

HEINECK, R.; VALIATI, E. R. A.; DA ROSA; C. T. W. Software educativo no ensino de física: análise quantitativa e qualitativa. **Revista Iberoamericana de Educación**, v. 6, n. 42, p. 1-12, 2007. Disponível em: <<http://www.rioei.org/expe/1585Heineck.pdf>>. Acesso: 2 mar. 2014.

MACEDO, J.A.; DICKMAN, A.G.; ANDRADE, I.S.F.; Simulações computacionais como ferramentas para o ensino de conceitos básicos de eletricidade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v.29, n. Especial 1, p.562-613, 2012.

MAGNO, W.C, et al. Realizando experimentos didáticos com o sistema de som de um PC. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v.26, n.1, p.117-123, 2004.

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

MORAES, R.; GALIAZZI, M. D. Análise textual discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces. **Ciência & Educação**, v. 12, n. 1, p. 117-128, 2006.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. 2 ed. São Paulo: EPU, 2011.

OSTERMANN, F. Conceitos de Física Quântica na formação de professores: relatos de uma experiência didática centrada no uso de experimentos virtuais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v.22, n.1, p.9-35, 2005.

POZO, J. I (Org.). **A solução de problemas**: aprender a resolver problemas, resolver problemas para aprender. Porto Alegre: Artmed, 1998.

PEDUZZI, L. O. Q. Sobre a resolução de problemas no Ensino da Física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. v. 14, n 3, p.229-253, 1997.

RODRIGUES, A. A. et al. Banco Internacional de Objetos Educacionais: Repositório Digital para o uso da Informática na Educação. **Revista Brasileira de Informática na Educação**. v. 20, n. 1, p. 11-120, 2012.

SANTOS, G.; OTERO, M.R.; FANARO, M.L.G. Cómo usar software de simulación em clases de Física? **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v.17, n.1, p.50-66, 2000.

SAUERWEIN, R. A.; SAUERWEIN, I. P. S. Projeto graxaim: desenvolvimento de objetos de aprendizagem e uma proposta para seu uso. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 19., 2011, Manaus. **Anais...** Manaus, 2011. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xix/sys/resumos/T0340-1.pdf>>. Acesso em: 2 jan. 2014.

SILVA, W. P. et al. “LAB Fit Ajuste de Curvas”: Um software em português para tratamento de dados experimentais. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v.26, n.4, p.419-427, 2004.

SISMANOGLU, B.N., et al. A utilização da filmadora para o estudo do movimento dos corpos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v.31, n.1, p.1501, 2009.

SILVA, W.P., et al. Um software para experimentos sobre batimento de ondas sonoras. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v.21, n.1, p.103-110, 2004.

VAZ, M.A.P.L.M. Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas: Desenvolvimento de competências cognitivas e processuais em alunos do 9 ano de escolaridade. v.1, p. 54, 2011.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Editora Artes Médicas Sul Ltda., 1998.

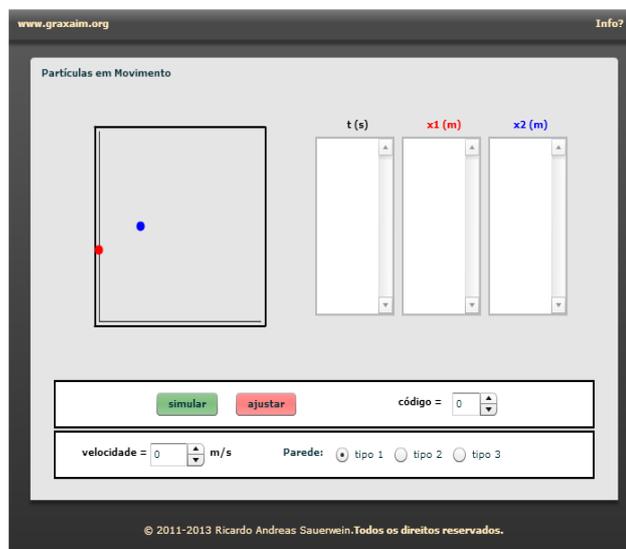
ZYLBERSZTAJN, A. Resolução de problemas: uma perspectiva kuhniana. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 6., 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 1998. Disponível em: <<http://fsc.ufsc.br/~arden/problkuhn.doc>>. Acesso em: 8 fev. 2014

APÊNDICES

APÊNDICE A – Atividade Didática 1⁸²

Atividade 01

Pense nas vezes você já se deparou observando ultrapassagens entre carros, ou até mesmo, dois veículos se movendo um ao lado do outro? Abaixo há um objeto de aprendizagem (OA) que representa esta situação corriqueira de suas vidas: objetos que se movem em trechos retilíneos.



Utilizando este Objeto de Aprendizagem, responda as questões abaixo lembrando que:

- Na caixa de diálogo **velocidade** é possível ajustar a velocidade da partícula vermelha.
- Na caixa de diálogo **código** você deve inserir os dois últimos dígitos de seu número de matrícula.

⁸² Para representar as AD, opta-se por transcrever o texto no formato digital e colocar a imagem da simulação computacional, para que a visualização da atividade seja mais clara.

- A seleção entre os três tipos de parede muda as propriedades das colisões entre as partículas e a parede.

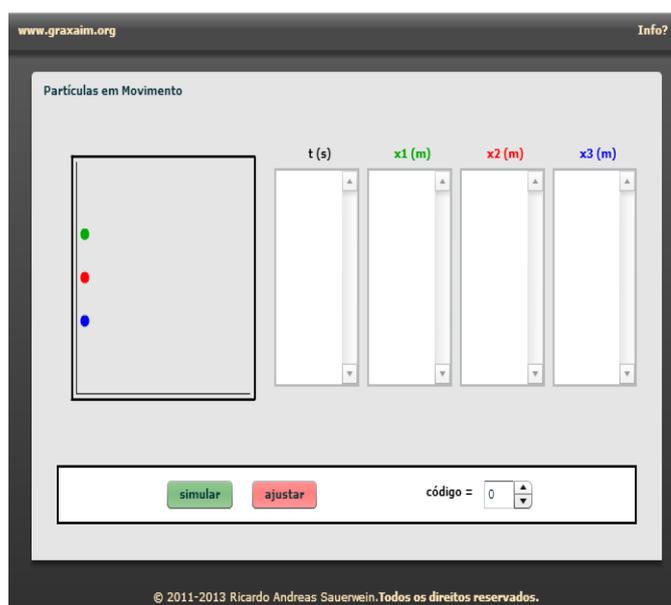
Questões

1. Qual é a posição inicial da partícula azul?
2. Qual é a velocidade inicial da partícula azul?
3. Qual é a velocidade inicial que a partícula vermelha deve ter para que as duas partículas cheguem ao mesmo tempo na parede?
4. Como você determinou a velocidade da partícula no item anterior? É possível determinar este valor teoricamente? Como?
5. Construa o gráfico da posição em função do tempo para as duas partículas.

APÊNDICE B – Atividade Didática 2

Atividade 02

Movimentos estão sempre presente em nossas vidas. Quando vamos de casa para a escola estamos nos movendo. É fácil imaginar uma bola de tênis movendo-se verticalmente e quicando no chão algumas vezes. Também podemos imaginar uma bola de futebol que foi chutada rasteira em um gramado e que rola até parar. São tantos os tipos de movimento que é conveniente agrupá-los em classes que partilham aspectos comuns. Desta forma, podemos generalizar o que aprendemos com um movimento específico para todos os movimentos da mesma classe. Uma forma importante de classificar um movimento é feita a partir da observação de sua aceleração. Este objeto de aprendizagem é especialmente feito para abordar esta questão.



Utilizando este Objeto de Aprendizagem, responda as questões abaixo lembrando que:

- Na caixa de diálogo **código** você deve inserir os dois últimos dígitos de seu número de matrícula.

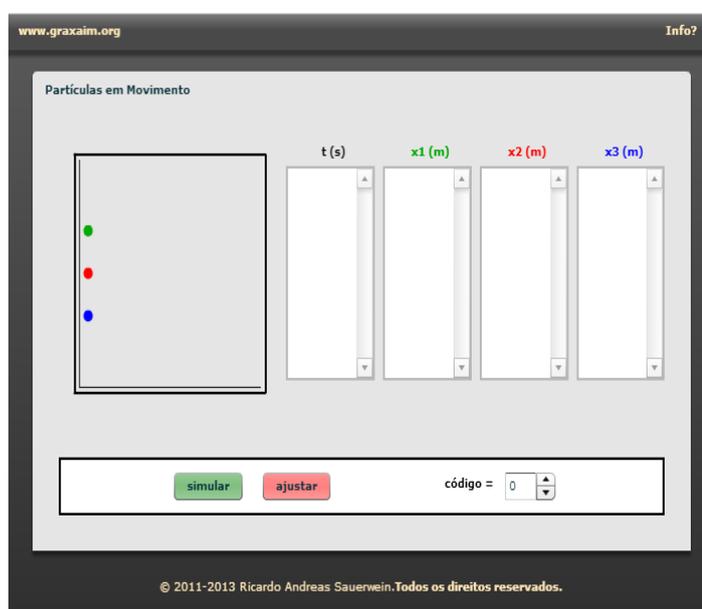
Questões

1. Descreva as diferenças mais notáveis nos movimentos destas três partículas.
2. Estime velocidade inicial de cada partícula.
3. Determine o instante em que cada partícula está mais ou menos a meio caminho de inverter pela primeira vez seu movimento. Estime a velocidade de cada partícula neste instante.
4. Determine o instante em que cada partícula está na iminência de inverter pela primeira vez seu movimento. Estime a velocidade de cada partícula neste instante.
5. Estime a aceleração média entre o início do movimento e instante determinado na questão 3 (intervalo de tempo 1). Estima a aceleração média de cada partícula entre os instantes determinados nas questões 3 e 4 (intervalo de tempo 2).
6. Para cada partícula, compare a aceleração média nos dois intervalos de tempo determinados na questão anterior. Como você classificaria o movimento de cada partícula segundo sua aceleração? Esta classificação é válida para **todos** os intervalos de tempo?
7. Faça um único gráfico contento as posições em função do tempo das três partículas.

APÊNDICE C – Atividade Didática 3

Atividade 03

Gráficos com as funções horárias de posição, velocidade e aceleração são ferramentas muito úteis para analisar o movimento de partículas. Nesta atividade vamos focalizar na elaboração e análise gráfica de partículas em movimento.



Utilizando este Objeto de Aprendizagem, responda as questões abaixo lembrando que:

- Na caixa de diálogo **código do exercício** você deve inserir os dois últimos dígitos de seu número de matrícula.
1. Faça um gráfico, contendo a **posição** em função do tempo das três partículas em um intervalo de tempo de pelo menos 3.5 segundos. Nesta gráfico, cada curva deve ser feita com a cor da partícula correspondente. O gráfico também deve ter seus eixos identificados, deve ter título e legenda.
 2. Faça um gráfico, contendo a **velocidade** em função do tempo das três partículas em um intervalo de tempo de pelo menos 3.5 segundos. Nesta gráfico, cada curva deve ser feita

com a cor da partícula correspondente. O gráfico também deve ter seus eixos identificados, deve ter título e legenda.

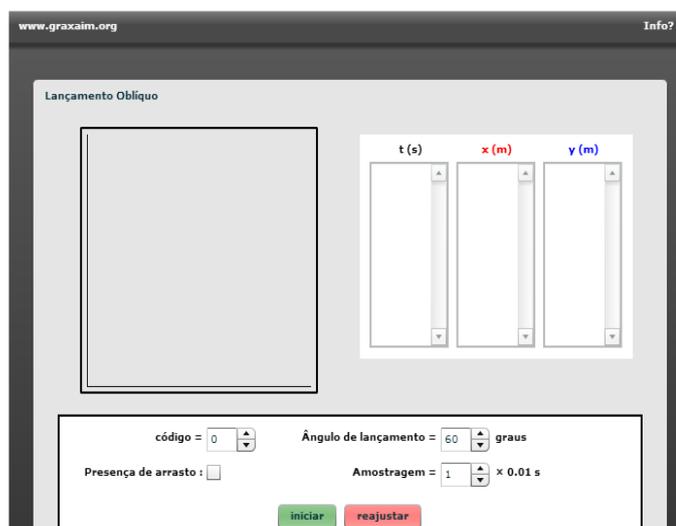
3. Faça um gráfico, contendo a **aceleração** em função do tempo das três partículas em um intervalo de tempo de pelo menos 3.5 segundos. Nesta gráfico, cada curva deve ser feita com a cor da partícula correspondente. O gráfico também deve ter seus eixos identificados, deve ter título e legenda.
4. Analisando os gráficos das questões anteriores identifique os intervalos de tempo em que alguma partícula realiza movimento retilíneo uniforme.
5. Analisando os gráficos das questões anteriores identifique os intervalos de tempo em que alguma partícula realiza movimento retilíneo uniformemente variado.

APÊNDICE D – Atividade Didática 4

Atividade 4

Você está jogando futebol e de repente aos 45 minutos do segundo tempo, falta para o seu time na frente da área. O treinador olha pra você e grita: É você quem bate! E agora será que você consegue passar a barreira? Que fatores influenciam no seu chute?

O Objeto de Aprendizagem (OA) abaixo representa uma situação onde uma partícula, sob a ação do campo gravitacional, é disparada contra um obstáculo. A posição e velocidade iniciais da partícula não podem ser ajustada, porém o ângulo de lançamento sim. A presença de uma força de arrasto também pode ser incluída ou não, porém, nas questões propostas abaixo considere apenas o caso em que a força gravitacional é a única força atuante.



Utilizando este Objeto de Aprendizagem, responda as questões abaixo lembrando que:

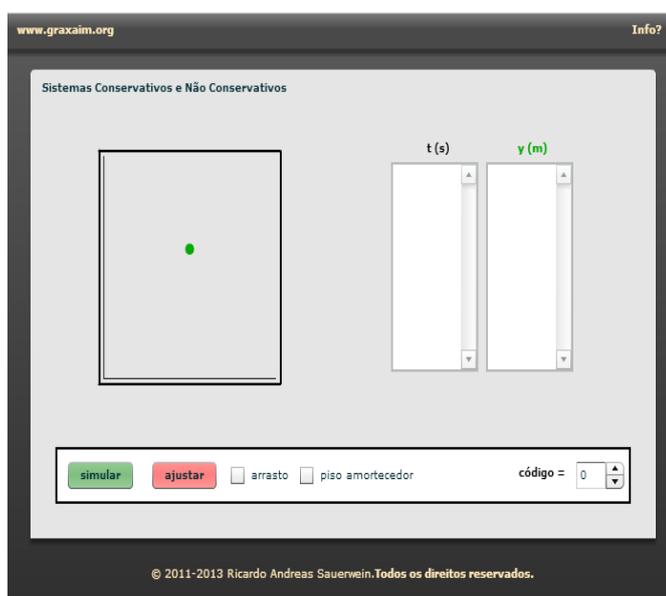
- Na caixa de diálogo **código** você deve inserir os dois últimos dígitos de seu número de matrícula.
1. Quais ângulos de lançamento fazem com que a partícula vença o obstáculo?
 2. Determine a posição e altura do obstáculo. Como fez isso?
 3. Determine a velocidade inicial da partícula. Como fez isso?

4. Sabendo a velocidade inicial da partícula e as características do obstáculo, é possível determinar teoricamente os ângulos de lançamento para os quais a partícula vence o obstáculo. Faça este cálculo e compare com os resultados obtidos na primeira questão.
5. Construa gráficos da coordenada x em função do tempo; da coordenada y em função do tempo e da coordenada y em função da coordenada x , para um movimento que vence o obstáculo.
6. Faça novamente os três gráficos pedindo anteriormente, porém para um movimento que não vence o obstáculo. Mostre nestes gráficos, o instante e a posição em que a partícula colide na barreira.
7. Faça um gráfico da coordenada y em função da coordenada x , com a presença de quatro curvas referentes ao movimento (a) com menor ângulo de lançamento que vence o obstáculo; (b) com maior ângulo de lançamento que vence o obstáculo; (c) que bate na barreira e (d) que a partícula cai antes de chegar da barreira.

APÊNDICE E – Atividade Didática 5

Atividade 05

O objeto de aprendizado abaixo representa um laboratório instalado na superfície de um planeta hipotético que possui um campo gravitacional menos intenso que o campo terrestre. Neste laboratório há uma pequena bolinha 30 gramas que se move verticalmente sob a ação deste campo. O equipamento experimental disponível permite realizar experiências no vácuo, situação na qual não há qualquer força de arrasto e ainda situações em que se considera a presença de arrasto. Também há dois tipos de piso. No primeiro, o choque da bolinha com o piso é perfeitamente elástico. O segundo piso amortece um pouco o movimento a cada colisão. No objeto de aprendizagem, estas diferentes condições experimentais são ajustadas através das respectivas caixas de seleção.



Utilizando este Objeto de Aprendizagem, responda as questões abaixo lembrando que:

- Na caixa de diálogo **código** você deve inserir os dois últimos dígitos de seu número de matrícula.

Considere o caso em que não há força de arrasto e o choque da partícula com o piso é perfeitamente elástico.

1. Determine o valor da aceleração da gravidade do planeta. Como fez isso?
2. Determine a energia da partícula. Como fez isso?

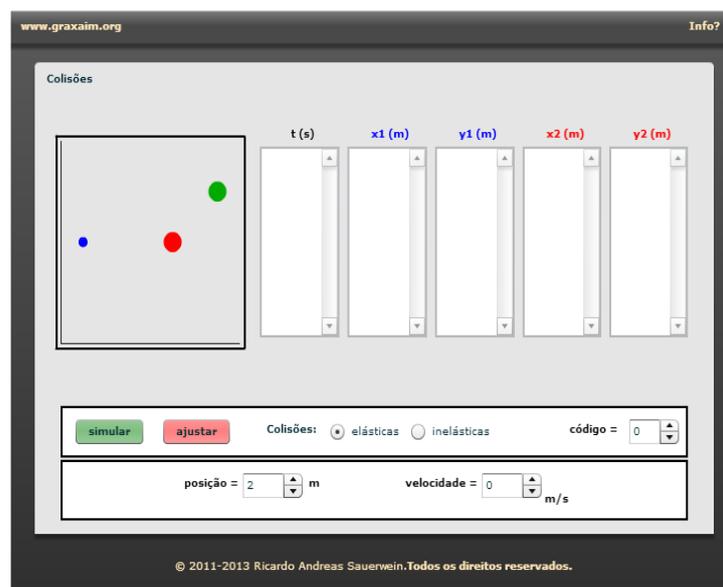
3. Faça um gráfico contendo as curvas (1) da energia potencial, (2) da energia cinética e (3) da energia total da partícula em função do tempo em um intervalo que compreenda pelo menos **duas** colisões da partícula com o piso.
Considere o caso em que há força de arrasto e o choque da partícula e do piso é perfeitamente elástico.
4. Faça um gráfico contendo as curvas (1) da energia potencial, (2) da energia cinética e (3) da energia total da partícula em função do tempo em um intervalo que compreenda pelo menos **três** colisões da partícula com o piso.
5. Determine a quantidade de energia mecânica dissipada entre o instante inicial e o instante imediatamente após a primeira colisão com o piso.
Considere o caso que não há força de arrasto e o choque da partícula com o piso dissipa energia mecânica.
6. Faça um gráfico contendo as curvas (1) da energia potencial, (2) da energia cinética e (3) da energia total da partícula em função do tempo em um intervalo que compreenda pelo menos **duas** colisões da partícula com o piso.
7. Determine a fração de energia mecânica dissipada em cada um dos dois primeiros choques com o piso. Como fez isso?

APÊNDICE F – Atividade Didática 6

Atividade 6

Você pode imaginar que que objeto de aprendizagem (OA) abaixo simula o movimento que os discos de hóquei sobre o gelo teriam caso deslizassem sem nenhum atrito sobre a superfície horizontal de uma pista de patinação no gelo. No OA há três discos, identificados pelas cores, azul, vermelho e verde que têm dimensões e massas distintas (que são maiores que as um disco de hóquei real). Neste OA é possível selecionar através dos respectivos marcadores se as colisões entre os discos serão elásticas ou inelásticas. No primeiro caso, você pode considerar que as laterais dos discos (superfícies nas quais os discos se tocam) são polidas de forma que o impulso de um disco sobre o outro sempre se dá ao longo da direção que une seus centros. Portanto, nas colisões elásticas, estes discos se comportam efetivamente como partículas (as colisões não provocam variação da energia cinética de rotação dos discos). A seleção de colisão inelástica pode ser interpretada como a colocação de uma película levemente aderente na superfície lateral de cada disco. Através dos controladores identificados por **posição** e **velocidade** é possível ajustar a coordenada y e a componente x da velocidade da partícula azul.

Nas tabelas ao lado da animação constam os valores de tempo e posições dos centros dos discos 1 (azul) e 2 (vermelho) dados através de suas coordenadas x e y observadas durante a simulação. A cor com a qual está escrita o cabeçalho de cada coluna identifica a partícula a que se refere.



Utilizando este Objeto de Aprendizagem, responda as questões abaixo lembrando que:

- Na caixa de diálogo **código** você deve inserir os dois últimos dígitos de seu número de matrícula.
- As respostas das questões abaixo devem ser justificadas. Para isso você deve explicitar o tipo de ajuste feito no OA e por que motivo você os escolheu. Deve ainda explicitar os dados numéricos usados (dados extraídos das tabelas) e dizer como e por que foram utilizados para resolver o problema proposto.
- **o disco 1 (azul) tem uma massa $m_1=1,00$ kg.**
 1. Determine a massa do discos 2 (vermelho).
 2. Determine a massa do discos 3 (verde).

Selecione o caso em que as colisões são elásticas.

3. Faça uma simulação em que o disco azul impulsiona o disco vermelho contra o disco verde de tal forma que a colisão entre estes dois últimos discos ocorre antes do disco vermelho colidir com a parede.
4. Mostre graficamente que a energia cinética e momento linear se conservaram na primeira colisão da questão anterior.
5. Faça um gráfico com as trajetórias dos discos vermelho e azul e identifique os pontos que podem ser considerados sob efeito das colisões.

Selecione o caso em que as colisões são inelásticas.

6. Faça uma simulação em que o disco azul impulsiona o disco vermelho contra o disco verde de tal forma que a colisão entre estes dois últimos discos ocorre antes do disco vermelho colidir com a parede.
7. Mostre graficamente que o momento linear se conserva na primeira colisão da questão anterior.
8. Faça um gráfico com as trajetórias dos discos vermelho e azul e identifique os pontos que podem ser considerados sob efeito das colisões.

APÊNDICE G – Questionário Final⁸³

Questionário Sobre as Atividades Computacionais

Prezado(a) Aluno(a), por favor, responda este questionário para que possamos conhecer sua opinião a respeito das atividades computacionais desenvolvidas ao longo da disciplina Física 1.

1. Nome: _____
2. Para a realização das atividades computacionais você usou:
 - laboratório de informática
 - computador pessoal
3. Você utilizou o CDROM do grupo MPEAC para realizar as atividades?
 - sim
 - não
4. Você utilizou o CDROM do grupo MPEAC em seu computador pessoal?
 - sim
 - não
5. O CDROM do grupo MPEAC é uma ferramenta:
 - dispensável muito útil
6. O número de atividades computacionais foi:
 - insuficiente excessivo
7. Em relação ao programa da disciplina de Física 1, as atividades computacionais foram:
 - pouco relacionadas muito relacionadas
8. Em geral, o prazo para a realização de cada atividade foi:
 - muito curto muito longo
9. Em comparação aos problemas do livro texto abordados na disciplina Física 1, as atividades computacionais foram:
 - bem mais fáceis bem mais difíceis
10. Em comparação aos problemas do livro texto abordados na disciplina Física 1, as atividades computacionais foram:
 - bem menos trabalhosas bem mais trabalhosas
11. Em comparação aos problemas do livro texto abordados na disciplina Física 1, as atividades computacionais foram:
 - bem menos intrutivas bem mais instrutivas
12. Em comparação aos problemas do livro texto abordados na disciplina Física 1, as atividades computacionais foram:
 - bem menos interessante bem mais interessantes
13. Em relação à sua aprendizagem de tópicos de Física 1, as atividades computacionais:
 - não contribuíram contribuíram muito
14. Em relação à aprendizagem de técnicas computacionais (elaboração de gráficos, derivação numérica, etc.), as atividades computacionais:
 - não contribuíram contribuíram muito
15. O que você achou das atividades computacionais?
 - não gostou gostou muito
16. Os encontros presenciais (tira dúvidas) com o docente orientado foram:
 - em número insuficiente em número excessivo
17. Você tirou dúvidas com o docente orientado fora dos encontros presenciais agendados?
 - nunca frequentemente

⁸³ As imagens dos questionários são *print screens*. Optamos por essa representação pois, os mesmo foram desenvolvido em Latex.

18. Você realizou todas as atividades computacionais propostas? Quais deixou de fazer? Por quê?

19. Quanto tempo, em média, você demorou na realização das atividades? Qual foi a atividade que você demorou mais tempo? E qual foi a que menos demorou?

20. Qual a atividade que mais gostou? E a que menos gostou? Por quê?

21. O que você achou do software Octave? Você acredita que irá usá-lo em outras oportunidades de sua vida acadêmica ou profissional?

22. Na sua opinião, quais são as vantagens e desvantagens do software Octave?

23. Qual a sua opinião geral sobre as atividades computacionais propostas? Quais os principais aspectos positivos? E os negativos?

24. Você tem alguma sugestão para que as atividades melhorem?

25. Escreva livremente sobre quaisquer outros aspectos que achar pertinente e que não foram abordados nas questões anteriores.

Muito Obrigado!

APÊNDICE H – Questionário Inicial

Questionário sobre uso de computadores

Prezado(a) Aluno(a), gostaria de contar com sua colaboração no sentido de responder o presente questionário sobre a forma como você tem usado ou não computadores ou tablets.

1. Nome: _____

Acesso

2a. Você usa computadores?

nunca frequentemente

2b. Você tem computador próprio de uso individual? sim não

2c. Você compartilha um computador com amigos e/ou familiares? sim não

2d. Você tem acesso a computadores no seu grupo de pesquisa (responda apenas se já fizer parte de um)? sim não

2e. Você costuma usar computadores dos laboratórios de informática da UFSM?

nunca frequentemente

2f. Você costuma usar computadores de LAN houses?

nunca frequentemente

Usos do computadores

3a. Você lê jornais, revistas e outras fontes de notícias pela internet?

nunca frequentemente

3b. Você assiste (ou baixa) vídeos da internet?

nunca frequentemente

3c. Você acessa redes sociais através de computadores?

nunca frequentemente

3d. Você troca mensagens (emails, chats, etc..) através de computadores?

nunca frequentemente

3e. Você utiliza computadores para fazer pesquisas acadêmicas?

nunca frequentemente

3f. Você utiliza computadores para editar textos?

nunca frequentemente

3g. Você utiliza computadores para elaborar apresentações?

nunca frequentemente

3h. Você utiliza computadores para análise gráfica de dados?

nunca frequentemente

3i. Você utiliza computadores para realizar cálculos numéricos?

nunca frequentemente

3j. Você utiliza computadores para jogos eletrônicos?

nunca frequentemente

3k. Você utiliza computadores para criar cartazes, desenhos ou outros materiais gráficos?

nunca frequentemente

Nas questões abaixo, você deve entender por aplicativo computacional tanto programas instalados em seu computador (por exemplo, um editor de texto, um navegador da internet, etc...) quanto serviços disponibilizados em portais da internet (por exemplo, serviço de webmail serviço de busca, serviço de redes sociais, etc..). Abaixo, você deve listar o nome do aplicativo ou serviço. Por exemplo, deve dizer o nome do editor de usado e não simplesmente citar "editor de texto".

4. Quais aplicativos computacionais que você mais usa em atividades não acadêmicas?

5. Quais os aplicativos de seu computador que você mais usa em atividades acadêmicas?

6. Cite os 5 aplicativos computacionais que você gostaria de dominar melhor.

7. Cite alguns aplicativos (ou técnicas) computacionais que você acredita que terá que dominar futuro como exigência acadêmica ou profissional.
