

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FORMAÇÃO CIENTÍFICA,  
EDUCACIONAL E TECNOLÓGICA

RICARDO DALKE MEUCCI

**EXPERIMENTOS SOBRE LEIS DE CONSERVAÇÃO PARA O  
ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO BASEADOS EM  
TECNOLOGIAS LIVRES**

DISSERTAÇÃO

CURITIBA

2014

**RICARDO DALKE MEUCCI**

**EXPERIMENTOS SOBRE LEIS DE CONSERVAÇÃO PARA O  
ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO BASEADOS EM  
TECNOLOGIAS LIVRES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para obtenção do grau de “Mestre em Ensino de Ciências” Área de Concentração: Ensino

Orientador: Nestor Cortez Saavedra Filho

Co-orientador: Arandi Ginane Bezerra Jr

**CURITIBA**

**2014**

---

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

---

M597e Meucci, Ricardo Dalke  
Experimentos sobre leis de conservação para o ensino de Física no Ensino Médio baseados em tecnologias livres/ Ricardo Dalke Meucci. – 2014.  
161 f. : il. ; 30 cm

Orientador: Nestor Cortez Saavedra Filho.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica. Curitiba, 2014.

Bibliografia: f. Texto em português, com resumo em inglês. Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica, Curitiba, 2014..

1. Ausubel, David Paul, 1918-. 2. Física - Estudo e ensino (Ensino médio). 3. Aprendizagem. 4. Psicologia educacional. 5. Tecnologia da informação. 6. Tecnologia educacional. 7. Software livre. 8. Ciência - Estudo e ensino - Dissertações. I. Saavedra filho, Nestor Cortez, orient. II. Bezerra Junior, Arandi Ginane, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Programa de Pós-graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica. IV. Título.

CDD 22 – 507.2

---

Biblioteca Central da UTFPR, Câmpus Curitiba

“Se dois homens se querem entender verdadeiramente, têm primeiro que se contradizer. A verdade é filha da discussão e não filha da simpatia” - *Gaston Bachelard*

## **AGRADECIMENTOS**

Dedico este trabalho inicialmente à equipe pedagógica do Colégio da Polícia Militar, onde encontrei um ambiente altamente colaborativo, pelo qual sou imensamente grato.

### **Equipe do CPM:**

Comando do Colégio: Major QOPM Josseguai Ribeiro.

Subcomando: Capitão QOPM Alfredo Euclides Dias Neto.

Diretor Pedagógico: 1º Tenente QOPM George Luiz Dal'Apria.

Equipe Pedagógica: Adriana Tessaro Will, Arlete Cintra Lipski, Vanessa Cristina França Borges Bittencourt, Evelin Toniolo Verges.

Secretaria: Lilian Mara Ramos Koerbel, Lucina, Silvia Guidolin, Gisele e Cleverson.

Laboratório de Informática: Subtenente QPM Walter Monteiro, Soldado QPM Bruno Monteiro, Soldado QPM Jéssica.

Aos amigos e colegas de trabalho do Colégio da Polícia Militar do Paraná, por sua colaboração e companheirismo na jornada da elaboração deste trabalho.

**Equipe UTFPR:** Aos professores Nestor Cortez Saavedra Filho, Arandi Ginane Bezerra Jr., Jorge Alberto Lenz, Awdry Feisser Miquelin.

Ao Técnico de Laboratório do DAFIS, Rodrigo Ricetti.

A todos os colegas do FCET.

Aos alunos dos 2<sup>os</sup> anos do Ensino Médio, durante o ano de 2013 que participaram desta pesquisa, por seu trabalho, paciência, dedicação e doação. Não irei nominá-los aqui, pois seria uma lista muito longa, mas este trabalho somente foi possível devido a sua colaboração. Sou muitíssimo grato por ela.

A minha esposa Gabriela Silveira Dalke Meucci, pela dedicação, compreensão e apoio irrestrito durante o desenvolvimento deste trabalho.

“Não sei o que se passa com as pessoas: não aprendem compreendendo, aprendem de qualquer modo - decorando, ou qualquer coisa assim. O seu conhecimento é tão frágil.” Richard P. Feynman, em *“Estás a brincar, Sr. Feynman!”*

## RESUMO

MEUCCI, Ricardo Dalke. EXPERIMENTOS SOBRE LEIS DE CONSERVAÇÃO PARA O ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO BASEADOS EM TECNOLOGIAS LIVRES. 161 f. Dissertação – Programa de Pós-graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

Esta pesquisa verifica a possibilidade de uso das Tecnologias da Informação e Comunicação, baseados em tecnologias livres, no estudo das leis de conservação no ensino médio, de proporcionar aprendizagem significativa, de acordo com o referencial de Ausubel. Quatro atividades foram elaboradas, usando a técnica de videoanálise, e realizadas por alunos dos segundos anos do ensino médio no Colégio da Polícia Militar do Paraná, durante o ano de 2013. Ao longo do desenvolvimento das atividades, percebeu-se claramente uma grande evolução na qualidade das respostas dos alunos, que pode ser percebida pela extensão das respostas, pela riqueza do vocabulário e pela construção da argumentação para sustentar um certo ponto de vista. As atividades propostas se mostraram capazes de proporcionar indícios de aprendizagem significativa. Estas atividades também mostram a possibilidade de dar às aulas de física uma extensão maior, contribuindo na superação de alguns dos novos desafios do ensino de física, como as competências e habilidades exigidas pelo ENEM, que vai além de uma visão baseada simplesmente em conteúdos.

**Palavras-chave:** Aprendizagem significativa, TIC, Ausubel, Ensino de Física

## ABSTRACT

MEUCCI, Ricardo Dalke. EXPERIMENTS ON CONSERVATION LAWS FOR TEACHING PHYSICS IN SECONDARY EDUCATION BASED ON FREE TECHNOLOGIES. 161 f. Dissertação – Programa de Pós-graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

This research investigates the possible use of Information Technology and Communication, based on open technologies and the study of conservation laws in secondary education, providing meaningful learning, using Ausubel as reference. Four activities were executed using the Video Review technique, and performed by students on second grade of high school at Military Police of Paraná High School during the year of 2013. Throughout the development of the activities, it was clearly demonstrated a major evolution of the quality of student's responses, which can be determined by the extent of the responses, the improvement on the vocabulary and the construction of arguments to support a certain point of view. As a result, the proposed activities showed evidence of meaningful learning. These activities also showed the possibility of extending the physics lessons beyond technical skills and reaching other areas of learning, such as the skills and abilities required by ESMS, which goes beyond a vision based simply on the subject content.

**Keywords:** Meaningful learning, TIC, Ausubel, Physics Teaching

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	– Atividades realizadas neste trabalho .....	27
FIGURA 2	– Marci of Kronland, Johannes Marcus, De proportione motus1, 1639, p. 96	36
FIGURA 3	– Pêndulo de Newton .....	37
FIGURA 4	– Esquemático da Teoria da assimilação .....	43
FIGURA 5	– Página do Tracker .....	49
FIGURA 6	– Ajuda para instalação .....	49
FIGURA 7	– Tela inicial do tracker .....	50
FIGURA 8	– Tela do Tracker após a análise de um filme, indicando alguns elementos importantes na videoanálise .....	51
FIGURA 9	– Tela do Tracker: à esquerda, a marcação dos pontos sobre o vídeo do experimento. À direita, gráfico da posição tempo (podem ser solicitados outros dados). Abaixo, tabela da evolução temporal da posição e da velocidade. ....	53
FIGURA 10	– Dupla de alunos utilizando o Tracker em um PC nos laboratório de informática do Colégio da Polícia Militar do Paraná. ....	54
FIGURA 11	– Foto 1 de filme registrando uma colisão unidimensional .....	56
FIGURA 12	– Foto 2 de filme registrando uma colisão unidimensional .....	56
FIGURA 13	– Foto 3 de filme registrando uma colisão unidimensional .....	57
FIGURA 14	– Foto 4 de filme registrando uma colisão unidimensional .....	57
FIGURA 15	– Foto 5 de filme registrando uma colisão unidimensional .....	58
FIGURA 16	– Foto 6 de filme registrando uma colisão unidimensional .....	58
FIGURA 17	– Foto 3 de filme registrando uma colisão unidimensional .....	59
FIGURA 18	– Resultados da Quantidade de Movimento de um dos experimentos de colisão, após utilização do Tracker e tratamento dos dados em planilha eletrônica. ....	60
FIGURA 19	– Resultados da Energia Mecânica de um dos experimentos de colisão, após utilização do Tracker e tratamento dos dados em planilha eletrônica. ....	60
FIGURA 20	– Atividades realizadas neste trabalho .....	62
FIGURA 21	– Pedra de Curling .....	65
FIGURA 22	– Pista de Curling, mostrando o “alvo” .....	66
FIGURA 23	– Lançamento da pedra de Curling durante final da Olimpíadas de Inverno de 2010 .....	67
FIGURA 24	– Colisão de pedras durante final da Olimpíadas de Inverno de 2010 .....	67
FIGURA 25	– Varredores em ação durante final da Olimpíadas de Inverno de 2010 .....	68
FIGURA 26	– Atividade um sendo realizado pelos alunos, após o “trackeamento” .....	69
FIGURA 27	– Massa (g) dos carrinhos utilizados no experimento .....	70
FIGURA 28	– Gráfico posição (x) e tempo típico para um carrinho lançado do alto da rampa .....	71
FIGURA 29	– Trilho de ar - montagem convencional .....	73
FIGURA 30	– Experimento colisão unidimensional modo videoanálise - três conjuntos de fotos - antes, durante e após a colisão - experimentos realizados nas instalações da UTFPR .....	74

FIGURA 31 – Quantidade de Movimento .....	76
FIGURA 32 – Histograma com os conceitos médios dos alunos .....	78
FIGURA 33 – Tutorial resumido Tracker e planilha eletrônica - p.1 .....	160
FIGURA 34 – Tutorial resumido Tracker e planilha eletrônica - p.2 .....	161

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1	– Lista de materiais utilizados no experimento da conservação da energia mecânica .....	68
TABELA 2	– Resultado típico esperado, de valores da energia mecânica determinados experimentalmente na atividade um - Conservação da $E_m$ .....	71
TABELA 3	– Exemplo de resultados obtidos pelos alunos - Quantidade de Movimento dos Carrinhos durante o experimento da colisão unidimensional .....	75
TABELA 4	– Classificação das categorias de resposta .....	78
TABELA 5	– Classificação das respostas filme Curling .....	80

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1	–	Questionário Curling	91
QUADRO 2	–	Aluno 1 - Questionário Curling	92
QUADRO 3	–	Aluno 2 - Questionário Curling	93
QUADRO 4	–	Aluno 3 - Questionário Curling	93
QUADRO 5	–	Aluno 4 - Questionário Curling	94
QUADRO 6	–	Aluno 5 - Questionário Curling	95
QUADRO 7	–	Aluno 6 - Questionário Curling	96
QUADRO 8	–	Aluno 7 - Questionário Curling	97
QUADRO 9	–	Aluno 8 - Questionário Curling	98
QUADRO 10	–	Aluno 9 - Questionário Curling	99
QUADRO 11	–	Aluno 10 - Questionário Curling	100
QUADRO 12	–	Aluno 11 - Questionário Curling	101
QUADRO 13	–	Aluno 12 - Questionário Curling	102
QUADRO 14	–	Aluno 13 - Questionário Curling	102
QUADRO 15	–	Aluno 14 - Questionário Curling	103
QUADRO 16	–	Aluno 15 - Questionário Curling	104
QUADRO 17	–	Aluno 16 - Questionário Curling	105
QUADRO 18	–	Aluno 17 - Questionário Curling	106
QUADRO 19	–	Aluno 18 - Questionário Curling	107
QUADRO 20	–	Aluno 19 - Questionário Curling	108
QUADRO 21	–	Aluno 20 - Questionário Curling	109
QUADRO 22	–	Aluno 21 - Questionário Curling	110
QUADRO 23	–	Aluno 22 - Questionário Curling	111
QUADRO 24	–	Aluno 23 - Questionário Curling	112
QUADRO 25	–	Aluno 24 - Questionário Curling	113
QUADRO 26	–	Aluno 25 - Questionário Curling	114
QUADRO 27	–	Aluno 26 - Questionário Curling	115
QUADRO 28	–	Aluno 27 - Questionário Curling	116
QUADRO 29	–	Aluno 28 - Questionário Curling	117
QUADRO 30	–	Aluno 29 - Questionário Curling	118
QUADRO 31	–	Aluno 30 - Questionário Curling	118
QUADRO 32	–	Aluno 31 - Questionário Curling	119
QUADRO 33	–	Aluno 32 - Questionário Curling	120
QUADRO 34	–	Aluno 33 - Questionário Curling	120
QUADRO 35	–	Aluno 34 - Questionário Curling	121
QUADRO 36	–	Aluno 35 - Questionário Curling	122
QUADRO 37	–	Instrumento de avaliação CONVENCIONAL x TECNOLÓGICO	124
QUADRO 38	–	Aluno 1 - Questionário Convencional x Videoanálise	125
QUADRO 39	–	Aluno 2 - Questionário Convencional x Videoanálise	126
QUADRO 40	–	Aluno 3 - Questionário Convencional x Videoanálise	127
QUADRO 41	–	Aluno 4 - Questionário Convencional x Videoanálise	128
QUADRO 42	–	Aluno 5 - Questionário Convencional x Videoanálise	129

QUADRO 43 –	Aluno 6 - Questionário Convencional x Videoanálise	130
QUADRO 44 –	Aluno 7 - Questionário Convencional x Videoanálise	130
QUADRO 45 –	Aluno 8 - Questionário Convencional x Videoanálise	131
QUADRO 46 –	Aluno 9 - Questionário Convencional x Videoanálise	131
QUADRO 47 –	Aluno 10 - Questionário Convencional x Videoanálise	132
QUADRO 48 –	Aluno 11 - Questionário Convencional x Videoanálise	133
QUADRO 49 –	Aluno 12 - Questionário Convencional x Videoanálise	134
QUADRO 50 –	Aluno 13 - Questionário Convencional x Videoanálise	135
QUADRO 51 –	Aluno 14 - Questionário Convencional x Videoanálise	136
QUADRO 52 –	Aluno 15 - Questionário Convencional x Videoanálise	137
QUADRO 53 –	Aluno 16 - Questionário Convencional x Videoanálise	137
QUADRO 54 –	Aluno 17 - Questionário Convencional x Videoanálise	138
QUADRO 55 –	Aluno 18 - Questionário Convencional x Videoanálise	138
QUADRO 56 –	Aluno 19 - Questionário Convencional x Videoanálise	139
QUADRO 57 –	Aluno 20 - Questionário Convencional x Videoanálise	139
QUADRO 58 –	Aluno 21 - Questionário Convencional x Videoanálise	140
QUADRO 59 –	Aluno 22 - Questionário Convencional x Videoanálise	140
QUADRO 60 –	Aluno 23 - Questionário Convencional x Videoanálise	141
QUADRO 61 –	Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo	143
QUADRO 62 –	Aluno 1 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo	145
QUADRO 63 –	Aluno 2 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo	145
QUADRO 64 –	Aluno 3 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo	146
QUADRO 65 –	Aluno 4 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo	146
QUADRO 66 –	Aluno 5 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo	147
QUADRO 67 –	Aluno 6 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo	147
QUADRO 68 –	Aluno 7 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo	147
QUADRO 69 –	Aluno 8 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo	148
QUADRO 70 –	Aluno 9 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo	148
QUADRO 71 –	Aluno 10 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo	149
QUADRO 72 –	Aluno 11 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo	149
QUADRO 73 –	Aluno 13 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo	149
QUADRO 74 –	Aluno 13 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo	150
QUADRO 75 –	Aluno 14 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo	150
QUADRO 76 –	Aluno 15 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo	150
QUADRO 77 –	Aluno 16 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo	151
QUADRO 78 –	Aluno 17 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo	151
QUADRO 79 –	Aluno 18 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo	151
QUADRO 80 –	Aluno 19 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo	152
QUADRO 81 –	Aluno 20 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo	152
QUADRO 82 –	Aluno 21 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo	153
QUADRO 83 –	Aluno 22 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo	153
QUADRO 84 –	Aluno 23 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo	153
QUADRO 85 –	Aluno 24 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo	154
QUADRO 86 –	Aluno 25 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo	154
QUADRO 87 –	Aluno 26 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo	155
QUADRO 88 –	Aluno 27 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo	155
QUADRO 89 –	Aluno 28 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo	155
QUADRO 90 –	Aluno 29 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo	156

QUADRO 91 –	Aluno 30 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo	. 156
QUADRO 92 –	Aluno 31 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo	. 157
QUADRO 93 –	Aluno 32 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo	. 157
QUADRO 94 –	Aluno 33 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo	. 157
QUADRO 95 –	Aluno 34 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo	. 158

## LISTA DE SIGLAS

LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
SBF	Sociedade Brasileira de Física
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação
GRAF	Grupo de Reelaboração do Ensino de Física
OSP	Open Source Physics Project
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
SNEF	Simpósio Nacional de ensino de Física
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
DL	Dominar linguagens
CF	Compreender fenômenos
SP	Enfrentar situações-problema
CA	Construir argumentação
EP	Elaborar propostas

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\vec{p}$	quantidade de movimento
$m$	massa
$\vec{v}$	velocidade
$\vec{F}$	força resultante
$\vec{P}_{sis}$	soma das quantidade de movimento individuais
$\vec{v}_{cm}$	velocidade do centro de massa
$E_{mec}$	energia mecânica
$K_{sis}$	energia cinética
$U_{sis}$	energia potencial
$E_{mec_f}$	energia mecânica final do sistema
$E_{mec_i}$	energia mecânica inicial do sistema

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>18</b>
1.1 MOTIVAÇÃO PESSOAL .....	18
1.2 POR QUE ENSINAR FÍSICA? .....	19
1.3 EXPERIMENTAÇÃO TECNOLÓGICA NO ENSINO DE FÍSICA .....	21
1.4 OBJETIVOS .....	23
1.5 O COLÉGIO DA POLÍCIA MILITAR DO PARANÁ .....	24
1.6 ORGANIZAÇÃO DESTE TRABALHO .....	26
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>29</b>
2.1 LEIS DE CONSERVAÇÃO .....	29
2.1.1 Quantidade de movimento linear .....	31
2.1.2 Energia Mecânica .....	32
2.1.3 Recorte Histórico .....	33
2.1.4 Colisões .....	35
2.1.5 Aspectos históricos do problema da Colisão .....	36
2.1.6 Leis de Conservação no Ensino Médio .....	39
2.2 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA .....	40
2.2.1 Teoria da Assimilação .....	42
2.3 TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA .....	45
2.3.1 Videoanálise com o uso do software Tracker .....	47
2.3.2 Uso da videoanálise .....	50
<b>3 ATIVIDADE ZERO: É POSSÍVEL UTILIZAR A VIDEOANÁLISE PARA ESTUDAR LEIS DE CONSERVAÇÃO NO ENSINO MÉDIO?</b> .....	<b>52</b>
3.1 COLISÃO UNIDIMENSIONAL NA RAMPA COM CARRINHOS DE BRINQUEDO .....	52
3.2 RESULTADOS EXPERIMENTAIS OBTIDOS .....	55
3.3 CONCLUSÕES DA ATIVIDADE ZERO - COLISÃO UNIDIMENSIONAL DA RAMPA COM CARRINHOS DE BRINQUEDO .....	55
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	<b>61</b>
4.1 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO .....	61
4.2 USO DE PLANILHAS ELETRÔNICAS .....	63
4.3 METODOLOGIA .....	63
4.4 ATIVIDADE UM - ESTUDO DO FILME CURLING .....	65
4.5 ATIVIDADE DOIS - CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA NUMA RAMPA COM CARRINHOS DE BRINQUEDO .....	68
4.6 ATIVIDADE TRÊS - COLISÃO UNIDIMENSIONAL NOS TRILHOS DE AR - REALIZADO NAS INSTALAÇÕES UTFPR .....	72
4.6.1 Atividade três - Experimento Colisão Unidimensional - modo convencional .....	72
4.6.2 Experimento Colisão Unidimensional - modo videoanálise .....	73
4.7 ATIVIDADE QUATRO - COLISÃO UNIDIMENSIONAL NA RAMPA COM	

CARRINHOS DE BRINQUEDO - REALIZADO NAS INSTALAÇÕES CPM .....	75
<b>5 RESULTADOS .....</b>	<b>77</b>
5.1 ATIVIDADE UM - ANÁLISE DAS RESPOSTAS AO QUESTIONÁRIO - ESTUDO DO FILME CURLING .....	77
5.2 ATIVIDADE TRÊS - ANÁLISE DAS RESPOSTAS AO QUESTIONÁRIO - ARTESANAL X TECNOLÓGICO .....	81
5.3 ATIVIDADE QUATRO - ANÁLISE DAS RESPOSTAS AO QUESTIONÁRIO - COLISÃO UNIDIMENSIONAL NA RAMPA COM CARRINHOS DE BRINQUEDO .....	82
<b>6 CONCLUSÕES .....</b>	<b>83</b>
6.1 COMPETÊNCIAS E HABILIDADE DA MATRIZ ENEM .....	84
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>87</b>
<b>Apêndice A – QUESTIONÁRIO SOBRE O FILME CURLING .....</b>	<b>91</b>
<b>Apêndice B – RESPOSTA DE ALGUNS ALUNOS AO QUESTIONÁRIO CURLING .....</b>	<b>92</b>
<b>Apêndice C – INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO CONVENCIONAL X     TECNOLÓGICO .....</b>	<b>123</b>
<b>Apêndice D – RESPOSTAS AO QUESTIONÁRIO CONVENCIONAL X     VIDEOANÁLISE .....</b>	<b>125</b>
<b>Apêndice E – QUESTIONÁRIO SOBRE COLISÃO UNIDIMENSIONAL     CARRINHOS DE BRINQUEDO .....</b>	<b>142</b>
<b>Apêndice F – RESPOSTAS A QUESTIONÁRIO SOBRE COLISÃO     UNIDIMENSIONAL CARRINHOS DE BRINQUEDO .....</b>	<b>144</b>
<b>Apêndice G – TUTORIAL RESUMIDO TRACKER E PLANILHA ELETRÔNICA .....</b>	<b>159</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Trabalhando como professor de física desde 1997, atendendo estudantes de origens e formações bastante heterogêneas, na escola pública e na escola privada. sempre tive o entendimento de que poderia melhorar as minhas aulas, introduzindo atividades práticas e pequenos experimentos, sempre visando enriquece-las e dar-lhes algum sentido mais “real” dos conteúdos trabalhados. Acredito que essas atividades resultam em aulas mais interessantes e produtivas.

Estas práticas e experiências, construídas no todo ou em parte pelos alunos, com seus próprios meios, sempre que possível e conveniente, que demonstram algum aspecto importante de uma teoria física ou de uma aplicação tecnológica, são sem dúvida um recurso de que não devemos abrir mão. Entendo também que não devemos privar nossos alunos desta rica experiência.

Entretanto, percebemos que a realização de atividades experimentais em sala de aula sem uma metodologia e uma intenção claras, além de uma exploração profunda e cuidadosa dos conceitos físicos envolvidos, não passa de entretenimento. Não ousaria afirmar que este tipo de situação não tenha valor, no entanto é preciso convir que é muito pouco diante das possibilidades pedagógicas que se abrem em sala de aula, tanto para o professor como para os alunos.

Acredito que o desenvolvimento destas práticas têm vários aspectos positivos, com um melhor desenvolvimento do conteúdo (amparado e enriquecido pelas evidências experimentais) e, principalmente, em aspectos menos tangíveis, como interesse, curiosidade e uma atmosfera mais aberta e colaborativa.

### 1.1 MOTIVAÇÃO PESSOAL

Entendemos que o processo educativo, na área de ciências, deve capacitar os indivíduos a compreender os avanços tecnológicos atuais e dar uma compreensão sobre o que se entende

por Ciência, a fim de que atuem de modo fundamentado nos grupos sociais em que convivem. Nessa direção, o entendimento da natureza da Ciência, de um modo geral e, da física, em especial, constituem um importante elemento da formação do cidadão crítico e consciente. Também é importante considerar que o desenvolvimento desta ciência é um dos grandes triunfos do intelecto humano.

Assim, a motivação deste trabalho é obter subsídios para melhorar nossa prática como docente, respeitando o currículo formal, e sem privar os alunos de uma aula interessante, rica em aprendizado, num sentido mais amplo, que contemple as múltiplas dimensões que o ensino de física deve ter.

Pretendemos conseguir elaborar aulas mais interessantes para os alunos, respeitando suas particularidades e eventuais limitações, a fim de proporcionar um aprendizado mais rico e rompendo a prática em que os conteúdos de física são apenas abstrações apresentadas aos alunos como verdades indiscutíveis. Além disso, consoante com as recomendações da LDB e dos PCNEM, pretende-se lançar mão de outras linguagens de que a física faz uso, como a matemática, expressões algébricas, gráficos cartesianos e representações estatísticas como parte dos objetivos formativos do aprendizado, não apenas simples pré-requisitos que o aluno adquire (MENEZES, 2000), mas integrados ao trabalho cotidiano de sala de aula.

Não se pretende elaborar um curso de física experimental, mas sim utilizar os experimentos elaborados como uma ferramenta auxiliar no ensino de física para o Ensino Médio, onde os alunos possam aprender não apenas os conteúdos da disciplina, mas também os instrumentos gerais que acompanham o aprendizado, num contexto em que se considera importante o sentido prático do ensino, mas também ressalta o sentido da Física como uma visão de mundo e uma parte importante de nosso legado cultural.

## 1.2 POR QUE ENSINAR FÍSICA?

Sem dúvida, há bons motivos para ensinar física no Ensino Médio. Considera-se que bons conhecimentos em física são convenientes para um amplo conjunto de carreiras técnico científicas, pois favorece o desenvolvimento cognitivo e desenvolve habilidades transferíveis de raciocínio e análise.

Também o desenvolvimento da física, do mesmo modo que em outras Ciências, é uma necessidade para o desenvolvimento tecnológico e científico da sociedade. Além disso permite desenvolver a capacidade de pensar cientificamente. Entende-se que pensar cientificamente requer evidências experimentais para sustentar afirmações, diferenciar o cientificamente

provado do possível, diferenciar modelos explicativos de feitos provados, diferenciar crenças de feitos provados e, tratando a física como uma importante parte da cultura contemporânea.

O desenvolvimento do raciocínio científico (BAO et al., 2009) tem impacto a longo prazo sobre o desempenho acadêmico do estudante e considera-se que as habilidades gerais transmissíveis são pelo menos tão importantes para os alunos como é o conhecimento do conteúdo.

Naturalmente é necessário desenvolver algumas características cognitivas, que são necessárias para aprender física e “pensar cientificamente”, tais como pensamento crítico, a habilidade para avaliar a lógica dos argumentos, a interpretação, os pontos de vista de outros e a capacidade de transferir (aplicar conceitos em situações distintas, passar do concreto ao geral e, do geral a outro concreto).

Não podemos deixar de lado as dificuldades que surgem no processo. Normalmente trabalhamos com a análise de situações simplificadas, ideais, que muitos alunos percebem como afastadas da realidade, ao não considerar, por exemplo, a dissipação de energia resultante da ação do atrito. Essas idealizações são uma importante fonte de dificuldade para os alunos, que as percebem como falsas e discutíveis. Também é preciso considerar dificuldades mais significativas encontradas pelos alunos:

- uso de termos que não correspondem a uma realidade concreta (corpo rígido, sem atrito, terra plana);
- a densidade conceitual elevada contida nos enunciados das leis físicas, numa equação matemática;
- conteúdos hierarquizados, pois física é uma disciplina acumulativa, onde os conceitos aprendidos em cada etapa se baseiam em conhecimentos obtidos anteriormente;
- necessidade de expressar de forma clara e unívoca os termos utilizados;
- diversidade de linguagens na comunicação científica;
- uso de recurso matemáticos mais avançados, como linguagem vetorial, que proporcionam uma formulação quantitativa precisa das leis físicas.

Para além destes motivos (BRODY; BRODY, 2007) nos propõe uma reflexão:

Uma pessoa comum pode verdadeiramente entender a ciência? Uma pessoa comum quer saber sobre ciência? A ciência é importante para nós? A resposta a essa perguntas é um retumbante SIM!

Porém, para muitos de nós, a mera lembrança das aulas de física, química e biologia no ensino médio e na faculdade já nos deixa de olhos vidrados. Saíamos de sala de aula acreditando que ciência era maçante, abstrata e praticamente impossível de ser entendida por uma pessoa comum. Naquela época, entender de ciência não era o “máximo”, e ela parecia ter pouca importância imediata para nossas vidas. Entretanto, à medida que fomos amadurecendo e nos inserindo no mundo, vimo-nos às voltas com sofisticados computadores no trabalho e com frequentes manchetes sobre temas científicos - mapeamento da constituição genética humana, clonagem, bebês de proveta e a descoberta, em agosto de 1996, da possibilidade de ter existido vida em Marte, para mencionar apenas algumas. Subitamente, o conhecimento científico passou a ser aceitável, mas também se tornou uma parte útil, essencial e inescapável de nossa vidas.

Muito além de simplesmente “o quê ensinar em física” é preciso entender “para que ensinar física”, indo além de uma visão estritamente pragmática, dando aos aprendizes a possibilidade de adquirir ferramentas e competências para lidar com as situações que venham a vivenciar.

### 1.3 EXPERIMENTAÇÃO TECNOLÓGICA NO ENSINO DE FÍSICA

O uso de experimentos em sala de aula é uma ferramenta poderosa que não pode ser dispensada. De acordo com as orientações da SBF (SBF, 2004, p. 38):

é indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em física, privilegiando o fazer, o manusear, operar, agir em diferentes formas e níveis. É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo a sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável.

Isso inclui retomar o papel da experimentação, atribuindo-lhe uma maior abrangência, para além das situações convencionais de experimentação em laboratório. As abordagens mais tradicionais precisariam, portanto, ser revistas, evitando “experiências” que se reduzem à execução de uma lista de procedimentos previamente fixados, cujo sentido nem sempre fica claro para o aluno. É tão possível trabalhar com materiais de baixo custo, tais como pedaços de fio, pequenas lâmpadas e pilhas, quanto com kits mais sofisticados, que incluem multímetros ou osciloscópios. A questão a ser preservada, menos do que os materiais disponíveis, é, novamente, que competências estarão sendo promovidas com as atividades desenvolvidas.

Experimentar pode significar observar situações e fenômenos a seu alcance, em casa, na rua ou na escola, desmontar objetos tecnológicos, tais como chuveiros, liquidificadores, construir aparelhos e outros objetos simples, como projetores ou dispositivos óptico-mecânicos. Pode também envolver desafios, estimando, quantificando ou buscando soluções para problemas reais.

O uso de experimentos em sala de aula é considerado (COSTA, 2004) (COUTO, 2009) uma ferramenta válida, que envolve um forte componente criativo, o que, entretanto, exige do professor liberdade, flexibilidade e preparo, dadas as diferentes condições de trabalho que serão encontradas nos ambientes escolares e na sala de aula.

Apesar do consenso sobre a importância do uso de experimentos (CALLONI, 2010), apenas uma pequena minoria dos professores os realiza com seus alunos no ensino médio e, na maior parte das vezes, o conteúdo acaba reduzido a fórmulas, definições e exercícios padronizados. Em aulas tradicionais, os alunos se vêem obrigados a memorizar fragmentos desconexos de matéria, privando-os da oportunidade de adquirir diversas habilidades, dificultando a aprendizagem dos conceitos, além de afastar os alunos do interesse pelo conhecimento científico (PERUZZO, 2012).

Sob muitos aspectos, as aulas tradicionais de física são concebidas de modo que o processo de ensino aprendizagem se resume a uma doação dos que se julgam sábios aos que julgam nada saber (FREIRE, 1988). Além de desconsiderar as possíveis colaborações dos alunos ao processo educativo, ainda priva os educandos da oportunidade de elaborar ligação entre a teoria e o mundo percebido pelos sentidos.

Em sua obra *The Evolution of Physics*, Albert Einstein e Leopold Infeld fazem uma interessante reflexão sobre a natureza da física (EINSTEIN; INFELD, 2007, p.294)

Ciência não é uma coleção de leis, um catálogo de fatos sem relação. É uma criação da mente humana, com sua liberdade de criar ideias e conceitos. Teorias físicas tentam formar uma imagem da realidade e estabelecer sua conexão com o mundo dos sentidos. A única justificativa para nossas estruturas mentais é se e de que forma nossas teorias formam essa ligação.

Fica claro que nessa concepção a ciência é o produto da imaginação do homem para descrever a realidade percebida pelos nossos sentidos, de modo coerente.

Por outro lado, quando se parte para novas soluções, é preciso considerar possíveis dificuldades. Os principais obstáculos encontrados em minha carreira profissional são as dificuldades materiais, já que poucos colégios da rede pública (e mesmo da rede privada) têm disponíveis os materiais necessários para a realização de atividades experimentais; dificuldades em realizar experimentos quantitativos, já que os alunos, com raras exceções, não têm as habilidades necessárias para o bom desenvolvimento dos processos associados; ambiente pouco propício (pouca ou nenhuma colaboração institucional) e tempo escasso, em virtude de uma carga horária reduzida da disciplina.

## 1.4 OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho é verificar se a videoanálise aplicada ao estudo de Leis de Conservação na Mecânica é capaz de proporcionar uma aprendizagem significativa para os alunos do Ensino Médio.

Deste modo, esperamos resgatar o uso do laboratório didático (mesmo que não exista formalmente) no ensino de física (considerando que a videoanálise e o uso de TIC livres pode quebrar a barreira financeira dos experimentos tradicionais) e, permitir o emprego de tecnologias que usualmente não são empregadas em aulas de física, dando uma nova dimensão ao ensino da disciplina, melhorando as condições de trabalho nas escolas e a aprendizagem dos alunos.

Com a intenção de nortear a elaboração deste trabalho, e superar algumas das dificuldades encontradas, elaborei um conjunto de questões:

1. Elaborar um conjunto de experimentos acessíveis, assistidos por hardware e software livre, dedicados ao ensino da mecânica, capazes de motivar professores e alunos a explorar conceitos físicos fundamentais, com riqueza de detalhes e correção conceitual.
2. Verificar se o trabalho com o Tracker no ensino médio é viável, proporcionando bons experimentos científicos com os recursos presentes nas escolas.
3. Comprovar a viabilidade do uso de planilhas eletrônicas, no tratamento dos dados obtidos a partir da videoanálise, para a elaboração de atividades para o ensino de física no Ensino Médio.
4. Verificar o aprendizado através da realização destes experimentos, a partir do referencial Ausbeliano.

Também consideramos que abordar Leis de Conservação como ponto central deste trabalho corresponde a uma escolha de qualidade, (TOMASINI et al., 1993), que também foi realizada em obras de referência, como o material elaborado pelo GREF. (GREF, 1998a) e (GREF, 1998b).

Desejamos familiarizar os estudantes com a aplicação do método experimental com o uso da videoanálise, uma técnica que permite extrair informações do movimento de objetos a partir de vídeos feitos pelos estudantes, que será detalhada na seção 2.3.1. (a videoanálise permite que eles se concentrem mais na evolução do fenômeno físico do que no processo de

medição propriamente dito, sem acrescentar a complexidade do uso tradicional de atividades experimentais).

Uma discussão mais aprofundada, adequada ao nível dos alunos, sobre os experimentos realizados, vai criar oportunidades de abordar não apenas os aspectos qualitativos ou quantitativos, mas também importantes aspectos conceituais e, por que não, aspectos sobre *como e para quê* se faz ciência, que extrapolam uma visão focada apenas nos conteúdos programáticos da disciplina.

Este efeito colateral, por meio do uso de TIC, e o uso de ferramentas e conceitos que vão além da disciplina, agrega novos conhecimentos e habilidades. Como exemplo, o uso de planilhas eletrônicas proporciona aos alunos muito mais que uma ferramenta de análise de dados, mas também um meio prático de elaborar gráficos, que por sua vez deverão ser interpretados à luz de conhecimentos matemáticos. Esta habilidade pode ser empregada não apenas no ambiente escolar, mas no mercado de trabalho. Do mesmo modo, a elaboração do vídeo pode dar aos alunos algumas experiências que mais tarde podem ser exploradas em aulas de ótica e de cinemática, por exemplo.

## 1.5 O COLÉGIO DA POLÍCIA MILITAR DO PARANÁ

O trabalho desta dissertação foi realizado nas instalações do Colégio da Polícia Militar “Cel. PM Felipe de Sousa Miranda durante os anos de 2012 e 2013, com turmas do 2º ano do ensino médio.

O CPM foi criado em 07 de agosto de 1959, pelo decreto nº24826. Trata-se de uma Organização Policial-Militar (OPM), que abriga uma instituição de ensino e é subordinada à Diretoria de Ensino e Pesquisa (DEP) da PMPR, que por sua vez é subordinada diretamente à Secretaria de Segurança Pública (SESP). O estabelecimento de ensino pertence à rede de ensino público do Paraná. Conforme Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, o ensino militar é regulado em lei específica e admite à equivalência de estudos, de acordo com as normas fixadas pelos sistemas de ensino.

Após passar por várias sedes, encontra-se instalado, desde 12 de fevereiro de 2007 na Rua José Ferreira Pinheiro, 349, no bairro do Portão. O colégio oferece o Ensino Fundamental II (do 6º ao 9º anos) e Ensino Médio (1º ao 3º anos), nos turnos da manhã, tarde e noite. Em 2012 contava com 1366 alunos e 59 professores, entre civis e militares. Visa atender prioritariamente aos alunos dependentes de Policiais-Militares (PMs) e Bombeiros-Militares (BMs), propiciando-lhes reserva de no mínimo 60% (sessenta por cento) das vagas anualmente

ofertadas para o ingresso neste CPM. As vagas restantes estão abertas à comunidade em geral. Os alunos são admitidos por meio de um teste seletivo, no início do Ensino Fundamental II e no início do Ensino Médio.

De modo geral, o colégio têm como objetivos básicos desenvolver uma vivência com participação democrática de todos os atores escolares, efetivar a ação educacional valorizando a Ética, o Respeito, a Cidadania, a Solidariedade, a Reciprocidade e a Liberdade com responsabilidade, propiciar ao corpo discente uma Educação formal com formação acadêmica, cultural e esportiva de qualidade, vivenciando noções específicas e iniciais da disciplina e a hierarquia militar como elementos condutores do protagonismo juvenil, proporcionar outras habilidades decorrentes de propostas fundamentadas realizadas pelas entidades competentes ou pelo Comando deste colégio.

Conforme o Regimento Interno do CPM (PMPR, 2012), em seu artigo 7º, são objetivos para o Ensino Médio <sup>1</sup>:

1. consolidar e aprofundar os conhecimentos adquiridos no Ensino Fundamental, possibilitando o prosseguimento da formação acadêmica;
2. preparar o aluno para o mundo do trabalho e a cidadania, assim como para continuar aprendendo, capacitando-o/a para conviver em sociedade;
3. propiciar o desenvolvimento humano, incluindo a formação ética e estética, o desenvolvimento da autonomia e a capacidade do pensamento crítico-constructivo;
4. compreender os fundamentos científico-tecnológicos das áreas do conhecimento, relacionando a teoria à prática.

O CPM é uma instituição reconhecida na comunidade como provedora de educação de boa qualidade. Os testes seletivos, tanto para o Ensino Fundamental II como para o Ensino Médio, são bastante concorridos. De acordo com o jornal Gazeta do Povo (POVO, 26 de maio de 2014, p.4):

Dono do mais alto Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) na rede estadual - 6,8 - o colégio reserva 60% de suas vagas para dependentes de policiais militares e bombeiros. Os civis que anseiam por matricular seus filhos na instituição disputam uma média de 40 vagas por ano.

O microempresário Luís Schramm encarou o desafio e conseguiu matricular seus dois filhos na instituição. Ele reforça a importância do investimento num

---

<sup>1</sup>O Ensino Médio no CPM tem duração de três anos, perfazendo um mínimo de 2.400 horas; a disciplina de física tem uma carga horária semanal de 3 aulas no 1º ano e 4 aulas no 2º e 3º anos.

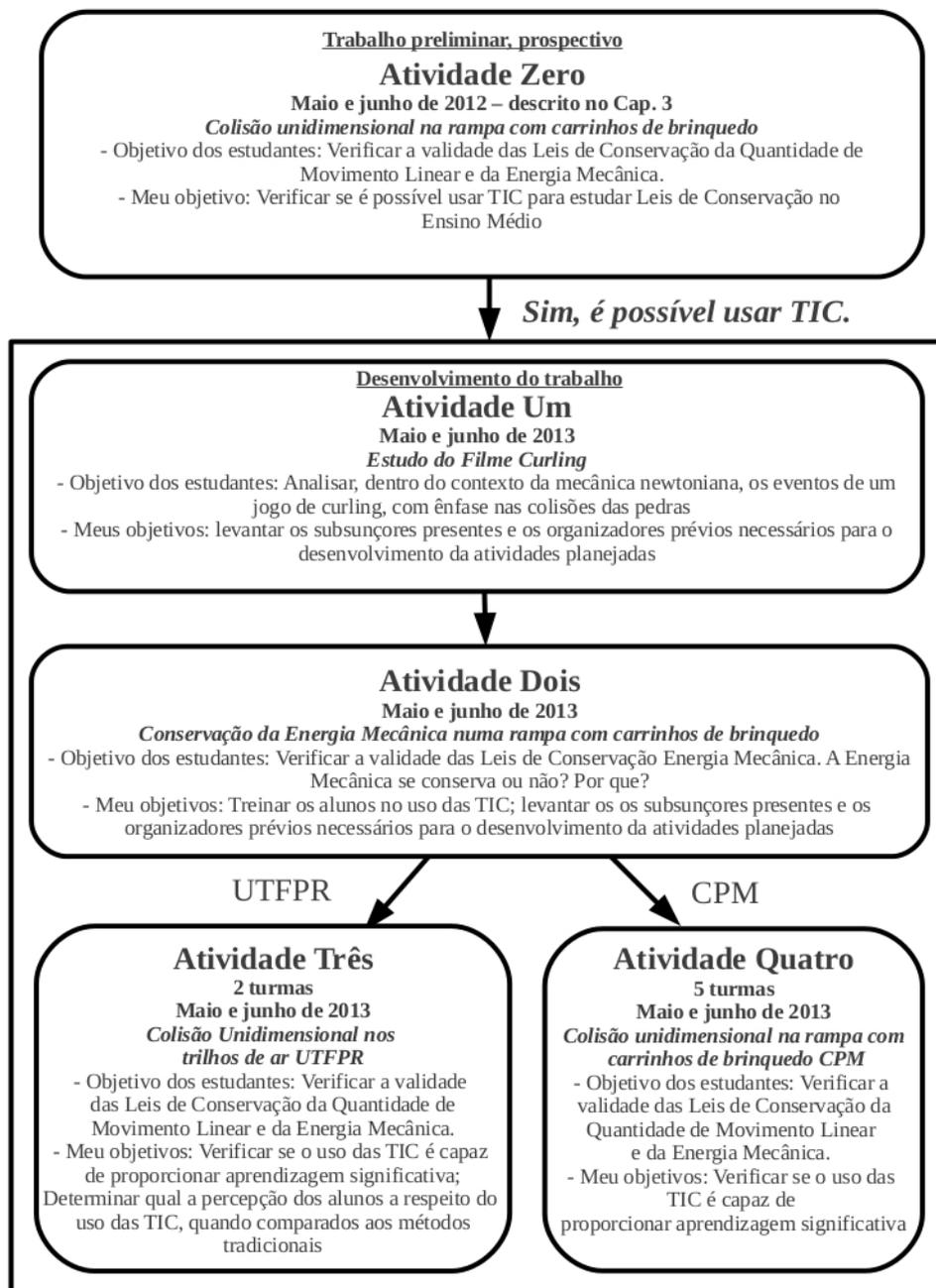
curso preparatório e das horas de estudo em casa, mas diz que não teve de fazer pressão, já que o assunto é recorrente entre os alunos do 5º ano. “Os colegas comentam da possibilidade de passar lá, e quando um passa, é suficiente para que os outros também queiram ir” conta. Maria Vitória, 12 anos, a caçula de Schramm aprovou a mudança de um colégio estadual comum para o CPM. “As aulas são melhores e os alunos levam o estudo mais a sério”, afirma.

## 1.6 ORGANIZAÇÃO DESTE TRABALHO

Este trabalho foi realizado em duas etapas, ilustradas na figura 20. Inicialmente realizamos um trabalho preliminar (denominada de *Atividade zero - Colisão unidimensional na rampa com carrinhos de brinquedo*), com o objetivo de verificar se os alunos do 2º ano do ensino Médio seriam capazes de fazer uso das TIC e do Tracker.

Esta atividade foi realizada durante o ano de 2012, com 4 turmas, e verifiquei que poderíamos aplicar esta atividade com sucesso. O desenvolvimento desta atividade é descrito no capítulo 3. Uma vez confirmada a possibilidade de fazer uso das TIC e e do Tracker para o estudo de Leis de Conservação no Ensino Médio, elaboramos as atividades em que se propõe atingir os objetivos deste trabalho. Elaborei quatro atividades, listadas baixo:

1. *Atividade um - estudo do filme Curling*
2. *Atividade dois - Conservação da energia mecânica numa rampa com carrinhos de brinquedo;*
3. *Atividade três - Colisão unidimensional nos trilhos de ar - realizado nas instalações Uivesidade Tecnológica Federal do Paraná;*
4. *Atividade quatro - Colisão unidimensional na rampa com carrinhos de brinquedo - realizado nas instalações CPM.*



**Figura 1: Atividades realizadas neste trabalho**

**Fonte: Autoria própria**

Os objetivos, tanto dos alunos ao realizar as atividades, como os deste trabalho, estão indicados na figura 20.

No capítulo 4 discuto a metodologia empregada em cada uma destas atividades, bem como detalho os objetivos a serem atingidos. No capítulo 5 são discutidos os resultados obtidos. No capítulo 6 são apresentadas as conclusões deste trabalho.

Nos apêndices são apresentados os questionários aplicados aos alunos do ano se 2013 (A, C e E), bem como as respostas obtidas (B, D e F). Optei por apresentar os resultados desta forma para melhorar a organização e a visualização deste trabalho. Nas respostas dos questionários, os erros de português dos alunos foram mantidos.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo pretendo dar uma visão geral sobre a necessidade e a conveniência de explorar adequadamente o assunto leis de conservação durante o ensino médio. Isso não se justifica apenas pelo desenvolvimento da questão histórica, mas me parece um caminho mais interessante para o desenvolvimento deste assunto.

### 2.1 LEIS DE CONSERVAÇÃO

Os conceitos de Massa e Quantidade de Movimento fazem parte fundamental da mecânica newtoniana e aparecem logo no início de sua obra *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* (COHEN; WESTFALL, 2002) (NEWTON, 1848). Essas definições, juntamente com as Três Leis de Newton, são ainda hoje pilares fundamentais na física. Deste modo, considero estranho que o conteúdo de Quantidade de Movimento e a lei de conservação correspondente, com os possíveis desdobramentos que se seguem, ocupe um pedaço tão pequeno nos programas e no material didático dedicado ao Ensino Médio, principalmente considerando que a Lei da Conservação da Quantidade de Movimento tem aplicações tão abrangentes e interessantes quanto a Lei da Conservação da Energia Mecânica e é um desdobramento inevitável das 3 Leis de Newton (ZANETIC, 1988). Naturalmente há exceções, sendo a mais notável o material elaborado pelo GREF (GREF, 1998a) (GREF, 1998b), onde as Leis de Conservação ocupam um papel central no estudo da mecânica .

Uma Lei de Conservação estabelece que uma certa propriedade física de um sistema isolado permanece constante no tempo, isto é; não apresenta variação. A Lei da Conservação da Quantidade de Movimento é uma destas leis, assim, num sistema isolado qualquer, na ausência da aplicação de forças externas a Quantidade de Movimento não varia com o tempo. Do mesmo modo, nesse mesmo sistema isolado, a Energia Mecânica permanece constante, na ausência de forças dissipativas. Um sistema isolado não permite que energia transite nas suas fronteiras.

O Princípio da Conservação da Energia Mecânica (TIPLER, 2006, p. 201) passou a ser considerado importante a partir do século XIX, quando se descobriu que o desaparecimento

de energia mecânica é sempre acompanhado pelo aparecimento de algum outro tipo de energia, frequentemente térmica, que é denunciada por algum aumento de temperatura.

Uma explicação muito feliz para a Lei de Conservação da Energia encontramos na obra de Sobre as Leis da Física, de Richard P. Feynman (FEYNMAN, 2012, p. 65):

Os físicos usam palavras de um jeito peculiar. Para eles uma lei de conservação significa que existe um número que você pode calcular num dado momento e que reaparece idêntico mais tarde, se você repetir o cálculo, apesar da atureza ter sofrido muitas mudanças; o número não muda, é invariante. Um exemplo é a conservação da energia. Existe uma quantidade que você calcula de acordo com certa regra e sempre dá o mesmo resultado, não importa o que aconteça. Imagine uma mãe com uma criança, que ela deixa sozinha em um quarto com 28 blocos indestrutíveis. A criança brinca com os blocos durante o dia, e quando a mãe volta vê que estão todos ali. Ela sempre checa a conservação dos blocos. Um dia, porém, chega e só encontra 27 blocos. Mas vê que um bloco está do lado de fora, a criança o atirou pela janela. A primeira coisa que devemos entender sobre as leis de conservação é que precisamos ficar de olho para que as coisas que estamos checando não escapem.

Há energia devido ao movimento, chamada energia cinética, energia devido à interação gravitacional, chamada energia potencial gravitacional, energia térmica, energia elétrica, energia da luz, energia elástica em molas e coisas do gênero, energia química, energia nuclear e também um tipo de energia que a matéria possui só porque existe, uma energia que depende diretamente da massa. Por exemplo, o que chamamos de energia térmica é, em grande medida, a energia cinética do movimento das partículas que formam um objeto. A energia elástica e a energia química têm as mesmas origens, que são as forças entre os átomos. Quando os átomos se rearranjam, sua energia muda e precisam trocar de forma. Quando você queima alguma coisa, por exemplo, a energia química varia e surge calor, pois tudo tem que ser compensado.

Se alguma coisa se move, como uma bola rolando na horizontal, então o atrito a deterá. O que acontece com a energia cinética da bola? Ela é transferida para a agitação dos átomos do solo e da própria bola. A bola pode parecer perfeitamente esférica quando a polimos, mas veremos que na verdade é bem complicada se a olharmos em uma escala menor; são bilhões de átomos pequeninos, com todo o tipo de formatos irregulares. Nessa escala, é como uma rocha áspera, pois é composta de coisas menores. Se olharmos nesta escala, veremos que quando aquela pedra monstruosa rolar pelo chão, os átomos irão chacoalhar. E vão continuar chacoalhando, por causa dos choques que sofreram; e fica para trás uma agitação ou energia térmica. À primeira vista, parece que a lei de conservação da energia falha, mas a energia tem essa tendência de se esconder de nós. Precisamos de termômetros e de outros instrumentos para ter certeza de que ela está lá. Descobrimos assim que a energia se conserva, não importa quão complicado seja o processo, mesmo que não saibamos todos os detalhes das leis envolvidas.

A constatação e a verificação das Leis de Conservação, tanto da Quantidade de Movimento quanto da Energia, são sem dúvida pontos fundamentais no desenvolvimento da Ciência. De acordo com o GREF (GREF, 1998a, p. 13) “pode parecer estranho, mas é verdade:

todo, absolutamente todo o movimento do universo se conserva”.

No livro adotado no CPM (FUKE; YAMAMOTO, 2010, p. 307), a Lei da Conservação da Quantidade de Movimento Linear é colocada para os estudantes como:

“Em sistemas isolados, a quantidade de movimento do sistema permanece constante”. A Lei de Conservação da Energia Mecânica (FUKE; YAMAMOTO, 2010, p. 289) é definida como “na ausência de forças dissipativas (como o atrito e a resistência do ar, a energia mecânica é conservada, permanecendo constante”.

### 2.1.1 QUANTIDADE DE MOVIMENTO LINEAR

Na literatura, (TIPLER, 2006, p. 250) a Quantidade de Movimento Linear  $\vec{p}$  de uma partícula é definida como o produto de sua massa  $m$  pela velocidade  $\vec{v}$ . Nas palavras de Newton (COHEN; WESTFALL, 2002, p. 279) “A quantidade de movimento é a medida do mesmo, provindo da velocidade e da quantidade de matéria, tomada em conjunto”.

$$\vec{p} = m\vec{v} \quad (1)$$

Podemos obter a segunda Lei de Newton e, conseqüentemente, a definição de força resultante  $\vec{F}$  a partir da quantidade de movimento:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{dm\vec{v}}{dt} = \frac{dm}{dt} \cdot \vec{v} + m \frac{d\vec{v}}{dt} \quad (2)$$

No Ensino Médio, normalmente consideramos a massa do corpo como sendo constante (então  $\frac{dm}{dt} = 0$ ), então temos:

$$\vec{F} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m \cdot \vec{a} \quad (3)$$

A equação acima é a forma mais usual de apresentar a 2ª Lei de Newton no Ensino Médio, também conhecida como Princípio Fundamental da Dinâmica.

Quando tratamos a colisão de dois objetos, devemos considerar a quantidade de movimento total do sistema. Segundo Tipler (TIPLER, 2006, p. 251) temos que:

Se a força externa resultante atuando sobre um sistema permanece nula, a quantidade de movimento total do sistema permanece constante.

A afirmação acima pressupõe que o sistema esteja isolado de forças externas. A

quantidade de movimento total  $\vec{P}_{sis}$  de um sistema de partículas é a soma das quantidades de movimento individuais das partículas  $\vec{p}_{sis}$ :

$$\vec{P}_{sis} = \sum_i m_i \vec{v}_i = \sum_i \vec{p}_i \quad (4)$$

Quando a força externa atuante sobre o sistema é nula ( $F_{ext} = 0$ ), podemos afirmar que:

$$\vec{P}_{sis} = \sum_i m_i \vec{v}_i = M \vec{v}_{cm} = \text{constante} \quad (5)$$

O resultado acima é a expressão da **Lei da Conservação da Quantidade de Movimento** e é uma das leis mais importantes da física, com aplicações tão abrangentes quanto a Lei da Conservação da Energia Mecânica, pois as forças internas geralmente são conservativas. Assim, estas forças podem alterar a Quantidade de Energia Mecânica Total do sistema, sem entretanto afetar a Quantidade de Movimento Linear Total do sistema. Se a Quantidade de Movimento do sistema não se altera, então a velocidade do centro de massa ( $\vec{v}_{cm}$ ) não sofre alteração.

### 2.1.2 ENERGIA MECÂNICA

A Energia Mecânica, segundo (TIPLER, 2006, p. 202), é dada por:

$$E_{mec} = K_{sis} + U_{sis} \quad (6)$$

A Energia Mecânica  $E_{mec}$  de um sistema é conservada ( $E_{mec} = \text{constante}$ ) se o trabalho total realizado por todas as forças externas e pelas forças internas não conservativas for nulo.  $K_{sis}$  é a energia cinética e  $U_{sis}$  é a energia potencial.

Assim, podemos escrever também que:

$$E_{mec_f} = E_{mec_i} \quad (7)$$

Onde  $E_{mec_f}$  é a energia mecânica final do sistema e  $E_{mec_i}$  é a energia mecânica inicial do sistema.

A energia mecânica é usualmente apresentada aos alunos do Ensino Médio do seguinte

modo (DOCA et al., 2010, p297):

Calculamos a Energia Mecânica ( $E_m$ ) de um sistema adicionando a Energia Cinética à Energia Potencial, que pode ser gravitacional ou elástica:

$$E_m = E_{cinetica} + E_{potencial}$$

### 2.1.3 RECORTE HISTÓRICO

Newton (COHEN; WESTFALL, 2002) define massa como sendo “a quantidade de matéria é a medida da mesma, obtida conjuntamente a partir de sua densidade e volume.” Nas palavras de Newton:

Assim, o ar com o dobro da densidade, num espaço duplicado, tem o quádruplo da quantidade; num espaço triplicado, o sêxtuplo da quantidade. O mesmo deve ser estendido com respeito à neve, e pó fino ou matéria pulverizada, condensados por compressão ou liquefação, bem como para todos os corpos que, por quaisquer causas, são condensados diferentemente. Não me refiro, aqui, a um meio, se é possível dizer que tal meio existe, que permeia livremente os interstícios entre as partes dos corpos. É essa quantidade que doravante sempre denominarei pelo nome de corpo ou massa. A qual é conhecida através do peso de cada corpo, pois é proporcional ao peso, como encontrei em experimentos com pêndulos, realizados muito rigorosamente...

Podemos observar que Newton não define densidade, apenas define massa em função da densidade e do volume. É importante observar que as unidades fundamentais empregadas neste caso são tempo, comprimento e densidade, assim é perfeitamente razoável definir massa em termos de densidade. Newton também afirma (em outra passagem do Principia, livro III, Prop. VI, Cor IV) que “Se todas as partículas sólidas de todos os corpos são de mesma densidade, e não podem ser rarefeitas sem poros, então um vazio, ou vácuo, deve ser admitido. Por corpos de mesma densidade refiro-me àqueles cujas inércias estão na proporção de seus volumes.”

Modernamente entendemos a massa como a medida da inércia de um corpo, de modo análogo à definição acima, ou seja, a massa é uma propriedade física que mede a resistência de um corpo ao ser acelerado por uma força e é proporcional à força mútua de atração gravitacional com outros corpos. A unidade de massa do SI é o quilograma ( $kg$ ).

Muito embora, o conceito de massa possa ser apresentado como (DOCA et al., 2010, p. 11), que afirma que “Sem muito rigor, podemos dizer que a massa de um corpo é associada à quantidade de matéria nela existente”, ou então de acordo com (TIPLER, 2006, p.95), que a massa representa a medida da inércia. Ou seja, se uma força  $F$  produz uma aceleração  $a_1$  e,

essa mesma força atuando sobre a massa  $m_2$  produz uma aceleração  $a_2$ , podemos afirmar que a razão entre as massas é:

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{a_1}{a_2} \quad (8)$$

Essa definição está de acordo com uma ideia intuitiva de massa e, coerente com a mecânica Newtoniana.

Já de acordo com Bachelard (BACHELARD, 1978) colocar as noções de massa, aceleração e força numa mesma fórmula parece um procedimento algo artificial, que não deixa antever a complexidade do conceito e das simplificações que se introduzem, que limitam as possibilidades de esclarecimento.

Uma análise mais cuidadosa da evolução da mecânica, como a realizada por (ZANETIC, 1988) demonstra que a mecânica que atribuímos a Newton é fruto de uma longa evolução de ideias, que podem ser resgatadas desde os trabalhos pioneiros dos gregos. Essa evolução não se esgota no trabalho de Newton, e conta com importantes contribuições posteriores.

Um dos conceitos antigos mais interessantes é o conceito de *impetus*, também chamada de força impressa. Philoponus expressa deste modo suas ideias (PIRES, 2011):

No começo somente a gravidade provoca o movimento, mas logo imprime um impetus ao corpo. Então o movimento é causado pelo impetus juntamente com a gravidade. É assim que o movimento se acelera e, à medida que aumenta a velocidade, o impetus se torna mais intenso.

Nesta passagem, percebe-se que o autor formula uma ideia rústica e incompleta do que conhecemos hoje Quantidade de Movimento.

Outro autor que tem considerações interessantes sobre a questão é Buridan - Joannes Buridanus; 1300 — 1358 (STANFORD UNIVERSITY, 2014b), que introduziu a ideia que tanto os movimentos celestes quanto os terrestres estão sujeitos às mesmas leis. Sobre o conceito de *impetus*, desenvolvida e popularizada pelo autor, Buridan afirma que (BAPTISTA; FERRACIOLI, 1990 apud CLAGETT, 1961, p. 193):

o impetus impresso pelo projetor sobre o projétil varia, por um lado, com a velocidade do projétil e, por outro, com a quantidade de matéria do corpo em movimento.

Novamente, o conceito de *impetus* de Buridan, assim como de Philoponus deixam antever o conceito de Quantidade de Movimento. Estes autores antigos deixam importantes

contribuições que mais tarde seriam reorganizadas e utilizadas na elaborações de teorias e modelos mais completos.

#### 2.1.4 COLISÕES

Colisões é um assunto com um grande potencial didático e uma aplicação direta dos Princípios de Conservação, tanto da Quantidade de Movimento quanto Energia Mecânica, que permite estudar muitas situações interessantes. Problemas como colisões no trânsito ou no esporte podem ser tratados em sala, com uma série de desdobramentos, tanto qualitativos como quantitativos muito interessantes para os alunos.

O interesse público por física pode ser despertado por várias situações. O filme Gravidade, lançado em 2013, tem sido objeto de várias reportagens que, além de discutir aspectos estéticos, discutem a veracidade das situações físicas envolvidas no enredo (RUIC, 2013), (MARTINS, 2013). Muitos dos fenômenos físicos retratados no filme podem ser explicados usando Leis de Conservação da Quantidade de Movimento.

Durante uma colisão, dois corpos se aproximam e interagem fortemente durante um pequeno intervalo de tempo. Durante este pequeno intervalo de tempo, as forças externas atuantes sobre os corpos podem ser consideradas muito menores que as forças resultantes da interação entre os corpos (TIPLER, 2006, p. 257). Nesse aspecto, o sistema composto pelos dois corpos que colidem pode ser considerado um sistema isolado. O tempo de duração da colisão é muito pequeno (no caso dos carrinhos de que utilizamos em nossos experimentos, da ordem de centésimos de segundo) e portanto o deslocamento dos corpos também é. Deste modo, as forças realmente importantes que atuam nesta situação são as forças de interação, que são iguais e opostas e deste modo a quantidade de movimento permanece inalterada. Não é necessário que os corpos se toquem fisicamente, já que a força de interação entre os corpos pode ser uma força de campo, não necessariamente uma força de contato.

A ideia principal por trás da resolução dos problemas de colisão, é o princípio da conservação da quantidade de movimento ((ORG), 2002).

As colisões são usualmente classificadas do seguinte modo: quando a energia cinética de dois corpos que colidem é igual antes e depois da colisão, a colisão é dita **elástica**. Se a energia cinética de dois corpos que colidem não se conserva, a colisão é dita **inelástica** e numa situação extrema, quando toda a energia cinética de dois corpos que colidem é convertida em energia térmica ou interna do sistema, a colisão é dita **perfeitamente inelástica** e os dois corpos permanecem unidos após a colisão.

### 2.1.5 ASPECTOS HISTÓRICOS DO PROBLEMA DA COLISÃO

O interesse em problemas envolvendo colisões é bastante antigo. Galileu (1562-1642) tenta determinar a *força de um impacto* através de experimentos de queda livre e postula que o efeito de uma colisão é diretamente proporcional à velocidade, mas devido às confusões entre força, momento e energia cinética, muitas questões permanecem insolúveis.

Johannes Marcus Marci de Kronland (1595-1667) documenta suas observações em *De Proportione Motus - 1639*. Percebe que quando dois corpos idênticos colidem, eles trocam suas velocidades. Mais tarde, ele estuda colisões em cadeias de bolas, numa configuração hoje conhecida como *Pêndulo de Newton*.

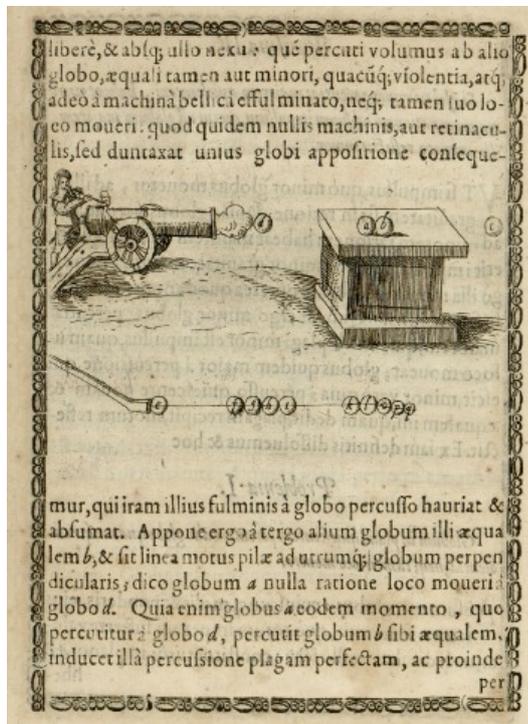


Figura 2: Marci of Kronland, Johannes Marcus, *De proportione motus*1, 1639, p. 96

Fonte: <http://echo.mpiwg-berlin.mpg.de>

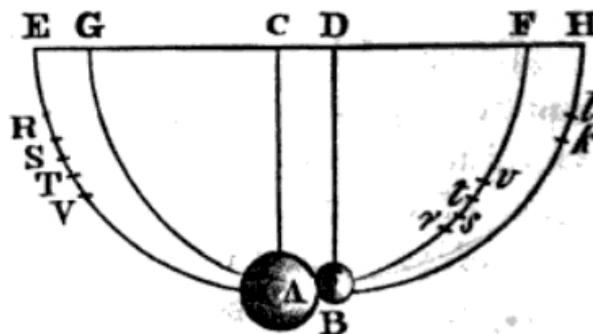
René Descartes propõe em *Principia Philosophiæ - 1644*, sete leis para impactos, que tratam de casos particulares, incorretas (STANFORD UNIVERSITY, 2014a). Como exemplo, Descartes surpreendentemente afirma que “um corpo menor, independentemente da sua velocidade, nunca pode mover um corpo estacionário maior” numa colisão.

Motivada pelas inconsistências das regras propostas por Descartes, a Royal Society iniciou em 1668 uma investigação sobre as leis do impacto (ou choque de corpos). John Wallis (1616 - 1703) propõe uma solução, em que a Quantidade de Movimento se conserva durante

a colisão de dois corpos. Christopher Wren (1632 - 1723) discute colisões perfeitamente elásticas teoricamente, aplicando a Conservação da Quantidade de Movimento e validando seus resultados através de experimentos. Os corpos considerados por Wren são perfeitamente elásticos. Christiaan Huygens (1629 - 1695) apresenta sua solução, aplicada a colisões elásticas, verificando que a Quantidade de Movimento se conserva, assim como a Energia Cinética (*soma do produto das massa e do quadrado das velocidades*). Huygens também introduziu o conceito de velocidade relativa. As contribuições de John Wallis, Christopher Wren e Christian Huygens são documentadas em *1668-1669 Philosophical Transactions III e IV*. Em função deste fato, Newton tinha conhecimento do trabalho de Wren, Wallis e Huygen, como fica claro em Principia (NEWTON, 1848, p. 90):

pela mesma, juntamente com a terceira lei, Sir Crist. Wren, Dr. Wallis, e Sr Huygens, os maiores geômetras de seu tempo, solidariamente determinaram as regras de encontro e reflexão de corpos duros, quase ao mesmo tempo comunicaram suas descobertas à Royal Society, concordando exatamente quanto a essas regras. Dr. Wallis, de fato publicou seus resultados um pouco mais cedo; sendo seguido por Sir Christopher Wren, e por último, Sr Huygens. Mas Sir Christopher Wren confirmou a validade perante a Royal Society com o experimento dos pêndulos, que o Sr. Mariotte logo após explicou em um tratado inteiramente dedicado ao assunto.

Edmé Mariotte (1620 - 1684), em seu artigo *Traité de la percussion ou choc des corps* estuda o problema de uma cadeia de bolas. Nos países de língua alemã, em função disso, o Pêndulo de Newton é conhecido como *Mariotte'sche Stossmaschine*.



**Figura 3: Pêndulo de Newton**

**Fonte: Newton's Principia. The Mathematical Principles of Natural Philosophy, 1848**

Neste ponto, o Princípio da Conservação da Quantidade de Movimento já era conhecido e aceito por Newton (NEWTON, 1848, p. 91):

Tentando assim o experimento com pêndulos de dez pés, com corpos diferentes e também iguais, e fazendo os corpos colidirem após descerem através de

distâncias grandes, de 8,12 e 16 pés, eu achei sempre, com um erro menor que 3 polegadas, quando os corpos colidem diretamente, igual mudança para a parte contrária produzida em seus movimentos, e, em consequência, que a ação e reação são sempre iguais. Se o corpo A atinge o corpo B com 9 partes de movimento, e perde 7, restando após a colisão 2 partes, o corpo B ficou com 7 partes. Se os corpos colidem com movimento contrário, A com 12 partes de movimento e B com 6, então se A recua com 2 partes, B recua com 8 partes; a saber, com a dedução de 14 partes de movimento em cada lado.

Com o objetivo de verificar a sua terceira lei, Newton realizou experimentos com esferas de cortiça, lã e aço, suspendendo seus corpos de provas com cordas de 10 pés (3,048 metros) (ver figura 3) e mediu a altura atingida após a colisão a fim de determinar a velocidade antes e após o impacto (NEWTON, 1848).

De acordo com Newton (NEWTON, 1848, p. 92):

Mas para prevenir qualquer objeção que possa ser levantada contra a regra, para prová-la este experimento foi feito, como a regra supõe que os corpos são absolutamente duros, ou no mínimo perfeitamente elásticos (embora corpos assim não sejam encontrados na natureza), devo adicionar, que os experimentos que descrevo, não dependem da qualidade da dureza, que funciona do mesmo modo para corpos macios e corpos duros. Para que a regra possa ser aplicada em corpos não perfeitamente duros, nós devemos somente diminuir a reflexão de certa proporção que a força elástica requer. Da teoria de Wren e Huygens, corpos absolutamente duros retornam um do outro com a mesma velocidade com que se encontraram. Mas isto pode ser dito com certeza para corpos perfeitamente elásticos. Em corpos imperfeitamente elásticos a velocidade do retorno é diminuída junto com a força elástica; por causa desta força (exceto quando partes dos corpos estão deformadas pelo seu encontro, ou sofrem dano como o produzido por um martelo) é (até onde eu percebo) certo e determinado, e faz os corpos retornarem um do outro com uma velocidade relativa, que é dada pela razão da velocidade relativa com que se encontraram. Para isto experimentei com bolas de lã, feitas hermeticamente, e fortemente comprimidas. Para, inicialmente, deixando-as como pêndulo, e medindo sua reflexão, eu determinei a quantidade da sua força elástica; e então, de acordo com esta força, estimo as reflexões que deveriam acontecer em outros casos de encontro. E com este cálculo outros experimentos feitos depois concordaram; as bolas sempre retrocedendo uma da outra com uma velocidade relativa, que estava para a velocidade relativa de aproximação numa razão de 5 para 9. Bolas de aço retornaram com quase a mesma velocidade; bolas de cortiça com uma velocidade algo menor; mas com bolas de vidro a proporção foi de cerca de 15 para 16. E assim a terceira lei, no que se refere a percussão e reflexão é provada pois a teoria concorda com a experiência.

Willem Jacob's Gravesande (1688 - 1742), na sua obra *Mathematical elements of natural philosophy, confirmed's by experiments: or an introduction to Sir Isaac Newton philosophy* (1720) descreve em detalhes experimentos envolvendo colisões unidimensionais e bidimensionais.

Leonhard Euler (1707 - 1783) resolve colisões excêntricas de corpos elásticos considerando o movimento de rotação e translação dos corpos. Em *De la force de percussion et de sa véritable mesure* resolve problemas de colisão por meio da elasticidade, iniciando as considerações a respeito da deformação elástica dos corpos durante a colisão. Este trabalho não poderia ser realizado se Euler não tivesse constatado que:

- os enunciados de Newton se aplicam a massas pontuais;
- o emprego do conceito de vetor facilita a compreensão de muitas grandezas mecânicas;
- a utilização das equações  $F_x = m \cdot a_x$ ,  $F_y = m \cdot a_y$ ,  $F_z = m \cdot a_z$ .
- a introdução do conceito de vetor velocidade angular e tensor inércia, básicos para a extensão dos princípios da mecânica para o corpo rígido;
- a proposição de um novo princípio que impõe a igualdade entre a variação temporal do momento angular e o torque total a ele aplicado.

Siméon-Denise Poisson, em *Traité de mécanique* trata a teoria desenvolvida por Wallis, Wren e Huygens e faz a distinção entre impacto totalmente elástico e impactos inelásticos, sugerindo um coeficiente  $f$ . Quando  $f = 1$ , temos uma colisão perfeitamente elástica e quando  $f = 0$  temos uma colisão inelástica. Atualmente denominamos  $f$  coeficiente de restituição elástica.

### 2.1.6 LEIS DE CONSERVAÇÃO NO ENSINO MÉDIO

No livro de Ensino Médio (DOCA et al., 2010, p.325-326) o Princípio da Conservação da Quantidade de Movimento é apresentado formalmente como:

Em sistema mecânico isolado de forças externas, conserva-se a quantidade de movimento total.  $\Delta \vec{Q} = 0$ , ou  $\vec{Q}_{final} = \vec{Q}_{inicial}$

O Princípio da Conservação da Energia Mecânica é apresentado como (DOCA et al., 2010, p.299):

Em um sistema mecânico conservativo, a energia mecânica total é sempre constante.

$$E_m = E_{cintica} + E_{potencial} \Rightarrow constante$$

Na mesma obra, define-se sistema mecânico conservativo como:

Sistema mecânico conservativo é todo aquele em que as forças que realizam trabalho transformam exclusivamente energia potencial em energia cinética e vice-versa. É o que ocorre com as forças da gravidade, elástica e eletrostáticas, que por sua vez são denominadas forças conservativas.

As forças de atrito cinético, de resistência viscosa - exercidas pelos líquidos em corpos movendo-se em seu interior - e de resistência do ar transformam energia mecânica em outras formas de energia, principalmente térmica. Essas forças são denominadas forças dissipativas.

## 2.2 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A aprendizagem significativa é o conceito central da teoria de Ausubel e definida como um processo onde uma nova informação se relaciona com algum aspecto relevante da estrutura do conhecimento do indivíduo, denominada como conceito subsunçor, ou simplesmente, subsunçor. A aprendizagem significativa vai acontecer quando as novas informações encontram fixação em conceitos ou proposições relevantes, que já existiam na estrutura cognitiva do aprendiz (AUSUBEL, 1999). Aprendizagem cognitiva resulta da armazenagem organizada de informações na mente do ser que aprende e o complexo resultante é conhecido como estrutura cognitiva.

Para Ausubel, o fator isolado que mais influencia na aprendizagem é o que o aluno já sabe e cabe ao professor identificar isso e ensinar de acordo com essas circunstâncias, portanto Ausubel considera que novas informações e ideias podem ser aprendidas e retidas na medida em que conceitos relevantes e inclusivos estejam claros e disponíveis na estrutura cognitiva do aluno, servindo como pontos de ancoragem para novos conceitos e ideias e, conseqüentemente, a experiência cognitiva não se restringe apenas à influência dos conceitos já aprendidos mas também às mudanças relevantes nos atributos da estrutura cognitiva pela influência do novo material.

Em oposição à aprendizagem significativa, Ausubel define a aprendizagem mecânica como a aprendizagem de novas informações com pouca ou nenhuma interação com conceitos relevantes presentes na estrutura cognitiva do indivíduo. As informações são armazenadas de maneira arbitrária e não há interação entre a nova informação e aquelas pré-existentes. O autor não estabelece a distinção entre aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica como sendo uma dicotomia mas como sendo um contínuo.

Do mesmo modo, esta distinção não pode ser confundida com a diferença existente entre a aprendizagem por descoberta e a aprendizagem por recepção. A aprendizagem por

descoberta somente será significativa se o descoberto se ligar a conceitos subsunçores relevantes já existentes na estrutura cognitiva de modo não arbitrário.

Um modo de explicar a origem dos conceitos subsunçores é considerar que quando um aprendiz se aventura num campo do conhecimento totalmente novo a aprendizagem inicial é mecânica, até que alguns elementos deste conhecimento, mais relevantes e relacionados a essa nova área do conhecimento, possam servir de subsunçores – mesmo que ainda pouco elaborados. À medida que esses subsunçores vão ficando mais elaborados, ficam mais aptos a ancorar novas informações.

Em crianças pequenas, os subsunçores podem ser adquiridos num processo conhecido como formação de conceitos, que envolve abstrações e generalizações de instâncias específicas. Ao atingir a idade escolar, a maioria das crianças já irá ter um repertório adequado de conceitos, que irão permitir a aprendizagem significativa. Nada impede que novos conceitos venham a se formar, mas a maioria passa a ser adquirida por meio da assimilação, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa de conceitos.

Organizadores prévios servem de âncora para a nova aprendizagem e levam ao desenvolvimento de conceitos subsunçores que facilitam o aprendizado subsequente. O uso destes organizadores prévios é uma estratégia proposta por Ausubel para deliberadamente manipular a estrutura cognitiva do aprendiz com o objetivo de propiciar a aprendizagem significativa, funcionando como uma ponte cognitiva entre o que já se sabe e o que será aprendido.

De acordo com Ausubel (AUSUBEL, 1999, p. 71)

A essência do processo de aprendizagem significativa, tal como já se verificou, consiste no facto de que novas ideias expressas de forma simbólica (a tarefa de aprendizagem) se relacionam àquilo que o aprendiz já sabe (a estrutura cognitiva deste numa determinada área de matérias), de forma não arbitrária e não literal, e que o produto desta interação ativa e integradora é o surgimento de um novo significado, que reflete a natureza substantiva e denotativa deste produto interativo.

São necessárias algumas condições para que a aprendizagem significativa ocorra. Inicialmente é preciso considerar que “a essência do processo de aprendizagem significativo é que as ideias simbolicamente expressas sejam relacionadas de maneira substantiva (não literal) e não arbitrária ao que o aprendiz já sabe; ou seja, há algum aspecto de sua estrutura cognitiva especificamente relevante para a aprendizagem dessas ideias. Este aspecto especificamente relevante pode ser, por exemplo, um símbolo, uma proposição, já significativo”. Portanto é necessário que o material a ser aprendido seja de algum modo relacionável à estrutura cognitiva

do aprendiz, de maneira não arbitrária e não literal. Materiais com essa característica são ditos potencialmente significativos, ou seja, o material deve ser algo não arbitrário em si, mas também o aprendiz deve ter disponível em sua estrutura cognitiva os subsunçores adequados.

Na concepção de Ausubel, a compreensão genuína de um conceito implica na posse de significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis. A fim de verificar a aprendizagem significativa, não basta simplesmente pedir aos alunos quais são os elementos essenciais de uma proposição, já que podemos obter apenas respostas memorizadas de modo mecânico, portanto devemos formular os problemas de um modo novo e não familiar, que requeira a transformação do conceito adquirido. Testes de compreensão, portanto, no mínimo, ser fraseados de algum modo diferente do que foi encontrado no material instrucional.

A aprendizagem significativa pode ser de três tipos: representacional, de conceitos e proposicional.

Aprendizagem significativa representacional: tipo mais básico, do qual as demais dependem. Envolve a atribuição de significados a determinados termos e símbolos. Os símbolos passam a representar aquilo que seus referentes significam.

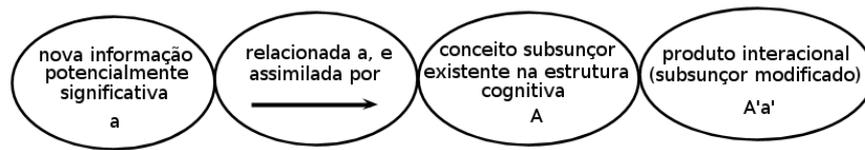
Aprendizagem significativa de conceitos: é de certo modo uma aprendizagem representacional, pois os conceitos são representados por símbolos, porém são genéricos ou categóricos e representam abstrações dos atributos essenciais dos referentes, ou seja, representam regularidades em eventos ou objetos.

Aprendizagem significativa proposicional, diferentemente da aprendizagem representacional, a tarefa não é aprender o que palavras isoladas representam, mas sim aprender o significado de ideias expressas por meio desses conceitos, em forma de proposição; ou seja, é um passo além da soma de conceitos ou significados das palavras que compõem uma proposição.

### 2.2.1 TEORIA DA ASSIMILAÇÃO

A teoria da assimilação se propõe a explicar tanto a aprendizagem como a retenção e pode ser representada da seguinte maneira:

Portanto, a assimilação é um processo que ocorre quando um conceito ou proposição **a**, potencialmente significativo é assimilado só uma ideia ou conceito mais inclusivo, já existente na estrutura cognitiva do aprendiz. Tanto a nova informação **a** quanto o conceito subsunçor **A** são modificados pela interação e o produto **A'a'** é o novo subsunçor modificado.



**Figura 4: Esquemático da Teoria da assimilação**

**Fonte: Autoria própria**

Ausubel sugere que a assimilação ou ancoragem tem um efeito facilitador na retenção. Durante o período de retenção, num intervalo de tempo variável, elas permanecem dissociáveis como entidades individuais:

$$A'a' \leftrightarrow A'+a'$$

Assim, o produto  $A'a'$  permanece durante certo tempo dissociável em  $A'+a'$ , favorecendo a retenção de  $a$ . Neste ponto, Ausubel admite que o conhecimento assim adquirido fica sujeito a uma ação reducionista da organização cognitiva, pois é mais fácil e mais simples reter apenas as ideias, conceitos e proposições mais gerais e estáveis que as novas ideias assimiladas. Após a aprendizagem significativa, inicia-se um novo processo, a assimilação obliteradora, onde as novas informações tornam-se espontâneas e progressivamente menos dissociáveis de seus subsunçores, até que não estejam mais disponíveis como entidades individuais. Assim, o produto  $A'a'$  se reduz a um novo subsunçor  $A'$ .

A aprendizagem subordinada é quando uma nova informação adquire significado por meio de uma estrutura onde a nova informação é subordinada a estrutura cognitiva até então existente.

A aprendizagem superordenada se dá quando um conceito ou proposição potencialmente significativo  $A$ , mais geral e mais inclusivo do que ideias ou conceitos já estabelecidos na estrutura cognitiva  $a1$ ,  $a2$ ,  $a3$  é adquirido a partir destes e passa a assimilá-los. As ideias  $a1$ ,  $a2$ ,  $a3$  são identificadas como instâncias mais específicas de uma ideia superordenada  $A$ , definida por um novo conjunto de atributos essenciais que abrange os das ideias subordinadas.

A aprendizagem combinatória por sua vez é uma aprendizagem de proposições e em menor escala, de conceitos que não guardam relação de subordinação ou superordenação com proposições ou conceitos específicos, e sim, com conteúdo amplo, relevante de uma maneira geral, existente na estrutura cognitiva, isto é, uma nova proposição que não pode ser assimilada por outras ou então não é capaz de assimilá-las.

Quando um novo conceito é aprendido por subordinação, isto é, por ancoragem num subsunçor, este também se modifica. A ocorrência desse processo uma ou mais vezes leva a uma diferenciação progressiva do conceito subsunçor. Este é o caso que ocorre quase todas as vezes na aprendizagem significativa subordinada.

Já no caso da aprendizagem significativa superordenada (ou combinatória), ideias estabelecidas na estrutura cognitiva podem, no curso de novas aprendizagens, ser reconhecidas como relacionadas. Assim novas informações são adquiridas e elementos existentes na estrutura cognitiva podem se reorganizar e adquirir novos significados. Essa recombinação de elementos previamente existentes na estrutura cognitiva é denominada reconciliação integrativa. Assim, durante a aprendizagem significativa ocorrem dois processos, a diferenciação progressiva, mais ligada à aprendizagem subordinada, e reconciliação integrativa, mais relacionada às aprendizagens superordenada e combinatória.

A diferenciação progressiva é dada como um princípio programático da matéria de ensino, segundo o qual ideias, conceitos, proposições mais gerais e inclusivos do conteúdo devem ser apresentados no início da instrução e progressivamente, diferenciadas em termos de detalhe e especificidade. Ausubel baseia-se nas suposições que:

1. é menos difícil para seres humanos captar aspectos diferenciados de um todo mais inclusivo previamente aprendido do que chegar ao todo a partir de suas partes diferenciadas previamente aprendidas.

2. a organização do conteúdo de uma certa disciplina, na mente de um indivíduo, é uma estrutura hierárquica na qual as ideias mais inclusivas e gerais estão no topo e, progressivamente, incorporam proposições, conclusões e fatos menos inclusivos e mais diferenciados.

A reconciliação integrativa é o princípio segundo o qual a instrução deve também explorar relações entre ideias, apontar similaridades e diferenças importantes e reconciliar discrepâncias reais ou aparentes. Esses dois princípios programáticos podem ser implementados por meio de organizadores prévios adequados.

De acordo com o ponto de vista ausubeliano o primeiro e mais importante fator cognitivo a ser considerado no processo instrucional é a estrutura cognitiva do aprendiz no momento da aprendizagem. É o principal fator influenciando a aprendizagem significativa e a retenção nessa área.

A estrutura cognitiva pode ser influenciada de duas maneiras:

1. substantivamente pela apresentação ao aprendiz de conceitos e princípios

unificadores e inclusivos, com maior poder explanatório e propriedades integradoras.

2. programaticamente: pelo emprego de métodos adequados de apresentação do conteúdo e utilização de princípios programáticos apropriados na organização sequencial da matéria de ensino.

Quatro aspectos fundamentais importantes:

1. identificar a estrutura conceitual e proposicional da matéria de ensino;
2. identificar quais os subsunçores relevantes para a aprendizagem do conteúdo a ser ensinado;
3. diagnosticar aquilo que o aluno já sabe;
4. ensinar utilizando recursos e princípios que facilitem a aquisição da estrutura conceitual da matéria de ensino de uma maneira significativa.

De acordo com Ausubel “o fator isolado mais importante que influencia o aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe; descubra isso e ensine-o de acordo”.

### 2.3 TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA

As tentativas de desenvolver equipamentos auxiliares remontam a 1920, quando Sidney L. Pressey desenvolveu diversas máquinas afim de testar automaticamente inteligência e conteúdos (SKINNER, 1958). Neste texto, Skinner observava que:

Há mais pessoas no mundo do que nunca e uma parte maior requer educação. Esta demanda não pode ser satisfeita simplesmente através da construção de mais escolas e treinamento de mais professores. A educação deve tornar-se mais eficiente. Para este fim os currículos devem ser revistos e simplificados e livros didáticos e técnicas de sala de aula melhoradas. Em qualquer outro campo um aumento da procura para a produção teria conduzido ao desenvolvimento de bens de capital para poupar e reduzir a necessidade de mão de obra. A educação chegou a esta fase muito mais tarde, possivelmente por um equívoco da sua missão. Graças ao advento da televisão, como sempre, os chamados meios audiovisuais estão sendo reexaminados. Projetores de cinema, televisões, fonógrafos e gravadores estão encontrando seu caminho para as escolas e faculdades americanas.

Suplementos audiovisuais auxiliares tendem a suplantam palestras, demonstrações, e livros didáticos. Ao fazê-lo, eles servem a uma das funções do professor: eles apresentam o material para o aluno e, quando bem sucedidos, fazem isso de forma clara e interessante, de modo que o aluno aprende. Existe uma outra função para a qual contribuem pouco ou nada, que é melhor visto no intercâmbio produtivo entre professor e aluno na pequena sala de aula ou situação aluno-tutor. Muito dessa produtiva troca já

foi sacrificada na educação americana, a fim de ensinar um grande número de alunos. Há perigo real, que será totalmente obscurecida, se o uso de equipamentos concebidos apenas para apresentar material se disseminar. O aluno estará se tornando mais e mais um mero receptor passivo de instrução.

O uso de computadores (ATKINSON; WILSON, 1968) na educação se tornou uma realidade no final dos anos 1960, com o desenvolvimento de máquinas mais poderosas a custos cada vez mais acessíveis. Neste período considerava-se que o uso de computadores como ferramenta educacional era extremamente limitado considerando o seu potencial, e indicavam-se como fatores limitantes os problemas de hardware e o custo dos equipamentos, além de uma melhor compreensão dos processos de aprendizado e a aplicação deste conhecimento na elaboração do currículo e sua avaliação. Já na época, uma das demandas requeridas era a individualização da instrução

Sabe-se que alunos que estudam conceitos de física por meio de figuras estáticas podem ser levados a contruir modelos mentais incompletos ou incorretos que dificultam sua compreensão dos conceitos físicos (CHRISTIAN et al., 2011). O mesmo autor também afirma que:

Ferramentas de modelagem computacional auxiliam os estudantes a compreender um modelo e sua programação computacional em vez de trabalhar na criação de sua interface de usuário. Paraphrasing Richard Feynman, temos que saber que, se não podemos reduzir a um modelo a um algoritmo, nós não entendemos completamente.

O uso de computadores no ensino é uma realidade. O modo como essa tecnologia é apropriada pela escola indica (PAPERT, 2008) que, em algum momento, deixou de ser um instrumento de subversão e foi incorporado às práticas tradicionais da escola, perdendo o seu caráter interdisciplinar para tornar-se apenas mais uma matéria escolar enfadonha e burocrática.

Entretanto há muitas perguntas a serem respondidas a respeito do uso destes recursos tecnológicos, como levanta (CASULLERAS et al., 2010) e (CASULLERAS, 2009).

Do ponto de vista de um administrador, fazia mais sentido colocar todos os computadores em uma sala – enganosamente denominada de “laboratório de informática” – sob o controle de um professor especializado em informática. Assim, todas as crianças poderiam unir-se e estudar computação durante uma hora por semana. Em uma lógica inexorável, o passo seguinte foi introduzir um currículo para o computador. Assim, pouco a pouco as características subversivas do computador foram desgastando-se. Em vez de cortar o caminho, desafiando sim a própria ideia de fronteiras entre as matérias, o computador tornou-se uma nova matéria. Em vez de mudar a ênfase de um currículo formal e impessoal para a exploração viva e empolgada por parte dos alunos, o computador passou a ser usado para reforçar o modo de ser da

Escola. O que começara como um instrumento subversivo de mudanças foi neutralizado pelo sistema, convertido em instrumento de consolidação

O uso de ferramentas computacionais como auxiliares no ensino de física (RAMPINELLI; FERRACIOLI, 2006) é considerado uma ferramenta reconhecida como válida a ser empregada no processo de ensino aprendizagem e acredito que pode ser utilizada de modo produtivo e interessante, recuperando o seu caráter ininterdisciplinar (PAPERT, 2008), rompendo com as práticas mais tradicionais e integrando várias áreas do conhecimento.

No artigo (CORDEIRO et al., 2005) ganha destaque que a realização de atividades assistidas por computador está em sintonia com uma linguagem que faz parte do dia a dia da maioria dos estudantes. Há diversas possibilidades de uso dessa estratégia em sala de aula, desde simplesmente verificar leis e teorias, até a criação de situações que permitam aos alunos refletir e rever suas ideias (BERNHARD, 2000) a respeito dos fenômenos e conceitos abordados, estimulando que atinjam um nível de aprendizado que lhes permita efetuar uma reestruturação de seus modelos e conceitos explicativos dos fenômenos, sem desprezar ou desvalorizar os conceitos prévios, na direção de uma compreensão verdadeiramente científica. Sabe-se que uso de atividades experimentais como estratégia de ensino de física tem sido apontado, por diversos autores, como uma das maneiras mais frutíferas de aprendizagem (SAVINAINEN; VIIRI, 2008).

### 2.3.1 VIDEOANÁLISE COM O USO DO SOFTWARE TRACKER

O software Tracker (BROWN; COX, 2009) é um software open source desenvolvido em Java pelo OSP com o objetivo de realizar a análise de movimento em 2 e 3 dimensões, incluindo projéteis, oscilações, rotações, entre outros. A aplicação da videoanálise permite obter dados espaciais e temporais para levar os estudantes a construir uma ligação entre os fenômenos observados e os modelos abstratos utilizados para representar o fenômeno (BRYAN, 2011).

O propósito da OSP (OPEN SOURCE PHYSICS, 2014) (CHRISTIAN et al., 2011) é oferecer recursos computacionais para o uso de computadores em sala de aula, de modo a enriquecer a experiência dos estudantes, já que o uso destes recursos permite desenvolver modelos físicos, explicar e prever fenômenos e, considera que a combinação física computacional e modelagem computacional permite uma visão e compreensão que não pode ser obtida com outras abordagens. O uso de softwares open source (ou software livre) dá aos usuários a liberdade de executar, copiar, distribuir, estudar, mudar e melhorar, controlando o programa e o que ele faz por eles. Um software é considerado livre se cumpre 4 requisitos

(FSF, 2014b):

1. A liberdade de executar o programa, para qualquer propósito.
2. A liberdade de estudar como o programa funciona, e adaptá-lo às suas necessidades. Para tanto, acesso ao código-fonte é um pré-requisito.
3. A liberdade de redistribuir cópias de modo que você possa ajudar ao próximo.
4. A liberdade de distribuir cópias de suas versões modificadas a outros. Desta forma, você pode dar a toda comunidade a chance de se beneficiar com suas mudanças. Para tanto, acesso ao código-fonte é um pré-requisito.

Usualmente software livre faz uso da licença copyleft (FSF, 2014a), onde todos os usuários tem a liberdade de redistribuir e modificar o software e, tem que passar adiante esta liberdade <sup>1</sup>.

O Tracker possui ferramentas de videoanálise e de modelagem que permitem aos alunos criar modelos baseados em cinemática ou nas leis de Newton e comparar o desenvolvimento do modelo com fenômenos do mundo real. Os modelos do Tracker podem ser sincronizados com as informações contidas no vídeo, permitindo aos alunos que testem seus modelos diretamente por inspeção visual.

O uso desta tecnologia propicia a possibilidade de desenvolver trabalhos acadêmicos de alta qualidade, (BEZERRA et al., 2011) com um custo relativamente baixo e de fácil aprendizagem, o que permite que a obtenção de dados relevantes sobre o experimento realizado, que podem ser posteriormente tratados usando uma planilha eletrônica ou outro software qualquer.

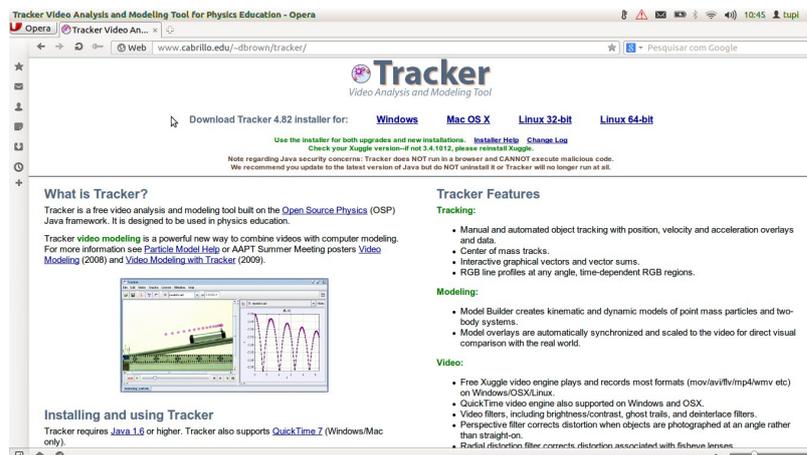
A videoanálise têm sido empregada (CALLONI, 2010) no ensino fundamental (8<sup>a</sup> série) com o objetivo de proporcionar aos alunos atividades motivadoras e interessantes. Neste trabalho, os próprios alunos escolhiam os temas a serem filmados nas instalações da escola e a análise dos movimentos foi realizada no laboratório de informática.

O trabalho de (BRYAN, 2010) investiga o uso da videoanálise a fim de verificar a conservação da energia mecânica, analisando objetos em queda livre, pêndulos simples, objetos rolando por planos inclinados e sistemas oscilatórios com molas.

---

<sup>1</sup>É necessário diferenciar software livre de software gratuito, pois estes, além de detalhes como a licença (muitas vezes copyright ou shareware), não garantem ao usuário a liberdade de usufruir dos 4 requisitos de um software livre.

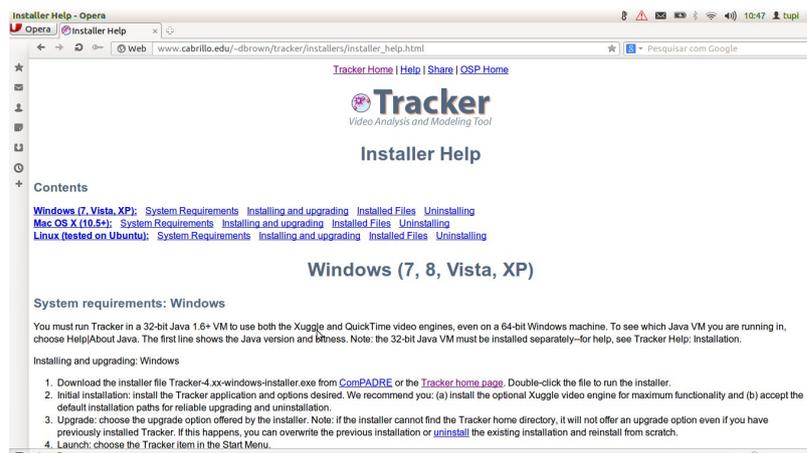
Há uma versão em português disponível, incluindo manual. O tradução para o português foi parte do trabalho realizado pelo grupo da UTFPR que elaborou e ministrou a oficina “Uso de videoanálise em sala de aula: experimentos de física com o software Tracker” ministrada no XIX SNEF, realizado entre 30 de janeiro e 04 de fevereiro de 2011, na cidade de Manaus.



**Figura 5: Página do Tracker**

**Fonte: Autoria própria**

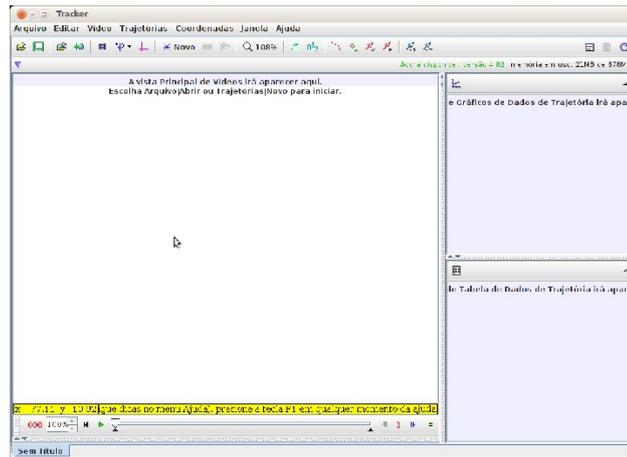
O uso do motor de vídeo Free Xuggle é necessário para trabalhar com diferentes formatos de vídeo (mov/avi/flv/mp4/wmv e outros), em sistemas Linux, osx ou Windows.



**Figura 6: Ajuda para instalação**

**Fonte: Autoria própria**

Há relatos que indicam que mesmo computadores com configurações bastante modestas tem sido capazes de rodar o software a contento.



**Figura 7: Tela inicial do tracker**

**Fonte: Autoria própria**

Na figura 8 temos o print screen após ter realizado o “traqueamento” de um filme de uma colisão. Em destaque aparece a janela onde os frames do filme são apresentados, indicando as massas A e B e os pontos que indicam a evolução temporal da posição dos carrinhos. Como referência de distância, foi utilizada o tamanho do azulejo no plano de fundo.

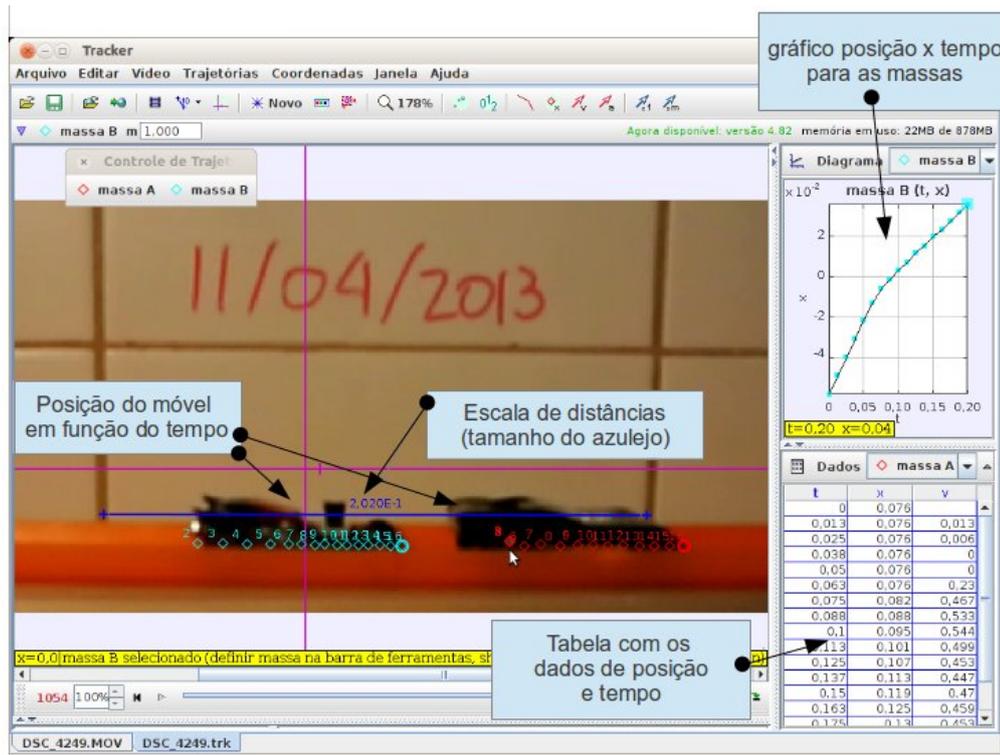
No canto direito superior aparecem os gráficos posição x tempo. Abaixo surge a tabela com os dados posição e tempo. Os dados da tabela podem ser configurados; ou seja, podem ser apresentados dados da velocidade, aceleração, como for desejado.

Elaboramos um tutorial sobre o Tracker e o uso de planilhas eletrônicas, com duas páginas, que pode ser encontrado no anexo apêndice E.

### 2.3.2 USO DA VIDEOANÁLISE

Neste ponto, cremos que fica conveniente investigar o uso de experimentos no ensino de física durante o Ensino Médio, como uma ferramenta auxiliar válida e poderosa no processo de ensino aprendizagem. O uso da videoanálise com o uso de software livre tem o objetivo de tornar a implantação destas práticas viável, pois não requer recursos especiais ou que demandem alta especialização para a instalação, operação e manutenção. Podem ser utilizados câmeras de celulares e computadores de baixo desempenho.

O trabalho de Bezerra Jr e colaboradores (BEZERRA et al., 2012) indica que é possível usar a vídeoanálise em aula típicas do Ensino Médio, permitindo uma visão mais clara da evolução temporal de um certo fenômeno físico, quadro a quadro. Neste momento o professor pode explorar, juntamente com seus alunos, o experimento, a representação física e a estrutura



**Figura 8:** Tela do Tracker após a análise de um filme, indicando alguns elementos importantes na videoanálise

Fonte: Autoria própria

matemática.

Trata-se de um recurso que leva o ensino de física a deixar de se concentrar apenas na simples memorização de formas de resolução, da automação de procedimentos, em situações artificiais ou abstratas. Pretende-se dar um significado e um sentido para o conhecimento já no Ensino Médio. Usualmente vemos os alunos se limitando a memorizar receitas casuísticas que se aplicam a problemas particulares.

### **3 ATIVIDADE ZERO: É POSSÍVEL UTILIZAR A VIDEOANÁLISE PARA ESTUDAR LEIS DE CONSERVAÇÃO NO ENSINO MÉDIO?**

O resultado desta atividade zero, de título A VIDEOANÁLISE EM SALA DE AULA: ESTUDO DE COLISÕES UNIDIMENSIONAIS COM O PROGRAMA TRACKER, foi resultado da prospecção sobre as possibilidades de empregar a videoanálise no estudo de Leis de Conservação no Ensino Médio e, foi apresentado no XX Simpósio Nacional de Ensino de Física, realizado de 21 a 25 de janeiro de 2013, no Instituto de Física da USP, em São Paulo.

Este trabalho foi realizado com 4 turmas do 2º ano do Ensino Médio do Colégio da Polícia Militar do Paraná (CPM), turno da noite, perfazendo um total de aproximadamente 120 alunos.

#### **3.1 COLISÃO UNIDIMENSIONAL NA RAMPA COM CARRINHOS DE BRINQUEDO**

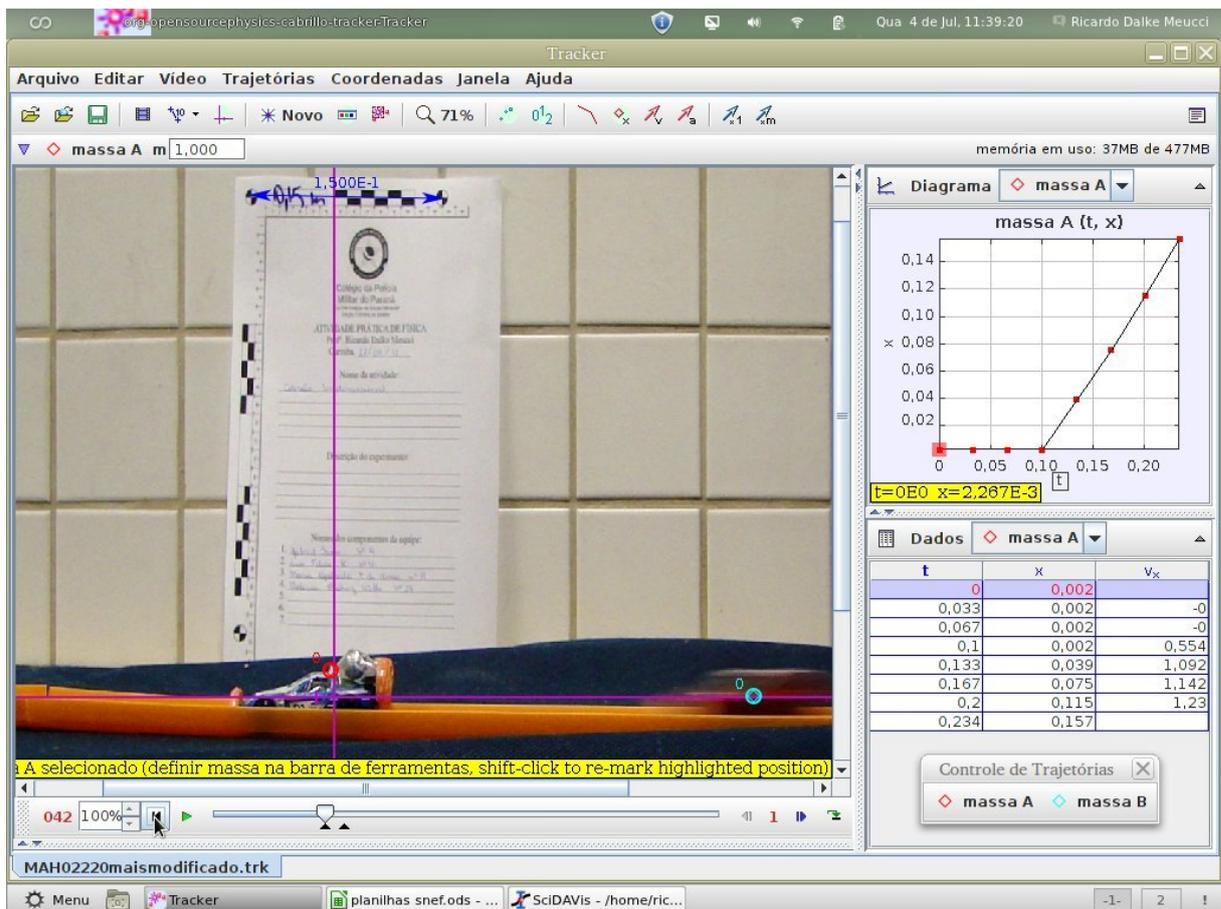
A videoanálise poderia também ajudar a responder uma série de perguntas que não são respondidas em sala de aula, tais como:

- Quais foram realmente os experimentos feitos por Galileu? O que ele observou de tão importante nestes experimentos?
- No que Newton baseou-se para estabelecer a quantidade de movimento como a grandeza central no seu modelo de Mecânica?
- Dentro de uma teoria física assim construída, como podemos verificar se há algum princípio mais geral do que os outros?

O trabalho também tem a intenção de propor uma nova ferramenta para uso nos laboratórios didáticos, a videoanálise, como um método auxiliar levando os estudantes a perceber a Física como uma ciência experimental, levando os alunos a observar aquelas regularidades, que utilizadas e manipuladas no contexto da modelagem científica, tornam-se leis.

No caso, um experimento sobre colisões unidimensionais foi levado a cabo com turmas do Ensino Médio do Colégio da Polícia Militar do Paraná, para tratar das percepções dos estudantes quanto a dois princípios fundamentais da Mecânica Clássica, a saber, Conservação da Energia Mecânica e Conservação da Quantidade de Movimento Linear.

O uso do Tracker permite integrar estas medidas, uma vez que o software fornece automaticamente os valores de distância a partir de um padrão definido pelo usuário (que pode ser uma escala graduada colocada no pano de fundo da filmagem). O software também identifica automaticamente a quantidade de quadros por segundo empregadas pela câmera digital usada. Além disso, os dados de posição e tempo são apresentados numa tela que possibilita a análise e manipulação destes dados de forma simples e rápida. Por este motivo, a proposta do Tracker é adequada ao tempo e espaço onde ocorreria uma aula de laboratório de física, ou mesmo como apoio a uma aula expositiva. Uma tela típica do Tracker é mostrada na figura 9.



**Figura 9:** Tela do Tracker: à esquerda, a marcação dos pontos sobre o vídeo do experimento. À direita, gráfico da posição tempo (podem ser solicitados outros dados). Abaixo, tabela da evolução temporal da posição e da velocidade.

Fonte: Autoria própria

As atividades foram desenvolvidas em quatro aulas de 45 minutos de duração, cada qual com as seguintes atividades, por ordem:

1. Montagem do experimento e filmagem do mesmo;
2. Conversão do arquivo de vídeo e começo da utilização do Tracker;
3. Obtenção dos dados dos movimentos no Tracker e manipulação dos mesmos, em uma planilha eletrônica;
4. Confeção de gráficos e discussões sobre os resultados obtidos.



**Figura 10: Dupla de alunos utilizando o Tracker em um PC nos laboratório de informática do Colégio da Polícia Militar do Paraná.**

**Fonte: Autoria própria**

Após a realização do experimento e antes da manipulação do programa e dos dados gerados pelos alunos, a seguinte pergunta era feita aos mesmos: “Houve conservação da Energia Mecânica, da Quantidade de Movimento, de nenhuma delas ou de ambas?” Tal questionamento vem de encontro a uma concepção espontânea recorrente em estudantes deste nível de ensino (REIS; NETO, 2002) que encaram a Conservação da Energia Mecânica como uma lei “mais geral” do que a Conservação da Quantidade de Movimento. Sobressaem-se alguns fatos citados para tal percepção, como o menor tempo didático dedicado à segunda lei de conservação acima, enquanto que o conteúdo “energia” aparece seguidamente em Física e não apenas na Mecânica. Outro vem da expressão “... na ausência de forças externas ao sistema...” por demais abstrata a alunos do Ensino Médio.

Assim, através da montagem, filmagem, tratamento de dados e exposição dos mesmos em tabelas e gráficos, foi trabalhado com os estudantes a construção do conhecimento da forma como realmente é em Física, com aplicações e extrapolações diretas advindas da aplicação do método experimental.

### 3.2 RESULTADOS EXPERIMENTAIS OBTIDOS

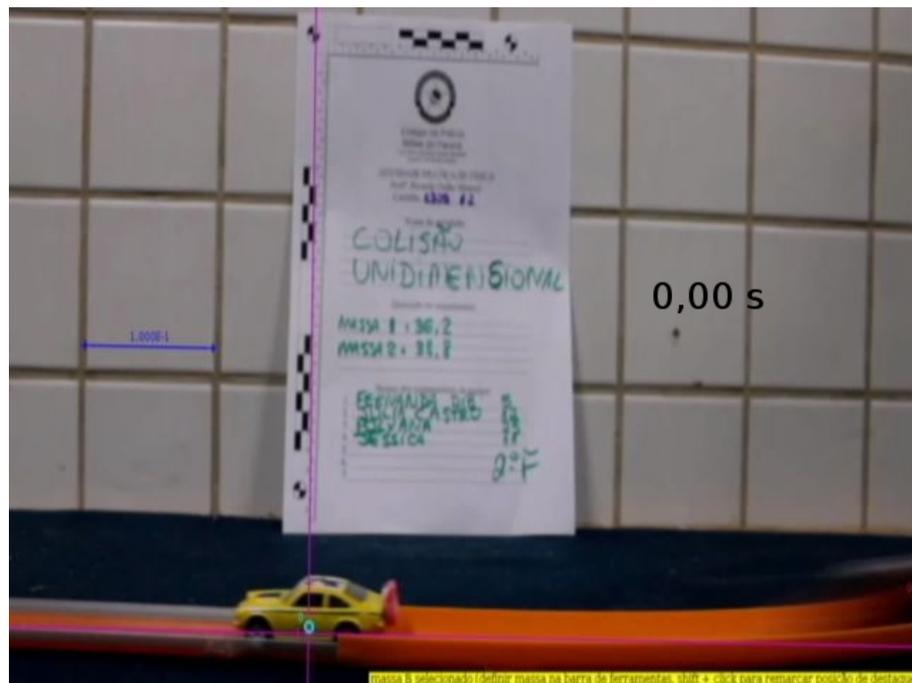
Uma sequência de fotos do experimento, extraídas da filmagem do mesmo, antes, durante e após a colisão é mostrada nas figuras 11, 12, 13, 14, 15, 16 e 17.

Nota-se que a situação está longe de ser a “ideal” apresentada em livros texto e nos exercícios. Atritos e resistência do ar estão presentes em todo o experimento, ainda que pese a sua curta duração. Isto teve importância decisiva nos resultados experimentais e na sua respectiva interpretação pelos estudantes. Nas figura 18 e 19 são representados os resultados para um dos experimentos filmados e tratados por uma das equipes, bem representativo dos resultados obtidos pela maioria da turma.

Como as forças internas de colisão entre os carrinhos são de intensidade muito maior do que o atrito, pode-se perceber a conservação da Quantidade de Movimento, logo após a colisão, ao cessarem as forças impulsivas de colisão. Quanto à energia cinética é evidente a sua não conservação, tendo sido dissipada na colisão (na deformação dos carrinho, produção de som) e não apenas pela atuação do atrito. Esta constatação causou surpresa aos estudantes, mas os resultados foram significativos para que os mesmos se apropriarem dos conceitos corretos, no caso, ter a conservação da Quantidade de Movimento uma generalidade maior que a Conservação da Energia Mecânica, de modo muito claro.

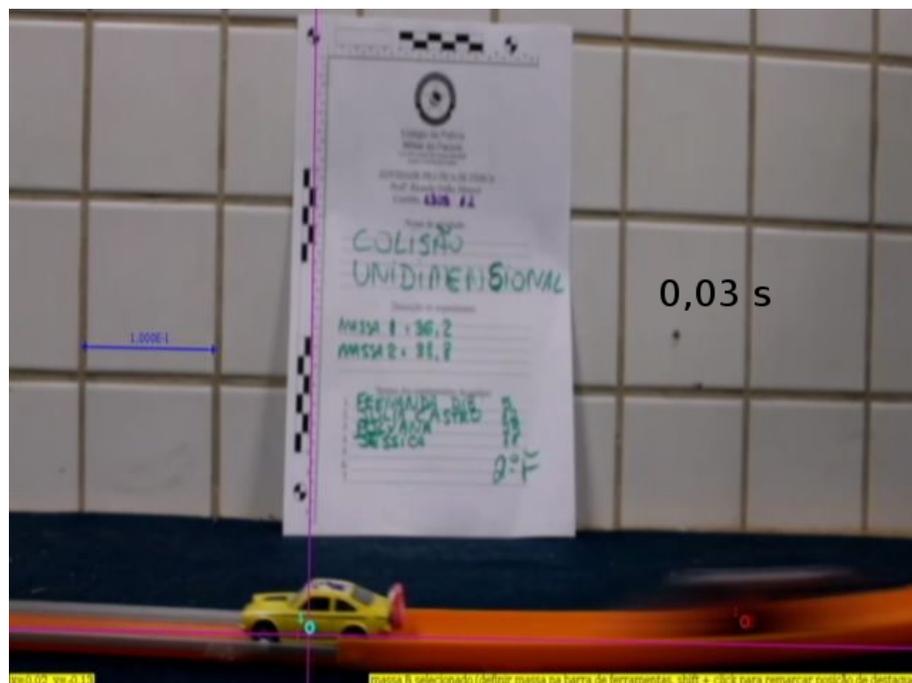
### 3.3 CONCLUSÕES DA ATIVIDADE ZERO - COLISÃO UNIDIMENSIONAL DA RAMPA COM CARRINHOS DE BRINQUEDO

Na aplicação da metodologia propriamente dita, inicialmente houve uma dificuldade no enquadramento dos carrinhos pelos estudantes. Superada esta etapa, eles rapidamente conseguiram proceder às filmagens, baixar os arquivos de vídeo para o PC e converter entre os diferentes formatos de vídeo. Nesta etapa, observou-se mais uma habilidade contemplada, que é a capacidade de trabalho em grupo, dada a fecundidade do processo de troca de informações espontâneo pelos alunos. Isto também pode ser observado quando da utilização do Tracker por eles, uma pequena dificuldade inicial, devido à interface inédita, rapidamente superada por este processo de troca.



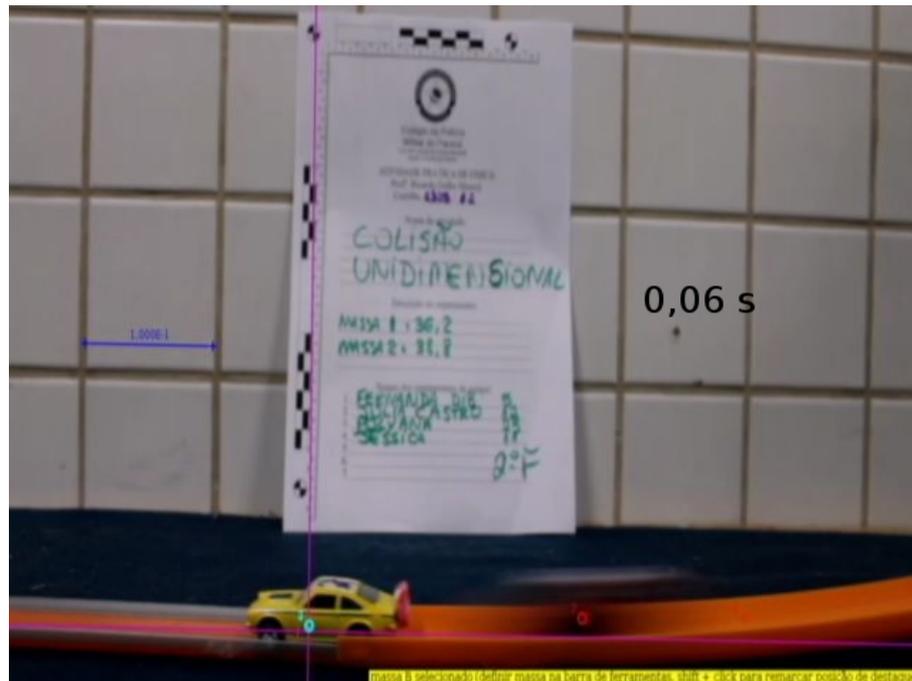
**Figura 11: Foto 1 de filme registrando uma colisão unidimensional**

**Fonte: Autoria própria**



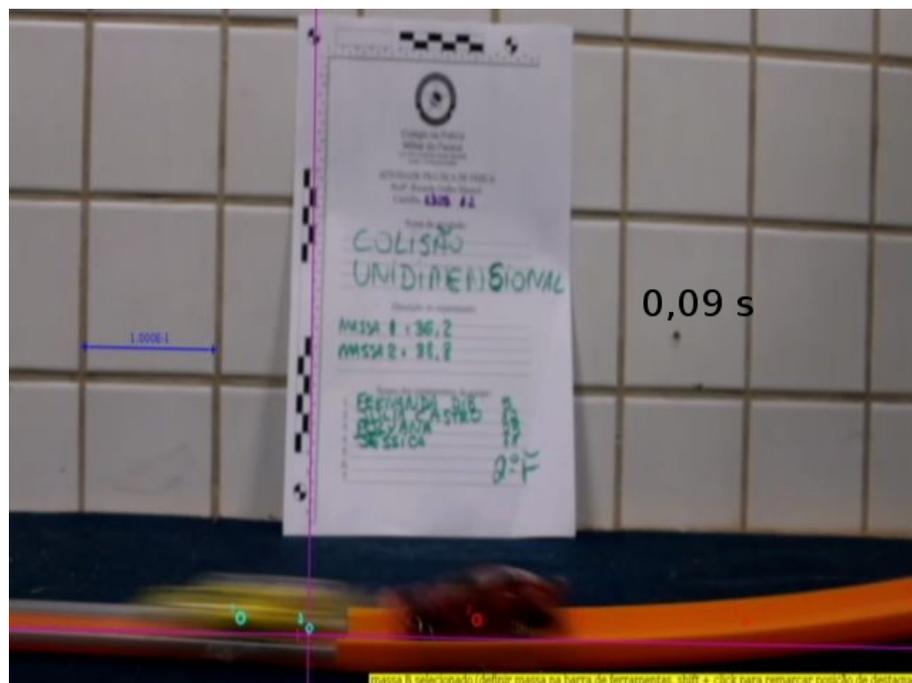
**Figura 12: Foto 2 de filme registrando uma colisão unidimensional**

**Fonte: Autoria própria**



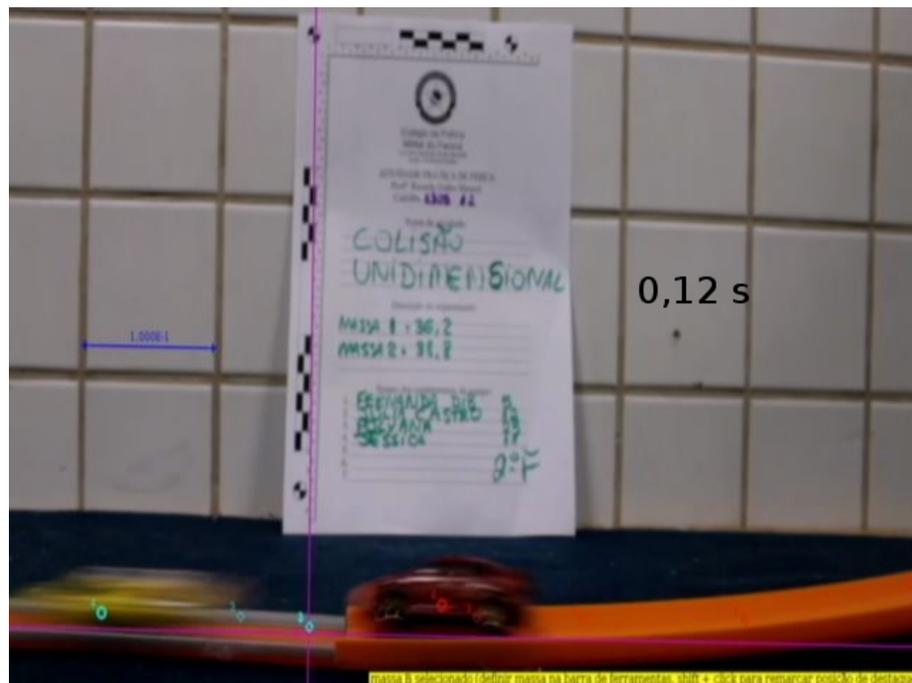
**Figura 13: Foto 3 de filme registrando uma colisão unidimensional**

**Fonte: Autoria própria**



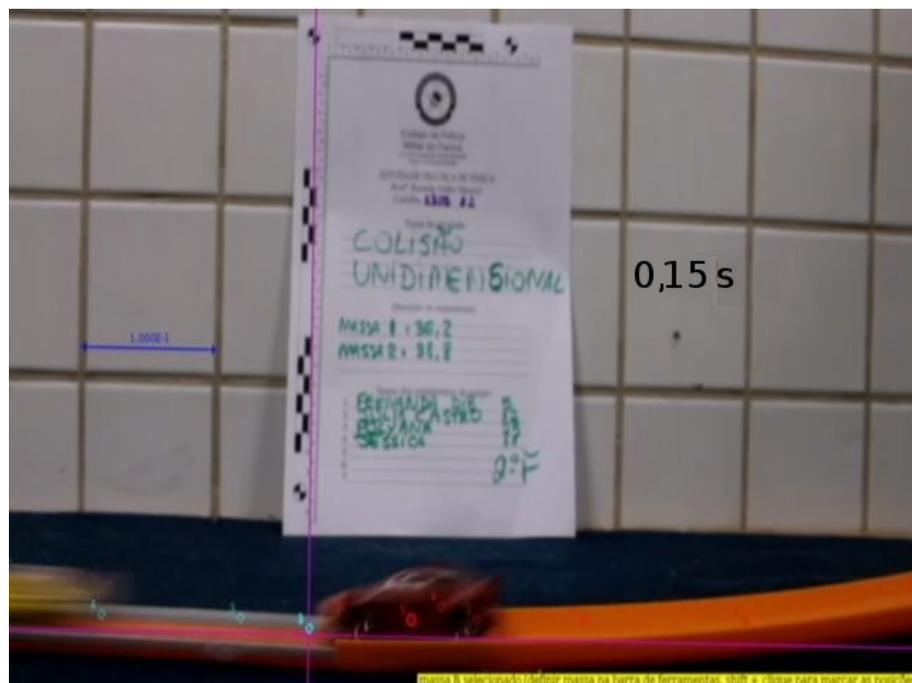
**Figura 14: Foto 4 de filme registrando uma colisão unidimensional**

**Fonte: Autoria própria**



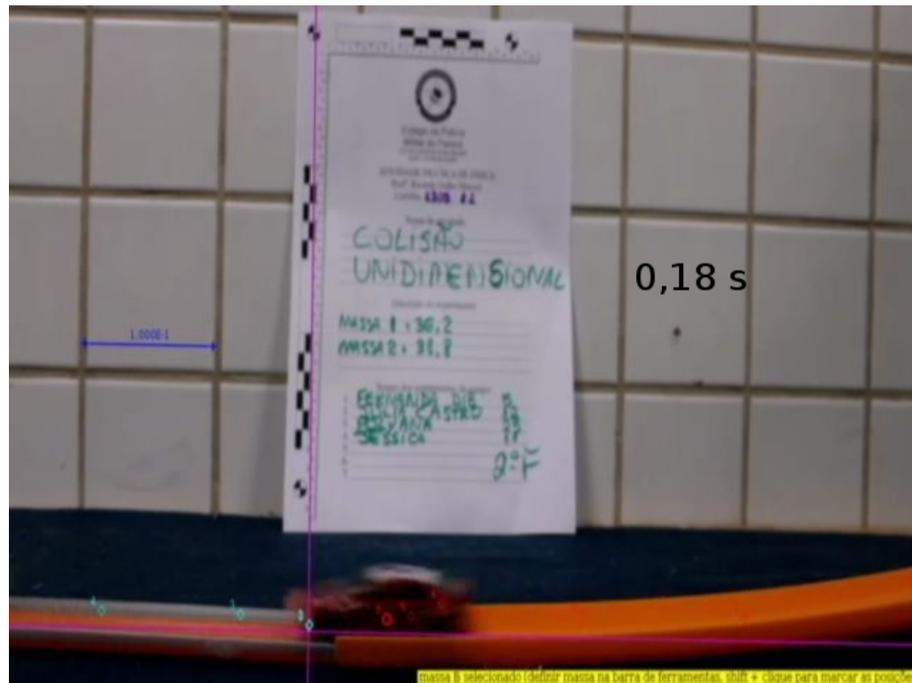
**Figura 15: Foto 5 de filme registrando uma colisão unidimensional**

**Fonte: Autoria própria**



**Figura 16: Foto 6 de filme registrando uma colisão unidimensional**

**Fonte: Autoria própria**

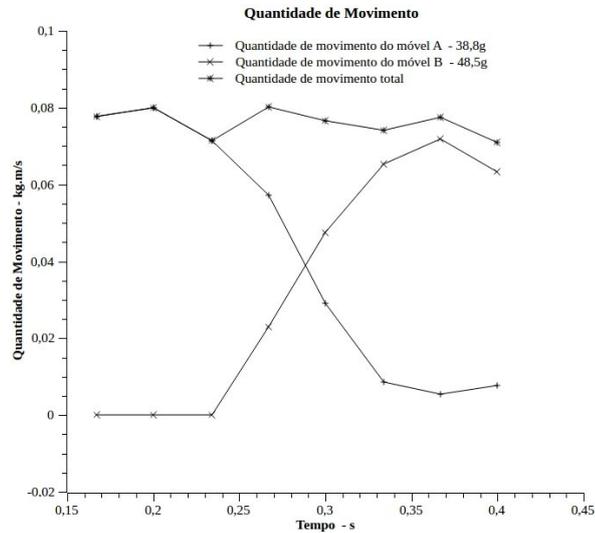


**Figura 17: Foto 3 de filme registrando uma colisão unidimensional**

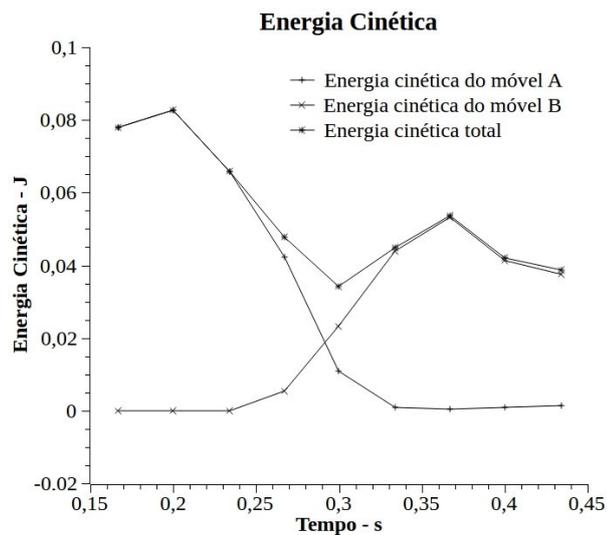
**Fonte: Autoria própria**

Também verificamos que o uso de planilhas eletrônicas é possível, embora poucos estudantes tenham conhecimentos prévio do uso desta importante ferramenta. Estes alunos podem ser utilizados como “monitores” do trabalho do demais estudantes, agilizando o andamento das atividades. Também percebemos que o uso de planilhas eletrônicas é bastante intuitivo para a maior parte dos estudantes, o que facilita o aprendizado (alguns estudantes ficam realmente “encantados” com as contas que a planilha faz, muito rapidamente).

Portanto ficou demonstrada a possibilidade de aplicar, com sucesso, a videoanálise para estudar Leis de Conservação no Ensino Médio, muito embora não estejam presentes todos os subsunçores necessários para que a aprendizagem significativa aconteça. Nesta situação, qualquer atividade deve lançar de organizadores prévios para que os alunos tenham a oportunidade de desenvolver os subsunçores que, embora necessários, não estavam presentes.



**Figura 18: Resultados da Quantidade de Movimento de um dos experimentos de colisão, após utilização do Tracker e tratamento dos dados em planilha eletrônica.**



**Figura 19: Resultados da Energia Mecânica de um dos experimentos de colisão, após utilização do Tracker e tratamento dos dados em planilha eletrônica.**

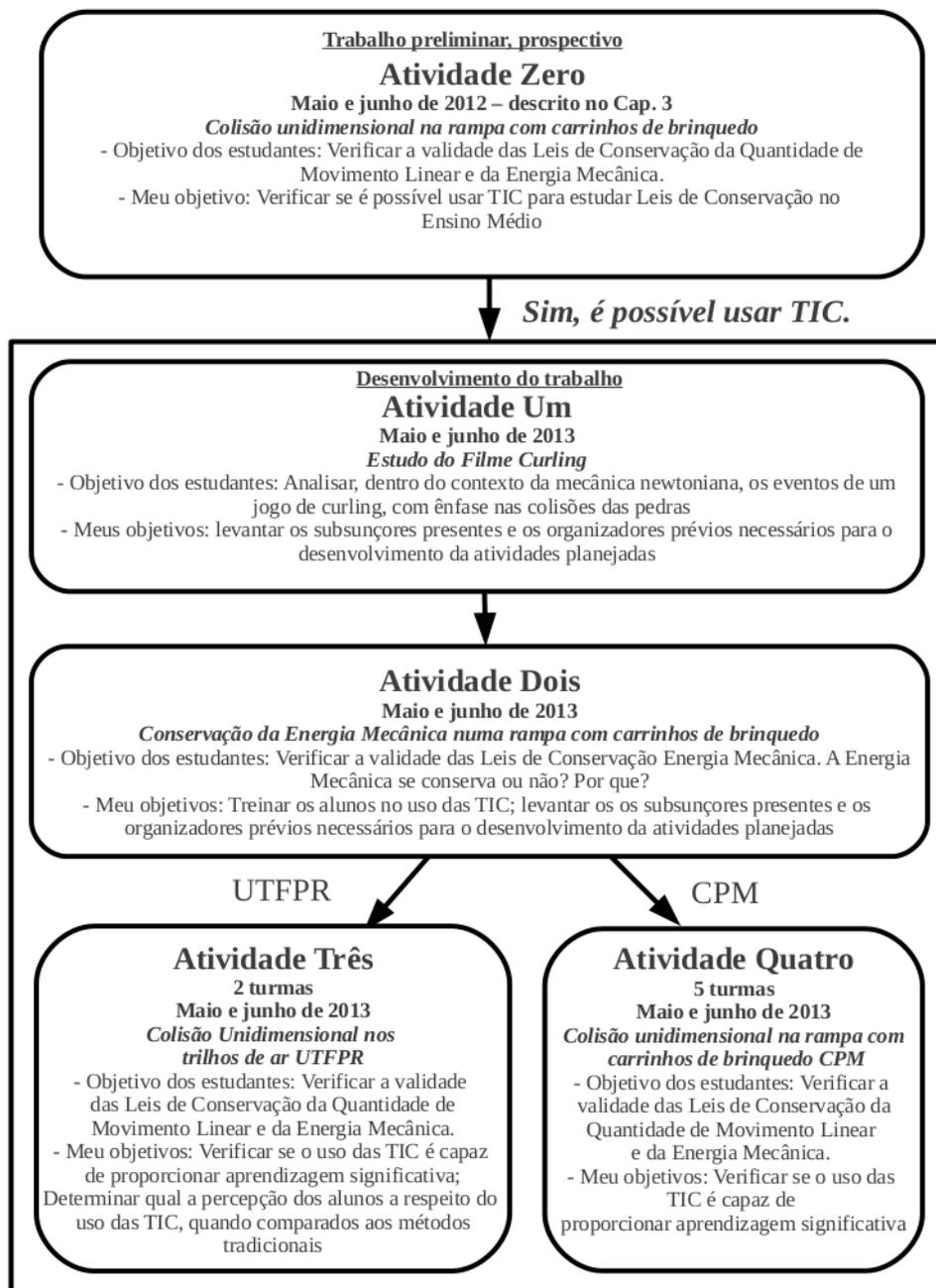
## 4 METODOLOGIA

### 4.1 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho foi realizado em duas etapas, ilustradas na figura 20. Inicialmente realizamos um trabalho preliminar (denominada de **Atividade zero - Colisão unidimensional na rampa com carrinhos de brinquedo**), com o objetivo de verificar se os alunos do 2º ano do ensino Médio seriam capazes de fazer uso das TIC e do Tracker.

Esta atividade foi realizada durante o ano de 2012, com 4 turmas, e verificamos que poderíamos aplicar esta atividade com sucesso. O desenvolvimento desta atividade é descrito no capítulo 3. Uma vez confirmada a possibilidade de fazer uso das TIC e do Tracker para o estudo de Leis de Conservação no Ensino Médio, elaboramos as atividades em que se propõe atingir os objetivos deste trabalho. Elaborei quatro atividades, listadas abaixo:

1. Atividade um - estudo do filme Curling
2. Atividade dois - Conservação da energia mecânica numa rampa com carrinhos de brinquedo;
3. Atividade três - Colisão unidimensional nos trilhos de ar - realizado nas instalações UTFPR;
4. Atividade quatro - Colisão unidimensional na rampa com carrinhos de brinquedo - realizado nas instalações CPM.



**Figura 20: Atividades realizadas neste trabalho**

**Fonte: Autoria própria**

Os objetivos, tanto dos alunos ao realizar as atividades, como os deste trabalho, estão indicados na figura 20.

No capítulo 4 discuto a metodologia empregada em cada uma destas atividades, bem como detalho os objetivos a serem atingidos. No capítulo 5 são discutidos os resultados obtidos. No capítulo 6 são apresentadas as conclusões deste trabalho.

Nos apêndices são apresentados os questionários aplicados aos alunos (A, C e E), bem como as respostas a cada um deles (B, D e F). Optei por apresentar os resultados desta forma para melhorar a organização e a apresentação deste trabalho. Nas respostas dos questionários, os erros de português realizados pelos alunos foram mantidos.

## 4.2 USO DE PLANILHAS ELETRÔNICAS

O desafio do uso das planilhas eletrônicas.

Atividade desenvolvida ao longo das aulas.

Verificou que cerca de 10% dos alunos tinha conhecimento prévio de planilhas eletrônicas, portanto tive de dedicar ao menos parte das duas primeiras aulas no desenvolvimento das habilidades mínimas necessárias para o desenvolvimento do trabalho.

O uso da planilha, com as habilidades necessárias foram desenvolvidas ao longo das aulas, ou seja, toda vez que um recurso novo era necessário, um exemplo era apresentado aos alunos.

## 4.3 METODOLOGIA

A partir da realização da atividade zero, onde verificamos o sucesso da aplicação das TIC no Ensino Médio, passei a elaborar um conjunto de atividades e experimentos capaz de responder à questão central deste trabalho, que é investigar se o aprendizado de Leis de Conservação por meio das TIC é capaz de proporcionar aprendizagem significativa, usando o referencial aubeliano, ou seja, por meio da diferenciação progressiva seguida da reconciliação integrativa. O objetivo é chegar à aprendizagem significativa proposicional; ou seja, aprender o significado das idéias expressas por meio de conceitos, indo além da aprendizagem significativa representacional e de conceitos, que são etapas intermediárias.

A atividades propostas são apresentadas na figura 20 e correspondem às atividades listadas abaixo:

### 1. Atividade um - estudo do filme Curling

2. **Atividade dois - Conservação da energia mecânica numa rampa com carrinhos de brinquedo;**
3. **Atividade três - Colisão unidimensional nos trilhos de ar** - realizado nas instalações UTFPR;
4. **Atividade quatro - Colisão unidimensional na rampa com carrinhos de brinquedo** - realizado nas instalações CPM.

Antes de mais nada, identificamos a estrutura conceitual e proposicional da matéria e quais seriam os conceitos subsunçores necessários para a efetiva aprendizagem do conteúdo. No que trata de Quantidade de Movimento, estes conceitos são relacionados às 3 Leis de Newton, já que a Quantidade de Movimento pode ser encontrada na gênese destas, como pode ser observado na obra de Newton (COHEN; WESTFALL, 2002, p. 279), onde quantidade de movimento é a segunda grandeza definida, atrás apenas da massa (COHEN; WESTFALL, 2002, p. 278).

As atividades propostas foram realizados com alunos do 2º ano do Ensino Médio, 7 turmas com uma média de 32 alunos por sala, totalizando 224 alunos. No CPM, os conteúdos referentes às Leis de Conservação são usualmente trabalhados no 2º ano do Ensino Médio, e não como usualmente no 1º ano. Em 2010 as aulas do 1º anos, que eram 4 semanais, foram reduzidas para 3 aulas. Devido às dificuldades em trabalhar de modo adequado estes conteúdos, optamos por deixar estes conteúdos para o 2º ano, concentrando uma quantidade maior de conteúdo no 2º e 3º anos.

Inicialmente realizamos a atividade um, de analisar um filme sobre o esporte de inverno Curling. Esta atividade foi concebida com o objetivo de mapear os conhecimentos prévios dos alunos, através das respostas a um questionário (quadro 1); ou seja, ter uma idéia dos subsunçores presentes. Esta atividade (atividade um) é descrita na seção 4.2 e a partir deste ponto pudemos ter uma idéia mais clara do conhecimento dos alunos.

Após a análise do filme, realizamos a atividade dois, já com o uso da videoanálise. Este tema, conservação da energia mecânica, já havia sido trabalhado em sala de aula. O propósito desta atividade foi treinar e familiarizar os alunos com o uso dos recursos da videoanálise com o Tracker e de planilhas eletrônicas, além de discutir aspectos importantes sobre a Lei de Conservação da Energia Mecânica e sua validade. A atividade dois é descrita na seção 4.3.

Na seção 4.4 discutimos a atividade três, realizada com 2 turmas nas instalações da UTFPR. Na primeira das atividades, os alunos realizaram o experimento de colisão, com o

uso de trilhos de ar, configuração que denominamos **convencional**. Nesta situação foram utilizados cronômetros e réguas para medir tempos e deslocamentos. Num segundo momento, realizamos o mesmo experimento, configuração que denominamos **tecnológica**, utilizando trilhos de ar, mas com o apoio da videoanálise. Após a realização destas atividades, foi aplicado um questionário, com o objetivo de colher informações sobre suas impressões sobre as duas configurações utilizadas na realização do experimento, e se estas atividades são capazes de proporcionar aprendizagem significativa.

Na seção 4.5 analisamos a atividade quatro, realizada pelos demais alunos (aqueles que não realizaram as atividades na UTFPR) nas instalações do CPM. Neste experimento colidimos carrinhos de brinquedo sobre um trilho e utilizamos a videoanálise para verificar as Leis de Conservação. Após a realização do experimento, aplicamos um questionário a fim de verificar se esta atividade foi capaz de proporcionar aprendizagem significativa.

#### 4.4 ATIVIDADE UM - ESTUDO DO FILME CURLING



**Figura 21: Pedra de Curling**

**Fonte:** [en.wikipedia.org/wiki/Image:Curlingrock.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Image:Curlingrock.jpg)

Como a intenção de mapear os subsunçores presentes, apresentei aos alunos o filme sobre Curling. Este esporte, apesar de exótico, foi escolhido pois consideramos que as colisões entre as pedras podem ser facilmente observadas, devido às baixas velocidades desenvolvidas.

O Curling é um esporte de inverno e as primeiras referências documentais sobre a sua prática são do século XVI. Suas regras atuais surgem a partir de 1838. Seu nome vem do verbo “curl”, que significa “enrolar”. É disputado numa pista de gelo de 150 pés de comprimento (45,72 m), com pedras de granito com massas entre 17 kg e 20 kg (ver figura 21). As pedras, quando postas a girar durante o lançamento, podem desenvolver trajetórias curvas. A varrição, realizada por dois varredores, deve ser feita perpendicularmente ao deslocamento das pedras e tem o objetivo de aquecer o gelo até seu ponto de fusão, diminuindo o atrito e fazendo com

que a pedra se desloque por maiores distâncias. A varrição também pode levar a pedra a fazer uma trajetória curva na pista. O objetivo do jogo é lançar as pedras o mais próximo possível do centro dos anéis (ver figura 22), deslocando, se for necessário, as pedras adversárias, ou então bloqueando sua passagem. A superfície de gelo é mantida a uma temperatura de  $-5^{\circ}\text{C}$ .



**Figura 22: Pista de Curling, mostrando o “alvo”**  
**Fonte: [en.wikipedia.org/wiki/File:Curlingsheet.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Curlingsheet.jpg)**

O filme apresentado é a final da Olimpíadas de Inverno de 2010, no Vancouver Olympic Centre, em 27 de fevereiro de 2010, onde disputavam o título as equipes do Canadá e a Noruega.

Na figura 24 temos um fotograma que mostra os varredores do time vermelho acompanhando sua pedra até colidir com uma das pedras do time amarelo. Na figura 25 temos um fotograma que mostra os varredores do time vermelho acompanhando a trajetória de sua pedra e varrendo energicamente a pista de gelo. Na figura 23 temos um fotograma que mostra o lançamento da pedra pelo lançador.



**Figura 23: Lançamento da pedra de Curling durante final da Olimpíadas de Inverno de 2010**

**Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=2rQzRMSR1x0>**



**Figura 24: Colisão de pedras durante final da Olimpíadas de Inverno de 2010**

**Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=2rQzRMSR1x0>**



**Figura 25: Varredores em ação durante final da Olimpíadas de Inverno de 2010**

**Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=2rQzRMSR1x0>**

Os alunos já haviam tido, na semana anterior, 3 aulas teóricas sobre Quantidade de Movimento e a Lei de Conservação correspondente, aplicável no caso de colisões, assim como haviam resolvido alguns exercícios teóricos sobre o assunto.

#### 4.5 ATIVIDADE DOIS - CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA NUMA RAMPA COM CARRINHOS DE BRINQUEDO

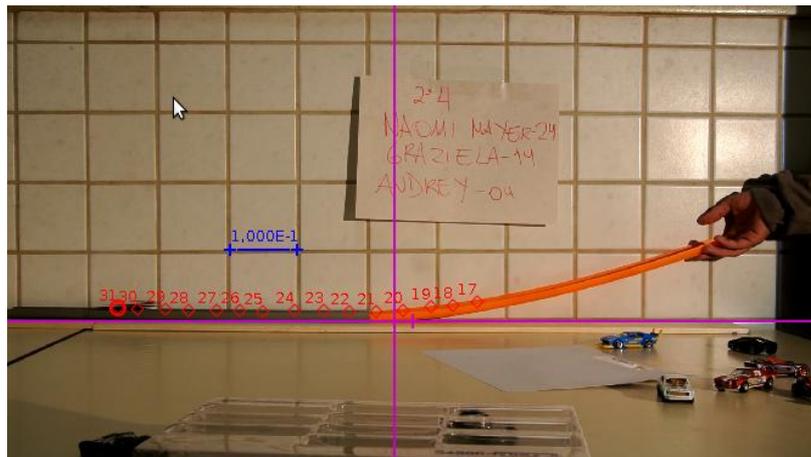
O primeiro experimento que foi realizado pelos alunos foi lançar um carrinho de uma rampa inclinada e verificar se a Lei da Conservação da Energia Mecânica (conteúdo já trabalhado anteriormente em sala de aula) é válida e treinar os alunos no uso do TRACKER.

O material utilizado neste experimento foi o seguinte:

**Tabela 1: Lista de materiais utilizados no experimento da conservação da energia mecânica**

Item	Descrição	Quantidade
1	Carrinho carrinhos de brinquedo	1
2	Câmera de vídeo	1
3	Pista carrinhos de brinquedo	2
4	Computador	1

Os alunos podiam escolher um entre dez carrinhos de diversas massas.



**Figura 26: Atividade um sendo realizado pelos alunos, após o “trackeamento”**

**Fonte: Autoria própria**

Inicialmente propus aos alunos verificar a validade da lei de conservação abaixo:

$$E_{m_{inicial}} = E_{m_{final}} \quad (9)$$

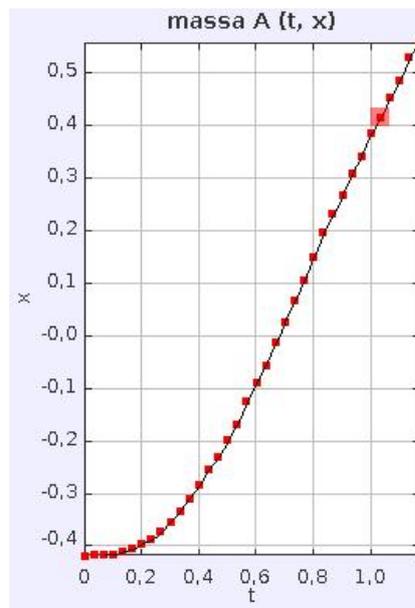
Os carrinhos foram lançados do alto da rampa com velocidade inicial nula, portanto  $E_{m_{inicial}} = mgh$ . Quando desciam a rampa, sua energia potencial gravitacional se transformava em energia cinética  $E_{m_{final}} = \frac{1}{2}mv^2$ , entretanto, como existe atrito entre as rodas e a pista, assim como nos componentes internos dos carrinhos, uma parte da energia se perde na forma de calor.



**Figura 27: Massa (g) dos carrinhos utilizados no experimento**

**Fonte: Autoria própria**

Os alunos realizaram os filmes usando câmeras de diversos tipos (fotográficas, celulares, vídeo). A partir destes vídeos e com o uso do TRACKER os alunos obtinham os dados da posição e tempo ( $t$ ,  $x$ ,  $y$ ).



**Figura 28: Gráfico posição (x) e tempo típico para um carrinho lançado do alto da rampa**

**Fonte: Autoria própria**

Com estes dados ( $t$ ,  $x$ ,  $y$ ) os alunos deveriam determinar a energia potencial do carro no alto da rampa  $E_{m_{inicial}}$  e a energia cinética do carro  $E_{m_{final}}$  no final da rampa. Os alunos foram orientados a tratar estes dados usando uma planilha eletrônica (Open Office Calc). A partir do momento em que os alunos obtinham estas duas grandezas, era solicitado que as comparassem. O que eles verificavam era que:

$$E_{m_{inicial}} \neq E_{m_{final}} \quad (10)$$

A diferença pode ser atribuída à energia dissipada pelo atrito ( $E_{dissipada}$  à medida que o carrinho descia a rampa, pois este sistema (carrinho descendo a rampa) não pode ser considerado conservativo.

$$E_{dissipada} = E_{m_{final}} - E_{m_{inicial}} \quad (11)$$

**Tabela 2: Resultado típico esperado, de valores da energia mecânica determinados experimentalmente na atividade um - Conservação da  $E_m$**

$E_{m_{inicial}} - J$	$E_{m_{final}} - J$	$E_{dissipada} - J$
0,03	0,02	0,01

Neste experimento os alunos puderam treinar o processo de fazer o filme, obter os dados experimentais e tratá-los com o uso do TRACKER e de uma planilha eletrônica. No final deste experimento também houve uma ótima oportunidade para discutir o que é um sistema fechado e alguns aspectos a respeito de força dissipativas, já que a conclusão deste trabalho é que a energia mecânica não se conserva, devido ao atrito presente durante o movimento do carrinho.

Algumas das dificuldades relacionadas à realização de experimentos, quando não percebidas pelos alunos, foram cuidadosamente relatadas e observadas, mas sem a preocupação de discutir as minúcias das dificuldades que encontramos, já que esse experimento foi concebido com a intenção de treinar os alunos no uso das TIC durante a realização do experimento e obter um levantamento dos subsunçores presentes bem como dos organizadores prévios que seriam necessários para desenvolver as atividades.

#### 4.6 ATIVIDADE TRÊS - COLISÃO UNIDIMENSIONAL NOS TRILHOS DE AR - REALIZADO NAS INSTALAÇÕES UTFPR

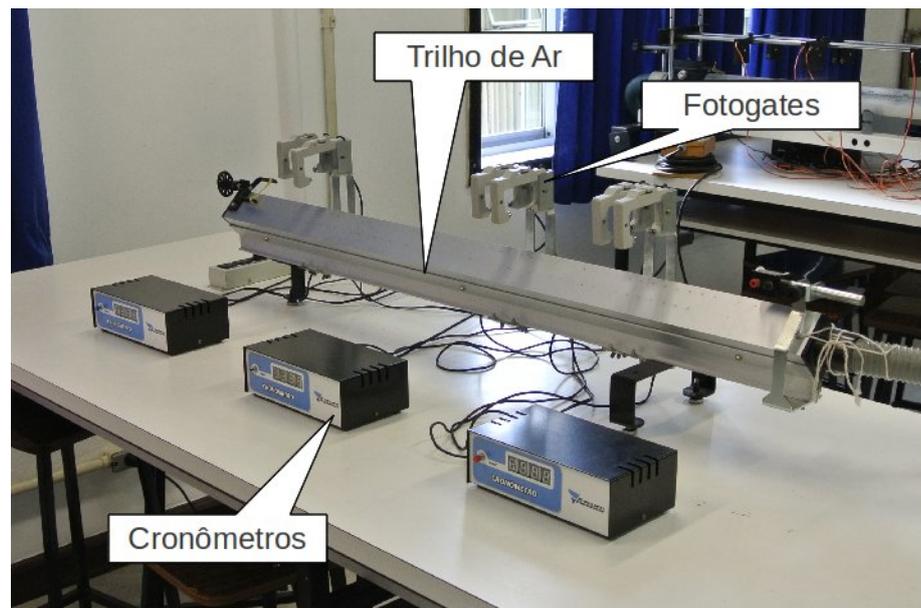
Os experimentos constantes da atividade 3, sobre colisão unidimensional, afim de verificar a Leis de Conservação, foram realizados por duas turmas do 2º ano do Ensino Médio. Estes experimentos foram realizados em dois momentos; o primeiro deles denominamos de PAR CONVENCIONAL, onde utilizamos uma montagem tradicional, com o uso de fotogates e cronômetros para medir tempos. No segundo momento realizamos o PAR VIDEOANÁLISE onde lançamos mão das TIC e do Tracker para obter e analisar os dados obtidos. Para colher as impressões sobre as duas técnicas utilizadas, aplicamos um questionário, apresentado no apêndice C.

As respostas são apresentadas no apêndice D.

##### 4.6.1 ATIVIDADE TRÊS - EXPERIMENTO COLISÃO UNIDIMENSIONAL - MODO CONVENCIONAL

O experimento em modo convencional consistiu em utilizar um trilho de ar, com dois carrinhos de massas diferentes. Um, de massa menor, inicialmente parado e outro em movimento, ambos de massas conhecidas. Antes e após a colisão, determinava-se as velocidades dos carros, usando a expressão:

$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t} \quad (12)$$



**Figura 29: Trilho de ar - montagem convencional**

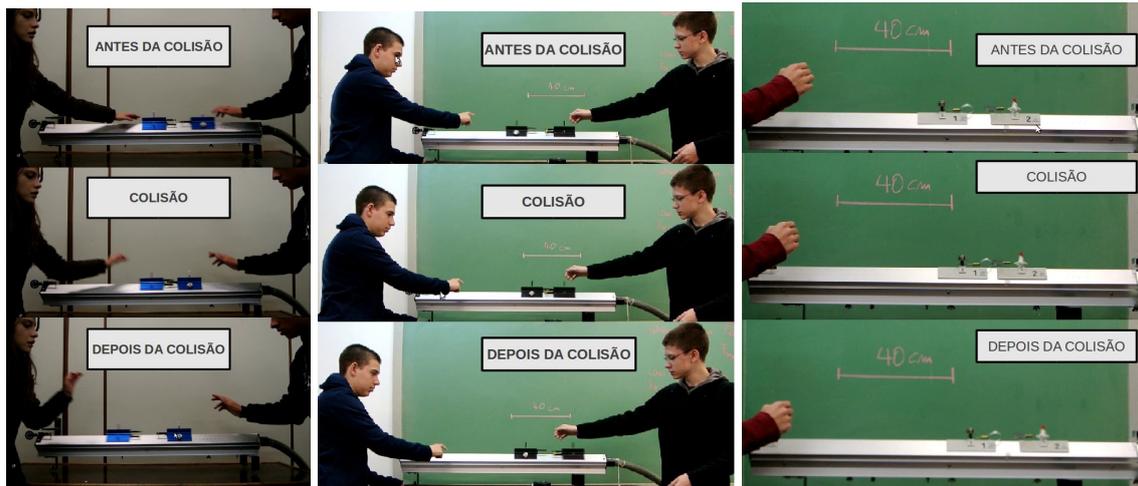
**Fonte: Autoria própria**

Sabendo-se as massas dos carrinhos, os estudantes podiam determinar as Quantidades de Movimento Linear antes e depois da colisão e, de modo análogo, a Energia Mecânica antes e depois da colisão, verificando sua conservação (ou não).

#### 4.6.2 EXPERIMENTO COLISÃO UNIDIMENSIONAL - MODO VIDEOANÁLISE

Consistiu basicamente no mesmo experimento realizado no modo convencional, mas não eram utilizados os fotogates nem os cronômetros.

A colisão era filmada e o vídeo obtido era analisado num computador com o uso de Tracker e de uma planilha eletrônica.



**Figura 30: Experimento colisão unidimensional modo videoanálise - três conjuntos de fotos - antes, durante e após a colisão - experimentos realizados nas instalações da UTFPR**

**Fonte: Autoria própria**

#### 4.7 ATIVIDADE QUATRO - COLISÃO UNIDIMENSIONAL NA RAMPA COM CARRINHOS DE BRINQUEDO - REALIZADO NAS INSTALAÇÕES CPM

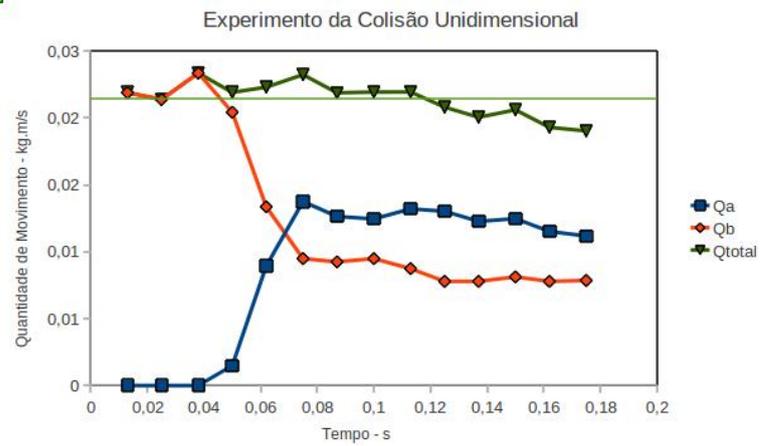
O experimento da colisão unidimensional tem o objetivo de levar os alunos a verificar a validade da Conservação da Quantidade de Movimento e da Conservação da Energia Mecânica.

Este experimento consiste em lançar o carrinho pela rampa e sua parte experimental é idêntica à atividade zero. Entretanto, para facilitar, agilizar e garantir bons resultados na realização das atividades os filmes foram elaborados com alguma antecedência, utilizando NIKON J1, filmando 400 qps <sup>1</sup>.

**Tabela 3: Exemplo de resultados obtidos pelos alunos - Quantidade de Movimento dos Carrinhos durante o experimento da colisão unidimensional**

tempo - s	$Q_a$ - kg.m/s	$Q_b$ - kg.m/s	$Q_{total}$ - kg.m/s
0,01	0	0,02	0,02
0,03	0	0,02	0,02
0,04	0	0,02	0,02
0,05	0	0,02	0,02
0,06	0,01	0,01	0,02
0,08	0,01	0,01	0,02
0,09	0,01	0,01	0,02
0,1	0,01	0,01	0,02
0,11	0,01	0,01	0,02
0,13	0,01	0,01	0,02
0,14	0,01	0,01	0,02
0,15	0,01	0,01	0,02
0,16	0,01	0,01	0,02
0,18	0,01	0,01	0,02

<sup>1</sup>Os filmes podiam ser obtidos a partir do endereço <http://energiaescura.wordpress.com/2013/04/11/videos-experimento-2-do-1-trimestre-de-2013>



**Figura 31: Quantidade de Movimento**

**Fonte: Autoria própria**

Na figura 31 e tabela 3 é possível verificar um exemplo de resultados quantitativos obtido por uma equipe de alunos, mostrando a conservação da energia mecânica.

## 5 RESULTADOS

A utilização de tecnologias de informação e comunicação no ensino de física tem ocupado lugar de destaque tanto em discussões na comunidade (RANGEL et al., 2012) (BEZERRA et al., 2012) (BROWN; COX, 2009) (BRYAN, 2010) como em iniciativas em ambientes formais e não formais de ensino. Em particular, a videoanálise tem se firmado como uma alternativa válida para o estudo de experimentos clássicos de mecânica em laboratórios didáticos de física, tanto em escolas como em universidades, dadas as suas qualidades de simplicidade na elaboração e execução do experimento de interesse, adequação ao tempo didático das aulas, observação da evolução temporal das grandezas físicas de interesse e no tratamento de dados dos experimentos, sem detrimento dos objetivos do experimento em si. Neste trabalho enfocamos um experimento de colisões unidimensionais com carrinhos de miniatura com a utilização do software livre de videoanálise Tracker afim de tentar superar as dificuldades encontradas pelos alunos.

O trabalho de Tomasini e colaboradores (TOMASINI et al., 1993) afirma que os estudantes têm dificuldades em descrever e interpretar o significado e o papel da Leis de Conservação da Energia e Quantidade de Movimento e que tais dificuldades não são facilmente superadas. Do mesmo modo, grandes dificuldades surgem quando os estudantes passam “esquemas pré fabricados” utilizados na realização de exercícios para o mundo real.

Portanto, iremos utilizar estes referenciais para analisar as respostas dos alunos aos questionários aplicados aos alunos durante o desenvolvimento das atividades propostas.

### 5.1 ATIVIDADE UM - ANÁLISE DAS RESPOSTAS AO QUESTIONÁRIO - ESTUDO DO FILME CURLING

Nesta seção, irei realizar uma discussão sobre as respostas de 36 alunos, escolhidos aleatoriamente entre todas as turmas, a este questionário. Após analisar as respostas a cada uma das perguntas, tabulei (ver tabela 5) as respostas utilizando os seguintes critérios .

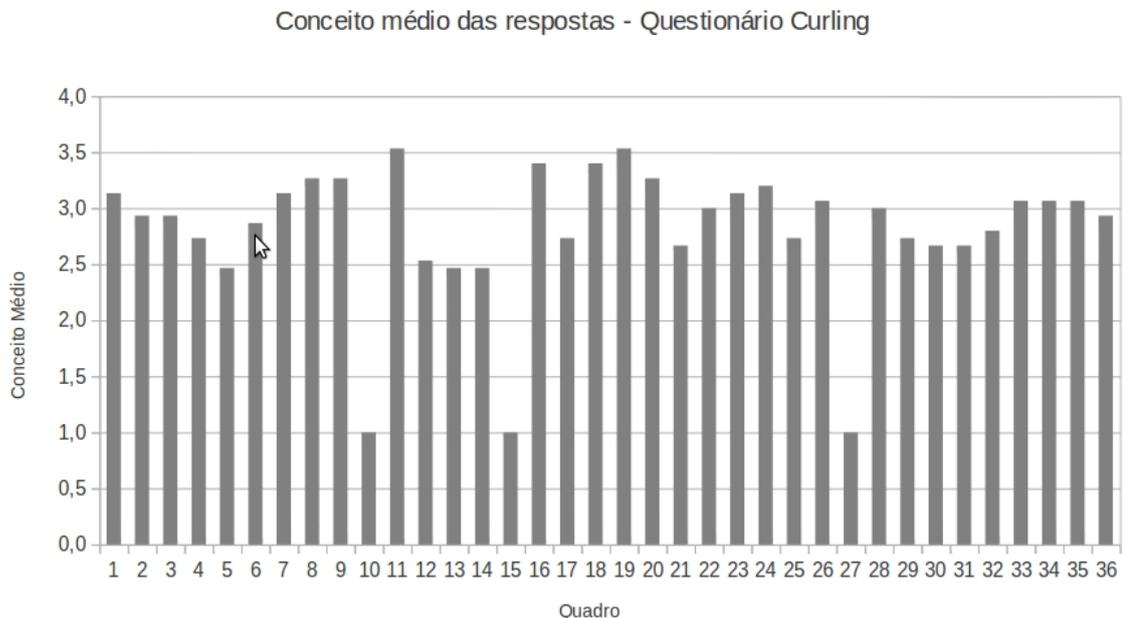
Estes critérios de classificação foram adaptados de (REIS, 2004) e foram utilizados em

todos os questionários aplicados.

**Tabela 4: Classificação das categorias de resposta**

Nível de Compreensão	Sigla	Valor
Compreensão Total	ct	4
Compreensão Parcial	cp	3
Concepção Espontânea	ce	2
Nenhuma Compreensão	nc	1

- CT: quando o aluno respondia à pergunta utilizando de modo correto os conceitos físicos em questão
- CP: quando o aluno respondia à pergunta utilizando o conceito correto, mas apresentando imprecisões e um desenvolvimento “confuso”;
- CE: Respostas genéricas e imprecisas ( *sim, não*);
- NC: respostas em branco ou *não sei*



**Figura 32: Histograma com os conceitos médios dos alunos**

Observando o histograma, podemos concluir que a maior parte dos alunos tem uma compreensão que vai de espontânea a parcial, com ao menos 3 alunos não apresentando nenhuma compreensão sobre o assunto.

Observando as respostas a este questionário, alguns pontos chamam a atenção:

- As respostas aos item 4a, 4b e 4c são, via de regra, bastante pobres e lacônicas. Claramente os alunos, neste ponto, não percebem a interdependência das 3 Leis de Newton. A exceção é o aluno 11 (ver quadro 12), que apresentou respostas mais elaboradas, mas ainda assim não mostrando uma compreensão total.
- Uso da palavra impulso num sentido mais intuitivo, mas adequado ao contexto, na resposta da questão 1.
- A maior parte dos alunos identifica de modo correto o papel do atrito no jogo.
- As respostas às perguntas 11,12 e 13, referentes à trajetória das pedras, mostram que embora os alunos já tivessem tido algumas aulas sobre o assunto, permanecia um desconhecimento grande sobre o assunto, não identificando, por exemplo, o papel da inércia neste evento.

A primeira constatação que faço, analisando as respostas à questão 4 (itens a, b e c) é o fato dos alunos considerarem as 3 Leis de Newton como sendo “entidades” distintas e independentes, e que não há nenhuma relação entre elas. Não sei dizer se isso tem a ver com o modo como tradicionalmente ensinamos a matéria (e é apresentada nos livros didáticos) ,mas com certeza esta é uma questão para se pensar.

As respostas à questão 5 me parecem mostrar que os alunos têm grandes dificuldades em visualizar as forças que atuam sobre a pedra em cada um dos estágios do seu movimento. Identifica-se o atrito mas não fica clara a sua origem (sua relação com a força normal e conseqüentemente, com o peso da pedra). Eu considero que o movimento da pedra sobre a pista se dá, de modo simplificado, em três estágios - inicialmente tem-se um movimento acelerado, pela ação do lançador, depois temos um movimento uniforme, onde a força de atrito que reduz a velocidade da pedra é bem pequena, em parte pela ação dos varredores e finalmente temos um trecho final onde a pedra perde velocidade, seja pela colisão com outras pedras, seja pela ação do atrito com a pista.

A resposta 6 é direta, e apenas o aluno B fez menção à conservação da quantidade de movimento.

A resposta 7 também é direta. A energia mecânica da pedra movendo-se está associada à sua velocidade, portanto a energia mecânica da pedra é cinética.

As questões 8 e 9 apresentaram respostas mais complexas e não muito claras. Eu vejo estas questões como profundamente associadas, embora tratem de grandezas físicas diferentes. Esperava-se que os alunos indicassem que durante a colisão, as velocidades das pedras mudam,



mudando os valores de  $\vec{p}$  e  $E_C$ . Nenhuma das respostas deixa isso claro. Também não há nenhuma evidência de que os alunos tenham compreendido a natureza vetorial da quantidade de movimento.

A questão 10 propõe uma discussão sobre a natureza da interação da pedra e da superfície de gelo. Os três alunos indicaram que conjunto pedra - gelo proporciona um baixo atrito, que favorece o jogo e que, ao menos para os alunos B e C haveriam outros pares possíveis.

Na questão 11 os alunos consideram a trajetórias das pedras uma linha reta (o que remete à 1ª Lei de Newton) mas desconsideram o papel dos varredores. Em pelo menos uma situação do filme é possível observar que a pedra faz uma curva pela ação dos varredores.

Na questão 12 apenas o aluno B indica que a trajetória é uma linha reta. O aluno C responde “descontrolada” e o aluno B afirma não ser possível identificar para onde ela irá se mover.

Na questão 13 eu esperaria encontrar uma menção à Lei da Inércia, assim como à ação dos varredores e ao efeito das colisões ao longo da pista. Nenhum dos alunos apresentou estes três elementos simultaneamente.

A análise destas respostas e das informações contidas na figura 32 nos indicam que os alunos tem uma compreensão parcial do assunto.

## 5.2 ATIVIDADE TRÊS - ANÁLISE DAS RESPOSTAS AO QUESTIONÁRIO - ARTESANAL X TECNOLÓGICO

Uma análise nas respostas dos alunos ao questionário ARTESANAL x TECNOLÓGICO mostra muitos resultados interessantes; 62% dos alunos indica preferir, por algum motivo, o par tecnológico. Portanto podemos concluir que a maior parte dos alunos percebe que o computador facilita os cálculos e a análise dos dados, mas que uma parte significativa dos alunos também alegou vantagens no método tradicional.

Eu considero este resultado interessante. Muitos alunos indicaram preferir o modo artesanal alegando que facilitava a visualização do experimento e dos dados. Acredito que esta resposta se deve ao fato de que no modo artesanal é necessário repetir várias vezes o experimento, para fazer uma média dos dados. Além disso, os cálculos deviam ser feitos manualmente, não na “caixa preta” do computador.

Para muitos alunos, a possibilidade de repetir infinitas vezes o filme não compensa a necessidade de repetir muitas vezes o experimento no para artesanal. Ou seria a o fato do par

tecnológico não deixar claro o “relógio” que está medindo o tempo?

Podemos perceber também que atingi um nível de profundidade, juntamente com meus alunos, nunca antes atingido. Apenas isto é uma vitória digna de nota.

### 5.3 ATIVIDADE QUATRO - ANÁLISE DAS RESPOSTAS AO QUESTIONÁRIO - COLISÃO UNIDIMENSIONAL NA RAMPA COM CARRINHOS DE BRINQUEDO

A análise dos dados contidos nas respostas a este questionário revela respostas muito ricas. Percebe-se claramente uma grande evolução na qualidade das respostas, que pode ser percebida pela extensão das respostas, pela qualidade do vocabulário e pela construção da argumentação para sustentar um certo ponto de vista (nem sempre correto, como pode ser observado).

Podemos perceber indícios de aprendizagem significativa, pois muitas respostas não são respostas memorizadas, como são muitas das que aparecem nas respostas ao questionário da atividade um. Percebe-se uma transformação dos conceitos adquiridos e em grande parte dos alunos, uma melhor elaboração de seus argumentos.

## 6 CONCLUSÕES

A aplicação da videoanálise, com o posterior tratamento dos dados obtidos através de planilha eletrônica, se mostrou um desafio para a maior parte dos alunos.

Apenas cerca de 10% dos alunos tinha experiência anterior com planilhas eletrônicas. Surpreendentemente, alguns alunos também apresentaram dificuldades para manipular arquivos, anexando-os ao um email. Esta dificuldade surgiu da necessidade de salvar os arquivos no laboratório de informática do CPM, pois a elaboração de todos os passos necessário consumia cerca de 4 aulas, então solicitei aos alunos enviassem os arquivos em que estavam trabalhando como anexo a si mesmos. Alguns alunos não tinham contas de email, outros não sabiam sequer as senhas de acesso das contas que utilizavam e, alguns poucos nem sabiam como anexar arquivos. Outro problema recorrente, embora o tutorial que preparei intruísse de modo muito claro a respeito do procedimento, foi muitos alunos nominarem o arquivo de vídeo (\*.avi) de modo diferente do arquivo gerado pelo Tracker (\*.trk). Inicialmente isto não causa nenhum problema, mas se os arquivos forem reabertos numa aula posterior, o Tracker não consegue relacionar os arquivos, o que causava muitos contratemplos em sala de aula, até que o mal entendido fosse resolvido.

De qualquer modo, apesar destas dificuldades, posso afirmar que as atividades envolvidas na elaboração destas atividades envolveu muito mais que o conteúdo de física, mas também integrou diferentes mídias na aula, deixando de lado o giz e o quadro negro e, utilizando o computador não com um fim em si mesmo, mas como uma ferramenta mais abrangente, incluindo vídeos, planilhas, textos, blogs, de modo integrado e conjunto, numa abordagem diferenciada e produtiva.

Acredito que o objetivo principal deste trabalho, que é verificar se a videoanálise aplicada ao ensino de Leis de Conservação na mecânica, foi sem dúvida atingido, pois se mostrou capaz de proporcionar indícios de aprendizagem significativa. Isso ficou muito claro quando analisamos as primeiras repostas, ao questionário sobre o filme Curling (quadro 1) e as repostas ao questionários posteriores, sobre o par Artesanal e Tecnológico (quadro 37) e sobre

a colisão unidimensional com os carrinhos de brinquedo (quadro 61).

De acordo com Ausubel, a verificação da aprendizagem significativa não pode ser feita solicitando aos alunos quais são os elementos essenciais de uma proposição. Devemos formular o problema de um modo novo e não familiar, que exija a transformação do conceito adquirido. Nas respostas aos questionários, ao longo do desenvolvimento das atividades propostas, podemos perceber a evolução de uma grande parte dos alunos para respostas mais elaboradas, algumas vezes incorretas, mas que mesmo assim mostram uma transformação dos conceitos.

O processo de ensino, partiu de uma idéia mais geral, que são as Leis de Conservação da Energia Mecânica e da Quantidade de Movimento Linear, conceitos extremamente abrangentes, e paulatinamente foi a detalhes mais específicos, durante a análise dos dados dos experimento realizados. Assim, estas novas informações foram adquiridas pelos alunos e puderam ser reorganizadas, adquirindo novos significados, que ficam evidentes nas respostas dadas pelos alunos nos questionários citados. O processo de aprendizagem significativa apresentou claramente a diferenciação progressiva seguida de uma reconciliação integrativa.

Estas atividades, com o uso das TIC também mostram a possibilidade de dar às aulas de física uma dimensão maior, superando alguns dos novos desafios do ensino de física, como as competências e habilidades exigidas pelo ENEM, que vai além de uma visão baseada simplesmente em conteúdos.

## 6.1 COMPETÊNCIAS E HABILIDADE DA MATRIZ ENEM

Os eixos cognitivos da matriz de referência para o ENEM estão apresentados abaixo:

1. Dominar linguagens (DL): dominar a norma culta da Língua Portuguesa e fazer uso das linguagens matemática, artística e científica e das línguas espanhola e inglesa.
2. Compreender fenômenos (CF): construir e aplicar conceitos das várias áreas do conhecimento para a compreensão de fenômenos naturais, de processos histórico-geográficos, da produção tecnológica e das manifestações artísticas.
3. Enfrentar situações-problema (SP): selecionar, organizar, relacionar, interpretar dados e informações representados de diferentes formas, para tomar decisões e enfrentar situações-problema.
4. Construir argumentação (CA): acionar informações, representadas em diferentes formas,

e conhecimentos disponíveis em situações concretas, para construir argumentação consistente.

5. Elaborar propostas (EP): recorrer aos conhecimentos desenvolvidos na escola para elaboração de propostas de intervenção solidária na realidade, respeitando os valores humanos e considerando a diversidade sociocultural.

O eixo *DL* é claramente contemplado neste trabalho, já que os alunos são obrigados a lançar mão da linguagem matemática e científica para realizar o trabalho e, como ficou demonstrado na análise dos questionários, houve uma evolução de uma parte significativa dos alunos em seus vocabulários e capacidade de argumentação.

Do mesmo modo, no eixo *CF* percebemos, analisando os questionários, que os alunos tiveram que construir e aplicar conceitos de várias áreas para a compreensão do fenômeno da colisão, aplicando diferentes tecnologias e conhecimentos para poder explicar o fenômeno.

O eixo *SP* também pode ser considerado contemplado, pois o desenvolvimento de cada uma das atividades era uma situação problema, que obrigou a cada um dos alunos a selecionar a informação relevante, interpretar dados obtidos por diferentes meios para poder atingir os objetivos.

O eixo *CA* também foi contemplado durante o desenvolvimento destas atividades.

O único eixo que ficou de fora que não foi contemplado neste trabalho é o eixo 5, que trata de EP, já que não foi possível elaborar qualquer atividade neste sentido. entretanto acredito que é possível, a partir deste trabalho, elaborar tais propostas. O assunto colisões poderia ser explorado num trabalho educativo a respeito de segurança no trânsito, com a aplicação da videoanálise e das leis de conservação em demonstrações e avaliações bastante precisas das causas e consequências de acidentes de trânsito, por exemplo. Também poderiam ser discutidas práticas defensivas no trânsito, dentro da mesma ótica.

- Verificamos que o uso de planilhas eletrônicas é possível no ensino médio;
- Ficou demonstrada a possibilidade de aplicar, com sucesso, a videoanálise para estudar Leis de Conservação no Ensino Médio, muito embora não estejam presentes todos os subsunçores necessários para que a aprendizagem significativa aconteça.
- Qualquer atividade realizada deve lançar os organizadores prévios, quando necessários.

A videoanálise tem se firmado como uma alternativa válida para o estudo de experimentos clássicos de mecânica em laboratórios didáticos de física:

1. em Escolas;
2. em Universidades;
3. qualidades de simplicidade na elaboração e execução;
4. observação da evolução temporal das grandezas físicas de interesse;
5. facilidade no tratamento de dados dos experimentos.
6. **Baixo custo;**
7. laboratórios de informática, mesmo com máquina limitadas, estão disponíveis na maior parte das escolas.

(TOMASINI et al., 1993)

- afirma que os estudantes têm dificuldades em descrever e interpretar o significado e o papel da Leis de Conservação da Energia e Quantidade de Movimento e que tais dificuldades não são facilmente superadas.
- do mesmo modo, grandes dificuldades surgem quando os estudantes passam “esquemas pré fabricados” utilizados na realização de exercícios para o mundo real.
- A análise dos dados contidos nas respostas a este questionário revela algumas respostas muito ricas;
- grande evolução na qualidade das respostas;
- pode ser percebida pela extensão das respostas;
- pela qualidade do vocabulário;
- pela construção da argumentação para sustentar um certo ponto de vista (nem sempre correto!)
- elaboração destas atividades envolveu muito mais que o conteúdo de física;
- integrou diferentes mídias na aula;
- o computador usado não com um fim em si mesmo, mas como uma ferramenta mais abrangente;
- Nativo digital: Um mito?

## REFERÊNCIAS

- ATKINSON, R. C.; WILSON, H. A. Computer-assisted instruction. **Science**, v. 162, p. 73 – 77, outubro 1968.
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. 1. ed. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1999.
- BACHELARD, G. **A filosofia do não**. São Paulo: Abril Cultural, 1978. 355 p.
- BAO, L. et al. Learning and scientific reasoning. **Science Magazine**, v. 323, p. 586–587, janeiro 2009.
- BAPTISTA, J. P.; FERRACIOLI, L. A evolução do pensamento sobre o conceito de movimento. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 1, n. 1, p. 187 – 194, 1990.
- BERNHARD, J. Teaching engineering mechanics courses using active engagement methods. In: **Physics Teaching in Engineering Education**. Budapest: [s.n.], 2000. p. 7.
- BEZERRA, A. G. et al. **Manual para Usuários Iniciantes no Software Tracker**. Curitiba, 2011.
- BEZERRA, A. G. et al. Videoanálise com o software livre tracker no laboratório didático de física: Movimento parabólico e segunda lei de newton. **Caderno Brasileiro Ensino de Física**, v. 29, n. Especial 1, p. 469 – 490, setembro 2012.
- BRODY, D. E.; BRODY, A. R. **As Sete Maiores Descobertas Científicas da História**. [S.l.]: Companhia das Letras, 2007. 445 p.
- BROWN, D.; COX, A. J. Innovative uses of video analysis. **The Physics Teacher**, v. 47, p. 145 – 150, 2009.
- BRYAN, J. A. Investigating the conservation of mechanical energy using video analysis: four cases. **PHYSICS EDUCATION**, p. 50–57, Janeiro 2010.
- BRYAN, J. A. **Video Analysis: Real World Investigations for Physics and Mathematics**. 2011. Disponível em: <<http://jabryan.iweb.bsu.edu/VideoAnalysis/>>.
- CALLONI, G. J. **A Física dos Movimentos Analisada a partir de Vídeos do Cotidiano do Aluno: Uma proposta para a Oitava Série**. Dissertação (Mestrado) — UFRGS, 2010.
- CASULLERAS, R. P. Trabajo experimental mediante sistemas de captadores de datos: dificultades a superar. **Ensenanza de Las Ciencias**, p. 3544 – 3548, 2009.
- CASULLERAS, R. P.; LAGARÓN, D. C.; RODRÍGUEZ, M. I. H. An inquiry-oriented approach for making the best use for ict in the classroom. **eLearning Papers**, v. 1, n. 20, p. 1–14, julho 2010.

- CHRISTIAN, W.; ESQUEMBRE, F.; BARBATO, L. Open source physics. **Science**, v. 334, p. 1077–1078, novembro 2011.
- CLAGETT, M. **The Science of Mechanics in the Middle Age**. Cambridge: Medieval Academy of America, 1961.
- COHEN, B.; WESTFALL, R. S. **Newton: textos, antecedentes, comentários**. [S.l.]: Contraponto Editora, 2002.
- CORDEIRO, L. F. et al. Estudo do movimento acelerado em tempo real através de um sistema de aquisição de dados assistidos por computador. **V ENPEC**, 2005.
- COSTA, H. C. d. S. Ivan Ferreira da. Atividades práticas e experimentais numa licenciatura em física. In: **IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física**. [S.l.: s.n.], 2004.
- COUTO, F. P. **Atividades experimentais em aulas de física: repercussões na motivação dos estudantes, na dialogia e nos processos de modelagem**. Dissertação (Mestrado) — Faculdade de Educação da UFMG, 2009.
- DOCA, R. H.; BISCUOLA, G. J.; BÔAS, N. V. **Física - vol. 1**. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2010. 448 p.
- EINSTEIN, A.; INFELD, L. **The evolution of Physics**. Nova Iorque: Touchstone Book, 2007. 302 p.
- FEYNMAN, R. P. **Sobre as Leis da Física**. Rio de Janeiro: Contra Ponto Editora, 2012.
- FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 18. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1988. 62 p.
- FSF. **O Que é o "Esquerdo de Cópia"?** Boston, maio 2014. Disponível em: <<http://www.gnu.org/copyleft/copyleft.html> WhatIsCopyleft>.
- FSF. **O que é o software livre? A Definição de Software Livre**. Boston, maio 2014. Disponível em: <<http://www.gnu.org/philosophy/free-sw.html>>.
- FUKE, L. F.; YAMAMOTO, K. **Física para o ensino Médio - Manual do Professor**. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2010. 528 p.
- GRAF. **Leituras de Física - GRAF - Mecânica - 1 a 10**. São Paulo: Instituto de Física da USP, 1998. 42 p.
- GRAF. **Leituras de Física - GRAF - Mecânica - 21 a 26**. São Paulo: Instituto de Física da USP, 1998. 26 p.
- MARTINS, L. **Marcos Pontes, o astronauta brasileiro, comenta o filme "Gravidade"**. 10 2013. Internet. Disponível em: <<http://gizmodo.uol.com.br/marcos-pontes-astronauta-gravidade/>>.
- MENEZES, L. C. de. Uma física para o novo ensino médio. **Física na Escola**, v. 1, p. 6 – 8, 2000.
- NEWTON, I. **Newton's Principia - The Mathematical Principles of Natural Philosophy**. 1ª edição americana. ed. Nova Iorque: Daniel Adee, 1848.

- OPEN SOURCE PHYSICS. **About OSP**. 05 2014. Disponível em: <<http://www.compadre.org/osp/webdocs/about.cfm>>.
- (ORG), J. F. R. **Origens e evolução da ideias da física**. [S.l.]: EDUFBA, 2002. 372 p.
- PAPERT, S. **A máquina das crianças**. Porto Alegre: [s.n.], 2008.
- PERUZZO, J. **Experimentos de Física Básica Mecânica**. 1<sup>a</sup>. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2012.
- PIRES, A. S. T. **Evolução da ideias da Física**. 2<sup>a</sup>. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011. 478 p.
- PMPR, C. G. da. **Regimento do Colégio da Polícia Militar do Paraná: "COLÉGIO CEL PM FELIPPE DE SOUSA MIRANDA" ENSINO FUNDAMENTAL E MÉDIO**. Polícia Militar do Paraná, 2012. 46 p. Disponível em: <<http://www.apmf-cpm.com.br/portal/images/stories/pdf/regimento.pdf>>.
- POVO, G. do (Ed.). **"Vestibular precoce" garante ensino bom e gratuito desde o fundamental**. maio 26 de maio de 2014.
- RAMPINELLI, M.; FERRACIOLI, L. Estudo do fenômeno de colisões através da modelagem computacional quântica. **Caderno Brasileiro Ensino de Física**, v. 23, n. 1, p. 92–122, abril 2006.
- RANGEL, F. de O.; SANTOS, L. S. F. dos; RIBEIRO, C. E. Ensino de física mediado por tecnologias digitais de informação e comunicação e a literacia científica. **Caderno Brasileiro Ensino de Física**, v. 29, n. Especial 1, p. 651 – 677, setembro 2012.
- REIS, M. A. F. **O USO DE SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE COLISÕES MECÂNICAS**. Dissertação (Mestrado) — UNIVERSIDADE LUTERANA DO BRASIL, 2004.
- REIS, M. A. F.; NETO, A. S. de A. Simulação de colisões dirigidas ao ensino de física. **Acta Scientiae**, v. 4, n. 2, p. 7–19, 2002.
- RUIC, G. **Os erros e acertos científicos do filme "Gravidade"**. <http://exame.abril.com.br/ciencia/noticias/os-erros-e-acertos-cientificos-do-filme-gravidade>: [s.n.], 10 2013. Internet. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/ciencia/noticias/os-erros-e-acertos-cientificos-do-filme-gravidade>>.
- SAVINAINEN, A.; VIIRI, J. The force concept inventory as a measure of students' conceptual coherence. **International Journal os Science and Mathematics Education**, v. 6, p. 719–740, 2008.
- SBF. **PCN - Ensino Médio Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais FÍSICA**. [S.l.], 2004. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCNFIS.pdf>>.
- SKINNER, B. F. Teaching machines: From the experimental study of learning come devices which arrange optimal conditions for self-instruction. **Science**, v. 128, n. 3330, p. 969 – 977, outubro 1958.

STANFORD UNIVERSITY. **Stanford Encyclopedia of Philosophy - Descartes' Physics**. Stanford, California, abril 2014. Disponível em: <<http://plato.stanford.edu/entries/descartes-physics>>.

STANFORD UNIVERSITY. **Stanford Encyclopedia of Philosophy - John Buridan**. Stanford, California, abril 2014. Disponível em: <<http://plato.stanford.edu/entries/buridan/>>.

TIPLER, P. A. **Física para cientistas e engenheiros**. 5. ed. São Paulo: LTC, 2006.

TOMASINI, N. G. et al. Understanding conservation mechanics: Students conceptual change in learning about collisions. **Science Education**, v. 77, p. 169–189, 1993. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sce.3730770206/abstract>>.

ZANETIC, J. Dos "principia" da mecânica aos "principia" de newton. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 5, p. 23 – 36, junho 1988.

## APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO SOBRE O FILME CURLING

**Quadro 1: Questionário Curling**

nº	questão
1	Como o lançador coloca as pedras em movimento?
2	Qual a utilidade dos varredores?
3	Qual a influencia da massa das pedras no jogo?
4	Quais as Leis de Newton você percebe presentes
4a	no lançamento da pedra?
4b	no movimento da pedra ao longo da pista?
4c	no momento da colisão?
5	Há forças presentes durante o deslocamento da pedra? Quais forças são essas? Quando estas forças atuam?
6	Como poderíamos determinar a quantidade de movimento das pedra?
7	Como poderíamos determinar a energia mecânica das pedras? Que tipo de energia seria essa?
8	Como a quantidade de movimento é transmitida de uma pedra a outra durante a colisão?
9	Como a energia mecânica é transmitida de uma pedra a outra durante a colisão?
10	Por que é necessária a superfície de gelo? O jogo poderia ser realizado sobre outras superfície que não gelo?
11	Como é a trajetória das pedras antes da colisão?
12	Como é a trajetória das pedras depois da colisão?
13	Por que a trajetória tem esta(s) forma(s)?

**Fonte: Autoria própria**

## APÊNDICE B – RESPOSTA DE ALGUNS ALUNOS AO QUESTIONÁRIO CURLING

As repostas ao questionário de cada um dos alunos foi organizada na forma de tabelas para melhor organização e entendimento. O aluno que respondeu a cada um dos questionário não foi identificado e os resultado também não permitem identificar as turmas a que os alunos pertenciam.

**Quadro 2: Aluno 1 - Questionário Curling**

nº	respostas
1	O jogador aplica uma força sobre a pedra que faz ela deslizar sobre a superfície de gelo.
2	A utilidade dos varredores é diminuir o atrito da pedra com o solo, deixando a superfície de gelo mais lisa.
3	A pedra de granito desliza facilmente na pista, portanto o jogador deve aplicar a força necessária, sendo cauteloso para não arremessá-la muito longe.
4a	A lei da Inércia.
4b	Dinâmica.
4c	A lei da Ação e reação.
5	Sim, a força do atrito. Atuam quando a pedra desliza sobre a pista.
6	Pela velocidade da pedra multiplicando com sua massa.
7	Por meio da fórmula da energia cinética, que é $E_c = 0,5(m.v^2)$ , Energia cinética.
8	Pelo choque das pedras.
9	Pela lei de Newton da ação e reação, a pedra atingida recebe a energia da que se chocou a ela.
10	Pois o gelo tem um atrito pequeno. Não pois a pedra não iria muito longe e não chegaria ao alvo.
11	A trajetória das pedras é parcialmente em linha reta.
12	Depois da colisão não é possível identificar para onde ela irá se mover. Na colisão a pedra transfere sua energia para a outra pedra.
13	Porque sua trajetória depende tanto dos jogadores e varredores quanto de uma possível colisão.

**Quadro 3: Aluno 2 - Questionário Curling**

nº	respostas
1	Aplicando uma certa força sobre a primeira pedra.
2	Retirar o atrito que a rugosidade da pista tem.
3	Obter certa velocidade, mas é fazer a primeira pedra, sob uma colisão retirar a do adversário.
4a	segunda lei de newton
4b	primeira lei de newton
4c	terceira lei de newton
5	Sim, atrito, atuam contra a pedra em todo o trajeto, por isso existem os varredores.
6	$Q_1 = Q_2$ , lançamento é igual a colisão.
7	Energia cinética.
8	$Q_1 = Q_2$
9	Pelo coeficiente de atrito e energia cinética.
10	Para não haver atrito, poderia, vidro.
11	Linha reta.
12	Continua em linha reta.
13	Depende de que joga e aplica determinada força.

**Quadro 4: Aluno 3 - Questionário Curling**

nº	respostas
1	Através da inércia, ao se mover com a pedra e soltá-la.
2	Diminuir o atrito entre a pedra e o gelo, de maneira que a pedra se mova com “controle” de distância até o objetivo.
3	Massa é a medida da inércia. Quanto maior a massa, maior a inércia.
4a	1ª
4b	2ª
4c	3ª
5	Atrito e a inércia (força supostamente aplicada). No deslocamento.
6	$Q = m.v$ onde $m$ é a massa e $v$ é a velocidade.
7	$E_m = E_c$ . Já que energia potencial não há pelo fato de não haver altura e elástica também não é presente por não se tratar de molas.
8	Com o contato e a velocidade, o movimento é repassado por se tratar de massas supostamente iguais.
9	No momento do choque, a energia é transferida do corpo em movimento para o próximo (nesse caso parado).
10	Pelo fato do gelo ter parte do atrito retirado com os outros jogadores, de acordo com propriedades de ponto de fusão. Sim, mas seria
11	Retilínea.
12	Descontrolada.
13	Propriedades físicas.

**Quadro 5: Aluno 4 - Questionário Curling**

n <sup>o</sup>	respostas
1	empurrando as com o corpo.
2	diminuir a velocidade da pedra.
3	aumentar ou diminuir a velocidade da pedra.
4a	inércia
4b	princípio fundamental da dinâmica.
4c	ação e reação.
5	sim. a gravidade e o atrito, durante todo o percurso.
6	através do peso e da velocidade em que ele se desloca.
7	através da velocidades. energia potencial.
8	através da força em que uma pedra bate na outra.
9	através da força em que ela se colidem.
10	para a pedra poder se deslocar mais facilmente, não pois a pedra teria mais dificuldade para se deslocar.
11	retilínea.
12	a trajetória é uma parábola.
13	porque ela é lançada de uma forma retilínea e após colidir ela muda sua trajetória, isso se ela não bater no centro, caso ela bata no cento continuará retilínea.

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 6: Aluno 5 - Questionário Curling**

nº	respostas
1	Desliza sobre o gelo com um impulso através dos pés em um apoio fixo no solo, a direciona para o alvo desejado e a solta.
2	Tornar a camada superficial do gelo em água para que a pedra deslize com mais facilidade.
3	Sua massa influencia no sentido de que a pedra vá mais longe e com melhor direção ao alvo com menos impulso.
4a	2ª lei de Newton, pois a pedra está em repouso e sofre uma força do jogador para se mover.
4b	1ª lei de Newton, pois mantém velocidade e direção constantes até que haja outra força (atrito do gelo e colisão).
4c	3ª lei de Newton, pois há forças das duas pedras na colisão.
5	Sim, mão do jogador, gravidade, solo,...Durante o percurso.
6	A força que a pedra atua na outra, após ser lançada e fazer uma caminho retilíneo até a outra pedra.
7	Potencial, pois sofre força de um lado e mantém sua direção até a colisão.
8	Pela força aplicada entre elas.
9	Pelo atrito entre elas.
10	Sim, Para deslizar melhor.
11	Retilínea.
12	Parabólica, circular.
13	Pois sofre colisão.

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 7: Aluno 6 - Questionário Curling**

nº	respostas
1	Empurrando a pedra fazendo ela deslizar.
2	Derrete o gelo para que se forme uma película de água para que o atrito diminua.
3	Através da inércia obtenha aceleração.
4a	$F = m.a$ , inércia, ação e reação
4b	$F = m.a$ , a inércia.
4c	ação e reação
5	Sim. Peso, força normal, força de atrito, força exercida sobre a pedra pelo jogador.
6	$Q = f.v$
7	$E_m = E_c + E_{pg} + E_{pe}$
8	Através do choque, ação e reação.
9	$E_c + E_{pe}$
10	Pois o gelo derrete com o esfregar do rodo e diminui o M.
11	Retilínea.
12	Retilínea.
13	Pois não tem nenhuma força que a leva de um lado para o outro.

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 8: Aluno 7 - Questionário Curling**

nº	respostas
1	Ele se impulsiona para frente e empurra a pedra.
2	Diminuem o atrito entre o gelo e a pedra e a conduzem.
3	Influenciam na velocidade e na hora da colisão.
4a	Segunda lei de Newton chamada de Princípio fundamental da Dinâmica.
4b	Primeira lei de Newton conhecida como Lei da Inércia.
4c	Terceira lei de Newton conhecida como Princípio da ação e reação.
5	Sim, a força da gravidade, a força do peso da bola e do atrito entre a pedra com gelo que atuam em todo o percurso da pedra.
6	Calculando o peso das pedras e a velocidade delas.
7	Somando os outros tipos de energia. A energia potencial gravitacional e energia cinética.
8	Pelo impacto das pedras.
9	Pela força que uma pedra exerce sobre a outra
10	Para a pedra deslizar com mais facilidade. Não, pois as pedras não deslizariam tão facilmente. Se fosse jogar em outra superfície teria que mudar o material das bolas.
11	Até um pedaço da pista elas vão reto, depois ela começam ir para a diagonal.
12	Vai uma pedra para cada lado, por causa da colisão.
13	Porque a força do impacto é muito grande, e uma pedra está em movimento e a outra está parada.

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 9: Aluno 8 - Questionário Curling**

nº	respostas
1	O jogador pega impulso em uma base no fundo da pista.
2	Deixar a pista mais lisa,ou seja,com menor atrito entre a pedra e a pista,para a pedra escorregar com mais facilidade.
3	A massa define a velocidade das pedras.
4a	Ação e reação.
4b	Lei da inércia.
4c	Princípio fundamental da dinâmica.
5	Sim,a força aplicada pelo jogador,a força de atrito e o peso.
6	Descobrimo a massa e a velocidade da pedra,e multiplicando-as.
7	Somando a energia potencial e a energia cinética da pedra.Energia cinética.
8	Pela lei da ação e reação.
9	Através da colisão das pedras.
10	Porque o gelo é uma superfície extremamente lisa,isso facilita o deslizamento da pedra.Não,pois a pedra de gelo quase não se movimentaria em outra superfície.
11	Retilínea.
12	Após a colisão a pedra se move para o lado.
13	Por causa colisão com a outra pedra,que faz ela se mover para o lado.

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 10: Aluno 9 - Questionário Curling**

nº	respostas
1	Lança as pedras e o que deixa elas em movimento é a inércia (1ª lei de Newton).
2	Determinar a trajetória, diminuindo o atrito e deixando a pista mais lisa.
3	A massa é a medida da inércia que proporciona o movimento da pedra, parecendo com o movimento retilíneo uniforme.
4a	1ª lei de Newton.
4b	1ª e 2ª lei de Newton, pois muda a aceleração.
4c	3ª lei de Newton.
5	Sim, força de atrito, força peso, atrito do ar...
6	$Q=m.v$
7	Calculando a energia cinética (energia do movimento).
8	Uma pedra quando se choca a outra transfere seu movimento para a outra.
9	Quando uma pedra se choca a outra ela transfere sua energia, colocando a pedra chocada em movimento.
10	Para reduzir o atrito. Não, pois seria difícil e demorado remover rugosidades da superfície, além de não poder diminuir a temperatura do piso até o ponto de fusão.
11	Movimento semelhante ao retilíneo e com a ajuda da vassoura muda o percurso da pedra.
12	Transferência de energia entre as pedras.
13	Por causa do atrito e da inercia.

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 11: Aluno 10 - Questionário Curling**

nº	respostas
1	Ele se impulsiona para frente e empurra a pedra.
2	Ele diminuem o atrito entre o gelo e a pedra e conduzem a pedra.
3	Influenciam na velocidade e na hora da colisão.
4a	Segunda lei de Newton chamada de Princípio fundamental da Dinâmica.
4b	Primeira lei de Newton conhecida como Lei na Inércia.
4c	Terceira lei de Newton conhecida como Princípio da ação e reação.
5	Sim, a força da gravidade, a força do peso da bola e do atrito entre a pedra com gelo que atuam em todo o percurso da pedra.
6	Calculando o peso das pedras e a velocidade delas.
7	Somando os outros tipos de energia. A energia potencial gravitacional e energia cinética.
8	Pelo impacto de uma pedra na outra.
9	Pelo impacto, pela força que uma pedra exerce sobre a outra
10	Para a pedra deslizar com mais facilidade. Não, pois as pedras não deslizariam tão facilmente. Se fosse jogar em outra superfície teria que mudar o material das bolas.
11	Até um pedaço da pista elas vão reto, depois ela começam ir para a diagonal.
12	Vai uma pedra para cada lado, por causa da colisão.
13	Porque a força do impacto é muito grande, e uma pedra está em movimento e a outra está parada.

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 12: Aluno 11 - Questionário Curling**

n <sup>o</sup>	respostas
1	utilizando os apoios, ele toma impulso e se lança com a pedra, e depois a solta, esta continuando o movimento.
2	modificar o coeficiente de atrito para controlar a velocidade/distância que a pedra alcança.
3	A massa é a inércia, então quanto mais massa, mais inércia.
4a	A primeira lei (princípio da inércia) "Um objeto que está em repouso ficará em repouso a não ser que uma força resultante aja sobre ele."ou seja, a pedra só entrará o em movimento quando o lançador aplicar uma força sobre ela; e a segunda lei (princípio fundamental da dinâmica) "A resultante das forças aplicadas sobre um ponto material é igual ao produto da sua massa pela aceleração adquirida"ou seja, todo o movimento depende da força aplicada no lançamento.
4b	A primeira lei (princípio da inércia) "Um objeto que está em movimento não mudará a sua velocidade a não ser que uma força resultante aja sobre ele."a pedra pará sob a ação da força de atrito, que a faz desacelerar; e a segunda lei "A resultante das forças aplicadas sobre um ponto material é igual ao produto da sua massa pela aceleração adquirida"a distância e a velocidade que a pedra atinge durante o percurso depende da força aplicada inicialmente.
4c	A terceira lei (ação e reação), onde as pedras trocam energia, e a força que uma aplica na outra é de mesma intensidade.
5	Sim, a Normal e o Atrito. Atuam durante o deslocamento da pedra sobre o gelo.
6	Calculando a força aplicada, aceleração, coeficiente de atrito.
7	Envolve movimento e massa; energia cinética.
8	Pela transmissão de energia mecânica.
9	Pelo choque entre as pedras, onde acontece trabalho.
10	Porque o coeficiente de atrito entre o gelo e o granito é muito pequeno, o que faz a pedra deslizar por mais tempo. Sim, porém não com os mesmos resultados.
11	Em linha reta, dependendo do que os "varredores" fazem com o atrito ao redor da pedra.
12	Depende de onde as pedras se chocam, porém ela não permanece a mesma de antes da colisão.
13	Porque uma pedra transmite energia para outra, o que faz com que ela se deloque em outra direção (dependendo do lugar onde elas se chocam) com a energia adquirida, ou no caso, se perdendo energia, desacelera ou até pará.

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 13: Aluno 12 - Questionário Curling**

nº	respostas
1	colocando uma força sobre a pedra. Fazendo ela deslizar.
2	Direcionar o movimento.
3	Representa que quanto maior a massa tem maior inércia.
4a	Primeira lei de newton
4b	Primeira lei de newton
4c	Terceira lei de newton
5	Sim. Força de atrito, força peso e fora variavel. Deslocamento
6	$Q=m.v$
7	em branco
8	Pela deformação
9	Pela energia mecânica
10	Para deslizar
11	Sim
12	Depois da colisão a pedra para.
13	em branco

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 14: Aluno 13 - Questionário Curling**

nº	respostas
1	Empurrando
2	Deixar o gelo liso diminuindo o atrito
3	inércia
4a	Segunda Lei ( $F=m.a$ )
4b	Primeira Lei (Inércia)
4c	Terceira Lei (Ação e Reação)
5	Sim; força peso, atrito e movimento variável
6	$Q=m.v$
7	Energia Cinética
8	Através da força elástica
9	Através da energia
10	Porque no gelo o atrito é menor, mas sim, pode ser realizado em outras superfícies
11	não é constante
12	Uma passa energia para a outra
13	por causa do atrito

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 15: Aluno 14 - Questionário Curling**

Questão	respostas
1	Empurrando
2	Deixar o gelo liso diminuindo o atrito
3	inércia
4a	Segunda Lei ( $F=m.a$ )
4b	Primeira Lei (Inércia)
4c	Terceira Lei (Ação e Reação)
5	Sim; força peso, atrito e movimento variável
6	$Q=m.v$
7	Energia Cinética
8	Através da força elástica
9	Através da energia
10	Porque no gelo o atrito é menor, mas sim, pode ser realizado em outras superfícies
11	não é constante
12	Uma passa energia para a outra
13	por causa do atrito

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 16: Aluno 15 - Questionário Curling**

nº	respostas
1	Através de um impulso ‘ mais ou menos ‘ calculado para chegar até o lugar desejado e realizado pelo mesmo.
2	Controlar o atrito alterando a direção e velocidade da pedra.
3	Influência na velocidade e na força do impulso
4a	Inércia
4b	princípio fundamental da mecânica. $F=m.a$
4c	Ação e reação.
5	Sim , força de atrito , e a força peso.
6	Pela fórmula $Q = m.v(\text{centro da massa})$ .
7	Energia mecânica é igual a (cinética = potencial gravitacional) , mas no caso só temos a cinética que seria o tipo de energia solicitado na pergunta ( $m.v^2/2$ )
8	Através de um contato (2ª Lei de Newton) como exemplo, poderíamos colocar um ônibus atingindo uma pessoa, a pessoa entraria em choque com o ônibus, como se estivesse na mesma velocidade do ônibus mesmo estando parada.
9	Como dito anteriormente , pela massa e velocidade do corpo que colide.
10	Porque a varrição é feita à frente da pedra para alterar o coeficiente de atrito, controlando assim a distância por ela percorrida e também possibilita alterar a curvatura da trajetória. E não poderia, por exemplo no asfalto só se os ‘varredores’ fossem tratores hehe.
11	Ao fazer o lançamento, o jogador troca com a pedra de granito uma força F que nela imprime uma velocidade inicial V, e considerando um atrito A constante (e desprezando a curva da trajetória) teremos um MRUR - Movimento Retilíneo Uniformemente Retardado para o qual vale a Equação de Torricell.
12	Retilínea
13	Porque após a colisão, não é mais permitido aos jogadores utilizarem os varredores, que são responsáveis pelo atrito e mudança de trajetória da pedra.

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 17: Aluno 16 - Questionário Curling**

Questão	respostas
1	Com o impulso dos pés.
2	Os varredores deixam a pista mais lisa para a pedra manter sua velocidade.
3	A massa da pedra é a inércia, então quanto mais massa mais inércia.
4a	Lei da Inércia.
4b	Princípio Fundamental da Dinâmica.
4c	Ação e reação.
5	Sim. Peso, atrito e a força aplicada pelo lançador.
6	A partir da força aplicada e do atrito.
7	Por apresentar a capacidade física de movimento e massa. Energia Cinética.
8	A energia é transmitida pela Lei da Ação e Reação.
9	Pela colisão, a força é passada para a outra pedra, colocando-a em movimento.
10	Para a pedra deslizar com mais facilidade. Poderia, mas as pedras teriam que ser feitas de outro material, pois não deslizariam.
11	A trajetória faz uma leve curva.
12	As pedras vão para lados opostos.
13	Porque a força de impacto é muito grande e uma pedra está em movimento e a outra parada.

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 18: Aluno 17 - Questionário Curling**

nº	respostas
1	Com o impulso do corpo trasferido para a pedra
2	Diminuir o atrito no caminho que os jogadores querem que a pedra vá
3	Ela faz com que o lançador tenha noção da força necessária no impulso para que a pedra acerte o centro, ou o objetivo.
4a	Ação e Reação
4b	Inércia
4c	Ação e reação, inércia
5	Sim. Atrito quando a pedra está em movimento, e o peso da pedra
6	Pelo tamanho do impacto que ela tem nas outras pedras, ou pela distância em que ela parou ou Pela fórmula $Q = m.v(\text{centro da massa})$ .
7	Energia cinética menos o atrito.
8	Por meio da reação (mesma quantidade de força que a colisão)
9	pela massa e velocidade do corpo que colide.
10	Para o atrito ser mínimo. Sim, mas não seria tão efetivo pois teria mais atrito.
11	Uma reta, seguindo o caminho que há menos atrito
12	Retilínea
13	Porque após a colisão, não é mais permitido aos jogadores utilizarem os varredores, que são responsáveis pelo atrito e mudança de trajetória da pedra.

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 19: Aluno 18 - Questionário Curling**

n <sup>o</sup>	respostas
1	Exercendo uma força sobre a pedra
2	Diminuir o atrito entre a pedra e a pista para fazer com que a pedra chegue mais longe
3	quanto mais pesada a pedra menos ela gira e mais longe ela vai
4a	lei da inércia
4b	principio fundamental da dinâmica
4c	lei da ação e reação
5	Sim. Atrito (A), peso (P), normal (N), velocidade (V). Atuam desde o lançamento até o ponto final da trajetória da pedra
6	A quantidade de movimento é igual à massa da pedra multiplicada pela sua velocidade. $Q = m.v$
7	Multiplicar a massa pela velocidade ao quadrado e dividir por dois: $m.v^2/2$ .Energia cinética.
8	A quantidade de movimento antes da colisão é igual à quantidade de movimento depois dela. Para colidirem, dois corpos antes precisam se aproximar e, depois do choque, se afastar. Com isso, eles possuem uma velocidade relativa de aproximação e uma velocidade relativa de afastamento.
9	Durante a colisão, haverá uma troca de energia entre os corpos. Considerando que após o choque as pedras se separam, a pedra A irá transferir certa quantidade de energia cinética para a B, e o resultado disso será a pedra A, mais lenta e uma pedra B mais rápida, ocasionando o afastamento entre elas.
10	porque na superfície de gelo o atrito é menor. Não poderia ser realizado em outras superfícies pois as pedras não deslizariam.
11	retilínea
12	retilínea também
13	Porque foram lançadas dessa forma e uma vez que não sofrem quase nenhum atrito, não mudam de direção.

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 20: Aluno 19 - Questionário Curling**

nº	respostas
1	ele utiliza dois apoios que ficam fixos ao chão para se impulsionar e começa a deslizar junto com a pedra e solta ela após direcioná-la
2	eles fazem com que o atrito entre a pedra e o gelo diminua
3	A força que o lançador tem que fazer para por a pedra em movimento
4a	A segunda
4b	A primeira
4c	A terceira
5	sim, a força de atrito e a força da gravidade
6	Sabendo a massa e a velocidade das mesmas...
7	somando a energia potencial com a energia cinética, no caso como a pedra não possui energia potencial, a energia mecânica seria equivalente a energia cinética
8	Quando a pedra que está em movimento bate na que está parada, ela exerce uma força que faz com que a outra se locomova
9	Quando a pedra que está em movimento se choca com a que está parada, ela transmite toda sua energia acumulada
10	O gelo é normalmente bem escorregadio(pouco atrito) o que facilita as pedras a deslizarem, até poderia mas seria complicado, e sendo a superfície de gelo ela da uma função para os homens que vão com o rodo...
11	É em linha reta, a não ser que os homens com os rodos façam com que a rocha deslize mais para um lado
12	Elas mudam de direção mas continua em linha reta
13	Porque não sentem nenhuma força atuando sobre as pedras que faça elas mudarem de direção

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 21: Aluno 20 - Questionário Curling**

n <sup>o</sup>	respostas
1	Ele empurra a pedra.
2	Eles alisam a superfície do gelo para diminuir o atrito da pedra com o gelo.
3	Quanto maior a massa, maior a inércia.
4a	Segunda Lei de Newton.
4b	Primeira Lei de Newton.
4c	Terceira Lei de Newton.
5	Sim, o atrito. Durante o percurso inteiro.
6	Multiplicando a massa da pedra pela sua velocidade.
7	Durante o lançamento e o deslocamento, a energia é Cinética. Quando ocorre uma colisão, ocorre Energia Elástica. Somando essas energias se obtém a Energia Mecânica.
8	Terceira Lei de Newton. A massa e a velocidade influenciam na colisão.
9	Quando ocorre o deslocamento, parte da Energia Cinética se perde devido ao atrito. Quando acontece a colisão, parte da Energia Cinética e da Energia Elástica passam para a outra pedra, causando o deslocamento dela.
10	Porque a superfície do gelo é mais lisa, logo o atrito é menor. Sim, porém, a massa e o material da pedra teriam que ser diferentes.
11	Quase retilínea, ocorrendo alguns pequenos desvios no caminho.
12	A pedra que acertou a outra fica parada, e a outra segue a direção da outra pedra que à acertou.
13	Devido a direção que o lançador aplicou a força na pedra.

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 22: Aluno 21 - Questionário Curling**

nº	respostas
1	Ele lança a pedra com a mão.
2	Diminuir o atrito entre a pedra com a pista.
3	Quanto menor a massa menor o atrito entre a pedra e a pista.
4a	Lei da Inércia, que explica que Inércia é a resistência que um corpo oferece à alteração do seu estado de repouso ou de movimento. Essa lei explica que para que haja alteração da velocidade do corpo, é necessário que se exerça sobre este uma força.
4b	Lei Fundamental da Dinâmica, de acordo com esta lei, sempre que se aplica uma força num corpo, esta pode provocar no corpo uma mudança de velocidade - uma aceleração.
4c	Lei da Ação e Reação, que explica que sempre se exerce uma força sobre um corpo, esse corpo exerce uma força com a mesma direção, a mesma intensidade, mas sentido oposto.
5	Sim, força de atrito, que atua durante a trajetória, força do lançador que atua quando o jogador lança a pedra, força do choque entre as pedras que ocorre quando há colisão.
6	Poderíamos determinar através da multiplicação da massa da pedra com sua velocidade.
7	Determinando a energia cinética, já que não há energia potencial gravitacional.
8	É transmitida através da colisão entre as pedras.
9	É transmitida através da colisão.
10	É necessária pois o atrito com o gelo é baixo, fazendo com que a pedra deslize sem muita interferência.
11	É uma trajetória retilínea com velocidade variada.
12	Não sei.
13	em branco

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 23: Aluno 22 - Questionário Curling**

nº	respostas
1	Através do impulso, que tira o corpo da inércia.
2	Aumentar a temperatura, derretendo o gelo e diminuindo o coeficiente de atrito para a pedra deslizar.
3	Quanto maior a massa, maior a inércia, assim, o movimento da pedra é mais preciso.
4a	Inércia e Princípio Fundamental da Dinâmica.
4b	Inércia
4c	Ação e Reação.
5	Sim, a força de atrito da pedra com a superfície e da vassoura com o gelo, a força do lançador que tira a pedra da inércia, a força das pedras no momento da colisão.
6	Com a fórmula $Q = mv$ , Quantidade de movimento é igual a massa do corpo vezes velocidade do corpo
7	Pela soma das energias potencial gravitacional, cinética e energias dissipadas (sonora, térmica, atrito). Dissipativa.
8	Ao se chocar com outra pedra, formam um par ação e reação que desloca as pedras, retirando a pedra atingida da inércia.
9	A pedra em movimento possui energia cinética, ela atinge a pedra parada (energia potencial) e a põe em movimento (energia cinética), no processo, surgem energias dissipativas tal como o atrito, energia sonora e térmica.
10	Pois o gelo possui um coeficiente de atrito baixo que facilita o deslizamento da pedra. Sim.
11	Retilínea
12	Retilínea
13	Porque a pedra se mantém inerte, com tendência ao movimento retilíneo.

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 24: Aluno 23 - Questionário Curling**

n <sup>o</sup>	respostas
1	O lançador exerce uma força sobre a pedra para que ela entre em movimento.
2	Diminuir o atrito causado pela rugosidade do gelo para que a pedra possa percorrer uma distância maior ou para que possa realizar pequenas curvas.
3	Ela influencia na inércia da pedra.
4a	2 <sup>a</sup> lei de Newton
4b	1 <sup>a</sup> lei de Newton
4c	3 <sup>a</sup> lei de Newton
5	Sim, a força que o lançador aplica sobre a pedra e o atrito com o gelo.
6	Multiplicando a massa da pedra pela sua velocidade.
7	Durante o deslocamento e o lançamento a energia é cinética, quando ocorre uma colisão a energia é elástica. Somando essas energias se obtém a energia mecânica.
8	3 <sup>a</sup> lei de Newton e a massa e velocidade influenciam na colisão.
9	À medida que ocorre o deslocamento, parte da Energia cinética se perde devido ao atrito. Quando ocorre uma colisão, parte da Energia cinética e da Energia elástica passa para a outra pedra, com isso ocorre o deslocamento.
10	Devido o pouco atrito que a superfície fornece.
11	Retilíneo, porém com leves curvas.
12	A pedra que bate na outra permanece parada e a outra entra em movimento.
13	Por causa da direção que o lançador aplicou.

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 25: Aluno 24 - Questionário Curling**

nº	respostas
1	Ele utiliza a energia química do seu corpo para aplicar uma força na pedra, assim empurrando-a.
2	Eles alisam a superfície, varrendo-a, assim diminuindo o atrito, mudando a trajetória da pedra pelo caminho que desejam.
3	Aumenta ou diminui a quantidade de energia no processo, possibilitando colisões com maior impacto.
4a	segunda
4b	primeira, inércia
4c	terceira, ação e reação
5	Sim, o atrito, o peso e a normal (reação). Eles atuam para diminuir a velocidade da pedra, assim parando-a.
6	Calculando a velocidade média e multiplicando pela massa, para ter a quantidade média de movimento pelo percurso. Ou calculando a velocidade logo antes da colisão, para poder descobrir o impacto após.
7	Calculando a energia cinética máxima, pois a pedra está em movimento.
8	No choque, pois há uma reação na pedra adversária (3ª Lei de Newton).
9	Energia potencial elástica feita na deformação durante o choque.
10	Para, por meio dos varredores, mudar a trajetória da pedra, criando assim nova situações não possível fora do gelo. Porém a bocha chega a ser parecido com o curling, só que é praticado na areia e, não é possível mudar sua trajetória.
11	Curva.
12	Normalmente em linha reta.
13	Antes da colisão, pois o lançamento pode ser com a pedra rodando, e a ação dos varredores altera-a tentando levá-la para o meio ou para colidir com uma outra pedra. Após a colisão, o efeito dos varredores é mínimo, normalmente tentando tirar a pedra do alvo, logo ela se move em linha reta.

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 26: Aluno 25 - Questionário Curling**

nº	respostas
1	Aplicando uma força no momento de lançamento da pedra.
2	Tirar o atrito da pedra com a pista de gelo.
3	A massa é responsável pelo movimento exercido pela pedra.
4a	Força=massa.aceleração.
4b	Inércia.
4c	Ação e reação.
5	Sim, Cinética, no momento em que entra em movimento.
6	Pela energia Cinética ( $m.v^2/2$ ).
7	A soma de todas as forças, energia cinética.
8	Através da Inércia.
9	A Energia cinética passou a ser Energia potencial após a colisão.
10	Passa menos atrito, sim, com outra superfície com menos atrito, vidro molhado.
11	Retilíneo uniformemente variado.
12	Retilíneo uniforme, pois ao colidir a pedra vai reta em direção a frente e quando bate em outra pode até ir em outra direção mas ainda sim reta.
13	Pois não tem nenhuma força que leva a pedra de um lado para o outro.

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 27: Aluno 26 - Questionário Curling**

nº	respostas
1	Deslizando sobre o gelo e soltando a pedra, criando movimento.
2	Fazer com que haja calor para a pista ficar mais lisa, diminuindo o atrito e dando uma trajetória.
3	O lançador deve se concentrar para não aplicar muita força, e assim, a pedra deslizar muito e ultrapassar o objetivo.
4a	Inércia.
4b	Dinâmica
4c	Ação e reação.
5	Sim, a massa e o atrito.
6	No deslocamento e a distância percorrida pela pedra, sabendo a velocidade das pedras.
7	Pela energia cinética. $E_c = m.v^2/2$
8	Quantidade de movimento está relacionado a massa que são iguais entre as pedras e a velocidade e quando elas se colidem essa velocidade passa de uma para a outra.
9	A energia está diretamente relacionada ao peso e a velocidade e quando uma pedra colide com a outra essa energia é passada entre elas, ocorrendo a lei da ação e reação.
10	Pois o gelo tem um atrito pequeno em relação a outros materiais, provavelmente não.
11	Se não houver modificação na pista será retilínea mas se eles modificarem deixando ela mais lisa com a "vassoura" ela vai seguir o trajeto mais liso.
12	Após a colisão com outra pedra, não é possível determinar para onde ela irá se mover, somente que não ficará parada, pois absorve energia na pancada.
13	Porque eles modificam o trajeto deixando mais liso ou mais rugoso, ou seja, diminuindo o atrito.

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 28: Aluno 27 - Questionário Curling**

nº	respostas
1	Deslizando sobre o gelo e soltando a pedra, criando movimento.
2	Fazer com que haja calor para a pista ficar mais lisa, diminuindo o atrito e dando uma trajetória.
3	O lançador deve se concentrar para não aplicar muita força, e assim, a pedra deslizar muito e ultrapassar o objetivo.
4a	Inércia.
4b	Dinâmica
4c	Ação e reação.
5	Sim, a massa e o atrito.
6	No deslocamento e a distância percorrida pela pedra, sabendo a velocidade das pedras.
7	Pela energia cinética. $E_c = m.v^2/2$
8	Quantidade de movimento está relacionado a massa que são iguais entre as pedras e a velocidade e quando elas se colidem essa velocidade passa de uma para a outra.
9	A energia está diretamente relacionada ao peso e a velocidade e quando uma pedra colide com a outra essa energia é passada entre elas, ocorrendo a lei da ação e reação.
10	Pois o gelo tem um atrito pequeno em relação a outros materiais, provavelmente não.
11	Se não houver modificação na pista será retilínea mas se eles modificarem deixando ela mais lisa com a "vassoura" ela vai seguir o trajeto mais liso.
12	Após a colisão com outra pedra, não é possível determinar para onde ela irá se mover, somente que não ficará parada, pois absorve energia na pancada.
13	Porque eles modificam o trajeto deixando mais liso ou mais rugoso, ou seja, diminuindo o atrito.

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 29: Aluno 28 - Questionário Curling**

nº	respostas
1	dando um impulso com o pé para trás, colocando o joelho no chão e outro pé ainda no chão; chegando a uma distância que el possa soltar a pedra.
2	para aumentar a temperatura do gelo até o ponto de fusão, fazendo com que o coeficiente de atrito entre a pedra e a superfície (agora líquida) diminua e aquela perca velocidade mais lentamente, atingindo um ponto mais distante do que atingiria se deslizesse sobre o gelo, e para influenciar a curva feita pela pedra.
3	quanto maior massa, maior a inércia; e então mais movimento.
4a	1ª lei de Newton
4b	1ª e 2ª lei de Newton
4c	3ª lei de Newton.
5	sim, força peso, força de atrito e atrito com o ar. Durante o deslocamento.
6	em branco
7	energia cinética.
8	colidindo as pedras. Energia elástica
9	parando a pedra que estava em movimento e colocando, então, em movimento a que estava parada.
10	para deslizar com mais facilidade e direcioná-la para a linha central e o círculo central sem encostar nela. Não.
11	uma curva.
12	uma para a outra se desloca como uma parábola.
13	por causa do atrito e da inércia

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 30: Aluno 29 - Questionário Curling**

nº	respostas
1	Aplicando uma força no momento de lançamento da pedra.
2	Tirar o atrito da pedra com a pista de gelo.
3	A massa é responsável pelo movimento exercido pela pedra.
4a	Força=massa.aceleração.
4b	Inércia.
4c	Ação e reação.
5	Sim, Cinética, no momento em que entra em movimento.
6	Pela energia Cinética ( $m.v^2/2$ ).
7	A soma de todas as forças, energia cinética.
8	Através da Inércia.
9	A Energia cinética passou a ser Energia potencial após a colisão.
10	Passa menos atrito, sim, com outra superfície com menos atrito, vidro molhado.
11	Retilíneo uniformemente variado.
12	Retilíneo uniforme, pois ao colidir a pedra vai reta em direção a frente e quando bate em outra pode até ir em outra direção mas ainda sim reta.
13	Pois não tem nenhuma força que leva a pedra de um lado para o outro.

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 31: Aluno 30 - Questionário Curling**

nº	respostas
1	o lançador se impulsiona no apoio levando e direcionando a pedra, feito isso o jogador solta a pedra e ela desliza até o seu destino.
2	Diminuir o atrito do gelo.
3	porque dependendo da massa e do uso da pedra é mais difícil coloca-la em repouso ou movimento.
4a	segunda lei de Newton.
4b	Primeira Lei de Newton.
4c	Terceira Lei de Newton.
5	trabalho.
6	em branco
7	em branco
8	através da energia mecânica.
9	através do choque entre as pedras.
10	porque o atrito é menor. o jogo nao poderia ser realizado em outra superfície.
11	em linha reta e uniforme, parte de energia se transforma em som e calor.
12	parte da energia se perde no momento da colisão a outra parte é "passada para as outras pedras".
13	em branco

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 32: Aluno 31 - Questionário Curling**

nº	respostas
1	Ele gera impulso com o pé, sendo empurrado para frente e soltando a pedra.
2	Eles devem aumentar a temperatura do gelo para que ele derreta um pouco, gerando assim uma camada de água entre a pedra e o gelo, para que a pedra possa deslizar.
3	Se elas fossem mais leves parariam antes e não atingiriam o alvo.
4a	$F=m.a$
4b	Inércia.
4c	Ação e reação.
5	Sim. Força peso. Atuam quando o lançador solta a pedra e a deixa deslizar.
6	Conhecendo a massa das pedras e a velocidade que elas atingem, usaríamos a fórmula da quantidade de movimento ( $Q=m.v$ ).
7	Cinética.
8	A pedra lançada atinge a pedra parada no alvo. Quando as duas colidem, a energia da pedra 1 passa automaticamente para a pedra 2. A pedra 1 para e a 2 entra em movimento.
9	É transformada em energia cinética.
10	É necessária para que as pedras deslizem sem maiores dificuldades. Não.
11	Normalmente é reta, mas os varredores podem fazer com que ela adote uma trajetória curvilínea, dependendo de onde estão as pedras da outra equipe, para que possam tirá-las do centro.
12	Ao colidir, elas param.
13	Porque os varredores criam um "caminho liso" no gelo, onde o atrito é menor, onde as pedras deslizam mais facilmente.

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 33: Aluno 32 - Questionário Curling**

nº	respostas
1	Aplicando uma certa força sobre a primeira pedra.
2	Retirar o atrito que a rugosidade da pista tem.
3	Obter certa velocidade, mas é fazer a primeira pedra, sob uma colisão retirar a do adversário.
4a	segunda lei de Newton
4b	primeira lei de Newton
4c	terceira lei de Newton
5	Sim, atrito, atuam contra a pedra em todo o trajeto, por isso existem os varredores.
6	$Q1 = Q2$ , lançamento é igual a colisão.
7	Energia cinética.
8	$Q1 = Q2$
9	Pelo coeficiente de atrito e energia cinética.
10	Para não haver atrito, poderia, vidro.
11	Linha reta.
12	Continua em linha reta.
13	Depende de que joga e aplica determinada força.

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 34: Aluno 33 - Questionário Curling**

nº	respostas
1	Exercendo uma força sobre ela.
2	Diminuir o atrito.
3	Massa é a medida da inercia.
4a	Inércia (1ª Lei de Newton)
4b	$F=m.a$ (2ª Lei de Newton)
4c	Ação e reação (3ª Lei de Newton)
5	Inércia (força aplicada), e força de atrito(no deslocamento , em atrito com o chão)
6	$Q= m.v$
7	$E_m=E_c$ , cinética.
8	Com a batida com velocidade, o movimento passa para a outra pedra que tem a massa supostamente igual.
9	Pela transferência de energia(ação e reação).
10	Para existir menos atrito, poderia, mas não teria a mesma eficiência.
11	Retilínea.
12	Descontrolada.
13	Pelo tipo de força e energia que ela tem, propriedade física em geral.

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 35: Aluno 34 - Questionário Curling**

nº	respostas
1	O jogador aplica uma força sobre a pedra que faz ela deslizar sobre a superfície de gelo.
2	A utilidade dos varredores é diminuir o atrito da pedra com o solo, deixando a superfície de gelo mais lisa.
3	A pedra de granito desliza facilmente na pista, portanto o jogador deve aplicar a força necessária, sendo cauteloso para não arremessá-la muito longe.
4a	A lei da Inércia.
4b	Dinâmica.
4c	A lei da Ação e reação.
5	Sim, a força do atrito. Atuam quando a pedra desliza sobre a pista.
6	Pela velocidade da pedra multiplicando com sua massa.
7	Por meio da fórmula da energia cinética, que é $E_c = 0,5(m.v^2)$ , Energia cinética.
8	Pelo choque das pedras.
9	Pela lei de Newton da ação e reação, a pedra atingida recebe a energia da que se chocou a ela.
10	Pois o gelo tem um atrito pequeno. Não pois a pedra não iria muito longe e não chegaria ao alvo.
11	A trajetória das pedras é parcialmente em linha reta.
12	Depois da colisão não é possível identificar para onde ela irá se mover. Na colisão a pedra transfere sua energia para a outra pedra.
13	Porque sua trajetória depende tanto dos jogadores e varredores quanto de uma possível colisão.

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 36: Aluno 35 - Questionário Curling**

nº	respostas
1	Aplicando uma certa força sobre a primeira pedra.
2	Retirar o atrito que a rugosidade da pista tem.
3	Obter certa velocidade, mas é fazer a primeira pedra, sob uma colisão retirar a do adversário.
4a	segunda lei de Newton
4b	primeira lei de Newton
4c	terceira lei de Newton
5	Sim, atrito, atuam contra a pedra em todo o trajeto, por isso existem os varredores.
6	$Q_1 = Q_2$ , lançamento é igual a colisão.
7	Energia cinética.
8	$Q_1 = Q_2$
9	Pelo coeficiente de atrito e energia cinética.
10	Para não haver atrito, poderia, vidro.
11	Linha reta.
12	Continua em linha reta.
13	Depende de que joga e aplica determinada força.

**Fonte: Autoria própria**

## **APÊNDICE C – INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO CONVENCIONAL X TECNOLÓGICO**

Instrumento de avaliação: Software Tracker aplicado ao estudo de colisões unidimensionais

Você realizou duas aulas experimentais no laboratório didático do Departamento Acadêmico de (DAFIS) da UTFPR. Em uma das aulas, a primeira, você realizou o experimento utilizando uns sensores de luz (os fotogates) para determinar as velocidades dos carrinhos antes e depois da colisão. Vamos chamar esta aula de “Convencional”. No sábado seguinte, voltamos a realizar o mesmo experimento, só que filmando-o para fazer o tratamento dos dados com o programa Tracker e uma planilha de dados (Excel ou Open Office). Vamos chamar esta segunda aula de “Tecnológica”.

Para que este trabalho de pesquisa fique pronto, com a sua indispensável colaboração, pedimos que você responda às questões abaixo de forma completa, ou seja, evite apenas responde apenas “sim” ou “não”, mas procure justificar as suas impressões sobre estas atividades.

Este instrumento de avaliação é confidencial. Nenhum dado pessoal seu será divulgado. Apenas as respostas geradas por você nas questões serão analisadas em pesquisa.

**Quadro 37: Instrumento de avaliação CONVENCIONAL x TECNOLÓGICO**

1	Da realização do experimento:
1a	Em qual das etapas foi mais fácil de realizar o experimento? Na Convencional ou na Tecnológica? Descreva por quê ou de exemplos.
1b	Em qual das etapas você conseguiu visualizar melhor o fenômeno da colisão entre os carrinhos? Descreva por quê ou de exemplos.
2	Do tratamento dos dados do experimento:
2a	Em qual das etapas foi mais fácil de realizar o tratamento de dados? Explique.
2b	Em qual das etapas foi mais fácil de visualizar as alterações de energia cinética e quantidade de movimento? Explique e de um exemplo.
2c	Em qual dos experimentos foi você teve menos dificuldades para fazer gráficos de energia cinética e quantidade de movimento versus tempo para visualizar o que acontece com estas grandezas antes e após uma colisão? Explique.
3	Do aprendizado:
3a	O experimento consistiu em empurrar um carrinho mais pesado de forma a colidir com um mais leve, que estava em repouso (parado) sobre o trilho de ar. O que você esperava que acontecesse com as velocidades dos carrinhos após a colisão?
3b	O que você esperava que acontecesse com a Energia Cinética e com a Quantidade de Movimento dos dois carrinhos após a colisão?
3c	Os resultados dos experimentos confirmaram que as suas respostas nos itens (a) e (b) acima estavam corretas ou não?
3d	Em qual das etapas, a Convencional ou a Tecnológica, foi mais fácil de identificar se as suas ideias estavam corretas ou não? Explique.
3e	Qual é o “mecanismo” que a natureza utiliza, durante uma colisão, para colocar o carrinho que estava em repouso em movimento? Que leis ou princípios devem ser obedecidos para que este “mecanismo” atue da forma prevista?

**APÊNDICE D – RESPOSTAS AO QUESTIONÁRIO CONVENCIONAL X  
VIDEOANÁLISE**

**Quadro 38: Aluno 1 - Questionário Convencional x Videoanálise**

nº	respostas
1a	Na Convencional, pois os métodos eram mais simples
1b	Na Tecnológica, pois com a ajuda do Tracker a visualização ficou mais clara
2a	Na segunda, os dados estavam mais claros
2b	Na segunda, utilizando o Tracker, os dados mostraram facilmente as alterações e a quantidade de movimento
2c	No segundo por causa do Tracker
3a	Diminuiu por causa do impacto
3b	Desacelerasse
3c	Sim, o impacto fez com que os carrinhos perdessem velocidade
3d	Tecnológica, porque o Tracker mostrava exatamente o que acontecia
3e	1ª lei de Newton, 3ª lei de Newton (Ação e Reação)

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 39: Aluno 2 - Questionário Convencional x Videoanálise**

n <sup>o</sup>	respostas
1a	A artesanal foi mais fácil por que é diferente e eu que tinha que conduzir os carrinhos.
1b	Pois eu vi melhor a colisão no tracker por ser mais lento, e de fácil visualização
2a	Na tecnológica, pois os programas nos permitem diminuir a velocidade alem de editar os acontecimentos com mais facilidade.
2b	Na tecnológica também, pois, como dito na resposta da questão anterior, os programas nos permitem desacelerar os processos de colisões e, por suposto, nos dar mais facilidade de visualização.
2c	Novamente na etapa tecnológica, porque o programa tracker nos ajuda a criar os graficos e a compreender a precisao de cada movimento com mais facilidade.
3a	sinceramente, achei que a velocidade dos dois carrinhos fossem diminuir apos a colisao.
3b	a Quantidade de Movimento iria aumentar, pois se a velocidade com na qual os carrinhos estavam se movimentando aumentassem, consequentemente, tal velocidade, versus a massa dos carrinhos que permaneceria igual apos a colisao, o valor aumentaria. E a energia cinética também aumentaria, como consequência do aumento de velocidade.
3c	A maioria estava certa, porém nao com relação à energia cinética.
3d	Na artesanal, pois tecnicamente era mais fácil de ver o resultado das colisoes, por exemplo, quando os carrinhos se colidiam era muito mais perceptível na etapa artesanal o resultado de tais e muito mais perceptível.
3e	segunda lei de Newton, também chamada de princípio fundamental da Dinâmica.

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 40: Aluno 3 - Questionário Convencional x Videoanálise**

n <sup>o</sup>	respostas
1a	Para mim, na aula artesanal, porque eu achei muito complicado trabalhar com o tracker e a planilha de dados (Excel).
1b	Na segunda aula (tecnológica), pois com as filmagens conseguimos analisar em "câmera lenta" a colisão.
2a	Na primeira etapa , pois era só olhar os dados na máquina e listá-los.
2b	Na etapa tecnológica, pois através dos programas conseguíamos ver essas alterações. (Efeitos "câmera lenta")
2c	Na primeira etapa (artesanal), pois era só analisar os dados , de forma simples e sem programas complicados.
3a	Eu esperava que o carrinho parado entrasse em movimento e que o mais leve diminuísse sua velocidade.
3b	Eu esperava que ambas diminuíssem.
3c	Confirmaram que estavam corretas.
3d	Na tecnológica, pois houve mais precisão.
3e	Quantidade de movimento e força. As leis de Newton - Ação e reação e inércia.

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 41: Aluno 4 - Questionário Convencional x Videoanálise**

nº	respostas
1a	A artesanal foi mais fácil por que é diferente e eu que tinha que conduzir os carrinhos.
1b	Pois eu vi melhor a colisão no tracker por ser mais lento, e de fácil visualização.
2a	Na tecnológica, pois os programas nos permitem diminuir a velocidade alem de editar os acontecimentos com mais facilidade.
2b	Na tecnológica também, pois, como dito na resposta da questão anterior, os programas nos permitem desacelerar os processos de colisões e, por suposto, nos dar mais facilidade de visualização.
2c	Novamente na etapa tecnologica, porque o programa tracker nos ajuda a criar os graficos e a compreender a precisão de cada movimento com mais facilidade.
3a	Sinceramente, achei que a velocidade dos dois carrinhos fossem diminuir apos a colisão.
3b	a Quantidade de Movimento iria aumentar, pois se a velocidade com na qual os carrinhos estavam se movimentando aumentassem, consequentemente , tal velocidade, versus a massa dos carrinhos que permaneceria igual após a colisao, o valor aumentaria. E a energia cinética também aumentaria, como consequência do aumento de velocidade.
3c	A maioria estava certa, porem nao com relação à energia cinetica.
3d	Na artesanal, pois tecnicamente era mais fácil de ver o resultado das colisões, por exemplo, quando os carrinhos se colidiam era muito mais perceptível na etapa artesanal o resultado de tais e muito mais perceptível.
3e	segunda lei de Newton, também chamada de princípio fundamental da Dinâmica.

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 42: Aluno 5 - Questionário Convencional x Videoanálise**

n°	respostas
1a	Na aula tecnológica, pois os fotogates exigiam um preparo mais cuidadoso antes da realização do experimento.
1b	Ambas as aulas obtiveram uma visualização fácil da colisão, porém, na aula tecnológica a colisão obteve resultados maiores pela utilização de elásticos junto aos carrinhos.
2a	Na etapa artesanal, pois os dados de tempo eram gerados através do uso dos fotogates, facilitando o controle sobre os dados de tempo gerados.
2b	Na etapa tecnológica, onde o carrinho com maior massa apresentou menores velocidades.
2c	Na etapa tecnológica, através do uso do Tracker.
3a	Que a velocidade dos carrinhos fosse diferente, já que a energia cinética não sofreria grandes alterações pelo baixo atrito com a pista. O carrinho de maior massa obteve uma menor velocidade após a colisão.
3b	Se mantivessem sem grandes alterações, dado o baixo atrito com a pista.
3c	Sim, a realização do experimento confirmou a diferença de velocidade e a baixa alteração na energia cinética e na quantidade de movimento.
3d	Na etapa Convencional, através da análise os dados obtidos.
3e	Os princípios da conservação de movimento, da conservação de energia e de que toda ação possui uma reação de mesma direção e intensidade.

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 43: Aluno 6 - Questionário Convencional x Videoanálise**

nº	respostas
1a	Na aula tecnológica, pois os fotogates exigiam um preparo mais cuidadoso antes da realização do experimento.
1b	Ambas as aulas obtiveram uma visualização fácil da colisão, porém, na aula tecnológica a colisão obteve resultados maiores pela utilização de elásticos junto aos carrinhos.
2a	Na etapa artesanal, pois os dados de tempo eram gerados através do uso dos fotogates, facilitando o controle sobre os dados de tempo gerados.
2b	Na etapa tecnológica, onde o carrinho com maior massa apresentou menores velocidades.
2c	Na etapa tecnológica, através do uso do Tracker.
3a	Que a velocidade dos carrinhos fosse diferente, já que a energia cinética não sofreria grandes alterações pelo baixo atrito com a pista. O carrinho de maior massa obteve uma menor velocidade após a colisão.
3b	Se mantivessem sem grandes alterações, dado o baixo atrito com a pista.
3c	Sim, a realização do experimento confirmou a diferença de velocidade e a baixa alteração na energia cinética e na quantidade de movimento.
3d	Na etapa Convencional, através da análise os dados obtidos.
3e	Os princípios da conservação de movimento, da conservação de energia e de que toda ação possui uma reação de mesma direção e intensidade.

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 44: Aluno 7 - Questionário Convencional x Videoanálise**

nº	respostas
1a	na tecnológica, porque o equipamento facilitou.
1b	na tecnológica, porque o tracker ajudou na visualização em câmera lenta.
2a	na artesanal, porque a máquina facilitou o tratamento com os dados.
2b	na tecnológica, porque o tracker ajudou na visualização.
2c	a artesanal pois no computador é mais fácil resolver os cálculos.
3a	diminuísssem ou que fosse nula.
3b	esperava que a energia fosse nula .
3c	não
3d	tecnológica.
3e	colisão ou choque de afastamento, velocidade relativa de afastamento sobre velocidade relativa de aproximação. $Q_0 = Q_f$

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 45: Aluno 8 - Questionário Convencional x Videoanálise**

nº	respostas
1a	Para mim, na aula artesanal, porque eu achei muito complicado trabalhar com o tracker e a planilha de dados (Excel).
1b	Na segunda aula (tecnológica), pois com as filmagens conseguimos analisar em "câmera lenta" a colisão.
2a	Na primeira etapa, pois era só olhar os dados na maquina e listá-los.
2b	Na etapa tecnológica, pois através dos programas conseguíamos ver essas alterações. (Efeito "câmera lenta")
2c	Na primeira etapa (artesanal), pois era só analisar os dados, de forma simples e sem programas complicados.
3a	Eu esperava que o carrinho parado entrasse em movimento e que o mais leve diminuísse sua velocidade.
3b	Eu esperava que ambas diminuíssem.
3c	Confirmaram que estavam corretas.
3d	Na tecnológica, pois houve mais precisão.
3e	Quantidade de movimento e força. As leis de Newton - Ação e reação e inércia.

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 46: Aluno 9 - Questionário Convencional x Videoanálise**

nº	respostas
1a	Na etapa tecnológica, porque a tecnologia facilita os cálculos.
1b	Na artesanal porque a visualização dos carrinhos era melhor, facilitando a compreensão
2a	Na tecnológica pois os cálculos já eram dados.
2b	Na artesanal, porque ao ver os carrinhos colidindo cara a cara, podíamos compreender melhor.
2c	Na tecnológica porque os cálculos eram dados e precisos.
3a	Que o mais pesado perdesse velocidade e o mais leve saísse do repouso.
3b	Ficariam iguais comprovando a lei de conservação da quantidade de movimento
3c	Sim.
3d	Na tecnológica pois ficou mais prático e fácil. Os valores eram mais exatos.
3e	Ação e Reação. Terceira Lei de Newton.

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 47: Aluno 10 - Questionário Convencional x Videoanálise**

nº	respostas
1a	Na aula apelidada de “tecnológica”. A análise ficou menos complicada, com cálculos gerados automaticamente.
1b	Novamente na “tecnológica”. O motivo é simples: nessa etapa tivemos que definir parâmetros para efetuar os cálculos, e ficou muito mais evidente o resultado já esperado pelo mestre.
2a	Com o auxílio da planilha eletrônica e do próprio software Tracker, sem dúvida alguma na etapa “tecnológica” o tratamento dos dados coletados foi facilitado.
2b	Na etapa “artesanal”, pois a concentração no experimento aliada à visão direta (e não através do computador) acaba tornando o experimento mais “prático” - no sentido oposto a teórico. Outro ponto que justifica e exemplifica minha opinião foi o fato da equipe ter realizado o experimento com diversas cargas, alterando assim todos os dados (com exceção da distância entre os fotogates).
2c	Na etapa “tecnológica”. Novamente o uso da planilha facilitou a realização dos cálculos (aplicando a fórmula corretamente, a resposta foi gerada de forma rápida e eficaz).
3a	Que o carrinho mais pesado impulsionasse o mais leve, tirando-o do repouso e imprimindo certa velocidade.
3b	Que a energia cinética aumentasse ao passo que as cargas aumentassem e que fatores externos dissipassem parte da quantidade de movimento.
3c	Não completamente, de minha parte era esperado que o carrinho mais pesado imprimisse velocidade no mais leve, e também que a energia cinética aumentasse juntamente com o aumento da massa, mas esperava um leve erro na teoria relativa à “Quantidade de Movimento”.
3d	Na “artesanal”. Nela havia a possibilidade de aumentar a massa (e consequentemente a energia cinética), além de que o experimento pôde ser realizado diversas vezes.
3e	O carrinho recebeu um "impulso" por um membro da equipe. A partir dali, deu-se início à inércia. Ao chocar-se com o outro carrinho, ocorreu ação e reação. Nesse contato, transferiu-se parte da quantidade de movimento de um carrinho para outro.

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 48: Aluno 11 - Questionário Convencional x Videoanálise**

nº	respostas
1a	O software aumenta a precisão dos cálculos e fornece um resultado mais próximo do ideal.
1b	Na artesanal, percebemos melhor o experimento físico por ser realizado pessoalmente e não visto através de vídeo.
2a	Na fase tecnológica, o software já trazia os dados prontos e contava com as ferramentas necessárias para realizar esse tipo de cálculo, sendo assim, a etapa foi mais rápida e prática.
2b	Na artesanal, as alterações foram melhor vistas na colisão dos objetos utilizados no experimento
2c	No experimento com o tracker, pois já trazia os gráficos prontos, o único procedimento necessário foi marcar os pontos no vídeo.
3a	O segundo carrinho começaria a se mover na mesma direção que o primeiro, a velocidade dele aumentaria em relação ao repouso, mas a do primeiro diminuiria em relação à sua velocidade anterior.
3b	Se conservasse de acordo com os respectivos princípios de conservação.
3c	Sim.
3d	A tecnológica, pois contava com maior precisão nos cálculos.
3e	Transfere energia cinética de um para o outro de acordo com a lei da ação e reação. Seguindo o princípio de conservação de energia.

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 49: Aluno 12 - Questionário Convencional x Videoanálise**

n <sup>o</sup>	respostas
1a	Na artesanal, pois tem fácil manuseio e não requer materiais sofisticados.
1b	Na tecnológica, pois o experimento era em escala maior e tinha um material melhor para compreensão.(Mesa de ar)
2a	Na artesanal, porque era menor e os resultados não eram tão "quebrados".
2b	Na tecnológica, pois as alterações de energia cinética e de Q. de movimento deram pra ser vistas com clareza(Os carrinhos tinham elásticos nas pontas facilitando a visualização do experimento)
2c	Na artesanal, porque era em escala menor e conseqüentemente o gráfico era mais fácil e menor, além dos resultados serem mais exatos(Poucos números após a vírgula)
3a	O carrinho mais pesado teria sua velocidade reduzida e o outro receberia a energia da colisão e ganharia velocidade.
3b	A E. Cinética e a Q. de Movimento do carrinho mais pesado, iriam ser transferidas para o que estava em repouso.
3c	Sim, apesar de algumas dúvidas, ocorreu o esperado.
3d	Na tecnológica, pois os materiais usados eram melhores e proporcionaram uma maior compreensão do experimento.
3e	Força e Quantidade de Movimento. As Leis de Newton - Inércia e Ação e Reação.

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 50: Aluno 13 - Questionário Convencional x Videoanálise**

nº	respostas
1a	Foi a parte artesanal, pois eu acho mais fácil manusear para realizar os experimentos do que ter que mexer com equipamentos "sofisticados"
1b	Foi na aula em que a gente utilizou tecnologia, pois o experimento possuía uma escala maior e por isso precisava de um equipamento mais sofisticado para a compressão(mesa de ar)
2a	Na artesanal, pois era mais fácil de praticar e de compreender.
2b	Tecnologia, pois foi preciso modificar (regular) a energia cinética, e a quantidade de movimento, que foram visualizadas com mais clareza (os carrinhos utilizados possuíam elásticos nas pontas, contribuindo assim para a melhor visualização)
2c	Na artesanal, pois o gráfico era de menor escala, e isso automaticamente era mais fácil de ser realizado, com números menos, mais exatos.
3a	O carrinho que possuía um peso mais, teria sua velocidade reduzida, já o outro receberia a energia da colisão e ganharia mais velocidade.
3b	A energia cinética e a quantidade de movimento do carrinho mais pesado, seriam transmitidas para o que estava em repouso.
3c	Sim, apesar de existir algumas dúvidas em relação a isso, ocorreu como esperado.
3d	Utilizando a tecnologia, pois os materiais usados eram menores e proporcionaram uma menor compreensão do experimento.
3e	Força e quantidade de movimento. As leis de Newton- Inércia, Ação e reação.

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 51: Aluno 14 - Questionário Convencional x Videoanálise**

nº	respostas
1a	a etapa artesanal foi mais fácil porque não precisa de um certo entendimento do assunto.
1b	na etapa artesanal. Porque as reações são visíveis.
2a	na etapa tecnológica
2b	na segunda etapa porque os gráficos oscilavam de uma forma mais fácil de ser visualizada.
2c	em branco
3a	o carrinho menor entraria movimento e o mais pesado diminuiria a velocidade devido à colisão.
3b	a energia cinética e a quantidade de movimento do carrinho menor aumentaria, já a do carrinho maior diminuiria.
3c	sim.
3d	nas duas etapas, pois ambos os resultados eram bem visíveis.
3e	a segunda lei de Newton "Um corpo em repouso necessita da aplicação de uma força para que possa se movimentar, e para que um corpo em movimento pare é necessária a aplicação de uma força. Um corpo adquire velocidade e sentido de acordo com a intensidade da aplicação da força. Ou seja, quanto maior for a força maior será a aceleração adquirida pelo corpo."

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 52: Aluno 15 - Questionário Convencional x Videoanálise**

nº	respostas
1a	A etapa mais fácil foi a tecnológica pelo fato de nesta não ter sido feito conta alguma, ao contrário da artesanal, que foram feitas apenas contas matemáticas!
1b	Na tecnológica também, pois tínhamos o tracker a disposição, o que facilitou a visualização do fenômeno.
2a	Na artesanal, por que tínhamos um gráfico que tinha que ser feito manualmente (menos as contas, feitas por calculadora),o que facilitou o tratamento de dados
2b	Em ambos deu pra visualizar bem a alteração de energia cinética e quantidade de movimento.
2c	Na segunda, por causa do auxílio do tracker
3a	Que a velocidade do carro mais pesado iria diminuir e que a velocidade do carro mais leve iria aumentar, porém para trás e logo depois diminuir também até entrar em repouso.
3b	Esperava que a energia cinética aumentasse e que a quantidade de movimento diminuísse
3c	sim, confirmaram
3d	na tecnológica, pela presença do tracker
3e	Energia cinética, quantidade de movimento e leis de Newton

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 53: Aluno 16 - Questionário Convencional x Videoanálise**

nº	respostas
1a	na artesanal, pois é muito complicado usar o tracker e o excel, eu tenho um pouco de dificuldade...
1b	na tecnológica, pois ela nos permitiu a visualização do movimento dos carrinhos em câmera lenta.
2a	a primeira, pois era só olhar os dados na máquina e colocá-los na folha.
2b	na tecnológica, pois nela obtemos os recursos necessários para melhor visualização desses dados.
2c	na artesanal, pois nela nós coletávamos os dados e colocávamos em uma tabela no papel, aí era só utilizar a calculadora.
3a	que ela diminuísse.
3b	que elas diminuíssem.
3c	sim.
3d	na tecnológica, pois os dados eram mais precisos, corretos.
3e	quantidade de movimento e força. As leis de Newton - Ação e Reação e Inércia.

**Fonte: Autoria própria**

**Quadro 54: Aluno 17 - Questionário Convencional x Videoanálise**

nº	respostas
1a	tecnológica, porque a tecnologia usada para desenvolver a experiência facilitou muito.
1b	na tecnológica pois com o programa tivemos a oportunidade de ver as mudanças de movimento e de espaço lentamente.
2a	na tecnológica, pois não tivemos que fazer nenhum cálculo e sim só colocamos os valores na tabela para ela calcular.
2b	artesanal, porque nós pudemos observar a colisão ao vivo.
2c	tecnológica. Nós tivemos apenas que marcar o espaço que o carrinho percorreu, e o programa desenvolvia o gráfico.
3a	diminuissem.
3b	diminuissem.
3c	sim, porque depois do experimento observamos o gráfico e ele estava decrescente.
3d	artesanal, porque pudemos visualizar que depois da colisão os carrinhos voltaram com uma velocidade menor.
3e	ação e reação, porque a força depois da colisão tem que ter sentidos opostos e mesma intensidade.

**Quadro 55: Aluno 18 - Questionário Convencional x Videoanálise**

nº	respostas
1a	segunda, pois me identifiquei melhor com a tecnologia envolvida no trabalho.
1b	segunda, pois foi mais fácil de visualizar.
2a	na segunda, com o notebook.
2b	na segunda, pois foi muito mais fácil visualizar com os carrinhos passando pelos cronômetros, e quando tiramos o atrito.
2c	no segundo, pois o trabalho foi mínimo.
3a	que parassem.
3b	cessassem.
3c	não.
3d	a segunda, pois com a ajuda de materiais de fácil manuseio foi muito mais fácil identificar as energias.
3e	terceira lei de Newton.

**Quadro 56: Aluno 19 - Questionário Convencional x Videoanálise**

nº	respostas
1a	artesanal, pois é mais prática e permitiu a participação da maioria dos componentes do grupo, em que cada um fez uma parte, diferente do experimento tecnológico em que apenas alguns participaram ativamente ou podiam observar e entender o que estava ocorrendo durante o experimento.
1b	artesanal, pois nós fizemos as colisões 5 vezes, observando mais atentamente o movimento, já no tecnológico a colisão foi feita apenas uma vez.
2a	na tecnológica, pois com o auxílio do programa Tracker nós pudemos observar atentamente os dados e entender o que estava ocorrendo.
2b	na artesanal, pois a visualização foi mais fácil, e a coleta de dados foi maior e mais específica.
2c	no tecnológico pois o gráfico foi feito com o auxílio do computador sendo mais rápido e eficiente. Videoanálise novamente, pois eu poderia visualizar o vídeo da colisão novamente se necessário para entender o ocorrido com as grandezas.
3a	eu esperava que a velocidade do carrinho mais leve aumentasse e a do mais pesado diminuísse
3b	eu esperava que a energia cinética e a quantidade do carrinho mais pesado diminuísse, enquanto a do carrinho mais leve aumentasse.
3c	sim, pois ocorreu como o esperado, o carrinho mais leve foi empurrado, enquanto o mais pesado após a colisão parou.
3d	na artesanal pois a observação foi mais fácil, e a comunicação com o grupo foi mais fácil caso eu ou alguém não entendesse o que estava ocorrendo com os carrinhos.
3e	3ª lei de Newton

**Quadro 57: Aluno 20 - Questionário Convencional x Videoanálise**

nº	respostas
1a	na tecnológica pois foi a única que participei (sou do teatro)
1b	na tecnológica foi evidente a reação dos carrinhos após a colisão
2a	de acordo com meu grupo foi a aula artesanal
2b	na aula tecnológica
2c	pelo auxílio do tracker a segunda aula foi muito mais precisa
3a	em branco
3b	em branco
3c	em branco
3d	em branco
3e	em branco

**Quadro 58: Aluno 21 - Questionário Convencional x Videoanálise**

nº	respostas
1a	Tecnológica, porque é muito mais fácil desenvolver a experiências com a tecnologia.
1b	Na tecnológica, porque usando o programa é muito mais fácil de ver as mudanças de movimento bem devagar.
2a	Na tecnológica, porque não precisamos fazer os cálculos, só colocamos os valores na tabela e ela nos deu o resultado.
2b	Na artesanal, porque nós pudemos assistir a colisão ao vivo.
2c	Na tecnológica, porque nós só tivemos que marcar o espaço que o carrinho percorreu e o programa feito no gráfico.
3a	Eu esperava que as velocidades dos carrinhos diminuíssem após a colisão.
3b	Eu esperava que Energia Cinética e a Quantidade de Movimento diminuíssem após a colisão.
3c	Sim, porque depois de fazermos o experimento, demos uma olhada no gráfico e a linha estava descendo, ou seja, diminuindo.
3d	Na artesanal, porque pudemos perceber que após a colisão os carrinhos ficaram com uma velocidade menor.
3e	O princípio da ação e reação, porque a força que existe após a colisão tem que ter a mesma intensidade e ficar em sentidos opostos.

**Quadro 59: Aluno 22 - Questionário Convencional x Videoanálise**

nº	respostas
1a	A Convencional. Anotar os dados e calcular foi mais simples do que usar o Tracker.
1b	Na artesanal, pois podemos comentar mais.
2a	Na etapa artesanal, pois o tracker foi complicado de ser usar.
2b	Na etapa artesanal, pois pudemos repeti-lá e comentar com os colegas.
2c	No etapa feita com o tracker, pois no momento em que o vídeo foi colocado no programa, o gráfico foi feito automaticamente.
3a	Que o carrinho pesado fornecesse parte de sua energia para o carrinho parado, e então os carrinhos teriam a mesma velocidade, para direções opostas.
3b	Se igualassem.
3c	Sim.
3d	Na artesanal, pois foi comentada mais abertamente.
3e	Inércia.

**Quadro 60: Aluno 23 - Questionário Convencional x Videoanálise**

nº	respostas
1a	Na tecnológica, pois o equipamento facilitou os cálculos e foi mais fácil de se manusear.
1b	Na tecnológica, pois no tracker tem como observar em câmera lenta.
2a	Na etapa artesanal, pois a máquina facilitou o tratamento dos dados.
2b	Na etapa tecnológica, pois o tracker facilitou a visualização.
2c	Na etapa tecnológica, pois fazer a tabela no word é mais fácil do que fazer escrito, e também o cálculo no computador facilitou e muito o trabalho.
3a	Que a do carrinho parado se movesse e o outro ficaria mais lento.
3b	A $E_c$ diminuiria e a quantidade de movimento aumenta-se
3c	De certo modo sim.
3d	Na tecnológica, pois com o tracker foi possível uma melhor visualização do que aconteceu realmente.
3e	Que dois corpos nunca ocupam um mesmo espaço, ação e reação.

**APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO SOBRE COLISÃO UNIDIMENSIONAL  
CARRINHOS DE BRINQUEDO**

**Quadro 61: Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo**

nº	Questão
1	Qual o tipo do movimento dos carrinhos antes da colisão? (MRU ou MRUV)
2	Qual o tipo do movimento dos carrinhos depois da colisão? (MRU ou MRUV)
3	O que acontece com a velocidade dos carrinhos durante a colisão?
4	O que acontece com a energia mecânica durante a colisão? Ela se conserva? Por quê?
5	O que acontece com a quantidade de movimento durante a colisão? Ela se conserva? Por quê?
6	A massa dos carros exerce algum efeito sobre a colisão? Como?
7	Que tipo de colisão você acabou de analisar?

**APÊNDICE F – RESPOSTAS A QUESTIONÁRIO SOBRE COLISÃO  
UNIDIMENSIONAL CARRINHOS DE BRINQUEDO**

**Quadro 62: Aluno 1 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo**

n <sup>o</sup>	resposta
1	Carrinho parado: MRU; Carrinho em movimento: MRUV
2	Os dois carrinhos realizam MRUV
3	Muda, o carrinho que estava descendo a rampa desacelera (pois colide) e o carrinho q estava parado ganha movimento com a força que o outro carrinho imprime sobre ele.
4	É transmitida de um carrinho para o outro, e não se conserva completamente pois se perde energia com barulho, calor, etc
5	É transferida e dividida entre os carrinhos, Não se conserva completamente pois seu valor varia (mesmo que essa variação seja pequena)
6	Sim, pois tanto energia mecânica quanto quantidade de movimento estão diretamente ligadas à massa, e seus valores mudam quando essa muda.
7	Parcialmente elástica porque os corpos seguem separados após a colisão, e há perda de energia.

**Quadro 63: Aluno 2 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo**

n <sup>o</sup>	resposta
1	MRUV ao carrinho que esta se movendo. O outro fica parado ate o momento da colisao.
2	MRUV a ambos.
3	A do carrinho que bate tende a diminuir. Já a do carrinho que foi atingido aumenta pois este começa a andar.
4	A energia cinética varia a todo momento, mudando assim a energia mecânica, já que esta se dá pela soma da energia potencial e cinética. ( $E_m = E_p + E_c$ ). Ela se conserva, pois pode ser transferida por meio de força.
5	Continua a mesma, pois não há perda de energia e porque é um sistema fechado.
6	Sim, pois a força é definida como: $F = m \cdot a$ então a força que os carrinhos colidem mudará conforme a massa deles.
7	Colisão perfeitamente elástica.

**Quadro 64: Aluno 3 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo**

n <sup>o</sup>	resposta
1	MRUV e MRU.
2	MRUV.
3	A do carrinho A aumenta, e a do B diminui.
4	Não, pois a velocidade não é constante.
5	Não, pois a velocidade não é constante
6	Sim, a massa exerce um efeito. Pois em função da massa a energia cinética é maior. Sendo no caso concreto a massa disposta no carrinho B é maior que a do carrinho A, sendo assim na colisão haverá o movimento do carrinho A decorrente da massa do carrinho B.
7	Colisão unidimensional.

**Quadro 65: Aluno 4 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo**

n <sup>o</sup>	resposta
1	O carrinho que desce a pista está em MRUV e o carrinho que está parado está MRU.
2	Ambos os carrinhos apresentam após a colisão MRUV.
3	A velocidade dos carrinhos muda: a velocidade do que estava em movimento diminui, pois o outro carrinho age como um fator de mudança de velocidade, um obstáculo que o faz desacelerar. Mas o carrinho que estava em repouso é posto em movimento ao ser submetido a uma força, ganha velocidade e aceleração.
4	É transferida de um carro para o outro, não se conserva totalmente, pois seu valor varia durante o experimento.
5	Ela é transferida de um carro para o outro, assim como a energia mecânica, o carrinho que estava em movimento tem sua velocidade diminuída e como consequência a energia mecânica e a quantidade de movimento também diminui. Já o carrinho que estava em repouso ao obter velocidade passa a ter energia e quantidade de movimento. Ela não se conserva, pois há uma variação no seu valor, mesmo sendo uma variação pequena.
6	Sim, se a massa do carrinho que estava em movimento fosse diferente a colisão não teria sido igual a que foi no experimento, pois tanto a energia mecânica como a quantidade de movimento além de estarem relacionadas à velocidade também dependem da massa do objeto. Sendo assim, a única forma do valor da energia e do momentum permanecer igual ao desse experimento seria encontrando o valor da velocidade que permitisse isso.
7	Uma colisão parcialmente elástica, pois sua energia mecânica e quantidade de movimento não são totalmente conservados, eles possuem variação.

**Quadro 66: Aluno 5 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo**

nº	Questão
1	MRU
2	MRUV
3	Diminui a do que bate, e aumenta a do que recebe o impacto.
4	Não, ela se transforma em energia cinética e vise e versa.
5	Ela se conserva, porque ela é trasmitida para o carrinho que recebe o impacto.
6	Sim, porque quanto mais massa, a força do impacto será maior.
7	Colisão parcialmente elástica.

**Quadro 67: Aluno 6 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo**

nº	resposta
1	MRUV
2	MRUV
3	A VELOCIDADE DO CARRINHO QUE JÁ ESTAVA EM MOVIMENTO DIMINUI E A DO QUE ESTAVA PARADO AUMENTA
4	ELA SE PERDE , POR QUE A ENERGIA SE DISSIPA
5	A DO PRIMEIRO CARRINHO DIMINUI E A DO SEGUNDO AUMENTA E ELES COMEÇÃO E SE MOVIMENTAR JUNTOS
6	SIM , POR QUE A QUANTIDADE DE MOVIMENTO NECESSITA DA MASSA
7	INELÁSTICA

**Quadro 68: Aluno 7 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo**

nº	resposta
1	O carro em movimento sofre MRUV, o carrinho parado sofre MRU.
2	Ambos sofrem MRUV, O carrinho a desacelera e o carrinho b acelera.
3	Se iguala, depois sofre brusca variação.
4	Sim, ela se conserva, pois ela é a soma da energia cinética com a energia potencial, e após a colisão é possível observa-las.
5	sofre redução em A e aumenta em B, pois a velocidade sofre variação.
6	Sim, pois ela influencia a velocidade, a quantidade de movimento e a energia mecânica.
7	Colisão parcialmente elástica.

**Quadro 69: Aluno 8 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo**

nº	resposta
1	O tipo de movimento do carrinho em movimento antes da colisão é MRUV.O tipo de movimento do carrinho que esta parado é MRU.
2	O tipo de movimento dos carrinhos depois da colisão é MRUV.
3	Durante a colisão os carrinhos dividem a velocidade. O carrinho que esta em movimento transfere a velocidade para o que esta parado.
4	Durante a colisão a energia mecanica não se conserva porque ela se dissipa em outros tipos de energia como calor, som etc
5	A quantidade de movimento durante a colisão se conserva.porque a quantidade de movimento antes da colisão é igual a quantidade de movimento depois da colisão(Qantes=Qdepois)
6	A massa aumenta/diminui a quantidade de movimento do sistema. Quanto maior a massa maior a quantidade de movimento, quanto menor a massa menor a quantidade de movimento.
7	Colisão inelastica

**Quadro 70: Aluno 9 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo**

nº	resposta
1	MRUV, pois o movimento é uniforme e a velocidade varia durante a trajetória.
2	O carrinho em movimento para e transfere sua energia cinética ao que está parado que passa a se movimentar.
3	carrinho B que estava em movimento diminui a sua velocidade até o momento em que ele para, já o carrinho A entra em movimento porque houve a transferência de energia, conseqüentemente aumentando sua velocidade. Sim.
4	Ela sofre variações devido a velocidade dos carrinhos que se alteraram após a colisão.
5	A quantidade de movimento de A aumenta pois ele passa a se movimentar,e a quantidade de movimento de B diminui pois ele diminui sua velocidade até parar.
6	Sim, pois a quantidade de movimento é a massa multiplicada pela velocidade.
7	não respondeu

**Quadro 71: Aluno 10 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo**

n <sup>o</sup>	resposta
1	MRU, pois a velocidade dos carrinhos permanece constante.
2	MRUV, pois a velocidade do carrinho que está inicialmente parado aumenta, e a velocidade do carrinho que estava em movimento diminui.
3	As velocidade se "invertem", pois a velocidade que era nula aumenta e a velocidade que tinha valor considerável diminui.
4	A energia mecânica diminui, pois se dissipa.
5	A quantidade de movimento aumenta no carrinho A e diminui no carrinho B.
6	Sim, pois pode aumentar ou diminuir a quantidade de movimento e a energia cinética.
7	Colisão elástica, pois após a colisão não há conservação da energia inicial dos carrinhos.

**Quadro 72: Aluno 11 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo**

n <sup>o</sup>	resposta
1	Carrinho 'a' MRU carrinho, 'b' MRUV.
2	Ambos são uniformemente variáveis.
3	O carrinho 'a' ganha velocidade enquanto o carrinho 'b' perde.
4	Ela aumenta, não se conservando, pois o carrinho 'b' passa energia para o carrinho 'a'.
5	A velocidade dos carrinhos e as distancias de alteram, não se conservando, pois o carrinho que está em repouso passa a ter velocidade e o carrinho que colide perde velocidade.
6	Sim. Pois, se aumentasse a massa do carrinho 'a' e deixasse a mesma massa do carrinho 'b', a colisão teria uma dimensão maior, pois a energia que a batida transfere de um carrinho à outro seria menor, pois ela teria que se 'espalhar' pelo carrinho maior, fazendo com que o carrinho fosse menos prejudicado. Mesma coisa que um caminhão bater em uma motocicleta, ou mesmo um carro bater em uma bicicleta.
7	É uma colisão parcialmente elástica, pois os corpos seguem separados e o sistema perde energia cinética.

**Quadro 73: Aluno 13 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo**

n <sup>o</sup>	resposta
1	MRUV
2	MRUV
3	Diminui
4	Não se conserva, pois ela é dissipada em forma de calor e som
5	Nada. Sim, pois a quantidade de movimento de antes da colisão e depois da colisão são iguais
6	Sim, quanto maior a massa, maior a quantidade de movimento
7	Colisão parcialmente elástica

**Quadro 74: Aluno 13 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo**

nº	resposta
1	O carrinho através de um impulso, atinge uma aceleração.
2	Após a colisão se mantém em velocidade constante até parar.
3	Através do princípio da quantidade de movimento ( $Q=M.V$ ) a velocidade é conservada na colisão, perdendo um pouco em calor após o contato.
4	Não se conserva, parte dela é perdida em calor com o atrito entre os carros, e através da deformação causada pelo impacto.
5	Se conserva pela lei de Quantidade de Movimento, ( $Q_{antes}=Q_{depois}$ )
6	Sim, pois a massa interfere na Quantidade de Movimento ( $Q= m * v$ ).
7	Parcialmente Elástica ( $0 < x < 1$ )

**Quadro 75: Aluno 14 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo**

nº	resposta
1	MRUV
2	MRUV
3	Sim, o carrinho A diminui e o carrinho B adquire velocidade.
4	Soma ambas as energias. A maior parte (desprezando a desperdiçada em calor e barulho) sim. Pois a massa do carrinho é muito pequena para considerar o atrito
5	A energia Mecânica de A ao colidir com B parado, se divide para o mesmo(B), igualando a mesma quantidade anterior. Sim, pois ela é uma igualdade (antes e depois)
6	Sim, pois as fórmulas são diretamente proporcionais a massa.
7	Inelástica

**Quadro 76: Aluno 15 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo**

nº	resposta
1	MRUV
2	MRUV
3	A VELOCIDADE DO CARRINHO QUE JÁ ESTAVA EM MOVIMENTO DIMINUI E A DO QUE ESTAVA PARADO AUMENTA
4	ELA SE PERDE , POR QUE A ENERGIA SE DISSIPA
5	A DO PRIMEIRO CARRINHO DIMINUI E A DO SEGUNDO AUMENTA E ELES COMEÇAM E SE MOVIMENTAR JUNTOS
6	SIM , POR QUE A QUANTIDADE DE MOVIMENTO NECESSITA DA MASSA
7	INELÁSTICA

**Quadro 77: Aluno 16 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo**

n <sup>o</sup>	resposta
1	MRUV. Porque segundo a planilha a velocidade varia.
2	MRU. Porque a o carro em repouso fica em $v=3$ e o carro em movimento em $v=4$ .
3	O carro que estava em repouso ganha velocidade e o carro que estava em movimento perde velocidade.
4	Ela é transferida do carro em movimento para o carro em repouso na forma de energia cinética.
5	Ela varia, porque há uma variação na velocidade.
6	A massa influencia na quantidade de movimento inicial e nas energias.
7	Colisão parcialmente elástica.

**Quadro 78: Aluno 17 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo**

n <sup>o</sup>	resposta
1	Movimento uniformemente variado.
2	Movimento uniformemente variado.
3	A velocidade diminuirá até chegar a 0.
4	A energia mecânica é igual a soma das energias cinéticas dos objetos em movimento, como a energia cinética não é conservada em sua totalidade, há alteração da energia mecânica.
5	A quantidade de movimento é conservada, ou seja a quantidade de movimento inicial é igual a final.
6	Sim, a força do impacto vai ser maior conforme a massa do objeto.
7	Colisão parcialmente elástica

**Quadro 79: Aluno 18 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo**

n <sup>o</sup>	resposta
1	MRUV, pois adquire aceleração.
2	Também MRUV pois ambas as velocidades não são constantes.
3	Elas se alteram, sendo que a do primeiro carinho diminui, e o segundo que estava parado começa a andar.
4	A energia cinética do carro A aumenta e a do carro B diminui, a soma das duas mostra que ela, a energia cinética, diminui.
5	Ela se conserva, ocorre apenas uma pequena oscilação por conta de outros fatores, porém a quantidade de movimento permanece constante, sendo que a de A aumenta e a de B diminui.
6	Sim, entra na parte da energia mecânica, pois envolve a massa de ambos os carros e também na inércia do carro que esta parado.
7	Uma colisão parcialmente elástica pois o coeficiente de energia cinética esta entre 0,0 e 1,0.

**Quadro 80: Aluno 19 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo**

n <sup>o</sup>	resposta
1	MRUV no carrinho em movimento.
2	MRU.
3	A velocidade do carrinho que bate diminui e a do carrinho inicialmente parado aumenta
4	A energia mecânica diminui, portanto não se conserva, porque ela é dissipada em forma de calor e som
5	É passada de um carro para o outro. Se conserva porque ela não tem formas de se dissipar.
6	Sim, a quantidade de movimento depende da massa.
7	Uma colisão inelástica.

**Quadro 81: Aluno 20 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo**

n <sup>o</sup>	resposta
1	O carrinho parado dá um pico na velocidade e o carrinho em movimento desacelera rapidamente.
2	O carrinho parado dá um pico na velocidade e o carrinho em movimento desacelera rapidamente.
3	O carrinho em movimento desacelera e o outro entra em movimento. Sim, a velocidade do carrinho em movimento diminui e a do outro, aumenta.
4	Ela diminui muito devido a desaceleração brusca do carrinho em movimento.
5	Permanece relativamente parecida com a quantidade de movimento antes da colisão.
6	Sim, quanto maior a massa dos carrinhos, maior será o impacto causado por eles ( $I=F \cdot t_{\text{contato}}=Q-Q_i$ , sabendo que $F=ma$ e $Q=mv$ ), causando com que a força aplicada ao carrinho parado aumente e ele então deve acelerar mais.
7	Inelástica.

**Quadro 82: Aluno 21 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo**

nº	resposta
1	MRUV
2	MRUV
3	O que esta em movimento perde velocidade enquanto o que este parado ganha ocorreu uma troca de energia
4	Ela não se conserva, pois durante a colisão, ela perde em atrito, barulho e calor.
5	A quantidade de movimento é igual antes e depois da colisão, pois apesar do contado ela não se dissipa é conservada
6	Sim, pois a quantidade de movimento depende da massa, e consequente influencia na colisão, pois dependendo da massa ele ira ter uma velocidade maior ou menor após a colisão.
7	parcialmente elastica

**Quadro 83: Aluno 22 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo**

nº	resposta
1	MRUV.
2	MRUV.
3	Elas se alteram, a do carrinho que estava em movimento (Energia Cinética )ao colidir sua velocidade diminui, transferindo-a para o carrinho que estava em repouso, gerando assim uma certa velocidade para o carrinho.
4	As somas se mantém iguais. Sim,pois a energia cinética é transferida para outro carrinho.
5	$Q_a = Q_d$
6	Sim, no movimento há Energia Cinética ,e a massa é parte integrante da fórmula para chegar na resultante da Energia Cinética ( $m.v^2/2$ ).
7	Colisão parcialmente elástica.

**Quadro 84: Aluno 23 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo**

nº	resposta
1	MRUV, adquire aceleração.
2	MRUV, ambas velocidades não são constantes.
3	O que está parado ganha velocidade e o que está em movimento diminui. Troca de energia.
4	Energia cinética do carro A aumenta e do B diminuiu, a soma das duas mostra que a energia cinética diminui.
5	Ela se conserva, e a quantidade de movimento, permanece constante. Sendo que A aumenta e B diminui,
6	Entra em energia mecânica, pois envolve a massa dos dois carros e a inércia do que está parado.
7	Parcialmente elástica, por que o coeficiente da E.C está entre 0 e 1.

**Quadro 85: Aluno 24 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo**

n <sup>o</sup>	resposta
1	CARRINHO PARADO: MRU(PORQUE A VELOCIDADE É CONSTANTE DE VALOR 0) E O CARRINHO EM MOVIMENTO: MRUV(PORQUE A VELOCIDADE/ACELERAÇÃO VAI VARIANDO-GANHANDO FORÇA- ATE O MOMENTO DA COLISÃO)
2	AMBOS SÃO MRUV
3	O CARRINHO EM MOVIMENTO PERDE VELOCIDADE E O OUTRO GANHA UMA VELOCIDADE PEQUENA.
4	ELA PASSA DO CARRINHO PARADO PARA O QUE ESTA EM MOVIMENTO. ELA NÃO SE CONSERVA, PORQUE UMA PARTE DELA SE DISSIPA.
5	ELA DIMINUI. NÃO SE CONSERVA, PORQUE A VELOCIDADE DO CARRINHO EM MOVIMENTO DIMINUI COM O IMPACTO.
6	SIM, QUANTO MAIOR A MASSA, MAIOR A COLISÃO/ESTRAGO.
7	PARCIALMENTE ELÁSTICA:OCORRE QUANDO, APOS A COLISÃO, OS CARRINHOS SEGUEM SEPARADOS (COM VELOCIDADES DIFERENTES), TENDO UM SISTEMA DE PERDA DE ENERGIA CINÉTICA.

**Quadro 86: Aluno 25 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo**

n <sup>o</sup>	resposta
1	MRUV
2	MRUV
3	O QUE ESTA PARADO AUMENTA (GANHA) VELOCIDADE E O QUE ESTA EM MOVIMENTO DIMINUI (PERDE) VELOCIDADE.
4	NÃO SE CONSERVA POIS NA COLISÃO ELA PERDE EM ATRITO,CALOR E BARULHO.
5	NÃO, PORQUE NA COLISÃO O CARRINHO QUE ESTAVA EM MOVIMENTO PERDE O MOVIMENTO, LOGO A QUANTIDADE DE MOVIMENTO É PERDIDA,O CARRINHO PARADO NEM QUANTIDADE DE MOVIMENTO IGUAL A ZERO, DEPOIS DA COLISÃO ELE RECEBE ENERGIA QUE VIRA MOVIMENTO.
6	SIM, ELA VARIA A QUANTIDADE DE MOVIMENTO.
7	PERFEITAMENTE ELÁSTICA

**Quadro 87: Aluno 26 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo**

nº	resposta
1	MRUV
2	MRUV
3	O QUE ESTA PARADO AUMENTA (GANHA) VELOCIDADE E O QUE ESTA EM MOVIMENTO DIMINUI (PERDE) VELOCIDADE.
4	NÃO SE CONSERVA POIS NA COLISÃO ELA PERDE EM ATRITO,CALOR E BARULHO.
5	NÃO, PORQUE NA COLISÃO O CARRINHO QUE ESTAVA EM MOVIMENTO PERDE O MOVIMENTO, LOGO A QUANTIDADE DE MOVIMENTO É PERDIDA,O CARRINHO PARADO NEM QUANTIDADE DE MOVIMENTO IGUAL A ZERO, DEPOIS DA COLISÃO ELE RECEBE ENERGIA QUE VIRA MOVIMENTO.
6	SIM, ELA VARIA A QUANTIDADE DE MOVIMENTO.
7	PERFEITAMENTE ELÁSTICA

**Quadro 88: Aluno 27 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo**

nº	resposta
1	MRU
2	MRUV
3	velocidade do carrinho que esta se movimentando diminui ate chegar em 0,e a do carrinho que estava parado (pelo trabalho) passa a se mover um velocidade mas apos um período chega a 0 também.
4	ela diminui. pois a energia cinetica e a velocidade diminuem
5	Ela muda , pois se $Q=m.v$ como a velocidade muda, logo ,se a velocidade muda, a quantidade de movimento muda também.
6	Sim. Pois quanto maior for a massa do carrinho de trás mais longe ele arremessará o da frente, assim como ,quanto mais leve for o carrinho da frente ,mais longe ele será arremessado.
7	colisão inelástica.

**Quadro 89: Aluno 28 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo**

nº	resposta
1	Carro A = MRU; Carro B = MRUV
2	Carro A = MRUV; Carro B = MRUV
3	O carrinho A aumenta a velocidade. O carrinho B perde velocidade.
4	Não se conserva, pois depende da velocidade.
5	Sim. Segundo o gráfico a $Q_{inicial}$ é = a $Q_{final}$ .
6	Sim. Pois a massa afeta a quantidade de movimento e aumenta o impulso.
7	Colisão elástica. Pois eles não continuam juntos na mesma velocidade.

**Quadro 90: Aluno 29 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo**

n <sup>o</sup>	resposta
1	MRUV
2	MRUV
3	O carrinho A acelera e aumenta sua velocidade, enquanto o carrinho B desacelera.
4	Transfere-se de um carrinho para o outro. Não, em um sistema fechado, ela conservaria, porém aqui, há a dispersão por forças de atrito e energias sonora e térmica.
5	Transfere-se de um carrinho para o outro. Sim, o movimento não é dispersado no sistema.
6	Sim, ela aumenta a Quantidade de Movimento.
7	Parcialmente Elástica.

**Quadro 91: Aluno 30 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo**

n <sup>o</sup>	resposta
1	MRUV no primeiro pois ele está se movimentando, perdendo e ganhando velocidade. O segundo carrinho está em MRU, pois está parado.
2	MRUV, pois os dois estão se movimentando e trocando energias.
3	Ela diminui, pois os dois carros se deformam e absorvem energia, além de terem a possibilidade de "resbalar" um pelo outro e fazer com que parte da energia continue sendo dissipada em forma de movimento.
4	Não se conserva, mas sendo uma colisão totalmente inelástica os dois objetos irão se movimentar com a mesma velocidade no final.
5	Não se conserva, ela é dissipada entre os dois carrinhos pois há troca de energias.
6	Sim, além da velocidade a massa dos carros é muito importante, pois é diferente você bater em um fusca a 60 km/h ou em uma ranger a 60 km/h.
7	Inelástica, pois os carrinhos depois da colisão não vão se mover juntos, vão cada um pra um lado.

**Quadro 92: Aluno 31 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo**

nº	resposta
1	MRUV
2	MRUV
3	Ela varia de acordo com a intensidade de impacto.
4	A energia muda, ela se conserva, porém ela se transforma em outros tipos. Pois com o impacto, ela forma energia sonora, energia térmica e energia cinética.
5	Ela se conserva, porém, atua primeiramente no carro em movimento (B), e após a colisão atua nos dois. Ela se conserva como podemos ver no gráfico
6	Sim, porque a intensidade da colisão pode ser medida pelo impacto, que pode ser calculado como a variação da quantidade de movimento. Logo, a força da colisão depende da massa dos carrinhos.
7	Colisão unidimensional.

**Quadro 93: Aluno 32 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo**

nº	resposta
1	MRUV
2	não respondeu
3	Diminui
4	A energia potencial se transforma em energia cinética; Não, pois durante a colisão ela é dissipada
5	Nada; Sim pois a quantidade de movimento antes é igual a quantidade de movimento depois da colisão
6	Sim, porque quanto mais massa mais quantidade de movimento
7	Parcialmente Elástica

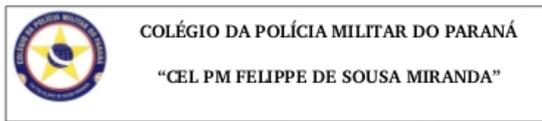
**Quadro 94: Aluno 33 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo**

nº	resposta
1	MRUV do carrinho em movimento
2	MRU
3	A velocidade do carrinho inicialmente em repouso aumenta e a velocidade do segundo diminui
4	Ela não se conserva porque não se trata de um sistema fechado, e por causa disso, se dissipa em forma de som, calor, etc.
5	Sim, pois ela não tem como se dispersar, ao contrário da energia, que pode ser dissipada em termos sonoros, térmicos.
6	Sim, pois a quantidade de movimento depende da massa, assim como a energia mecânica
7	Parcialmente elástica

**Quadro 95: Aluno 34 - Questionário colisão unidimensional carrinhos de brinquedo**

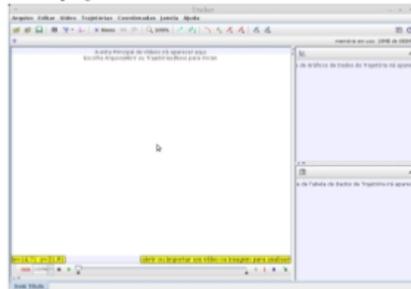
n <sup>o</sup>	resposta
1	MRUV
2	MRUV
3	A velocidade de um é transferida para outra.
4	A energia mecaninca de um carro passa pra outro, se conserva porque a quantidade de movimento é a mesma, e uma pequena parte da energia é transformada em calor e ruído.
5	è a mesma durante o Qantes e o Qdepois, ela fica quase igual e nao se dissipa totalmente.
6	Sim, a massa do carrinho B é maior por isso sua quantidade de movimento fica um pouco maior.
7	Colisao parcialmente elastica.

**APÊNDICE G – TUTORIAL RESUMIDO TRACKER E PLANILHA ELETRÔNICA**

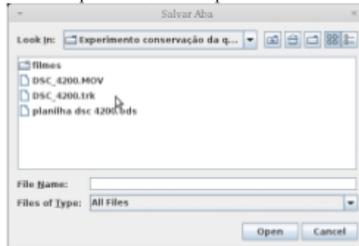


TUTORIAL TRACKER E PLANILHA ELETRÔNICA SOBRE A ATIVIDADE DE COLISÕES UNIDIMENSIONAIS

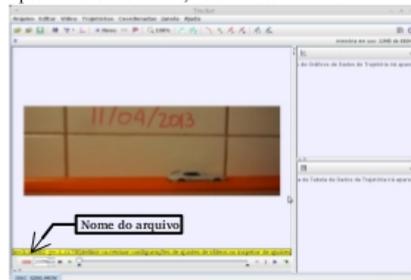
1. Abra o programa Tracker



2. Abra o arquivo \*.MOV correspondente ao seu trabalho.

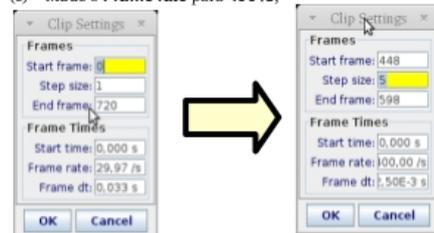


3. Após a abertura do filme, você terá esta visão.

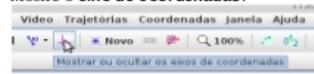


4. Verifique se o filme está livre de problemas e apresenta a colisão com clareza.

5. Clique com o botão direito do mouse sobre o filme. Na janela que se abre, selecione Clip Settings;  
 (a) Indique na janela **Start frame** e o **End frame** desejados;  
 (b) Selecione o **Step size** 5;  
 (c) Mude o **Frame rate** para **400 /s**;



6. Mostre o eixo de coordenadas.



7. Coloque a fita métrica indicando a escala do filme

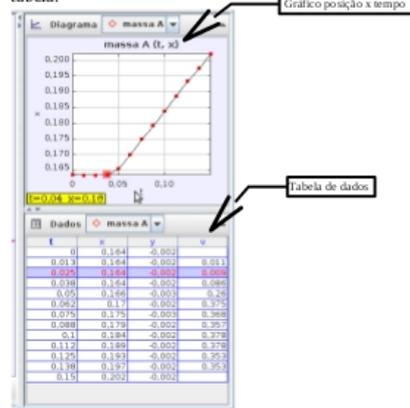


8. Crie duas novas trajetórias para os carros A e B. Denomine de **massa A** o carro que está inicialmente parado e **massa B** o carro que está inicialmente em movimento.



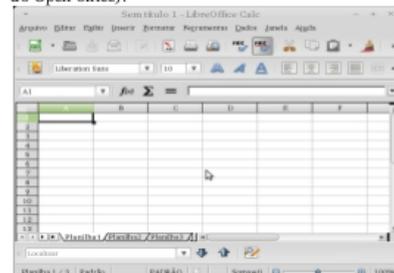
9. Realize a marcação dos pontos referentes à trajetória das massas **A** e **B**. Marque os pontos referentes à trajetória de cada um dos carros com a tecla **SHIFT** e o botão esquerdo do mouse.

10. Após marcar a trajetória, você verá um gráfico da **posição em função do tempo** e abaixo a tabela com os dados obtidos, para cada uma das trajetórias. Adicione a coluna da velocidade à tabela.



11. Salve os dados da trajetória dos carros selecionando **Arquivo** e **Salvar como...** O arquivo deverá ser salvo no mesmo diretório em que o arquivo \*.MOV está e **deve ter o mesmo nome que o filme**. Antes de prosseguir, envie estes dois arquivos para si próprio e para os demais componentes da equipe, por email, afim de ter cópias de backup seguras.

12. Abra um planilha OpenOffice (nada impede o uso do Excel, mas este tutorial foi elaborado com base nos comandos e na interface do Open office).

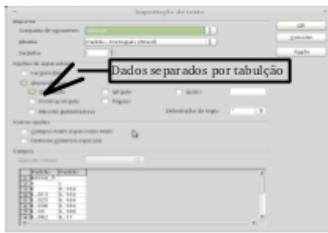


13. Copie os dados tempo **t**, posição **x** e velocidade **v** da tabela, selecionando os dados correspondentes e selecionando os dados como formatado.

Figura 33: Tutorial resumido Tracker e planilha eletrônica - p.1

Fonte: Autoria própria

seguinte janela:



Observe que os dados devem estar separado por tabulação

15. Cole os dados. Os dados deverão estar apresentados como ilustrado abaixo:

tempo	massa A
0	0,164
0,013	0,164
0,025	0,164
0,038	0,164
0,050	0,166
0,062	0,17
0,075	0,175
0,088	0,179
0,1	0,184
0,112	0,189
0,125	0,193
0,138	0,197
0,15	0,202

16. Agora você deverá determinar a velocidade de cada um dos carros **A** e **B**.

	A	B
1	massa A	
2	t	
3		0,164
4		0,164 = (B4-B3)/(A4-A3)
5		0,025
6		0,164

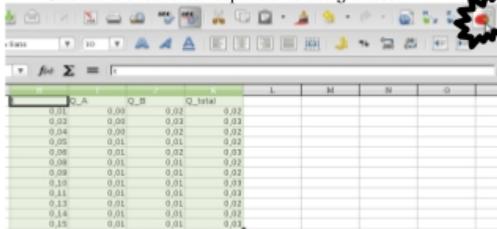
Determine usando a definição de velocidade  $v = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

Copie e cole a fórmula para as células correspondentes.

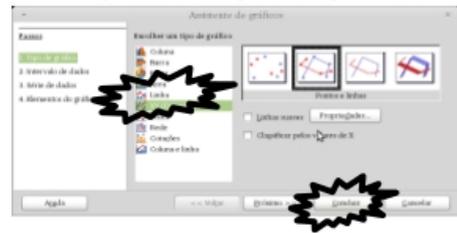
17. Calcule a quantidade de movimento dos carros A, B e a quantidade de movimento total do sistema. Faça uma tabela separada para estas quantidades e o tempo. Formate os dados para o número de algarismos significativos adequados.

tempo	Q <sub>A</sub>	Q <sub>B</sub>	Q <sub>TOTAL</sub>
0,01	0,00	0,02	0,02
0,03	0,00	0,03	0,03
0,04	0,00	0,02	0,02
0,05	0,01	0,01	0,02
0,08	0,01	0,02	0,03
0,09	0,01	0,01	0,02
0,10	0,01	0,01	0,02
0,11	0,01	0,01	0,02
0,13	0,01	0,01	0,02
0,14	0,01	0,01	0,02
0,15	0,01	0,01	0,02

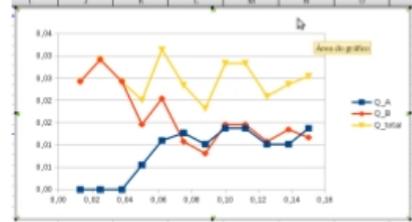
18. Faça um gráfico da quantidade de movimento em função do tempo. Comece selecionando a colunas do tempo, Q<sub>A</sub>, Q<sub>B</sub> e Q<sub>TOTAL</sub>. Selecione o ícone correspondente aos gráficos.



19. Selecione o gráfico de XY (Dispersão). Clique em concluir.



20. O gráfico obtido será semelhante ao ilustrado abaixo.



21. Clique com o botão direito do mouse e selecione inserir títulos. Nomine o gráfico e cada um dos eixos de modo apropriado.

22. Faça o mesmo, determinando a energia cinética, fazendo o gráfico correspondente.

23. Salve o arquivo e envie para si próprio e para os demais componentes da equipe, por e-mail, afim de ter cópias de backup seguras. Você deverá utilizar estes arquivos mais tarde e precisará de uma cópia. Caso deseje abrir o arquivo no Excel, será necessário salvar no formato \*.xls.

Figura 34: Tutorial resumido Tracker e planilha eletrônica - p.2

Fonte: Autoria própria