



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA DO AMAZONAS - IFAM  
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO BÁSICA E FORMAÇÃO DE  
PROFESSORES - DAEF  
COORDENAÇÃO DE LICENCIATURA EM FÍSICA**



**GUILHERME ALMEIDA MONTOLI**

**O USO DE VIDEOANÁLISE NO ENSINO DE COLISÕES EM UMA  
ESCOLA PÚBLICA DA CIDADE DE MANAUS**

**MANAUS – AM  
2019**

**GUILHERME ALMEIDA MONTOLI**

**O USO DE VIDEOANÁLISE NO ENSINO DE COLISÕES EM UMA  
ESCOLA PÚBLICA DA CIDADE DE MANAUS**

Monografia apresentada ao curso de graduação em Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas Campus Manaus Centro, como requisito para obtenção do grau de licenciado.

**Orientador:** Dr. João dos Santos Cabral Neto

**MANAUS – AM  
2019**

---

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

---

M757u Montoli, Guilherme Almeida.

O uso de vídeoanálise no ensino de colisões em uma escola pública da cidade de Manaus. / Guilherme Almeida Montoli. – Manaus, 2019.  
98 p.

Monografia (Licenciatura em Física) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Centro, 2019.  
Orientador: Prof. Dr. João dos Santos Cabral Neto.

1. Física – estudo e ensino. 2. Aprendizagem significativa. 3. Recursos tecnológicos. I. Cabral Neto, João dos Santos. (Orient.) II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. III. Título.

CDD 530.07

**GUILHERME ALMEIDA MONTOLI**

**O USO DE VIDEOANÁLISE NO ENSINO DE COLISÕES EM UMA  
ESCOLA PÚBLICA DA CIDADE DE MANAUS**

Monografia apresentada ao curso de graduação em  
Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação,  
Ciência e Tecnologia do Amazonas Campus Manaus  
Centro, como requisito para obtenção do grau de  
licenciado.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. João dos Santos Cabral Neto

IFAM - CMC

---

Prof. Dr. José Anglada Rivera

IFAM - CMC

---

Prof. Msc. Fabrício de Oliveira Farias

IFAM - CMC

**MANAUS – AM**

**2019**

*Dedico este trabalho a Deus, que me deu uma  
chance de recomeçar a graduação.*

## **AGRADECIMENTOS**

Quero agradecer primeiramente a Deus por ter me dado saúde e oportunidade de estar concluindo uma etapa da minha vida. Agradecer também minha mãe, Naila Emília, e meu padrasto, Cristiano Campos, que sempre me apoiaram nos meus estudos.

À minha noiva, Mavila Martins, que me mataria se eu não escrevesse minha monografia (inclusive apagou todos os meus jogos e não me deixou mais ficar assistindo meus animes), mas fez tudo isso por amor a mim e este amor não será em vão! (Te amo!)

Também agradecer a minha família, em especial, minha avó, minha tia Nora e meu tio Valbson que muito me ajudaram neste último período da faculdade.

Aos professores, por serem os principais motivadores do curso/profissão, dando suportes para almejar as demais etapas dos estudos e por orientar nos projetos envolvidos durante o curso. Em especial ao meu orientador, professor João Neto, que me inspiro bastante e vejo também como excelente professor, o qual trabalhei junto e fui orientado com Projeto de Iniciação Científica – PIBIC, além do fato de ter me aguentado bastante, e não me esganado, durante estes anos.

Aos amigos da faculdade, Brunna Gabriela, Edson Tavares e Ivan Roque que ajudaram muito na estruturação da minha monografia, pelo apoio e toda instrução nos últimos anos da minha graduação. Agradeço também a todos com quem pude rir junto, embora os caminhos diferentes com os quais nos deparamos e tomamos!

*Educação não transforma o mundo. Educação muda as pessoas. Pessoas transformam o mundo.*  
(Paulo Freire, 1968)

## **RESUMO:**

Esta monografia destaca o uso de videoanálise no ensino de colisões. Como podemos tratar os casos em que a colisão não é perfeitamente elástica (ou inelástica) e descrever o fenômeno? Os casos reais comumente observados não são os que têm  $\varepsilon = 0$  ou  $1$ . Consideramos que a colisão entre dois objetos em que uma bola cai ao chão é frontal e que as massas dos objetos sejam conhecidas; as velocidades inicial e final da bola serão determinadas com o software Tracker e com elas podemos conhecer o coeficiente de restituição. O objetivo desta pesquisa foi de avaliar como o uso de simuladores computacionais, por meio problema da colisão unidimensional (para casos em que o coeficiente de restituição assume valores  $0 < \varepsilon < 1$ ), pode ser significativo (ou não) para o ensino de Física. A pesquisa aqui apresentada é de abordagem quali-quantitativa descritiva, que, na parte quantitativa procura envolver a obtenção de dados descritivos sobre pessoas, lugares e processos interativos pelo contato direto do pesquisador com a situação estudada, procurando compreender os fenômenos segundo a perspectiva dos sujeitos, ou seja, dos participantes da situação em estudo. Ao se enquadrar como uma pesquisa qualitativa, as abordagens utilizadas para tais fins foram a pesquisa-ação que pode ser rotulado de tal forma quando houver realmente uma ação por parte das pessoas implicadas no processo investigativo, visto partir de um projeto de ação social ou da solução de problemas coletivos e estar centrada no agir participativo e na ideologia de ação coletiva. São trabalhados seis momentos, em que o primeiro momento é referente aos conteúdos prévios dos alunos. O segundo momento é sobre a apresentação do conteúdo de colisões. O terceiro momento se dará pela apresentação do Tracker. O quarto momento é a aplicação da pesquisa-ação no problema das colisões. O quinto momento foi a videoanálise. O sexto e último momento foi a aplicação do questionário final. Apesar dos esforços os alunos não obtiveram uma aprendizagem significativa por falta de conhecimentos prévios para entender os assuntos ministrados em sala de aula e com a utilização do Tracker.

**Palavras-chave:** Tracker. Aprendizagem Significativa. Ensino de Física. Pesquisa-ação.



## **ABSTRACT:**

This monograph highlights the use of video analysis in the teaching of collisions. How can we handle cases where the collision is not perfectly elastic (or inelastic) and describe the phenomenon? The real cases commonly observed are not those with  $\varepsilon = 0$  or  $1$ . We consider that the collision between two objects in which a ball falls to the ground is frontal and that the masses of the objects are known; the initial and final speeds of the ball will be determined with the Tracker software and with them we could know the restitution coefficient. The objective of this research was to evaluate how the use of computer simulators, through the one-dimensional collision problem (for cases in which the restitution coefficient assumes values  $0 < \varepsilon < 1$ ), can be significant (or not) for teaching Physics. The research presented here is of a descriptive qualitative and quantitative approach, which, in the quantitative part, seeks to involve obtaining descriptive data about people, places and interactive processes by the direct contact of the researcher with the studied situation, seeking to understand the phenomena from the perspective of the subjects, that is, of the participants in the situation under study. When framed as a qualitative research, the approaches used for such purposes were the action research that can be labeled in such a way when there is really an action on the part of the people involved in the investigative process, seen from a social action project or from the solving collective problems and being centered on participatory action and the ideology of collective action. Six moments are worked on, in which the first moment refers to the students' previous content. The second moment is about the presentation of the collision content. The third moment will be the presentation of the Tracker. The fourth step is the application of action research to the collision problem. The fifth moment was video analysis. The sixth and final moment was the application of the final questionnaire. Despite the efforts the students did not obtain a significant learning due to lack of previous knowledge to understand the subjects taught in the classroom and with the use of the Tracker.

**Keywords:** Action research. Physics teaching. Tracker Meaningful learning.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Caminhada subsunçora.

Figura 2 - Zona cinza.

Figura 3 - Apresentação dos conteúdos de colisões aos alunos.

Figura 4 – Adicionando a fita métrica

Figura 5 - Os passos de um projeto de Pesquisa-ação.

Figura 6 - Grupo 1 realizando a videoanálise.

Figura 7 - Alturas encontradas pelo grupo 1.

Figura 8 - Velocidades encontradas pelo grupo 1.

Figura 9 - Grupo 2 realizando a videoanálise.

Figura 10 - Alturas encontradas pelo grupo 2.

Figura 11 - Velocidades encontradas pelo grupo 2.

Figura 12 - Grupo 3 realizando a videoanálise.

Figura 13 - Alturas encontradas pelo grupo 3.

Figura 14 - Velocidades encontradas pelo grupo 3.

Figura 15 - Grupo 4 realizando a videoanálise.

Figura 16 - Alturas encontradas pelo grupo 4.

Figura 17 - Velocidades encontradas pelo grupo 4.

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Resultado da questão 1 do questionário de conhecimentos prévios.

Gráfico 2 - Resultado da questão 2 do questionário de conhecimentos prévios.

Gráfico 3 - Resultado da questão 4 do questionário de conhecimentos prévios.

Gráfico 4 - Resultado da questão 5 do questionário de conhecimentos prévios.

Gráfico 5 - Resultado da questão 6 do questionário de conhecimentos prévios.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultado da questão 1 do questionário de conhecimentos prévios.

Tabela 2 - Resultado da questão 2 do questionário de conhecimentos prévios.

Tabela 3 - Resultados da questão 3 do questionário de conhecimentos prévios.

Tabela 4 - Resultado da questão 4 do questionário de conhecimentos prévios.

Tabela 5 - Resultado da questão 5 do questionário de conhecimentos prévios.

Tabela 6 - Resultado da questão 6 do questionário de conhecimentos prévios.

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

**IFAM** – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas

**CMC** – Campus Manaus Centro

**QPS** – Quadros por segundo

**PCN+** – Parâmetros Curriculares Nacionais

**MEC** – Ministério da Educação e Cultura

**LDB** – Leis de Diretrizes e Bases

**PIBIC** – Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica

**BNCC** – Base Nacional Comum Curricular

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	14
1. ASPECTOS IMPORTANTES NO ENSINO DE FÍSICA.....	16
1.1 A FÍSICA PRESENTE NA BNCC E NOS PCN+.....	16
1.2 PROBLEMAS ENCONTRADOS NO ENSINO-APRENDIZAGEM DE FÍSICA.....	17
1.3 A NECESSIDADE DO COMPUTADOR MEDIANDO O ENSINO.....	22
1.4 O ENSINO-APRENDIZAGEM DE FÍSICA.....	24
1.5 O ENSINO DE FÍSICA MEDIADOS POR SOFTWARES.....	25
1.6 COLISÕES.....	28
1.6.1 O que são?.....	28
1.6.2 A matemática por detrás das colisões.....	30
2 USO DE FERRAMENTAS TECNOLÓGICAS NO ENSINO DE FÍSICA.....	33
2.1. O pré-requisito para as simulações no ensino de física: a modelagem.....	33
2.2 A modelagem computacional.....	33
2.3 Modelando sistemas físicos.....	35
2.4 MODELLUS.....	36
2.4.1 O software MODELUUS na prática pedagógica no Ensino Médio.....	39
2.5 TRACKER.....	40
2.5.1 Detalhes do software.....	41
3 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA COM RECURSO TECNOLÓGICO.....	43
3.1 O QUE É APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA?.....	43
3.2 CONDIÇÕES PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	46
3.3 OS SUBSUNÇORES.....	47
3.4 ESCOLHENDO O ORGANIZADOR PRÉVIO ADEQUADO.....	48
3.5 USO DE ORGANIZADORES PRÉVIOS COM AJUDA DA TECNOLOGIA.....	49
3.6 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA X APRENDIZAGEM MECÂNICA.....	50
3.7 FORMAS E TIPOS DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	51
3.8 DIFICULDADES NO ENSINO POR APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	53
3.9 AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	55
4 ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	58
4.1 LOCAL E PARTICIPANTES.....	58
4.2 PROBLEMA.....	58
4.3 OBJETIVOS: GERAL E ESPECÍFICO.....	59

4.4 ABORDAGENS UTILIZADAS NA PESQUISA.....	59
4.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	61
4.5.1 Primeiro momento: conteúdos prévios dos alunos.....	61
4.5.2 Segundo momento: apresentação do conteúdo de colisões .....	62
4.5.3 Terceiro momento: apresentação do Tracker.....	64
4.5.4 Quarto momento: aplicação da pesquisa-ação no problema das colisões.....	66
4.5.4.1 Identificação do problema.....	66
4.5.4.2 Reconhecimento: fatos sobre o problema.....	66
4.5.4.3 Planejamento de atividades.....	66
4.5.4.4 Implementação.....	66
4.5.4.5 Monitoramento.....	67
4.5.4.6 Avaliação do efeito das ações.....	67
4.5.4.7 Aperfeiçoamento do plano de ações.....	67
4.5.4.8 Conclusão dos ciclos da pesquisa-ação.....	67
4.5.5 Quinto momento: videoanálise.....	67
4.5.6 Sexto momento: aplicação do questionário final.....	68
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	68
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	87
REFERÊNCIAS.....	89
APÊNDICE A.....	94
APÊNDICE B.....	95
APÊNDICE C.....	96
APÊNDICE D.....	97

## INTRODUÇÃO

A Mecânica é umas das áreas da Física Clássica em que se estuda a dinâmica de um sistema de partículas ou de corpos por meio do formalismo newtoniano em que os referenciais são inerciais. A dinâmica do sistema é descrita e modelada em função das interações entre os constituintes do sistema, isto é, precisamos conhecer as forças que agem sobre cada partícula ou corpo do sistema. A forma convencional de enunciar a base teórica da mecânica é pelas chamadas Leis de Newton.

A interação entre duas partículas pode resultar do contato direto entre elas, como na colisão de duas bolas de bilhar, ou pode ser devido a um campo de força existente na região próxima a uma delas como no caso da interação eletromagnética. O movimento resultante da interação de uma partícula (ou um corpo) em relação a outra é definido pela força de interação entre elas e, portanto, uma vez conhecida a força podemos descrever o movimento dessa partícula

Contudo, se não soubermos a respeito da força de interação entre as duas partículas (ou corpos), mas pudermos aplicar os princípios da conservação do momento linear e da energia, podemos saber sobre o movimento relativo resultante após a interação.

Para, então, facilitar a construção de abstrações se faz uso de softwares de modelagem, pois as simulações de fenômenos organizam mais facilmente os conceitos subsunçores do aluno. Numa simulação a interação do aluno com o problema ocorre sob seu controle, porém é necessária uma orientação sobre a maneira como a simulação deveria ser executada para que se atinjam os objetivos da aula, sem correr o risco de o aluno perder o foco da análise dos princípios e conceitos inerentes ao fenômeno estudado.

Como, então, podemos tratar os casos em que a colisão não é perfeitamente elástica (ou inelástica) e descrever o fenômeno? Os casos reais comumente observados não são os que têm coeficiente de restituição ( $\varepsilon$ ) = 0 (colisão anelástica) ou 1 (colisão perfeitamente elástica). Quando uma bola de basquete é deixada cair ao chão o tipo de colisão é parcialmente inelástica. Cavalcante *et al* (2002) explicam a complexidade de se estudar a dinâmica desse tipo de colisão e apresenta uma proposta em que tratado do caso analisando o sinal sonoro produzido durante os impactos e calcula o coeficiente de restituição.

Neste estudo consideramos que a colisão entre dois objetos em que uma bola cai ao chão (objeto 1 a bola, objeto 2 a Terra) é frontal e que as massas dos objetos sejam conhecidas, m



(massa da bola) e  $M$  (massa da Terra). As velocidades inicial e final da bola serão determinadas com auxílio computacional (software Tracker) e com elas pudemos conhecer o coeficiente de restituição.

Como, então, podemos utilizar um recurso computacional, por meio da Aprendizagem Significativa, para ensinar o que acontece durante uma colisão e calcularmos o coeficiente de restituição utilizando uma bola (objeto 1) e o chão (objeto 2)?

Assim delinear-se os seguintes objetivos da pesquisa: o objetivo geral foi de avaliar como o uso de simuladores computacionais, por meio problema da colisão unidimensional (para casos em que o coeficiente de restituição assume valores  $0 < \varepsilon < 1$ ), pode ser significativo (ou não) para o Ensino de Física. Mas, para ter uma resposta mais eficaz para esse objetivo geral, traçou-se os seguintes objetivos específicos: elaborar levantamento acerca dos conhecimentos prévios dos estudantes em relação aos conceitos envolvidos nas colisões; apresentar o primeiro material potencialmente significativo para dar continuidade ao projeto; apresentar o segundo material potencialmente significativo para os alunos: o software Tracker; replicar os passos da pesquisa-ação na realização da filmagem para posterior videoanálise; calcular, assistido por computador, o coeficiente de restituição do sistema através do software Tracker; e avaliar a aprendizagem obtida pelos alunos ao longo da monografia.

A relevância deste estudo dá-se pelo fato não apenas do assunto de colisões ser pouco abordado no ensino dos alunos (uma vez que além dele estar no dia a dia deles, também está sendo muito utilizado para se entender várias características da matéria através dos famosos aceleradores de partículas que trabalham com colisões, simulações, modelagens e experimentações), como também de se trabalhar com softwares computacionais (que estão sendo utilizados a não muito tempo) como recurso a ser utilizado como material potencialmente significativo na busca de uma Aprendizagem Significativa.

A pesquisa aqui apresentada é de abordagem quali-quantitativa descritiva, que, na parte quantitativa procura envolver a obtenção de dados descritivos sobre pessoas, lugares e processos interativos pelo contato direto do pesquisador com a situação estudada, procurando compreender os fenômenos segundo a perspectiva dos sujeitos, ou seja, dos participantes da situação em estudo. Ao se enquadrar como uma pesquisa qualitativa, a abordagem utilizada para tal fim foi a pesquisa-ação que pode ser qualificada quando houver realmente uma ação por parte das pessoas implicadas no processo investigativo, visto partir de um projeto de ação social ou da solução de problemas coletivos e estar centrada no agir participativo e na ideologia

de ação coletiva. Utilizando-se técnicas padronizadas de coleta de dados, tais como questionário e observação sistemática, e como análise de interpretação de dados foi adotado a análise de conteúdo. São trabalhados seis momentos, em que o primeiro momento é referente aos conteúdos prévios dos alunos. O segundo momento é sobre a apresentação do conteúdo de colisões. O terceiro momento se dará pela apresentação do Tracker. O quarto momento é a aplicação da pesquisa-ação no problema das colisões. O quinto momento foi a videoanálise. O sexto e último momento foi a aplicação do questionário final.

O capítulo 1 apresenta aspectos importantes do ensino de Física e o tema específico de Física a ser abordado: colisões. O capítulo 2 apresenta o uso de ferramentas tecnológicas no ensino de física e descreve o software a ser utilizado: Tracker. O capítulo 3 apresenta a teoria utilizada no trabalho (aprendizagem significativa) e como esta pode ser trabalhada através do recurso tecnológico. O capítulo 4 apresenta a metodologia a ser utilizada, assim como detalhes referentes à execução do projeto. O capítulo 5 apresenta os resultados alcançados e discussões sobre como ocorreu o projeto.

## **1 ASPECTOS IMPORTANTES NO ENSINO DE FÍSICA**

### **1.1 A FÍSICA PRESENTE NA BNCC E NOS PCN+**

De acordo com a BNCC (p. 540, 2018) os fenômenos naturais e os processos tecnológicos estão ligados por meio da Física, a relação entre matéria e energia propõe ações e processos produtivos que melhoram as condições de vida do público em massa.

A BNCC propõe a habilidade de analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, energia e de movimento, estes sendo situações cotidianas, estes considerados processos produtivos (p. 541, 2018).

Já os PCN+ nos informam que estudar os movimentos requer, inicialmente, identificá-los, classificá-los, aprendendo formas adequadas para descrever movimentos reais de objetos - carros, animais, estrelas ou outros. Mas requer, sobretudo, associá-los às causas que lhes dão origem, às interações que os originam, a suas variações e transformações. Como prever trajetórias ou movimentos após colisões, freadas, quedas? Que materiais escolher para minimizar os efeitos de uma colisão? Quais recursos utilizar para aumentar a eficiência do trabalho mecânico humano, em termos de máquinas e ferramentas? (p. 71, 2018).

O estudo dos movimentos inclui também acompanhar as conquistas do ser humano para locomover-se, desenvolvendo tecnologias que permitam seu deslocamento de forma cada vez mais rápida de um lugar a outro do planeta, e até mesmo fora dele e, para isso, concebendo continuamente materiais, projetos de veículos e potências de seus motores. A partir da observação, análise e experimentação de situações concretas como quedas, colisões, jogos, movimento de carros, reconhecer a conservação da quantidade de movimento linear e angular e, por meio delas, as condições impostas aos movimentos (PCN+, p. 72, 2018).

## 1.2 PROBLEMAS ENCONTRADOS NO ENSINO-APRENDIZAGEM DE FÍSICA

A Física descreve o mundo a sua volta por representações que conceituem os fenômenos observados no cotidiano. Nesse procedimento investigativo, cada situação-problema que surge precisa ser analisada por meio de ferramentas de medida que quantifiquem as variáveis que controlam o fenômeno observado. Esse fato já exige um mínimo de conhecimento matemático para se iniciar uma aula de Física. Portanto, a Matemática básica é indispensável para que se entenda as interpretações da Física a um dado fenômeno.

O problema é que o professor está diante da seguinte situação: como iniciar o estudo de Física se a maioria dos alunos não possuem uma base matemática necessária para a construção da modelagem dos fenômenos investigados?

Uma possível solução temporária seria o professor trocar de função na aula, deixando de ser professor de Física para ser professor de Matemática, tentando suprir a deficiência de um conhecimento prévio indispensável que o aluno já deveria possuir, mas não o tem ou está deficiente.

O professor é obrigado a começar uma revisão, não de Física, mas de Matemática. Nessa revisão, antes de propriamente começar a ensinar Física, o professor teria que descobrir e tentar corrigir lacunas de aprendizado de Matemática que deveriam ter sido assimilados pelos alunos em séries anteriores.

A deficiência matemática em muitos casos é tão alta que essa revisão tem que ser aprofundada a ponto de se tornar uma aula inédita para muitos alunos, tomando considerável tempo da aula de Física. Caso não haja essa revisão matemática, se torna muito difícil de se prosseguir a aula.

Ao seguir com este tipo de intervenção, surge outro problema: como deixar de remeter a Física à Matemática se para começar uma aula de Física o professor deve deixar sua função principal de lado, ensinar Física, para ter que ensinar Matemática?

O professor de Física, muitas vezes, passa boa parte do tempo da sua aula revisando Matemática uma vez que a maioria dos alunos apresentam muitas dúvidas sobre as operações e equações utilizadas. O professor deve estabelecer um tempo para a revisão de Matemática, senão a aula acaba (muitas vezes isso é o que acontece), e a impressão que se dá aos alunos é que a aula de Física é uma aula de Matemática mais complicada! (JUNIOR, p. 24, 2011)

Na visão de Teodoro (2002), a ponte entre a observação dos fenômenos do mundo real e a representação destes de uma maneira idealizada e menos complexa também é paradoxal.

Se por um lado, na simplificação da realidade, os cientistas criam modelos científicos estruturados em ferramentas matemáticas que criam pressupostos baseados em leis e princípios físicos, no qual seu uso possibilita a criação de parâmetros que devem ser testados e validados, por outro lado, é justamente o saber lidar com esses parâmetros que gera dificuldades no aprendizado de Física pelos alunos (JUNIOR, p. 25, 2011).

Outros autores reforçam que o principal fator desencadeador dessa dificuldade no aprendizado de Física surge da própria natureza dessa ciência que lida com conceitos que, na maioria das vezes, exigem níveis de abstração que precisam de provocações mentais oriundas da matemática para ser entendida. (MOREIRA, 1997; NOGUEIRA et al, 2000).

O fato de lidar com conceitos abstratos que estão enraizados a matematizações obriga grande parte dos professores, fugindo da “obrigação” de ensinar Matemática, passar a “ensinar Física por meio da simples memorização de fórmulas para resolução dos problemas, cuja origem e finalidades, são na maioria das vezes, desconhecidas pelos alunos”, (VEIT e TEODORO, 2002, p.88).

Isso acaba moldando uma imagem equivocada da Física para muitos estudantes, que pensam que a Física “se estrutura num amontoado de fórmulas que só servem para serem escolhidas apropriadamente na resolução de problemas” (MEDEIROS e MEDEIROS, 2002, p.82).

Esses fatos criam na cabeça dos alunos uma imagem da Física de difícil compreensão, sem nenhuma ligação com a vida real deles e, desta forma, dificultando bastante uma aprendizagem de forma significativa; de tal forma que os alunos acabam enxergando a Física como “Matemática aplicada”.

Moreira (2000) afirma que como a escola ainda se preocupa em ensinar conceitos fora de foco, tais como o de “verdade absoluta”, “causalidade simples, única e mecânica”, ligados ao princípio da autoridade do professor, acabam retrocedendo e dificultando o processo de ensino-aprendizagem.

Uma educação, alicerçada nos moldes conceituais citado acima, tende a gerar indivíduos “educados” com personalidades passivas, dogmáticas, autoritárias, inflexíveis e conservadores, ou segundo Moreira (2000, p.41) “resistentes a qualquer tipo de mudança para manter intacta a ilusão da certeza”.

Conforme aponta Tavares (2003), a deficiente preparação matemática dos alunos e a pré-existência de concepções relacionadas com o senso comum e não com a lógica científica, levam ao insucesso no processo de ensino-aprendizagem de Física.

Outro problema apontado tem origem ou na prática de métodos de ensino-aprendizagem ainda defasados com os meios pedagógicos modernos vigentes (Internet, softwares educacionais), ou no uso desses meios pedagógicos de forma inadequada (VEIT e TEODORO, 2002).

É preciso uma estratégia de ensino que busque metas de estímulo do aluno ao aprendizado da disciplina, sem deixar o foco dos objetivos das aulas se perderem de forma a não os fazer enxergar a ação das leis da Física em cotidiano.

Mais um problema encontrado no ensino [agora não somente o] de Física é referente às partes político-pedagógicas adotadas pela maioria das instituições de ensino de nosso país, que visam principalmente os exames de vestibulares, estruturados basicamente em questões fechadas, como as de múltipla-escolha, que impedem, de certa forma, a livre expressão intelectual dos alunos.

E como aprovação no vestibular é o “sinônimo de sucesso” para as escolas (principalmente as privadas), essa busca pela aprovação, indiretamente exige dos professores uma prática em sala de aula no qual se priorize a simples transmissão sem discussão dos conteúdos, para que se termine no tempo certo (antes do vestibular) os programas dos exames, fazendo-se uso dos macetes. Os professores passam a ministrar aulas de Física, superficialmente, sem discussões, para que busquem tempo de cumprir todo o programa da disciplina no tempo hábil do ano letivo. Ainda nessa visão, Castro (2006, p.4), afirma:

Aceitemos que o papel da escola seja ensinar boas teorias. Mas para que funcione, é preciso que o aprendizado não apenas seja prático, mas seja profundo e que, de fato, o aluno domine com intimidade o que está sendo aprendido. O dilema é que, para

entrar no Superior, o aluno é bombardeado com tal plethora de conhecimentos que não há tempo para aprender nada com a profundidade necessária. Ou seja, o ensino acadêmico para o mundo do vestibular é diferente do ensino, também acadêmico, para o mundo real. Somem-se a isso as diferenças de aptidão de cada aluno para as disciplinas mais acadêmicas e abstratas.

Essa superficialidade das aulas faz com que elas sejam ministradas com pouco recurso pedagógico, na maioria das vezes, limitado à lousa, pois assim se torna mais rápida a aula e sobra tempo para acelerar novos tópicos da disciplina.

Nessa pressa de ensinar a disciplina de qualquer jeito, como se os conteúdos fossem um tipo de mercadoria que se vende sem escolha, aos estudantes, fica complicado se criar espaços para troca de ideias, conflitos de opiniões, que poderiam ter sido provocadas pelo professor. (JUNIOR, p. 27, 2011).

Além de muitas vezes o professor de Física ser formado em outra área, conforme apontam Pires e Veit (2006), a metodologia de ensino expositivo behaviorista, empregada na formação acadêmica de grande parte dos licenciados dos cursos de Física espalhados pelo país, contribui para o desinteresse de seus próprios alunos por essa ciência no momento que a criação de teorias ou contribuições dos alunos são logo descartadas por esses profissionais. De tal forma que o aluno muda seu comportamento pelo condicionamento, em que para aprender, deve adquirir mudanças desejáveis e tende a torna-se apenas um receptor das informações trazidas do professor. Isso pode gerar um crescente desinteresse dos alunos e conseqüentemente um agravamento no processo de ensino-aprendizagem.

As aulas ministradas pelos professores acabam sendo planejadas basicamente em cima de resolução de exercícios pouco próximos da realidade dos alunos e priorizando as matematizações. Listas de exercícios com níveis de dificuldades crescentes, que muitas vezes, tomam todo o tempo de uma aula sacrificando possíveis discussões que poderiam surgir sobre as situações-problema em estudo, caso não se privilegiasse cálculos que poderiam ter sido executados, por exemplo, por um programa de computador.

A reduzida carga horária da disciplina Física (3 horas/semanais) obriga os professores a ministrarem suas aulas de forma rápida, sem discussão, sem troca de ideias, sem retorno das opiniões dos alunos acerca de um fenômeno investigado, obrigando os professores a selecionarem os conteúdos considerados importantes e causando uma abordagem extremamente superficial dos conteúdos, dando a impressão que a Física é mais um ramo da Matemática (PIRES e VEIT, 2006).

Esses fatos contribuem de um lado para que se enraíze uma cultura entre os estudantes, de que a Física é uma disciplina de difícil compreensão, sendo vista como “disciplina de malucos”, que poucos têm condições de entender seus domínios e, na outra frente, às políticas-pedagógicas adotadas pela maioria das instituições de ensino de nosso país, muito contribuem para essa concepção dos estudantes, criando um ciclo vicioso de dificuldades que engessa o processo de ensino-aprendizagem. Gleisser (2000, p.4), afirma que “ensinar Física não é fácil, aprender menos ainda”, isso nos mostra mais um motivo para que a prática pedagógica, especificamente nas aulas de Física, busque meios de interação mais atrativos para o aluno, de forma a ajudar o seu aprendizado.

Uma boa estratégia em direção ao progresso na aprendizagem de Física, seria o uso da Internet, por isso mesmo, o auxílio do professor é indispensável para manter o foco no assunto a ser estudado. O uso da TIC no ensino pode servir de estímulo tanto em atividades presenciais, quanto em atividades à distância, despertando a curiosidade dos alunos, orientadas pelo professor, podem favorecer discussões e melhorar o processo de ensino-aprendizagem.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) destacam a ferramenta computacional como uma das possibilidades no ensino que podem favorecer o processo de ensino-aprendizagem, sugerindo uma reflexão baseada nas necessidades de renovação de saberes, particularmente na relação entre a Física e a Tecnologia. As interações aluno-máquina-professor sendo uma constante na construção do conhecimento podem tornar o aprendizado mais fácil.

Os softwares computacionais visam uma maior interação do aluno de Física com a teoria abordada, na busca de aproximar e reduzir as crescentes dificuldades no processo de compreensão e aprendizagem dos conteúdos de Física pelos alunos do Ensino Médio, decorrentes principalmente pela falta de interesse dos alunos pela disciplina.

Mas apenas o uso do computador não garante sucesso na aprendizagem, nesse ponto, é que Pires e Veit (2006) alertam que a TIC deve ser usada como uma alternativa a mais e de uma forma adequada no processo de ensino-aprendizagem que, não apenas divirta os envolvidos, mas que faça do computador uma ferramenta cognitiva para a aprendizagem de Física (PIRES e VEIT, 2006).

### 1.3 A NECESSIDADE DO COMPUTADOR MEDIANDO O ENSINO

Cálculos demorados e repetitivos podem ser processados em poucos segundos pelo computador. As simulações põem as imagens em movimento e mostram de maneira mais clara, o que se quer demonstrar, ganhando-se tempo na matéria abordada em sala de aula e ampliando o horizonte da imaginação do alunado sobre o estudo de um determinado fenômeno. Numa perspectiva mais ampla quanto ao uso do computador, Chaves (2005, p.23) relata:

A introdução dos computadores no ensino fundamental e médio não é consequência de um modismo, tendo em vista que a resolução do Governo brasileiro de aplicar a informática no processo educacional resulta da necessidade de minimizar alguns dos problemas do nosso sistema de ensino.

Na elaboração de aplicações computacionais dirigidas ao ensino-aprendizagem, as mesmas podem se orientar pelo Instrucionismo, no qual há uma ênfase na transmissão da informação ao aluno, com o progresso do ensino estruturado no aperfeiçoamento de técnicas de transmissão da informação, ou podem se orientar pelo Construcionismo, no qual o computador é um mediador para que o aluno construa o conhecimento, aprendendo através de um atitude ativa (PAPERT, 1994 apud SANTACHE e TEIXEIRA, 2002).

A construção de significados a partir da reprodução do que é ensinado, orienta o aprendiz na reelaboração de sua ideia inicial para os conceitos pertencentes ao conhecimento científico. O que se torna significativo para o aprendiz passa a fazer parte da sua representação visão de mundo possibilitando relacionar outras situações a outros indivíduos em diferentes níveis de interação.

Enquanto o paradigma da escola tradicional se baseia na centralização do saber no professor, que tem por função transmitir conhecimento de forma linear, compartmentado e acabado, no qual o aluno é um receptor passivo se responsabilizando pelo seu aprender (CARRAHER, 1986), no paradigma construtivista, o aluno é considerado como um ser ativo que gerencia sua própria aprendizagem: pensando, articulando ideias e construindo representações mentais na solução de problemas, constituindo-se no gerador de seu próprio conhecimento.

A educação deverá operar segundo este novo paradigma. Isso implicará em professores mais bem qualificados, não para empurrar a informação ao aluno, mas para saber criar situações onde o aluno “puxa” a informação. O conhecimento deverá ser fruto do processamento dessa informação. Isso exigirá do aluno a compreensão do que está fazendo para saber tomar decisões, atuar e realizar tarefas. (VALENTE, 1999, p.21).

A mudança de um para outro paradigma pode ocorrer desde que se estabeleçam discussões com os envolvidos no processo ensino-aprendizagem na busca de uma práxis



pedagógica. Essa práxis do paradigma construtivista, segundo Valente (1998), deve conscientizar o professor de que ele não é o detentor do saber, e assim tornar a aprendizagem uma prioridade com o controle de seu processo no aluno para que ele construa seu conhecimento.

Teodoro (2000) defende que o modelo construtivista deve proporcionar maior interação entre a estrutura cognitiva do aluno e a forma (didática) como os conteúdos são inseridos em sala de aula, não sendo apenas o único método a ser abordado pelos profissionais da área educacional.

Quando uma situação-problema é proposta pelo professor ao aluno e este a considera perturbadora, diferente da sua concepção anterior a essa situação em análise, ocorre a instalação do conflito cognitivo proporcionado por essa situação problema, possibilitando ao aluno um aumento do seu conhecimento com a evolução de sua visão de mundo. Essa situação-problema perturbadora é uma estratégia de facilitar a descoberta das ideias prévias dos alunos, ou seja, de suas concepções alternativas (MORTIMER, 1992).

Essas estratégias de conflitos cognitivos, proporcionadas pela inserção de situações-problemas perturbadoras, para Solomon (1983) e Santos (1998), podem propiciar mudanças conceituais significativas. As preconcepções podem continuar a existir, e a ajudar o aluno na compreensão das novas informações que lhes são ensinadas.

Quando o aluno diante de uma situação-problema consegue usar suas ideias prévias, o mesmo consegue iniciar um processo de compreensão do fenômeno analisado, de forma mais efetiva, no qual seu raciocínio passa a interagir entre a nova informação que deve ser aprendida, e a informação pré-existente, que alicerça a compreensão do novo conhecimento (JUNIOR, p.33, 2011).

O uso das TICs exige novas formas de aprender, e por isso novas competências também são exigidas do professor, além de novas formas de realizar o trabalho pedagógico nas áreas de Ciências. É preciso continuidade na formação de professores. Ambientes informatizados podem ser utilizados como elementos que influenciem positivamente a mediação do processo de aprendizagem (REIS et al., 2002).

Os métodos tradicionais de ensino, limitados a lousa, que excluem totalmente o uso do computador, correm o risco de não formarem indivíduos que sejam cidadãos desse mundo contemporâneo que está atrelado à tecnologia de uso crescente (como podemos observar através do crescimento e maior utilização da educação 4.0). Então, para tornar o indivíduo consciente

do mundo a sua volta é crucial que novos avanços na formação dele ocorram. Imaginar um aluno que acabara de terminar o Ensino Médio numa escola onde ele esteve longe do ambiente tecnológico, é prever que esse aluno facilmente ficaria a margem da sociedade.

Introduzir o computador na escola é uma forma de promover o processo de ensino-aprendizagem, quando por exemplo, usamos um software específico de uma disciplina para ensinar queda livre de corpos. Com o uso dos recursos de um software direcionado a aplicação que se quer numa aula, podemos gerar ambientes interativos de aprendizagens diferenciados do ensino tradicional, desde que apoiadas em estratégias de ensino adequadas que foquem a construção do conhecimento pelo aluno.

É no espaço escolar que deve haver a transformação e formação integral de um ser crítico e contemporâneo. Segundo Brasil (1999, p.62), deve se garantir o acesso aos saberes, e conduzir o aluno ao “domínio dos princípios científicos e tecnológicos (aplicações computacionais) que presidem a produção moderna e ao conhecimento das formas contemporâneas de linguagem”.

A relação custo-benefício para o uso de um ambiente informatizado em um laboratório virtual de Física é um ponto positivo para seu uso, tendo em vista as verbas pequenas para a educação em nosso país, sem contar as limitações de ordem operacional que exigem predisposição e qualificação de profissional capacitado, aumentando consideravelmente os custos de operação.

O uso pedagógico do computador de maneira racional, apoiado numa metodologia e didática adequadas, pode ser um facilitador no processo de ensino-aprendizagem de Física, pois favorecem ambientes de discussões com os participantes, no qual estratégias de resolução de problemas podem ser exploradas pelos alunos por meio de softwares apropriados (JUNIOR, p.36, 2011).

#### **1.4 O ENSINO-APRENDIZAGEM DE FÍSICA**

No ensino de Física, a identificação das teorias cognitivas de aprendizagem que busquem a construção do conhecimento pode gerar discussões favoráveis à compreensão dos conceitos e fenômenos físicos. Quando um fenômeno físico é explicado pelo professor e a ideia transmitida não corresponde àquela que o aluno já detinha sobre tal fenômeno, ocorre a inquietude conceitual e o professor pode usar isto para trabalhar estratégias de confronto de ideias dos alunos.

Uma dessas estratégias que Moysés (1997) aponta é que o professor busque estratégias que faça o aluno expor suas ideias, assim se cria condições para que se detectem as apropriações conceituais dos fenômenos vistos pelos alunos. Para internalização do aprendizado do aluno para conceitos científicos, deve haver uma relação consciente entre o sujeito e o objeto do conhecimento de forma hierarquizada, sendo o professor um constante mediador nessa relação.

No entanto, para fazer o aluno explicar um fenômeno, conforme apontou Moysés (1997), é fundamental que haja um intercâmbio entre o conteúdo que está sendo aprendido e o professor, para evitar ao máximo perdas de raciocínio no foco do conteúdo em estudo.

E para auxiliar o professor nesse controle do foco em aula, podem ser elaborados guias de estudo que centralizem o assunto investigado nos objetivos propostos à aula.

As relações entre os conhecimentos científicos e os adquiridos no cotidiano são fundamentais para o processo ensino-aprendizagem em Física e se dá através de discussões. A ocorrência de discussões é imprescindível numa aula, visto que elas promovem abstrações graduais no raciocínio do aluno, com diferentes graus de generalização, gerando progressos consideráveis no aprendizado do aluno.

A formação dos conceitos deve partir de confrontos entre o conhecimento cotidiano e o científico, pois à medida que as discussões ocorrem e se desenvolvem, as divergências enriquecem o meio da aula dando lugar a um relacionamento que busca a proximidade entre os tipos de conhecimentos (JUNIOR, p.37, 2011).

O aprendizado é alcançado, segundo um processo complexo de elaboração pessoal do aluno, onde a escola e o professor devem contribuir, dentre outras coisas, com a elaboração de situações desafiadoras em que o aluno se sinta instigado a participar, questionar e num grau mais aprimorado de aprendizado, comunicar-se em grupo.

O aluno deve se sentir valorizado em atividades coletivas que propiciem a discussão e a elaboração conjunta de ideias e de práticas.

## **1.5 O ENSINO DE FÍSICA MEDIADO POR SOFTWARES**

A Física necessita da Matemática para descrição e análise dos fenômenos observados na natureza. Essa ligação entre as duas ciências é fundamental para que se façam previsões de acontecimentos.

A descrição dos fenômenos para serem estruturados num programa de computador, se dá via modelos matemáticos que são representados por funções, equações, relações, dentre outras entidades matemáticas, que os estruturam e lhe dão suporte.

Segundo Medeiros e Medeiros (2002), o fato da Física lidar com conceitos abstratos, a torna ainda mais dependente da Matemática, e na maioria das vezes, mais difícil de ser compreendida.

Porém, Tavares (2003) afirma que como um fenômeno observado pode ser analisado de forma simplificada, ou seja, pela sobreposição de fenômenos mais simples que o analisado de imediato, a construção de modelos matemáticos que estruturam a situação-problema investigada se torna menos complexa. Segundo o autor, essa peculiaridade que abrange a maior parte da Física, possibilita que se construam experimentos extremamente controlados, podendo ser ainda isolados apenas os fenômenos que se desejam analisar.

Reportando-se às dificuldades quanto ao ensino de Física, Teodoro (2002), aponta que elas também emergem porque muitos estudantes não dispõem de ambientes computacionais em que possam explorar de maneira interativa o campo matemático (funções, equações diferenciais etc.) necessários nos estudos dos fenômenos Físicos.

Segundo Teodoro (2002), fundamentado na investigação sobre a aprendizagem das ciências e da matemática, e na investigação em interfaces entre computador e o utilizador, essa nova perspectiva de uso do computador no ensino, apresenta as seguintes características:

- a. a aprendizagem é um processo ativo de criação de significados a partir de representações;
- b. a aprendizagem decorre numa comunidade de prática em que os estudantes aprendem a partir do seu próprio esforço e a partir de orientação externa;
- c. a aprendizagem é um processo de familiarização com conceitos, com ligações entre conceitos e com representações;
- d. as interfaces baseadas na manipulação direta permitem aos estudantes explorarem conceitos concreto-abstratos, como é o caso dos conceitos físicos, mesmo quando possuem uma competência reduzida na utilização de computadores.

Para Rocha e Campos (1993) as metodologias e modelos para avaliação de um software educacional estão baseadas nos propósitos desses softwares quanto: a confiabilidade conceitual,

ou seja, sua integridade para um dado propósito; e na sua confiabilidade quanto a representação, ou seja, em sua manipulação, utilização ou operacionalidade.

Para Nogueira et al (2000, p.517):

Os softwares apresentam as mesmas alternativas para alunos com diferentes graus de desenvolvimento cognitivo e diferentes concepções sobre o tema abordado. Além disso, é claro que os softwares assim concebidos não podem lidar com questões subjetivas, ou seja, com a própria linguagem, concepção e nível cognitivo do aluno, aproximando-se tanto quanto possível da interação professor-aluno na relação ensino-aprendizagem, que propiciaria uma aprendizagem realmente significativa.

As publicações especializadas no ensino de Física apontam sugestões práticas para diferentes usos da Informática nessa ciência. Segundo Veit e Teodoro (2002), há três categorias para os trabalhos publicados em ensino de Física:

1. princípios e ideias gerais sobre a possibilidade de uso de novas tecnologias no Ensino de Física;
2. o uso de um determinado software e seu entorno docente;
3. aquisição automática de dados em laboratórios didáticos de Física.

Os autores alertam para o fato de que em nenhuma dessas categorias é dada a devida importância à discussão sobre softwares de modelagem no ensino-aprendizagem de Física.

Medeiros e Medeiros (2002), afirmam que a funcionalidade dos softwares é muito diversificada no ensino de Física, indo desde aqueles que só representam um fenômeno em estudo, sem que possibilite mudanças de parâmetros, até softwares que podem ser usados para aferições de temperatura e fluxo de calor em tempo real.

Porém, poucos softwares se direcionam para simulações com o uso da modelagem, requisito importante para o estudo diferenciado de situações-problemas específicas da Física, pois, sem o recurso da modelagem, o professor é obrigado e limitado a simular aquilo que o software traz como recursos. No caso de softwares de modelagem, há a possibilidade ilimitada do professor criar situações-problemas que sejam mais próximas da realidade do grupo dos seus alunos.

Um professor usando um software em que não haja o recurso da modelagem, tendo que simular para seus alunos a queda de um objeto do alto de um edifício, tendo como caráter limitante a condição de que o corpo caí sempre sem a resistência do ar. E se um desses alunos indagasse: “Professor, quero ver como esse objeto cairia do edifício se estivesse ventando, ou seja, havendo nesse caso, a resistência do ar”. Sem modelagem, ao professor só caberia usar a

imaginação desse aluno para explicar, e com a modelagem, o professor poderia justamente criar uma situação-problema em que houvesse a possibilidade de o objeto cair com a resistência do ar, pedindo ao aluno para simular a queda com vento do objeto. Esse recurso facilitaria o ambiente de discussões sobre o fenômeno em estudo se aproximando de uma aprendizagem significativa, discutida mais adiante (JUNIOR, p. 41, 2011).

Segundo Rocha e Campos (1993) e Araújo e Veit (2002), softwares voltados para o ensino que estejam estruturados em programas com reconhecimento da linguagem própria do usuário, favorecem a aprendizagem significativa, pois a interface aluno-máquina se torna mais fácil, facilitando o processo de ensino-aprendizagem.

## 1.6 COLISÕES

### 1.6.1 O que são?

A colisão está entre os fenômenos mais comuns e apesar de ser corriqueira, nem sempre nos damos conta da importância desse fenômeno, que quando analisado profundamente forma uma base para o nosso entendimento da estrutura da matéria. A colisão é um evento no qual duas (ou mais) partículas interagem, em que pelo menos uma delas está em movimento, exercem forças entre si por um tempo relativamente curto e nisso a terceira lei de Newton desempenha papel importante devido ao fato dela tratar da reciprocidade entre as forças internas entre as partículas (THORNTON & MARION, 2011).

Quando duas partículas interagem, dependendo do tipo de força envolvida, muitos resultados são possíveis. A interação pode resultar do contato direto entre elas, como na colisão de duas bolas de bilhar, ou pode ser devido a um campo de força existente na região próxima a uma delas como no caso da interação eletromagnética. O movimento resultante da interação de uma partícula (ou um corpo) em relação a outra é definido pela força de interação entre elas e, portanto, uma vez conhecida a força podemos descrever o movimento dessa partícula (NUSSENZWEIG, 2002).

Contudo, se não soubermos a respeito da força de interação entre as duas partículas (ou corpos), mas pudermos aplicar os princípios da conservação do momento linear e da energia, podemos saber sobre o movimento relativo resultante após a interação (HALLIDAY *et al*, 2009).

Uma colisão é denominada elástica (perfeitamente elástica) quando ocorre conservação da energia e do momento linear das partículas (ou dos corpos) envolvidas. A principal característica desse tipo de colisão é que, após o choque, as velocidades das partículas mudam de direção, mas a velocidade relativa entre os dois corpos mantém-se igual.

Se, ao ocorrer uma colisão, não houver conservação da energia cinética, ela será denominada colisão inelástica (endoérgica). Nesse tipo de colisão, a energia pode ser convertida em massa-energia, como, por exemplo, numa colisão nuclear, ou pode haver perda de energia na forma de calor (energia térmica), ocasionando o aumento da temperatura dos objetos que colidiram. Dessa forma, apenas o momento linear é conservado (THORNTON & MARION, 2011).

As colisões inelásticas podem ser classificadas de duas formas: perfeitamente inelásticas e parcialmente inelásticas. Colisões perfeitamente inelásticas: quando ocorre a perda máxima de energia cinética. Após esse tipo de colisão, os objetos seguem unidos como se eles fossem um único corpo com massa igual à soma das massas antes do choque. Colisões parcialmente inelásticas: ocorre conservação de apenas uma parte da energia cinética de forma que a energia final é menor do que a energia inicial. Constituem a maioria das colisões que ocorre na natureza. Nesse caso, após o choque, as partículas separam-se, e a velocidade relativa final após o choque é menor do que a velocidade relativa inicial antes do choque (NUSSENZWEIG, 2002). Por exemplo, quando os objetos se chocam podemos ouvir um som e isso indica que parte da energia cinética, após o choque, é convertida em vibrações dando origem as ondas sonoras. A perda de energia cinética afeta o movimento resultante do objeto: sempre que um objeto cai ao chão, esse colide com a Terra, é ricocheteado, alcança uma determinada altura, cai novamente, é ricocheteado e assim sucessivamente até cessar seu movimento, porque a cada colisão sua energia cinética é dissipada (na forma de som, calor ou na deformação do próprio objeto).

Segundo Nussenzweig (2012), numa situação real, quando dois objetos de chocam frontalmente, há uma perda de energia cinética no sistema da ordem de 3% ou 4% devido a dissipação de calor e produção de ondas sonoras, por exemplo. Esse resultado, por ser pequeno, possibilita a aplicação dos princípios da conservação já mencionados. Para estudarmos a situação real é necessário ter mecanismos que possibilitem medir pequenas variações nas velocidades dos objetos antes e depois da colisão, e assim capazes de estimar o coeficiente de restituição entre os valores  $[0,1]$ .

### 1.6.2 A matemática por detrás das colisões

Uma colisão entre duas partículas é um processo em que uma é lançada contra outra, podendo trocar energia cinética e momento em consequência de sua interação. As “partículas” podem ser corpos macroscópicos ou pertencer à escala atômica ou subatômica. O resultado da colisão pode ser extremamente variado. O estudo das colisões tornou-se hoje em dia um dos campos centrais de atividade em toda a física. Além de ser praticamente o único método disponível de investigação experimental das interações entre partículas subatômicas, o tratamento teórico dessas interações também é formulado atualmente, em grande parte, em termos de colisões (NUSSENZWEIG, 2013).

Se a energia cinética total não é alterada pela colisão, a energia cinética do sistema é conservada (é a mesma antes e depois da colisão). Este tipo de colisão é chamado de colisão elástica. Nas colisões entre corpos comuns, que acontecem no dia-a-dia, como as colisões entre dois carros ou entre uma bola e um taco, parte da energia é sempre transferida de energia cinética para outras formas de energia, como a energia térmica e a energia sonora. Isso significa que a energia cinética não é conservada. Este tipo de colisão é chamado de colisão inelástica (HALLIDAY *et al*, 2009)

Para os casos das colisões inelásticas unidimensionais, é necessário considerar a Lei de Conservação do Momento Linear: (*Momento total  $\vec{p}_i$  antes da colisão*) = (*Momento total  $\vec{p}_f$  após da colisão*)

$$\vec{p}_{1i} + \vec{p}_{2i} = \vec{p}_{1f} + \vec{p}_{2f}$$

A partir de agora, vamos lançar mão da análise vetorial para fazer o tratamento das equações.

$$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f} \quad (I)$$

Nos casos das colisões perfeitamente inelásticas unidimensionais temos que, pegamos o caso em que dois corpos um em repouso (alvo) e outro em movimento (projétil) colidem. Após a colisão, os dois corpos se movem juntos com velocidade  $V$ . Partindo da Equação da Lei de Conservação do Momento Linear, temos:

$$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$$

Adotando  $v_{2i} = 0$ , e  $v_{1f} = v_{2f} = V$ :

$$m_1 v_{1i} = m_1 V + m_2 V$$



$$m_1 v_{1i} = (m_1 + m_2)V$$

Isolando V, temos:

$$V = \frac{m_1 v_{1i}}{m_1 + m_2}$$

E nos casos das colisões perfeitamente elásticas, em que a energia cinética total do sistema é conservada, após a colisão (Energia cinética total antes da colisão) = (Energia cinética total após a colisão) e pode até variar em decorrência da colisão, mas a energia cinética total sistema permanece a mesma, de tal forma que:

$$\frac{1}{2} m_1 v_{1i}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{2i}^2 = \frac{1}{2} m_1 v_{1f}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{2f}^2$$

Fazendo-se as devidas simplificações e agrupamentos, é possível chegar à equação A:

$$m_1 (v_{1i}^2 - v_{1f}^2) = m_2 (v_{2f}^2 - v_{2i}^2)$$

Também devemos considerar que o sistema é fechado podendo dizer que há conservação do momento linear:

$$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$$

Fazendo-se as devidas simplificações e agrupamentos, é possível chegar à equação B:

$$m_1 (v_{1i} - v_{1f}) = m_2 (v_{2f} - v_{2i})$$

Chegou-se a um sistema de duas equações (A e B) e quatro variáveis. Este tipo de sistema é possível e determinado, podendo-se escolher que resultados ficam em função dos outros valores. Neste caso, podemos chegar ao resultado usual (velocidades finais em função das velocidades iniciais).

$$v_{1f} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_{1i} + \frac{2m_2}{m_1 + m_2} v_{2i}$$

$$v_{2f} = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_{1i} + \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} v_{2i}$$

Em conservação de energia prevalece nos estudantes a ideia de transmissão. “É como se algo fosse transmitido do projétil para o alvo” (GRIMELLINI-TOMASINI *et al.* 1993, p.175). Contudo sabemos que as leis de conservação relacionam a energia do sistema em

diferentes instantes, e não mencionam nada sobre como se opera uma “transmissão” de energia. Os estudantes têm resistência em analisar a colisão apenas nos instantes iniciais e finais (GRIMELLINOTOMASINI *et al.* 1993; BROADSTOCK, GEORGE, & VÁZQUEZ-ABAD, 2001), negligenciando o que ocorre durante a colisão. Em situações onde a energia cinética não é conservada (em colisões não elásticas) é comum os estudantes sentirem a necessidade de dar um significado, principalmente à quantidade perdida.

O coeficiente de restituição é uma representação matemática comumente definida nos livros didáticos como a razão das variações das velocidades finais (dos objetos) pelas velocidades iniciais:

$$\varepsilon = \frac{v_{2f} - v_{1f}}{v_{2i} - v_{1i}}$$

Sendo  $v_{2f}$  e  $v_{1f}$  as velocidades finais dos objetos (2, neste caso) e  $v_{2i}$  e  $v_{1i}$  as velocidades iniciais. No caso tratado na monografia, um dos objetos é a Terra e adotando ela como potencial 0 (para efeitos macroscópicos e de cálculos simplificados) sua velocidade inicial e final não são alterados e iguais a 0. Assim, podemos escrever o coeficiente de restituição apenas em função das velocidades de um único objeto (a bola).

$$\varepsilon = \frac{v_{2f}}{v_{2i}}$$

No caso em que  $\varepsilon = 1$ , não houve variação das velocidades e isso significa que a energia cinética do movimento não sofreu alteração, logo conservou-se. Neste caso, dizemos que a colisão é perfeitamente elástica.

No caso em que  $\varepsilon = 0$ , a velocidade final do objeto só pode ser 0 para que haja esta igualdade. Assim sendo, o objeto perdeu toda sua energia cinética e parou. Denominamos, então, a colisão como sendo anelástica.

Há um meio termo entre esses casos, quando o coeficiente de restituição varia entre 0 e 1 ( $0 < \varepsilon < 1$ ). Chamamos esse tipo de colisão como elástica.

## **2 USO DE FERRAMENTAS TECNOLÓGICAS NO ENSINO DE FÍSICA**

### **2.1. O PRÉ-REQUISITO PARA AS SIMULAÇÕES NO ENSINO DE FÍSICA: A MODELAGEM**

O surgimento de teorias factíveis que possam aprimorar a qualidade das análises das situações-problema em estudo, quando analisada em cada etapa de sua construção, paralelamente ao uso do computador, é denominada de modelagem computacional (JUNIOR, p. 42, 2011).

É justamente a modelagem de uma situação-problema que necessite ser investigada que possibilita que ela seja estudada através das simulações. Como simular um fenômeno sem uma modelagem para o estruturar? Não é possível (JUNIOR, p. 42, 2011).

Ao modelarmos matematicamente uma situação-problema, utilizando um computador, percebemos detalhes que poderiam não ser percebidos de outra forma, incrementando um progresso significativo.

Como indica Teodoro (2002), a modelagem pode tornar concreto os objetos formais utilizados pela Física, ou ainda, segundo o autor, esses objetos devem ser moldados em “objetos-para-pensar-com”. Em cada situação-problema apresentada, o aluno poderá alterar os parâmetros iniciais modelando-os as situações-problemas a serem analisadas.

### **2.2 A MODELAGEM COMPUTACIONAL**

Partindo do princípio de que toda simulação de um fenômeno físico em questão carece de um modelo que o defina, é preciso que este modelo se incorpore através da modelagem de um fenômeno em análise, que deve ser estruturado numa linguagem matemática ou esquemas algorítmicos implementados num software para que gerem simulações. Se esta modelagem computacional for bem elaborada, podemos criar simulações interativas com interfaces próximas ao cotidiano do alunado. (JUNIOR, p. 42, 2011).

As respostas das simulações são gráficas ou animadas, e segundo Fiolhais (2003, p.264), os softwares de simulação consistem em: “ações básicas do aluno em alterar valores de variáveis ou parâmetros de entrada e observar as alterações nos resultados”.

O termo modelagem costuma ser usado quando a ênfase é dada à programação do modelo, ao passo que a simulação se refere à situação em que o modelo é uma caixa preta (VEIT e TEODORO, 2002, p.88). Um modelo é uma representação simplificada de um sistema

que pode ser dinâmico, no qual, por exemplo, o tempo, é considerado como variável independente na maior parte dos conteúdos programáticos do ensino médio.

Segundo Gomes e Ferracioli (2004), um modelo é uma ponte de ligação entre a teoria em suas abstrações e a experimentação em suas ações. E para Veit e Teodoro (2002) o termo modelagem é utilizado quando a ênfase é dada à programação do modelo, onde os ambientes de modelagem permitem aos alunos manipularem e construírem modelos físicos próximos a sua realidade.

A introdução de modelagem no processo ensino-aprendizagem tende a desmistificar a imagem da Física inacessível, possibilitando uma melhor compreensão de seu conteúdo e contribuindo para o desenvolvimento cognitivo em geral, pois a modelagem facilita a construção de relações e significados, propiciando que os estudantes testem seus próprios modelos cognitivos, detectem e corrijam inconsistências (HALLOUN, 1994, apud VEIT e TEODORO, 2002).

A modelagem facilita a construção de relações e significados, favorecendo uma aprendizagem construtivista e permitindo também (VEIT e TEODORO, 2002): elevação do nível de processo cognitivo dos estudantes pela generalização de conceitos e relações; definição mais precisas de ideias dos estudantes.

Na tarefa de observação é que o computador se destaca em relação ao lápis e papel. Enquanto que a versão do modelo no papel revela sua natureza estática, em que é privilegiada uma visão instantânea da realidade física, a sua versão computacional é dinâmica na medida em que o modelo pode ser simulado e os resultados desse processamento possam auxiliar na reestruturação e melhoria do modelo inicial, viabilizando, dessa forma, vislumbrar a evolução temporal dessa mesma realidade física (MEDEIROS e MEDEIROS, 2002). Teodoro (2002), enfatiza que o computador e, em particular, o uso do computador como ferramenta de modelação, é considerado peça chave no processo de aprendizagem de Física.

As ferramentas matemáticas usadas no corpo da Física são em sua maior parte grandezas vetoriais (força peso, aceleração, velocidade, impulso, quantidade de movimento), que descrevem e fazem previsões com boa aproximação dos fenômenos observados de um modelo físico idealizado.

## 2.3 MODELANDO SISTEMAS FÍSICOS

Modelagem de fenômenos físicos significa a aplicação das leis e dos conceitos fundamentais na construção de teorias com validades específicas (MEDEIROS e MEDEIROS, 2002, p.83).

A modelagem de um sistema físico está embasada num processo cognitivo de construção de um modelo científico que o descreva. O direcionamento desse processo segue uma teoria subjacente denominada como modelagem esquemática (HALLOUN, 1996 apud ARAUJO e VEIT, 2002, p.25).

No estágio de construção se produzem modelos matemáticos que se baseiam nos esquemas científicos ajudando a resolver matematicamente o caso investigado. As questões que cabem nesse ponto seriam: que coordenadas são as mais apropriadas para descrever a situação-problema analisada? Que leis são aplicáveis a esse caso? Que parâmetros são requeridos pelo problema?

Já no estágio de validação que pode sobrepor ao de construção, considera-se a estrutura do modelo criado, que é alicerçada em questões do tipo: qual a aproximação entre a função que rege o problema e o que é observado no sistema físico de referência?

Quando se deseja verificar se todos os propósitos estão sendo contemplados com o modelo criado ou em construção, questiona-se se o modelo apresentado representa apropriadamente os objetos do problema ou da situação. A questão que se pretende responder não extrapola os limites do modelo construído? Há propriedades secundárias representadas no modelo que poderiam ter sido descartadas?

Segundo Halloun (1996) apud Araujo e Veit (2002), a expansão do modelo inclui:

- usar um dado modelo para descrever, explicar e/ ou prever novas situações físicas pertencentes ao sistema em estudo;
- inferir implicações para outros sistemas físicos de referência do modelo;
- extrapolar o modelo para a construção de novos modelos; essa extrapolação inclui também atividades reflexivas, onde o modelador examina e aprimora seu conhecimento em termos de sua experiência de modelagem.

Assim, os modelos físicos estruturados matematicamente, sofrem constantes adaptações, ou melhor, o resultado da modelagem é estruturado em funções que incorporam o

modelo científico do problema que deve ser representado de forma a manter as propriedades intrínsecas ao fenômeno em análise (JUNIOR, p. 48, 2011).

Modelos científicos são ideais, na medida em que trabalham com objetos ou entidades que não têm existência real na natureza, e são simplificados, pois mantêm apenas as características essenciais dos sistemas ou fenômenos que se pretende representar (TEODORO e VALENTE, 2001, p.42).

As situações-problema investigadas, analisadas no âmbito de ambientes virtuais de aprendizagem, podem melhorar o desempenho dos alunos na sala de aula, pelo uso de múltiplas simulações, corroborando para o processo de ensino-aprendizagem. (JUNIOR, p. 49, 2011).

Quando é possível o uso de múltiplas representações de um fenômeno em estudo, numa simulação, onde o aluno tem a chance de observar simultaneamente, gráficos, tabelas, e animações comparativas de um evento, se dá a possibilidade de construções de relações e significados de forma a permitirem aos alunos testarem seus próprios modelos cognitivos (VEIT e TEODORO, 2002).

Para Oliveira (1997), as simulações representam o “melhor potencial para o uso do computador”, havendo quatro possibilidades quanto à classificação de seu uso no ensino: instrução programada, simulações, aprendizagem por descoberta pelo uso de software, pacotes de aplicativos.

Valente (1993) aponta que o uso do computador na Educação pode auxiliar a resolução de situações-problemas através das simulações e agilizar a produção de textos através dos editores de textos, além de grande uso na Internet.

## 2.4 MODELLUS

O Brasil passa atualmente por um período de grandes reformas na área educacional, principalmente na área de ciências exatas. Sabendo que o êxito das estratégias que visam o estabelecimento de um alto padrão de qualidade requer investimentos tanto na qualificação dos professores, quanto na infraestrutura disponível ao ensino, as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) foram colocadas no centro de diversas iniciativas governamentais que visam a ampliação do uso e acesso de computadores.

O uso das TIC em sala de aula tem o potencial de contribuir para aumento do rendimento dos alunos, apresentando situações-problema em um ambiente altamente motivador e que promove, ao mesmo tempo, o desenvolvimento de habilidades e competências essenciais à era da informação.

A possibilidade de criar animações, com objetos interativos que representam as propriedades matemáticas expressas pelo modelo, torna essa uma rica experiência que permite a exploração de múltiplas representações e a análise de dados em forma de animações, gráficos e tabelas. Dessa forma, é possível atrair atenção para o modelo matemático e para o seu significado físico, ampliando as possibilidades de dinâmicas de ensino. Este programa tem a especial vantagem de permitir, com a utilização de apenas alguns “cliques”, a criação das mais diversas situações de estudo, dando ao aluno a possibilidade de experimentar, em um verdadeiro laboratório virtual que unifica teorias Físicas e Matemáticas, a autonomia de um cientista que tenta descobrir as equações que regem as leis da Mecânica.

O software Modellus é estruturado na linguagem de programação C++, para ser utilizado em atividades off-line e exige que os usuários (alunos e professores) descrevam os modelos físicos analisados pelo uso de modelos matemáticos diversos, definidos a partir de funções de 1º e 2º graus ou a partir de derivadas, taxas de variação e equações diferenciais, todas escritas de forma direta (com exceção das equações diferenciais), ou seja, como se escreve no caderno, dispensando uma codificação de linguagem de programação (JUNIOR, p. 53, 2011).

Para Veit e Teodoro (2002), o Modellus é uma ferramenta cognitiva capaz de auxiliar a internalização de conhecimento simbólico, preferencialmente em contexto de atividades de grupo e de classe, em que a discussão, a conjectura e o teste de ideias sejam atividades dominantes, em oposição ao ensino direto por parte do professor. Segundo esse autor deve haver necessariamente um conhecimento prévio sobre o assunto a ser explorado no software, pois a aquisição de conhecimentos e capacidades é um processo lento e contextual que depende desse conhecimento prévio e de estruturas cognitivas.

Segundo análise feita nos trabalhos de Araujo e Veit (2002), Veit e Teodoro (2002) e Tavares (2003), se constata que a prática metodológica com o uso do software Modellus, ocorreu só após o conteúdo do assunto investigado (Cinemática) ter sido anteriormente visto pelos alunos sem o auxílio do computador.

O software Modellus possui uma interface amigável, já que dispensa os alunos de terem que aprender de início uma linguagem de programação para depois iniciar as simulações. Ao aluno é dada a chance de modelar situações-problema de Física de maneira direta.

Por exemplo, ao aprender a função horária da posição de um móvel,  $x = x_0 + v \cdot t$ , o aluno pode escrevê-la ou utilizá-la da mesma forma na área de trabalho do software. Esse fato aproxima consideravelmente o programa do aluno que, ao fazer uso direto de funções de uma situação-problema específica, pode por exemplo, investigar quase que instantaneamente, as

consequências das mudanças feitas nos parâmetros dessas funções pela associação dessas alterações a observação do comportamento do movimento de uma partícula (JUNIOR, p. 54, 2011).

Pela mudança dos parâmetros do problema em análise e pela exploração de novos valores dos parâmetros, o aluno pode obter conclusões favoráveis ao entendimento das Leis e princípios que regem um fenômeno em estudo, desde que orientados pelo mestre. Ou seja, se apenas equações já prontas são fornecidas como modelos da realidade na qual os estudantes estão inseridos, eles serão colocados numa situação onde nada em suas ideias comuns seja parecido ou reconhecido por eles como Física.

É nesta perspectiva sobre o processo de aprendizagem que se fundamenta o software Modellus, pois o mesmo é uma ferramenta cognitiva que auxilia a internalização de conhecimento simbólico, preferencialmente em contexto de atividades de grupo e de classe, em que a discussão, a conjectura e o teste de ideias, são atividades dominantes por oposição ao ensino direto por parte do professor (TEODORO, 2002).

Sendo o conhecimento científico limitado devido a sua representação da natureza das coisas do mundo real e não da discussão das coisas em si, o usuário através do software Modellus, defende Teodoro (2002), pode refazer essas representações, explorando-as sobre as mais diversas perspectivas, o que facilita a familiarização com essas representações.

A resolução de problemas por simulação deve ser vista como uma importante estratégia de ensino, particularmente para a Física.

Quando os alunos estão diante de situações-problema novas e podem através da simulação detectar seus erros durante o estudo de um fenômeno, passam a buscar novas alternativas, por exemplo, pela modificação dos parâmetros que controlam a situação-problema investigada, desta forma, desenvolvendo seu raciocínio e ampliando sua capacidade de comunicação e argumentação. (JUNIOR, p. 57, 2011).

A análise dos resultados obtidos nas simulações no Modellus, pela alteração dos parâmetros, é inesgotável, possibilitando ao aluno alterá-los quantas vezes julgar necessário para compreensão do fenômeno em estudo durante as aulas em que faz uso do programa, desde que com a orientação e supervisão do professor, tornando o estudante capaz de desenvolver diferentes formas de percepção, de manuseio, de observação, de confronto, de dúvida, de construção conceitual.

Segundo Teodoro (1998), a eficiência do uso do software Modellus no processo de ensino-aprendizagem se orienta por cinco princípios:

1. Começar onde o aluno está;



2. Promover o processamento ativo e a descoberta;
3. Usar modelos matemáticos e representações apropriadas;
4. Usar simulações;
5. Fornecer um ambiente de suporte.

#### **2.4.1 O software Modellus na prática pedagógica do Ensino Médio**

As situações-problemas do cotidiano do aluno podem ser simuladas por orientação do professor num programa que tenha uma interface familiar ao usuário, como é o caso do Modellus, havendo a chance de que sejam construídas mais facilmente, múltiplas representações de uma mesma situação-problema investigada (VEIT e TEODORO, 2002).

O aluno pode dar início a análise de um fenômeno durante a simulação pela manipulação de parâmetros inerentes as situações-problemas investigadas, da mesma forma que aprendeu em sala de aula, pois no Modellus, se pode trabalhar uma função do movimento, por exemplo, com a mesma notação aprendida numa aula de Cinemática; também pode, por exemplo, fazer uma ligação direta entre a função horária do movimento e sua funcionalidade para com um objeto que esteja sendo observado. É como se o aluno pudesse dar “vida” a função horária que acabara de aprender na aula, pois tem a oportunidade de ter o controle total no movimento desse objeto durante uma simulação, escolhendo como e para onde o mesmo pode ou não se deslocar (JUNIOR, p. 52, 2011).

O aluno tem a chance de se inserir na busca pela interpretação e criação do conhecimento sobre um dado assunto, pela observação do comportamento da simulação da situação-problema investigada. Tal fenômeno é observado, por exemplo, quando ele passa a atribuir significados ao conjunto de coisas observadas numa simulação, há a formação de "pontos de ancoragem" para elaboração e ampliação de novos significados sobre a situação-problema investigada, ocorrendo nesse instante, segundo Moreira (1982), a formação da estrutura cognitiva do aluno para aquele determinado fenômeno simulado, e então, a aprendizagem começa a ocorrer, já que inicia-se o processo de compreensão, transformação e armazenagem da nova informação.

## 2.5 TRACKER

Dentre as alternativas na utilização de videoanálise, o software Tracker (BROWN, 2011) foi recentemente apresentado com perspectivas e resultados promissores (BROWN; COX, 2009; OLIVEIRA et al., 2011). Uma das vantagens da videoanálise com o Tracker advém da simplificação dos procedimentos e da eliminação de algumas tarefas intermediárias que surgem quando da análise de fotografias obtidas com máquinas digitais. Por exemplo, nos experimentos desenvolvidos por Catelli e colaboradores (CATELLI et al., 2010) e por Corveloni e colaboradores (CORVELONI et al., 2009), são necessários diversos passos intermediários para a coleta dos dados de posição e tempo.

O uso do Tracker permite integrar essas medidas, uma vez que o software fornece automaticamente os valores de distância a partir de um padrão (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 (o que permite o uso de câmeras digitais diversas). Além disso, os dados de posição e tempo são apresentados em uma tela que possibilita a análise e manipulação desses dados de forma simples e rápida. Por esse motivo, a proposta do Tracker é adequada ao tempo e ao espaço onde ocorreria uma aula de laboratório de física, ou mesmo como apoio a uma aula expositiva.

Uma tentativa interessante de elaboração de um software de videoanálise foi feita por Barbeta e Yamamoto (BARBETA; YAMAMOTO, 2002), porém, o produto desse trabalho não se encontra amplamente disponível para a comunidade, além de fazer uso de tecnologias atualmente extintas, como o formato VHS de vídeo. Daqui destaca-se uma característica fundamental do Tracker: por ser um software livre, permite uma série de iniciativas relacionadas à sua apropriação pelos usuários, como, por exemplo, a distribuição gratuita de cópias do programa, a tradução para idiomas de interesse e a elaboração de diversos manuais de utilização, acarretando vantagens óbvias para seu uso e para a sua divulgação no ambiente escolar (OLIVEIRA et al., 2011). Adicionalmente, esse tipo de interação citada, muito favorecida em uma comunidade de tecnologias livres, permite que o aprendizado ocorra de maneira mais diligente e crítica, ao fazer com que os envolvidos no processo (professores, programadores e estudantes) tornem-se sujeitos ativos na utilização dessas tecnologias e não apenas meros usuários de “caixas pretas” (CELAYA; MARTÍNEZ, 2007; BACON, 2009).

Um procedimento comum nos laboratórios didáticos, alternativo à utilização da videoanálise, é a integração dos experimentos corriqueiros ao computador (DIONISIO; MAGNO, 2007). Contudo, tal abordagem, em ambiente escolar, frequentemente esbarra na

falta de formação dos professores para sua utilização, pois envolve conceitos de eletrônica e programação de computadores, nem sempre acessíveis aos docentes, além da ausência, em geral, de técnicos com tal formação específica nas escolas. Outra solução poderia ser a aquisição de pacotes fechados de experimentos didáticos a empresas do ramo, o que, além dos altos custos envolvidos, torna a escola reféns de pacotes tecnológicos fechados por uma série de protocolos e interfaces proprietárias que não permitem maiores alterações em seu uso, nem inovações significativas nos experimentos propostos. Tais dificuldades podem ser superadas, ao se fazer a opção por um software livre, no caso, o Tracker (BROWN; COX, 2009; OLIVEIRA et al., 2011).

### **2.5.1 Detalhes do software**

É um software livre ligado ao projeto Open Source Physics, este relacionado ao desenvolvimento de programas com códigos abertos destinados ao ensino de física. A ideia é oferecer a professores e estudantes ferramentas computacionais que possibilitem modos diferentes de descrever, explicar, prever e entender fenômenos físicos.

O Tracker pode ser obtido e repassado livremente e, também, está aberto a modificações realizadas pelo usuário. Além disso, é um software de fácil aprendizagem, o que torna relativamente simples seu uso na obtenção de informações relevantes em experimentos didáticos de física. Essa opção pelas tecnologias livres em ensino é corroborada por Pretto, que afirma:

Não podemos mais continuar formando aquele ser humano mercadoria, mão de obra barata para uma sociedade tecnológica. Precisamos, e aí a escola pode ter um importante papel, formar um ser humano programador da produção, capaz de interagir com mecanismos maquímicos da comunicação, um ser humano participativo que saiba dialogar com os novos valores tecnológicos e não um ser humano receptor passivo (PRETTO, 2001, p.220 apud SENA DOS ANJOS, 2008, p. 570).

Em resumo, o Tracker cumpre várias funções no processo de ensino-aprendizagem: permite aos alunos acompanharem a evolução das grandezas físicas em tempo real, pondo fim à mera sequência de passos experimentais em roteiros de laboratórios estruturados ao extremo; permite a manipulação dos dados e a construção dos gráficos a partir de tais observações, fundamental para a construção do conhecimento físico a partir de atividades experimentais (ALVES FILHO, 2004), e, finalmente, permite aos atores deste processo serem agentes ativos na construção, customização e adequação do programa às suas realidades, como, por exemplo, a tradução do Tracker para o português feita pelos autores e já disponibilizada para a comunidade que dá suporte ao programa (TRACKER BRASIL, 2011).

Muitos experimentos fundamentais de mecânica envolvem a medição da posição de um objeto em função do tempo que é, geralmente, feito com o uso de sistemas tipo fotogate (que demandam circuitos eletrônicos compostos de diversos fios, conectores e interfaces que têm, em geral, a limitação de fornecer apenas alguns pares de pontos experimentais para análise). No caso em que interessa demonstrar a relação funcional entre estes pontos – por exemplo, em um experimento de queda-livre, esta relação é uma parábola – é importante existir muitos pontos experimentais, o que é muito facilitado com o uso da videoanálise. Nesse sentido, câmeras digitais comuns, de baixo custo, permitem a gravação de vídeos com taxas de dezenas de quadros por segundo. Por exemplo, com 20 quadros por segundo, a separação temporal entre quadros será de 0,05 s. Assim, após gravar o vídeo, cria-se um mapa de movimento quadro a quadro do objeto cujo movimento está sendo estudado. Com isto, pode-se obter com relativa facilidade dezenas de pontos experimentais a serem analisados a fim de confirmar, investigar, desenvolver e explorar diversas teorias físicas (BROWN; COX, 2009; OLIVEIRA et al., 2011).

O Tracker também apresenta limitações; uma delas é o registro do movimento dos quadros quando o objeto apresenta velocidades muito altas. Para uma câmera com resolução de 20 quadros por segundo, e no caso mencionado, as imagens podem ficar borradas, pois o objeto percorre espaços consideráveis nos intervalos em que o obturador “abre e fecha” dificultando a obtenção dos valores de posição em função do tempo. Sendo assim, há ocasiões que requerem o uso de câmeras com maior resolução temporal (smartphones com resolução de 30 a 60 qps) o que pode encarecer significativamente a realização de experimentos com a utilização do Tracker. Neste contexto, o Tracker desponta como uma alternativa complementar para a análise de movimentos em aulas de física.

Um procedimento típico mediado pelo uso do Tracker consiste na organização do experimento e na filmagem do movimento de interesse. Em seguida, transfere-se o arquivo de vídeo para o programa (que deve estar previamente instalado no computador) e faz-se a marcação dos pontos quadro a quadro. Os procedimentos necessários são explicados nos manuais presentes no programa (BROWN, 2011; TRACKER BRASIL, 2011). Um experimento de queda livre, por exemplo, requer cerca de cinco minutos para ser realizado, e o processo de transferência do arquivo de vídeo e de marcação de dezenas de pontos experimentais é facilmente realizado em menos de 10 minutos por um usuário iniciante. Estas tabelas de dados podem ser analisadas com os recursos presentes no Tracker para realização de ajustes de curvas e obtenção das respectivas equações (DIONISIO; MAGNO, 2007). As tabelas

também podem ser copiadas e manipuladas por meio de programas específicos destinados ao tratamento de dados experimentais, como, por exemplo, o Excel.

O laboratório didático de física da UFRGS possui um tutorial passo a passo para entender mais sobre o software, além de explicações a respeito de demais funcionalidades presentes nele. Link ao lado: <http://www.if.ufrgs.br/cref/uab/lab/tracker.html>

### 3 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA COM RECURSO TECNOLÓGICO

#### 3.1 O QUE É APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA?

A Aprendizagem Significativa (ou APS como iremos descrever daqui para frente) é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva quer dizer não-literal, não ao pé-da-letra, e não-arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende (MOREIRA, p. 13, 2012).

Segundo David Ausubel (1918-2008), este conhecimento especificamente relevante para a nova aprendizagem é denominado, de subsunçor (ou ideia-âncora) e é o nome que se dá a um conhecimento específico, existente na estrutura de conhecimentos do indivíduo, que permite dar significado a um novo conhecimento que lhe é apresentado ou por ele descoberto.

Tanto por recepção como por descobrimento, a atribuição de significados a novos conhecimentos depende da existência de conhecimentos prévios especificamente relevantes e da interação com eles. De subsunçor a subsunçor ocorre o que chamaremos de *caminhada de significados* ou *metamorfose subsunçora*. Este processo é fundamental para que se comece uma estabilidade cognitiva em busca da maior estabilidade cognitiva para o sujeito em questão.

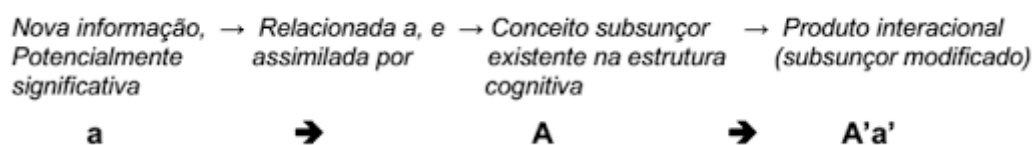
Consideremos o esquema a seguir, onde  $a$  é um novo conhecimento (um conceito, uma proposição, uma fórmula, ...) e  $A$  um subsunçor (um conceito, uma proposição, uma ideia, um modelo, ...) especificamente relevante à aprendizagem significativa de  $a$ :

*$a$  interage com  $A$  gerando um produto interacional  $a'A'$  que é dissociável em  $a'+A'$  durante a fase de retenção, mas que progressivamente perde dissociabilidade até que se reduza simplesmente a  $A'$ , o subsunçor modificado em decorrência da interação inicial. Houve, então,*

*o esquecimento de a', mas que, na verdade, está obliterado em A'.* (MOREIRA, p. 39, 2012).

A figura 1 nos mostra o que fora dito acima.

Figura 1 – Caminhada subsunçora.



Fonte: repositório.ufes.br

Exemplo disso é a Lei da Conservação da Energia aplicada à energia mecânica, resolver problemas onde há transformação de energia potencial em cinética e vice-versa apenas corrobora o conhecimento prévio dando-lhe mais estabilidade cognitiva e talvez maior clareza. Mas se a Primeira Lei da Termodinâmica lhe for apresentada (não importa se em uma aula, em um livro ou em um moderno aplicativo) como a Lei da Conservação da Energia aplicada a fenômenos térmicos ele ou ela dará significado a essa nova lei na medida em que “acionar” o subsunçor Conservação da Energia, mas este ficará mais rico, mais elaborado, terá novos significados pois a Conservação da Energia aplicar-se-á não só ao campo conceitual da Mecânica mas também ao da Termodinâmica.

Através de novas aprendizagens significativas, resultantes de novas interações entre novos conhecimentos e o subsunçor Conservação da Energia, este ficará cada vez mais estável, mais claro, mais diferenciado e o aprendiz dará a ele o significado de uma lei geral da Física, ou seja, a energia se conserva sempre. (MOREIRA, p. 15, 2012).

Por outro lado, o subsunçor Conservação da Energia, poderá servir de ideia-âncora para um outro novo conhecimento: a Conservação da Quantidade de Movimento, uma outra lei geral da Física. Analogamente, a conservação de outras grandezas físicas como o momentum angular e a carga elétrica adquirirão significados por interação com o subsunçor constituído pelas leis de conservação já significativas. Quer dizer, o subsunçor que inicialmente era apenas conservação da energia, agora é também conservação da quantidade de movimento, do momentum angular, da carga elétrica, da corrente elétrica, e de outras grandezas físicas, permitindo inclusive dar significado à não-conservação de certas grandezas como é o caso da entropia.

Progressivamente o subsunçor vai ficando mais estável mais diferenciado, mais rico em significados, podendo cada vez mais facilitar novas aprendizagens. No caso das conservações de grandezas físicas, o aprendiz pode chegar a um “novo subsunçor” – Leis de Conservação – que passa a subordinar todas as conservações anteriores. Ou seja, que se aplica a várias grandezas físicas e a outras não.

Esta forma de aprendizagem significativa, na qual uma nova ideia, um novo conceito, uma nova proposição, mais abrangente, passa a subordinar conhecimentos prévios é chamada de aprendizagem significativa superordenada e não é muito comum porque ela é mais difícil de acontecer; o jeito mais fácil de aprender significativamente é a aprendizagem significativa subordinada, na qual um novo conhecimento adquire significado na ancoragem interativa com algum conhecimento prévio especificamente relevante. Então, ao longo de sucessivas aprendizagens significativas o subsunçor vai adquirindo muitos significados, tornando-se cada vez mais capaz de servir de ideia-âncora para novos conhecimentos.

No entanto, se um dado conhecimento prévio não servir usualmente de apoio para a aprendizagem significativa de novos conhecimentos ele não passará espontaneamente por esse processo de elaboração, diferenciação cognitiva.

Pode ocorrer também que um subsunçor muito rico, com muitos significados claros e estáveis, se oblitere ao longo do tempo, “diminua” de certa forma, no sentido de que seus significados não são mais tão claros. Na medida em que um subsunçor não é frequentemente utilizado ocorre essa inevitável obliteração, essa perda de discriminação entre significados, mas se tratando de aprendizagem significativa a reaprendizagem é possível e relativamente rápida.

Então, quando uma aprendizagem é realmente significativa? Não é, como se possa pensar, aquela que o indivíduo nunca esquece. A assimilação obliteradora é uma continuidade natural da aprendizagem significativa; é uma perda de diferenciação de significados, não uma perda de significados. Se o esquecimento for total, como se o indivíduo nunca tivesse aprendido um certo conteúdo é provável que aprendizagem tenha sido mecânica, não significativa.

O subsunçor, então, se torna um conhecimento estabelecido na estrutura cognitiva e não é um conceito, mas sim um conhecimento prévio especificamente relevante; tal conhecimento pode ser de natureza conceitual, procedimental ou atitudinal. Os subsunçores de Ausubel se referem muito mais ao conhecimento declarativo (conceitual).

Destaque-se ainda que, no âmbito da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, a estrutura cognitiva é um conjunto hierárquico de subsunçores dinamicamente

interrelacionados. Há subsunçores que são hierarquicamente subordinados a outros, mas essa hierarquia pode mudar se, por exemplo, houver uma aprendizagem superordenada, na qual um novo subsunçor passa a incorporar outros. Voltando ao exemplo da Conservação da Energia, pode-se pensar que para um certo estudante esse seja, em uma dada época, um subsunçor hierarquicamente superior a outros conhecimentos de Física que ele adquiriu. Mas ao longo de suas aprendizagens ele poderá construir o subsunçor Leis de Conservação que abrangerá a Conservação da Energia, ou seja, será hierarquicamente superior.

A estrutura cognitiva é um conjunto hierárquico de subsunçores dinamicamente relacionados; um subsunçor hierarquicamente subordinado se relaciona com um subsunçor hierarquicamente superordenado e vice-versa. As hierarquias de subsunçores não são fixas dentro de um mesmo campo de conhecimento e variam de um campo para o outro.

Além disso, a estrutura cognitiva é dinâmica e caracterizada por dois processos principais: a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora. A diferenciação progressiva é o processo de atribuição de novos significados a um dado subsunçor resultante da sucessiva utilização desse subsunçor para dar significado a novos conhecimentos; e a reconciliação integradora é um processo da dinâmica da estrutura cognitiva que consiste em eliminar diferenças aparentes, resolver inconsistências, integrar significados, fazer superordenações. A diferenciação progressiva está mais relacionada à aprendizagem significativa subordinada, que é mais comum, e a reconciliação integradora tem mais a ver com a aprendizagem significativa superordenada que ocorre com menos frequência; os dois processos são simultâneos.

Até aqui o conhecimento prévio “ajudou” na aprendizagem de novos conhecimentos, permitiu dar significados a estes conhecimentos, ao mesmo tempo que foi ficando mais estável, mais rico, mais elaborado. Mas nem sempre é assim: há casos em que o conhecimento prévio pode ser bloqueador, funcionar como o que Gaston Bachelard chamou de *obstáculo epistemológico*. Portanto, sendo conhecimento prévio a variável que mais influencia a aprendizagem significativa de novos conhecimentos não significa dizer que é sempre uma variável facilitadora. Normalmente sim, mas pode, em alguns casos, ser bloqueadora.

### 3.2 CONDIÇÕES PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Essencialmente, são duas as condições para a aprendizagem significativa: 1) o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo e 2) o aprendiz deve apresentar uma



predisposição para aprender. A primeira condição implica 1) que o material de aprendizagem (livros, aulas, aplicativos, ...) tenha significado lógico (isto é, seja relacionável de maneira não-arbitrária e não-literal a uma estrutura cognitiva apropriada e relevante) e 2) que o aprendiz tenha em sua estrutura cognitiva ideias-âncora relevantes com as quais esse material possa ser relacionado (MOREIRA, p. 24, 2012). Quer dizer, o material deve ser relacionável à estrutura cognitiva e o aprendiz deve ter o conhecimento prévio necessário para fazer esse relacionamento de forma não-arbitrária e não-literal.

É importante mencionar que o significado está nos aprendizes e não nos materiais, ou seja, cada um interpretará de forma diferente o mesmo tipo de material. A segunda condição é talvez mais difícil de ser satisfeita do que a primeira: o aprendiz deve querer relacionar os novos conhecimentos, de forma não-arbitrária e não-literal, a seus conhecimentos prévios. É isso que significa predisposição para aprender; não se trata exatamente de motivação, ou de gostar da matéria.

### 3.3 OS SUBSUNÇORES

Sem rejeitar a ideia de que corpos organizados de conhecimento, possuem, de fato, conceitos estruturantes, é mais adequado pensar os subsunçores simplesmente como conhecimentos prévios especificamente relevantes para que os materiais de aprendizagem ou, enfim, os novos conhecimentos sejam potencialmente significativos. Nessa linha, subsunçores podem ser proposições, modelos mentais, construtos pessoais, concepções, ideias, invariantes operatórios, representações sociais e, é claro, conceitos, já existentes na estrutura cognitiva de quem aprende.

Quando a modificação do subsunçor é bastante acentuada fala-se em subsunção derivativa, quando apenas corrobora, reforça o subsunçor, usa-se o termo subsunção correlativa. Por exemplo, quando um aluno de Física resolve vários problemas envolvendo energia potencial e cinética sempre confirmando a conservação da energia mecânica, a subsunção é derivativa. Usando um exemplo já dado na visão geral da teoria, pode-se dizer que quando um estudante aprende que a Primeira Lei da Termodinâmica é um caso particular da Conservação da Energia aplicada a fenômenos térmicos, provavelmente a subsunção é correlativa: o que antes se aplicava à Mecânica agora se aplica também à Termodinâmica. A ideia é simples: em algumas aprendizagens significativas o(s) subsunçor(es) se modificam bastante em outras não.

Quando o aprendiz não dispõe de subsunçores adequados que lhe permitam atribuir significados aos novos conhecimentos, costuma-se pensar que o problema pode ser resolvido com os chamados organizadores prévios, solução proposta até mesmo por Ausubel, mas que, na prática, muitas vezes não funciona. (MOREIRA, p. 29, 2012).

Organizador prévio é um recurso instrucional apresentado em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade em relação ao material de aprendizagem. Pode ser um enunciado, uma pergunta, uma situação-problema, uma demonstração, um filme, uma leitura introdutória, uma simulação. Pode ser uma aula que precede um conjunto de outras aulas. As possibilidades são muitas, mas a condição é que preceda a apresentação do material de aprendizagem e que seja mais abrangente, mais geral e inclusivo do que este.

### 3.4 ESCOLHENDO O ORGANIZADOR PRÉVIO ADEQUADO

Organizador prévio é um recurso instrucional apresentado em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade em relação ao material de aprendizagem; deve precedê-lo, ser mais geral, mais abrangente e mais inclusivo.

Há dois tipos de organizadores prévios: quando o material de aprendizagem é não familiar, quando o aprendiz não tem subsunçores recomenda-se o uso de um organizador expositivo que, supostamente, faz a ponte entre o que o aluno sabe e o que deveria saber para que o material fosse potencialmente significativo. Nesse caso o organizador deve prover uma ancoragem ideacional em termos que são familiares ao aprendiz. Quando o novo material é relativamente familiar, o recomendado é o uso de um organizador comparativo que ajudará o aprendiz a integrar novos conhecimentos à estrutura cognitiva e, ao mesmo tempo, a discriminá-los de outros conhecimentos já existentes nessa estrutura que são essencialmente diferentes, mas que podem ser confundidos.

Segundo Ausubel (1980), o organizador prévio deve:

- a. apresentar no mesmo nível de linguagem dos alunos para que seja compatível ao desenvolvimento do grupo;
- b. possuir nível de abrangência de conhecimentos que sirva de arcabouço ao conteúdo que será aprendido;
- c. relacionar novo conhecimento ao preexistente na estrutura cognitiva do aluno, ou que esse novo conhecimento já tenha sido ao menos visto no geral pelo alunado através de reportagens, revistas, programas de tvs;

d. apresentar de maneira clara e organizada.

Do ponto de vista da pesquisa quantitativa é simples testar a eficácia dos organizadores: toma-se dois grupos aleatoriamente, com um deles usa-se o organizador com outro não, ao final do tratamento faz-se um pós-teste e compara-se o resultado. Depois de muita polêmica – algumas pesquisas acusavam efeito dos organizadores na aprendizagem, outras não – chegou-se à conclusão de que o efeito existe, mas é pequeno (LUITEN et al.,1978).

### 3.5 USO DE ORGANIZADORES PRÉVIOS COM AJUDA DA TECNOLOGIA

Segundo Teodoro (2002), o uso de softwares de modelagem facilita a construção de abstrações, pois as simulações de fenômenos organizam mais facilmente os conceitos subsunçores do aluno.

Numa simulação a interação do aluno com o problema ocorre sob seu controle, porém é necessária uma orientação sobre a maneira como a simulação deve ser executada para que se atinjam os objetivos da aula, sem correr o risco de o aluno perder o foco da análise dos princípios e conceitos inerentes ao fenômeno estudado.

Num vínculo de múltiplas intervenções com o professor, há uma elevação no grau de estrutura dos subsunçores do aluno, aprofundando seus conceitos, que passam a servir como uma alavanca para o aprendizado por descoberta (JUNIOR, p. 64, 2011).

Porém, mesmo num nível de maior abstração é necessário que os organizadores prévios sejam elaborados numa linguagem familiar aos alunos para que sirvam de "pontes cognitivas" entre o que o aluno já sabe e aquilo que ele deveria saber. São as âncoras criadas a fim de manipular a estrutura cognitiva, interligando conceitos aparentemente não-relacionáveis através da abstração, a conceitos já aprendidos (JUNIOR, p. 64, 2011).

A simulação via modelagem computacional incorpora, atualiza e modifica ou os conceitos ou proposições em si do fenômeno em estudo, ou as formas de apresentação destes, favorecendo discussões que podem ser progressivamente diferenciadas, buscando a explicação de um fenômeno em particular, quando já se tenha apresentado uma ideia mais inclusiva.

Teodoro (2002), afirma que numa simulação a simples modelagem de uma situação-problema pode desenvolver o potencial criativo do professor que planeja em detalhes, como simular, por exemplo, o lançamento horizontal de um corpo.

O autor reforça a ideia da descoberta do conhecimento, no qual a simulação possibilitaria também a negociação de significados, entre o aluno e o computador, sem a influência direta do professor.

A livre manipulação de um software, sem nada para orientar o aluno, pode desmotivá-lo naquele momento da aula, ainda mais, quando ele sabe que pode ter a chance de usar outras ferramentas de um computador, como acessar a Internet.

As simulações poderiam funcionar como organizadores prévios, pois segundo Teodoro (2002), uma simulação de qualidade, que esteja modelada com detalhes que aproximem o fenômeno à realidade do aluno, pode facilitar a abstração necessária para a compreensão desse fenômeno em estudo.

Se as simulações puderem ser realizadas num software em que o professor tenha a chance de elaborar situações-problemas específicas ao conteúdo de Cinemática e Dinâmica, os organizadores prévios poderiam ser focados mais precisamente aos propósitos de aula.

A maioria dos softwares de simulação trazem apenas a opção de o professor executá-los sem que haja adaptações destas simulações a uma situação-problema próxima a realidade do alunado. É fundamental, no entanto, que o professor tenha um domínio considerável no conhecimento dos conteúdos que seriam abordados em aula, pois para modelar as situações-problemas que seriam estudadas é necessário fazer uso das funções que controlem um fenômeno e dominar a maioria dos recursos disponíveis.

### 3.6 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA X APRENDIZAGEM MECÂNICA

Tanto a aprendizagem mecânica quanto a aprendizagem significativa ocorrem num continuum. A aprendizagem de conceitos inteiramente novos se faz absolutamente necessário a aprendizagem mecânica, ou seja, a memorização do conteúdo arbitrária e literalmente, desvinculada dos campos subsunçores do indivíduo (AUSUBEL, 1980).

Nesse ponto, Ausubel (1980) apud Pelizzari (2002, p.38):

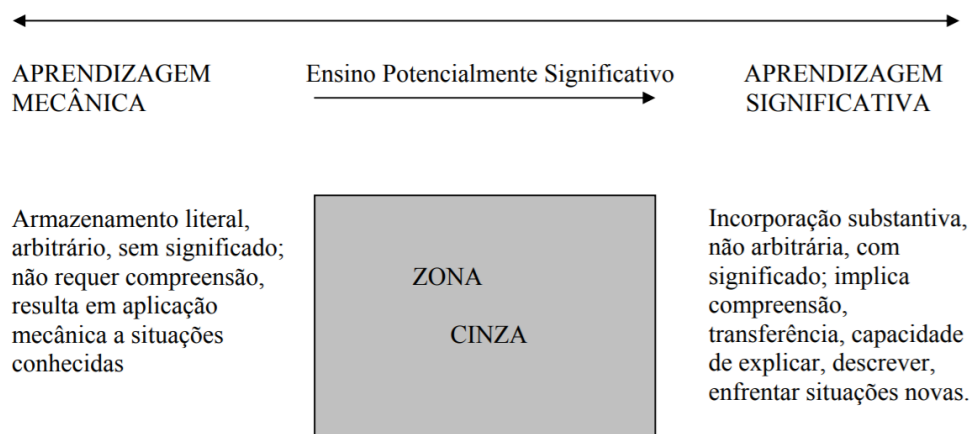
Quando o conteúdo escolar a ser aprendido não consegue ligar-se a algo já conhecido, ocorre o que Ausubel chama de aprendizagem mecânica, ou seja, quando as novas informações são aprendidas sem interagir com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva.

A aprendizagem que mais ocorre na escola é outra: a aprendizagem mecânica, aquela praticamente sem significado, puramente memorística, que serve para as provas e é esquecida,

apagada, logo após. Em linguagem coloquial, a aprendizagem mecânica é a conhecida decoreba, tão utilizada pelos alunos e tão incentivada na escola.

Cabe, no entanto, destacar que aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica não constituem uma dicotomia: estão ao longo de um mesmo contínuo. Tal como sugere a Figura 2, há uma “zona cinza” entre ela.

Figura 2 – Zona cinza.



Fonte: Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares.

### 3.7 FORMAS E TIPOS DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Pode-se distinguir entre três formas de aprendizagem significativa: por subordinação, por superordenação e de modo combinatório. Analogamente, pode-se identificar três tipos de aprendizagem significativa: representacional (de representações), conceitual (de conceitos) e proposicional (de proposições).

A aprendizagem significativa é dita subordinada quando os novos conhecimentos potencialmente significativos adquirem significados, para o sujeito que aprende, por um processo de ancoragem cognitiva, interativa, em conhecimentos prévios relevantes mais gerais e inclusivos já existentes na sua estrutura cognitiva.

A aprendizagem superordenada envolve, então, processos de abstração, indução, síntese, que levam a novos conhecimentos que passam a subordinar aqueles que lhes deram origem. É um mecanismo fundamental para a aquisição de conceitos, como no exemplo dado.

Aprendizagem combinatória é, então, uma forma de aprendizagem significativa em que a atribuição de significados a um novo conhecimento implica interação com vários outros conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva, mas não é nem mais inclusiva nem mais

específica do que os conhecimentos originais. Tem alguns atributos criteriosais, alguns significados comuns a eles, mas não os subordina nem superordena.

Ausubel (1980) norteia a aprendizagem significativa, em aprendizagem representacional, aprendizagem de conceitos e aprendizagem proposicional.

Na aprendizagem representacional ocorre uma associação simbólica primária, no qual há uma atribuição de significados a símbolos.

Nessa aprendizagem ocorre a diferenciação progressiva, no qual um conceito original vai sendo progressivamente detalhado e especializado, evoluindo através das assimilações subordinadas resultando num processo de análise.

Segundo Moreira (1997), a diferenciação progressiva é um princípio compatível com a progressividade da aprendizagem significativa, pois parte de uma ideia mais relevante e inclusiva, por diferenciações e especificidades, que podem surgir através de exemplos, situações e exercícios, gerando desta forma uma nova informação.

Essa nova informação deve ser sempre retomada com a ideia relevante e inclusiva que originou o processo de diferenciação. A nomeação, classificação e definição de funções são exemplos desse tipo de aprendizagem.

A aprendizagem conceitual é uma extensão interdependente da aprendizagem representacional, porém abrangente e abstrata e não-arbitrária (MOREIRA,1999).

Na aprendizagem proposicional, segundo o autor, ocorre o inverso da representacional, pois mesmo necessitando do conhecimento prévio dos conceitos e símbolos, tem como objetivo a promoção da compreensão sobre uma proposição através da soma de conceitos mais ou menos abstratos.

Nesse tipo de aprendizagem há uma tendência a ocorrer a reconciliação integrativa, onde os conceitos originais buscam associações entre si, interligando-se de forma expansiva e sintética.

Segundo Moreira (1982), nessa reconciliação integrativa, o organizador prévio deve explorar explicitamente as relações entre essas ideias, proposições e conceitos, desde que se indiquem as similaridades e diferenças significantes, para que se corrijam inconsistências conceituais.

Portanto, diferentemente da aprendizagem mecânica, na qual o esquecimento é rápido e praticamente total, na aprendizagem significativa o esquecimento é residual, ou seja, o conhecimento esquecido está “dentro” do subsunçor, há um “resíduo” dele no subsunçor.

### 3.8 DIFICULDADES NO ENSINO POR APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel é uma teoria sobre a aquisição, com significados, de corpos organizados de conhecimento em situação formal de ensino. Há poucas décadas dir-se-ia em “sala de aula”. Hoje, na era das TICs, fica melhor falar em “situação formal de ensino” que pode ser em sala de aula (presencial) ou em um ambiente virtual (a distância).

Um corolário óbvio desta premissa é que qualquer intento de facilitar a aprendizagem significativa em situação formal de ensino deve tomar como ponto de partida o conhecimento prévio do aluno no campo conceitual em questão.

Óbvio, porém não observado. A escola, o ensino escolar, não é organizado de modo a levar em conta o conhecimento prévio do aluno. A escola mudaria muito se isso acontecesse. Nas palavras de Postmam e Weingartner (1969, p.62).

Podemos, ao final das contas, aprender somente em relação ao que já sabemos. Contrariamente ao senso comum, isso significa que se não sabemos muito nossa capacidade de aprender não é muito grande. Esta ideia – por si só – implica uma grande mudança na maioria das metáforas que direcionam políticas e procedimentos das escolas.

O conteúdo curricular deveria, inicialmente, ser mapeado conceitualmente de modo a identificar as ideias mais gerais, mais inclusivas, os conceitos estruturantes, as proposições-chave do que vai ser ensinado. Essa análise permitiria identificar o que é importante e o que é secundário, supérfluo, no conteúdo curricular.

No caso de um conteúdo científico, por exemplo, que esteja organizado em torno de duas ou três leis científicas, a abordagem desse conteúdo deveria começar com essas leis, mas de um ponto de vista fenomenológico e conceitual. Progressivamente, elas seriam exemplificadas e modeladas matematicamente, em níveis crescentes de complexidade, até alcançar-se o nível esperado no contexto da disciplina.

No entanto, o que acontece normalmente no ensino de qualquer disciplina na escola é o fato dos conteúdos estão listados em um programa que é seguido linearmente, sem idas e voltas, sem ênfases, e que deve ser cumprido como se tudo fosse importante, ou como se os aspectos

mais importantes deveriam ficar para o final. O resultado desse enfoque é, geralmente, aprendizagem mecânica.

A grande maioria dos livros didáticos não promove a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora. Sua organização é linear, muitas vezes cronológica, começando com o mais simples e terminando com o mais complexo, ou mais difícil. É uma organização lógica, não psicológica. Do ponto de vista cognitivo, a aprendizagem significativa será facilitada se o aprendiz tiver uma visão inicial do todo, do que é importante para, então, diferenciar e reconciliar significados, critérios, propriedades, categorias etc.

Além da diferenciação progressiva, da reconciliação integrativa e dos organizadores prévios Ausubel recomendava também o uso dos princípios da organização sequencial e da consolidação para facilitar a aprendizagem significativa. A organização sequencial trata-se da dependência natural de certos tópicos com aqueles que os antecedem; já a consolidação trata-se do domínio dos conhecimentos prévios de tal conteúdo.

A grande maioria dos recursos utilizados numa aula apresenta um significado lógico, porém, verifica-se que o significado psicológico não é facilmente atingido. Segundo Ausubel (1980), isto se deve: i- parte do conteúdo programático descrito nos materiais instrucionais do currículo não apresenta grande importância ou conexão com a realidade do aluno; ii – não há ordem adequada dos conceitos e ideias analisadas na sequência do material em estudo que se relacione ao conhecimento prévio do aluno de forma a motivá-lo a procura do novo conhecimento; e iii - a falta de exploração de relações entre proposições e conceitos através de discussões mais detalhadas.

Quanto ao item (i), se faz necessário que o material usado como ferramenta numa aprendizagem significativa, seja de preferência individualizado aquela turma de alunos, de forma que durante a execução de uma simulação, haja um compartilhamento de significados.

Quanto ao item (ii), vários livros didáticos, em especial de Física, para uma mesma série do Ensino Médio, alteram a ordem com que os conteúdos e seus tópicos dos assuntos são apresentados aos alunos, variando de um livro para outro livro, causando dúvidas nos professores sobre qual deveria ser a ordem de conteúdos que deveriam ser abordados primeiro, se aqueles indicados no sumário de um livro ou aqueles outros, indicados noutro livro.

Porém, como a ordem hierárquica e sequencial difere de um livro para outro, esse fato acaba provocando a falta de entendimento pelos alunos ao assunto da disciplina em estudo, pois nem sempre o professor está preparado profissionalmente para saber qual assunto abordar



primeiro numa aula para que se criem os subsunçores necessários que deem base conceitual a inserção de novos conteúdos.

Alguns livros, com o intuito melhorar a compreensão das Leis de Newton, apresentam uma reordenação dos tópicos de Mecânica, na qual a conservação da energia mecânica é mostrada somente após um estudo completo da mecânica vetorial, incluindo-se sistemas de partículas e conservação da quantidade de movimento. Ou quando, com a intenção de tratar a associação incorreta que os alunos fazem entre a aceleração e a velocidade, ao invés de associarem a força, se faz um reordenamento nos capítulos de um livro, apresentando Dinâmica antes de Cinemática.

E mesmo que esse livro acompanhe um cd-rom para que se possa executar simulações, é preciso que estas não se limitem apenas a transposição de textos e figuras, pois assim, manteriam também a mesma estrutura lógica encontrada na maioria dos livros, ditos “didáticos”, no qual dificilmente novos subsunçores seriam ampliados ou criados, impedindo a formação do significado psicológico.

Quanto ao item (iii), as discussões detalhadas sobre um assunto em estudo podem ser exploradas na busca de um aprendizado significativo, quando se faz a reconciliação integrativa, ou seja, aquela reconciliação no qual o ensino parta do geral para o particular, descendo e subindo na hierarquia conceitual, levantando os pontos de semelhanças e diferenças, através de comparações entre os tópicos do conteúdo em estudo, corrigindo inconsistências conceituais quando confronta as concepções alternativas dos alunos (AUSUBEL, 1980).

### **3.9 AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

No cotidiano escolar a avaliação é muito mais behaviorista do que construtivista e determina largamente as práticas docentes. O contexto (administradores escolares, pais, advogados, a sociedade em geral) exige “provas” de que o aluno “sabe ou não sabe”. Esse tipo de avaliação baseada no sabe ou não sabe, no certo ou errado, no sim ou não, é comportamentalista e geralmente promove a aprendizagem mecânica, pois não entra na questão do significado, da compreensão, da transferência. Se o aluno sabe resolver um problema, sabe definir algo, sabe listar as propriedades de um sistema, está bem mesmo que não tenha entendido o problema, a definição ou o sistema. (MOREIRA, p. 51, 2012).

A avaliação da aprendizagem significativa implica outro enfoque, porque o que se deve avaliar é compreensão, captação de significados, capacidade de transferência do conhecimento a situações não-conhecidas, não-rotineiras.

A proposta de Ausubel é radical: para ele, a melhor maneira de evitar a simulação da aprendizagem significativa é propor ao aprendiz uma situação nova, não familiar, que requeira máxima transformação do conhecimento adquirido.

O processo de ensino-aprendizagem pode ser facilitado numa aula quando o professor conhecendo a ideia prévia do aluno, ou seja, sua concepção a respeito de um dado assunto, a usa como ponto de partida para levantar contrapontos de discussões de uma situação-problema em análise, e realizando sucessivas intervenções por intermédio de discussões, leve o aluno a busca do entendimento do conteúdo abordado naquele momento da aula.

Segundo Bastos (1991), as ideias preliminares dos alunos sobre um dado conteúdo não devem coincidir com o contexto cientificamente aceito, para que haja uma instabilidade criada pela diferença entre o que o aluno pensa que está certo e o que a ciência nos mostra.

Como exemplo, numa aula sobre queda livre, é comum os alunos pensarem que corpos mais “pesados” cheguem primeiro ao solo do que os corpos mais “leves”, quando são abandonados de uma mesma altura e no mesmo instante, num local onde não há forças dissipativas.

Quando o aluno, diante de uma situação-problema, tem a chance de explicar a mesma com detalhes é possível que sejam ativadas as concepções alternativas relacionadas aquela situação. Na utilização de técnicas em sala de aula, como questionários, entrevistas e apresentação de situações-problemas para a inserção de um novo assunto, Pozo (1998), postula que tais atividades propiciam:

- a. o conhecimento das principais concepções alternativas dos alunos sobre o assunto a ser abordado, auxiliando o educador na elaboração das atividades em sala de aula;
- b. aos alunos situações que busquem o conhecimento de suas próprias concepções alternativas;
- c. discussões entre os alunos, favorecendo a interação entre as concepções alternativas.

Ao inserir uma atividade que aborde situações-problemas com o intuito de evidenciar as concepções alternativas dos alunos, têm-se atividades baseadas na aprendizagem por

descoberta destacada por Ausubel (1980), e que deve seguir pelo menos alguns desses cinco pontos:

- a. o aluno deve confrontar-se com a situação-problema de forma perturbadora, inesperada, surpreendente; Especificamente do Princípio de Pascal, elaborado a partir dos modelos da existência de ar em duas seringas conectadas em um tubo com formato em U.
- b. mediante a situação-problema proposta, os alunos deverão observar e identificar as variáveis implícitas;
- c. o aluno deverá testar ou experimentar este problema proposto;
- d. os alunos deverão organizar e interpretar as ideias resultantes da exposição do problema;
- e. com a compreensão da atividade proposta, o aluno deverá refletir sobre a estratégia de resolução por ele adotada e sobre os resultados obtidos.

Como a estrutura cognitiva do aluno é diferenciada pela idade dele, a complexidade de alguns conteúdos pode dificultar o processo de aprendizagem por descoberta, obrigando o professor a fazer uso muitas vezes de aulas meramente expositivas, ou de forma escrita ou oralmente. (COLL et al, 1998).

Quando o professor e/ou os recursos didáticos disponíveis, evidenciarem as semelhanças e diferenças entre o novo conceito e as ideias prévias dos alunos, ocorre a aprendizagem significativa (MOREIRA e MANSINI, 1982).

Ausubel (1980), orienta que o professor faça uso de técnicas de ensino tanto expositivas, no qual o aluno quase não tem chance de se expressar diante das informações novas, prontas e acabadas, quanto de técnicas discursivas, nas quais sejam favorecidas as opiniões dos alunos sobre um fenômeno em estudo. Nesse momento, as opiniões serviriam de pontos de ancoragem na estrutura cognitiva do mesmo e o professor faria uso desses pontos de ancoragem como estratégia de ação, favorecendo o aproveitamento na aquisição dos conceitos durante a aula de Física.

Portanto, a avaliação da aprendizagem significativa deve ser predominantemente formativa e recursiva. É necessário buscar evidências de aprendizagem significativa, ao invés de querer determinar se ocorreu ou não. É importante que ele ou ela externalize os significados que está captando, que explique, justifique, suas respostas.

Sem dúvida, bastante difícil a avaliação da aprendizagem significativa. Principalmente porque implica uma nova postura frente à avaliação. É muito mais simples a avaliação do tipo certo ou errado, mas o resultado é, em grande parte, aprendizagem mecânica.

## **4 ASPECTOS METODOLÓGICOS**

### **4.1 LOCAL E PARTICIPANTES**

Os participantes deste trabalho são alunos do Primeiro Ano do Ensino Médio, com uma quantidade de 38 (trinta e oito) alunos, a pesquisa foi desenvolvida na Escola Estadual Professor Francisco das Chagas de Souza Albuquerque, concomitante à aplicação do projeto de intervenção do Residência Pedagógica, no mês de novembro. Dos 38, apenas 22 alunos participaram da pesquisa e estes foram denominados de aluno 1, aluno 2, aluno 3, ..., aluno 22.

### **4.2 PROBLEMA**

A situação estudada neste trabalho é uma colisão direta frontal parcialmente inelástica, em que desprezamos qualquer tipo de rotação sofrida pelos objetos envolvidos (somente consideramos a existência de energia cinética de translação). A medição da inelasticidade da colisão é efetuada por meio do parâmetro que compara a velocidade relativa inicial dos objetos antes da colisão com a velocidade relativa final depois da colisão chamado de coeficiente de restituição ( $\epsilon$ ). É um parâmetro que podemos usar para estimar a perda de energia cinética devido a colisão e cujo valor encontra-se entre os limites 0 e 1. Se  $\epsilon = 1$  temos uma colisão perfeitamente elástica (uma bola ao cair de uma certa altura e colidir com o chão retornaria à altura em que foi solta); se  $\epsilon = 0$  temos uma colisão perfeitamente inelástica (uma bola ao cair num caixa de areia teria sua energia cinética totalmente perdida, ficando em repouso após a colisão). Esses limites são geralmente os estudados nos livros de Física Básica.

Como, então, podemos utilizar um recurso computacional, por meio da Aprendizagem Significativa, para ensinar o que acontece durante uma colisão e calcularmos o coeficiente de restituição utilizando uma bola (objeto 1) e o chão (objeto 2)?

### 4.3 OBJETIVOS: GERAL E ESPECÍFICO

- a. Objetivo Geral: Avaliar como o uso do simulador computacional, por meio problema da colisão unidimensional (para casos em que o coeficiente de restituição assume valores  $0 < \varepsilon < 1$ ), pode ser significativo (ou não) para o Ensino de Física.
- b. Objetivos específicos:
  - Elaborar levantamento acerca dos conhecimentos prévios dos estudantes em relação aos conceitos envolvidos nas colisões;
  - Apresentar o primeiro material potencialmente significativo para dar continuidade ao projeto;
  - Apresentar o segundo material potencialmente significativo para os alunos: o software Tracker.
  - Aplicar os passos da pesquisa-ação na realização da filmagem para posterior videoanálise.
  - Calcular, assistido por computador, o coeficiente de restituição do sistema através do software Tracker;
  - Avaliar a aprendizagem obtida pelos alunos ao longo do projeto.

### 4.4 ABORDAGENS UTILIZADAS NA PESQUISA

A pesquisa aqui apresentada é de abordagem quali-quantitativa descritiva, que segundo Godoy (1995):

A pesquisa qualitativa procura envolver a obtenção de dados descritivos sobre pessoas, lugares e processos interativos pelo contato direto do pesquisador com a situação estudada, procurando compreender os fenômenos segundo a perspectiva dos sujeitos, ou seja, dos participantes da situação em estudo. Os estudos denominados qualitativos têm como preocupação fundamental o estudo e a análise do mundo empírico em seu ambiente natural. Nessa abordagem valoriza-se o contato direto e prolongado do pesquisador com o ambiente e a situação que está sendo estudada.

Podemos ressaltar que, ao se enquadrar como uma pesquisa qualitativa, as abordagens utilizadas para tais fins foram à pesquisa-ação. De acordo com Baldissera (2012):

Uma pesquisa pode ser qualificada de pesquisa-ação quando houver realmente uma ação por parte das pessoas implicadas no processo investigativo, visto partir de um projeto de ação social ou da solução de problemas coletivos e estar centrada no agir participativo e na ideologia de ação coletiva (p.6).

E é a partir do problema que o pesquisador manifestou ao longo de sua vida e que ele identificou também nos alunos, é que ele pode agir diretamente tentando sanar as dúvidas do aluno.

Enquanto para Richardson (1999), a pesquisa quantitativa é caracterizada pelo emprego da quantificação, tanto nas modalidades de coleta de informações quanto no tratamento delas por meio de técnicas estatísticas.

Usando como instrumento de coleta de dados o questionário, e como diz Gil (1995, p.46) “utilizam-se técnicas padronizadas de coleta de dados, tais como questionário e observação sistemática”, e como análise de interpretação de dados foi adotado a análise de conteúdo. O questionário de questões abertas e fechadas, que tem como finalidade mostrar identificar os conteúdos prévios que os alunos possuem sobre colisões. De acordo com Chagas (2000): questionário é tão somente um conjunto de questões, feito para gerar os dados necessários para se atingir os objetivos do projeto (p.1). E é nessa linha que será usado o questionário, pois a partir dele será coletado os dados suficientes para relacionar as diferentes respostas dos alunos.

Dentre os procedimentos metodológicos da análise de conteúdo, utilizaremos a categorização, inferência, descrição e interpretação. Não necessariamente podendo ocorrer em ordem sequencial. Para Minayo (2016) no geral, costuma-se, por exemplo, (a) decompor o material a ser analisado em partes; (b) distribuir as partes em categorias; (c) fazer uma descrição do resultado da categoria (expondo os achados encontrados na análise); (d) fazer inferências dos resultados; (e) interpretar os resultados obtidos com auxílio da fundamentação teórica adotada.

O estudo analítico dado a colisões considera a possibilidade de aplicar os princípios da conservação do momento linear e de energia. Neste estudo consideramos que a colisão entre dois objetos em que uma bola cai ao chão (objeto 1 a bola, objeto 2 a Terra) é frontal e que as massas dos objetos sejam conhecidas,  $m$  (massa da bola) e  $M$  (massa da Terra). As velocidades inicial e final da bola serão determinadas com auxílio computacional (software Tracker) de tal forma que satisfaçam as seguintes condições: a conservação do momento linear total antes e depois da colisão ( $\Sigma \mathbf{p} = 0$ ), a energia cinética antes e depois da colisão é conhecida, dar-se-á supondo que as colisões que iremos tratar os objetos (partículas) estão sujeitas apenas às forças internas de interação mútuo durante a colisão. Assistido pelo software Tracker encontramos as

velocidades dos objetos antes e depois da colisão e com elas pudemos conhecer o coeficiente de restituição.

#### **4.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

A pesquisa trabalha com seis momentos, em que o primeiro momento é referente aos conteúdos prévios dos alunos. O segundo momento é sobre a apresentação do conteúdo de colisões. O terceiro momento se dará pela apresentação do Tracker. O quarto momento é a aplicação da pesquisa-ação no problema das colisões. O quinto momento foi a videoanálise. O sexto e último momento foi a aplicação do questionário final.

##### **4.5.1 Primeiro momento: conteúdos prévios dos alunos**

Ocorreu o primeiro encontro com a turma, onde conversamos durante 1 tempo de aula. Nem todos os alunos estavam presentes: apenas 22 dos 38. Nesse momento foi realizada uma síntese do projeto, destacando os principais pontos, tais como: problemática, objetivos, recursos utilizados, atividades e tempo de realização do projeto, já que o tempo de implementação do projeto estava no decorrer do conteúdo do bimestre dos alunos.

Vale destacar que foi de suma importância a participação dos alunos dessa turma no desenvolvimento da pesquisa porque o conteúdo envolvido está contido na ementa curricular do ensino médio, esclarecendo que eles deveriam se comprometer com o cronograma e as atividades.

Os estudantes foram informados que todas as atividades a serem realizadas e utilizadas para a coleta de dados seriam anônimas, de forma que seus nomes não seriam expostos no trabalho de conclusão de curso e que elas seriam desenvolvidas na própria sala de aula e na quadra da própria escola (para a parte da filmagem do experimento), onde eles estudam diariamente. Destacamos que iríamos utilizar no total 8 tempos de aulas, sendo destinados todos os tempos da quinta-feira e os três primeiros tempos da sexta-feira.

Discutindo com os alunos sobre as dificuldades no que diz respeito a aprendizagem de Física, principalmente os tópicos pelas quais eles já estudaram, vários estudantes se manifestaram, expressando assim suas [enormes] dificuldades quanto ao aprendizado nessa disciplina.

Foram elaboradas 6 (seis) perguntas para análise dos conteúdos prévios dos alunos disponíveis no **apêndice A**.

Os alunos ficaram bastante animados com o projeto e aparentemente estavam predispostos. Alguns estavam conversando enquanto eu copiava o questionário dos conteúdos prévios; uma aluna andava pela sala enquanto eu o fazia. O restante dos alunos ficou quieto e copiando, mas demonstravam não entender o conteúdo do questionário; alguns alunos voltaram a conversar enquanto eu copiava o questionário na lousa, mas acabou que todos terminaram de copiar. Após terminar de copiar o questionário, eu os avisei de que as perguntas poderiam (e deveriam) ser respondidas com a maior honestidade possível – ficariam, então, livres para responder como achassem melhor – com a finalidade de não haver interferência na coleta dos dados.

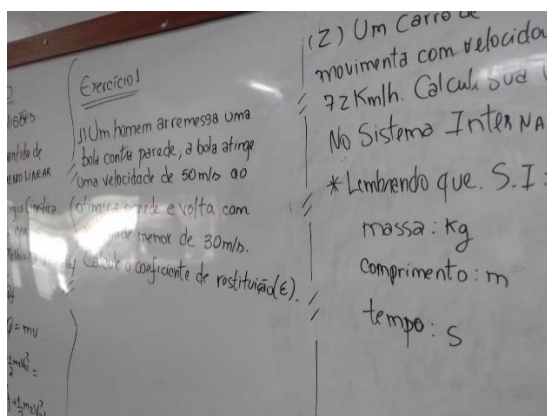
#### 4.5.2 Segundo momento: apresentação do conteúdo de colisões

No segundo momento, no mesmo dia, alguns alunos que chegaram atrasados na escola entraram em sala de aula e perderam o primeiro momento do projeto, mas deu-se continuidade a este mesmo assim. Foi ministrada uma aula (conforme descrita no **apêndice D**) sobre *conservação do momento linear e conservação da energia cinética (Figura 3)* de forma tradicional e sem o auxílio dos slides (uma vez que a escola não o disponibilizou para ser utilizado e o pesquisador também não possui o tal) para melhor entender as colisões.

Em um breve momento, expliquei-lhes o que seria o coeficiente de restituição e demonstrei-lhes suas relações matemáticas envolvendo altura ( $\varepsilon = \sqrt{\frac{h_f}{h_i}}$ ) e velocidade ( $\varepsilon = \frac{v_f}{v_i}$ ) cujas relações mais “grossas” para chegar a estas não lhes foram apresentadas, explicando-lhes o significado de cada termo da equação:  $h_f$  é altura máxima que a bola atinge após o rebote com o chão;  $h_i$  é a altura inicial (a altura em que a bola é solta – considerando apenas um rebote com o chão);  $v_f$  é a velocidade logo após a colisão; e  $v_i$  é a velocidade antes da colisão.



Figura 3 – Apresentação dos conteúdos de colisões aos alunos.



Fonte: MONTOLI, 2019.

A aula de quantidade de momento linear envolvia leitura e interpretação de sua expressão matemática  $m_1v_{1i} + m_2v_{2i} = m_1v_{1f} + m_2v_{2f}$ . Após ministrada a aula de conservação do momento linear, solicitei que eles respondessem a duas perguntas, aparentemente simples, sobre o tema (as perguntas se encontram no **apêndice B**) e os estudantes tiveram bastante dificuldade de respondê-las.

Comecei, então, a busca de outros conhecimentos prévios para tentar solucionar o problema anterior. A aula, agora, era sobre queda livre. Expliquei que se tratava de um movimento no eixo vertical do sistema de coordenadas cartesianas. Após escrever a equação que descreve o sistema  $y(t) = y_0 + v_0t - \frac{1}{2}gt^2$  perguntei-lhes se eles entendiam o que “estava escrito” nesta equação e eles nem mesmo entenderam a pergunta. Disse-lhes que a matemática era a linguagem utilizada para “escrever” problemas físicos e que toda equação possuía um significado. Então, “li a equação” para eles: “ $y(t)$  é a altura em função do tempo; o segundo termo é a altura inicial que o objeto é solto; o terceiro termo é a velocidade inicial em que o objeto é solto vezes o tempo. Como se trata da queda livre, ele é igual a zero; o quarto termo é a aceleração da gravidade multiplicada com o tempo ao quadrado. Indaguei-os sobre que tipo de curva descrevia este movimento, mas os alunos não souberam dizer. Então, escrevi a seguinte equação  $y(x) = ax^2 + bx + c = 0$  e lhes perguntei sobre que tipo de curva descrevia esta equação e eles responderam, na hora, de que se tratava de uma parábola.

Logo após, perguntei se eles entendiam sobre outra equação, a da velocidade da queda livre  $v(t) = v_0 + at$  e disseram-me que nunca a tinham visto também (assim como a da queda livre), mas ao pergunta-lhes sobre que tipo de movimento se tratava, eles, “pegando o gancho”

da resposta anterior, disseram que era uma função linear. Representei, através de desenho, na lousa os respectivos movimentos e os associei ao experimento que haveria nas próximas etapas.

#### 4.5.3 Terceiro momento: apresentação do Tracker

O terceiro momento se deu no terceiro tempo de aula com os mesmos alunos presentes no segundo momento além da obtenção e utilização do Datashow da escola. Também foi solicitado aos alunos que formassem grupos para a etapa seguinte.

Nesse momento começamos a falar sobre a importância de recursos, no caso, o software livre Tracker e pelo próprio aparato experimental nas aulas de física, com o objetivo de conceber ao estudante uma nova oportunidade na busca de uma aprendizagem significativa e consequentemente melhores resultados no seu desempenho.

O Tracker é um software voltado a análise de dados de experimentos físicos. Uma das possibilidades deste programa é a construção de gráficos a partir de dados coletados no vídeo e ajuste de curvas para os fenômenos físicos estudados.

Com o uso do software podemos extrair as informações necessárias que vão facilitar o desenvolvimento do trabalho, como por exemplo, as velocidades de queda e ressalto, assim como as alturas máximas relacionadas a cada ressalto da bola; também podemos extrair o tempo em que a bola permanece no ar e o intervalo de tempo entre as alturas máximas encontradas com a perda de energia entre as colisões da bola com o chão.

Reescrevi a equação do momento linear e perguntei: “Se a bola é a massa  $m_1$ , sim, a bola é a massa  $m_1$ , então quem seria o segundo corpo associado ao movimento?” e eles, com um pouco de dúvida, responderam que(se) seria o chão.

Em seguida, demonstrei algumas funções do software que eles precisariam entender para prosseguir com a videoanálise: o posicionamento do referencial das medidas com o “mostrar ou ocultar os eixos de coordenadas”; “fita métrica com transferidor (assim como descrito na figura 4) → fita de calibração” necessária para o software ter as medidas dos outros objetos em questão; “novo → ponto de massa ” para selecionar o objeto a ser movimento, a bola, no caso; “Ajuste de corte de vídeo → Quadro inicial e quadro final” definindo o tempo de início e fim da queda da bola (usado para editar o tempo de vídeo em que não há análise para ser feita; “Ajuste de corte de vídeo” → para medir os intervalos de tempo da videoanálise; e “Diagrama → escolhendo a segunda opção (para se ter dois gráficos) e escolher em cada um os

termos “ $y$ : componente  $y$  da posição” e  $v_y$ : componente  $y$  da posição para que se analisasse as alturas e velocidades, respectivamente, das quedas da bola.

Figura 4 – Adicionando a fita métrica



Fonte: <http://site.ufvjm.edu.br/revistamultidisciplinar/files/2017/08/Deborah0108.pdf>

#### 4.5.4 Quarto momento: aplicação da pesquisa-ação no problema das colisões

O quarto momento foi concomitante a aula de educação física dos alunos, no quarto tempo de aula e eles começaram a trabalhar a parte prática/experimental da atividade. Segue-se após o minicurso onde aprenderam a trabalhar, superficialmente, com o Tracker. Os alunos se dividiram em 5 grupos com, no mínimo, 5 integrantes cada para a realização do experimento. Foram usadas duas bolas para a realização do experimento (uma de handball e uma de voleibol) e dois grupos faziam suas filmagens simultaneamente, cada um com uma bola.

As etapas ilustradas na Figura 5 são descritas como segue: a Etapa 1, Identificação do Problema, consiste na tarefa do pesquisador em identificar o problema que tenha interesse em resolver ou perguntas que possam ser respondidas com a pesquisa. Na Etapa 2, o pesquisador deve se empenhar em promover uma ampla revisão de literatura em busca de teorias que possam estar alinhadas com fatos relevantes sobre o problema e sirvam para dar suporte à solução do problema identificado na Etapa 1. A Etapa 3, consiste em desenvolver um plano de ações para a solução do problema. Na Etapa 4, o plano de ação desenvolvido na etapa anterior deve ser colocado em prática. A Etapa 5 consiste em monitorar as ações implementadas para saber se os resultados encontrados estão de acordo com o que se esperava para a solução do problema. A Etapa 6 serve para a avaliação do efeito das ações. Esse é um ponto de decisão. Caso as ações implementadas na Etapa 4 tenham sucesso total e o problema tenha sido resolvido, é possível passar diretamente para a Etapa 8. Caso contrário ações corretivas deverão ser implementadas na Etapa 7. A Etapa 7 deverá ser implementada caso o plano de ações elaborado na Etapa 3

necessite de ajustes. Isso deverá ocorrer enquanto os resultados obtidos na Etapa 6 não forem satisfatórios. A Etapa 8 é a etapa conclusiva. Nesse ponto, o problema deverá estar resolvido e os objetivos da pesquisa atingidos com sucesso (COSTA et al, p. 2, 2014).

Figura 5 - Os passos de um projeto de Pesquisa-ação.



Fonte: Adaptado de McKay e Marshall (2001).

#### 4.5.4.1 Identificação do problema

Aparentemente simples, o experimento consiste em deixar uma bola [qualquer] cair de uma altura [determinada pelo grupo] e calcular, com o auxílio do Tracker, o coeficiente de restituição entre a bola e o chão.

#### 4.5.4.2 Reconhecimento: fatos sobre o problema

Não utilizada pois se tratou da aula expositiva ministrada aos alunos.

#### 4.5.4.3 Planejamento de atividades

Os primeiros problemas começaram a acontecer. Quais foram? Como resolver os problemas encontrados na primeira experimentação?

Cada grupo ficou com um aluno encarregado da filmagem e um para soltar a bola, o restante ficou olhando e monitorando a atividade. Disse-lhes apenas que deveriam gravar com o celular na horizontal por conta da leitura que o software faria e que eles deveriam fazer com que a bola caísse o mais reta possível.

#### 4.5.4.4 Implementação

Eles fizeram conforme fora dito e voltei a verificar as filmagens de cada grupo.

#### 4.5.4.5 Monitoramento

Esta etapa da pesquisa consistiu na participação ativa dos alunos na implantação das medidas para mudanças dos processos, com formulação de sugestões e auxílio na validação dos resultados das tarefas.

#### 4.5.4.6 Avaliação do efeito das ações

Após a implementação das correções, quais os resultados obtidos? À medida que se implementava mudanças nos processos, eram feitas reuniões para avaliação dos resultados obtidos e discussão sobre as dificuldades encontradas.

#### 4.5.4.7 Aperfeiçoamento do plano de ações

Novos erros foram encontrados? Sim? Não? Se “Sim”, quais? Voltar para o *Implementação*. Essa etapa proposta no projeto de pesquisa-ação não ocorreu de forma explícita e isolada, isto porque as ocorrências de necessidades de melhorias do plano de trabalho, quando detectadas, eram resolvidas imediatamente. Isto foi possível porque eu, durante o desenvolvimento do projeto, permaneci olhando e reavaliando as filmagens feitas pelos alunos.

#### 4.5.4.8 Conclusão dos ciclos da Pesquisa-ação

Em quantos ciclos os alunos (por grupo) demoraram para determinar, com melhor precisão, o coeficiente de restituição entre os materiais utilizados?

### 4.5.5 Quinto momento: videoanálise

Esta etapa se daria no último tempo do dia 31/10, mas houve um imprevisto (perderam a chave do laboratório) e teve que ser realizada no dia seguinte; eu já havia instalado o software na manhã do mesmo dia. Discutimos, então, sobre o que eles fizeram na quadra; eles não apenas soltaram uma bola contra o chão, mas fizeram ciência. No final da aula, aproveitei para lembrá-los de trazer o cabo USB de seus celulares para fazer a transferência do vídeo do celular para o computador (acabou que eu não havia pensado nesse detalhe e foi bom mesmo que esta etapa ficasse para o próximo dia). No dia 01/11 levei os alunos ao laboratório de informática (um fato interessante de se apresentar é que foi a primeira vez que a turma deles teve acesso ao laboratório de informática da escola, não sendo de se esperar que este esteja em ótimas condições

– já que não é utilizado pelos alunos) e pedi para que eles escolhessem um representante para realizar a videoanálise e os demais apenas os aconselhariam (para que não houvesse muitas pessoas mexendo nos computadores ao mesmo tempo). Menos alunos estavam presentes neste dia do que no dia anterior.

Os estudantes, em primeiro lugar, tiveram que selecionar o melhor vídeo que eles tinham. Orientei-os sobre o que eles deveriam fazer e que anotassem os dados que eles coletariam pela videoanálise. Os lembrei sobre as funções que eles deveriam executar para que a videoanálise fosse bem realizada e os acompanhei enquanto eles o faziam.

Como os alunos tiveram um pouco de dificuldades para trabalhar e analisar todas as etapas das videoanálises e outros ficaram mais empolgados e começaram a trabalhar alterando alguns valores no software, o tempo ficou curto para finalizar as videoanálises. Então, os ensinei a salvar os arquivos em formato Tracker e os instruí a mandar tanto o arquivo Tracker quanto o vídeo utilizado para o e-mail informado. Dos 5 grupos, apenas 1 não o enviou (infelizmente, pois era o segundo grupo que trabalhava com a bola de voleibol).

#### **4.5.6 Sexto momento: aplicação do questionário final**

A etapa final se deu no final do segundo e começo terceiro tempo, visto que os alunos se empolgaram com as videoanálises (aparentemente). Seguiu-se com a aplicação do questionário final, disponível no **apêndice C**, para avaliar os conhecimentos resultantes da aplicação do projeto.

Por conta da falta de retorno do questionário final, pedi aos alunos que elaborassem uma redação acerca do que eles passaram com o projeto e do que lhes acontecera na disciplina de Física ao longo do ano.

### **5. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Considerando a participação dos 22 alunos na pesquisa, num primeiro momento foi aplicado em sala de aula um questionário de conhecimentos prévios dos alunos para verificar o conhecimento dos mesmos em relação aos assuntos ministrados somente através aula tradicional em relação aos conceitos subsunçores que eles deveriam ter para entenderem, o mínimo possível, o conteúdo de colisões.

Os alunos foram submetidos a esse questionário, instrumento avaliativo, composto por seis questões relacionadas aos conteúdos que seriam estudadas no projeto e foram instruídos

a responderam sem que houvesse interferência nas respostas deles. O objetivo era fazer um levantamento acerca dos conhecimentos prévios dos estudantes em relação aos conceitos envolvidos nas colisões. A análise do questionário é com ênfase no objetivo esperado. Os dados para as análises saíram do próprio questionário que os alunos responderam em sala de aula.

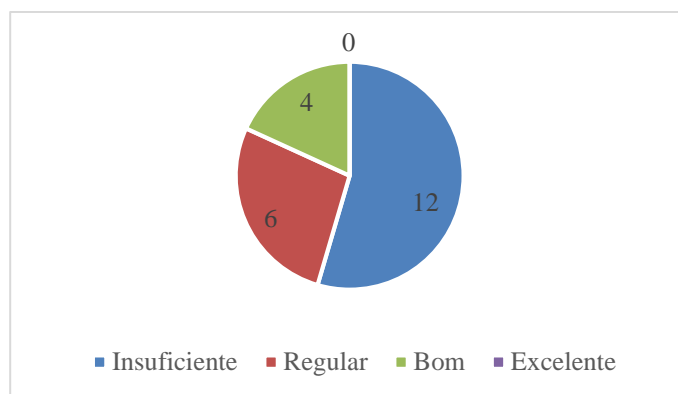
1) Como você considera o seu conhecimento em Física?

Tabela 1 – Resultado da questão 1 do questionário de conhecimentos prévios

<b>Insuficiente</b>	<b>Regular</b>	<b>Bom</b>	<b>Excelente</b>
12	6	4	0

Fonte: MONTOLI, 2019.

Gráfico 1 – Resultado da questão 1 do questionário de conhecimentos prévios



Fonte: MONTOLI, 2019.

De tal forma que nenhum aluno considerou seu conhecimento em Física como sendo *excelente* e mais da metade (12 alunos) deles o considerou *insuficiente*. Seis alunos o consideraram *regular* e quatro consideraram *bom*.

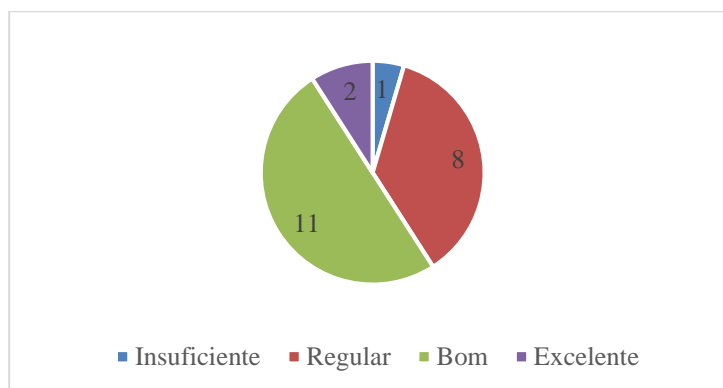
2) Como você considera o seu conhecimento em Matemática?

Tabela 2 – Resultado da questão 2 do questionário de conhecimentos prévios

<b>Insuficiente</b>	<b>Regular</b>	<b>Bom</b>	<b>Excelente</b>
1	8	11	2

Fonte: MONTOLI, 2019.

Gráfico 2 – Resultado da questão 2 do questionário de conhecimentos prévios



Fonte: MONTOLI, 2019.

Metade da turma considerou seu conhecimento como *bom*. Oito alunos o consideraram *excelente*. Dois alunos disseram achar *regular* e um aluno disse que seu conhecimento era *insuficiente*.

Comparando as duas primeiras perguntas é possível observar a diferença entre o que os alunos sabem de Física e Matemática, ao ponto de 13 dos 22 alunos se acharem acima da média (*bom* e *excelente*) em Matemática enquanto este número é de apenas 4 em Física. Esta diferença foi enfatizada na segunda aula que tive com eles, ao ponto de eles conseguirem entender o significado matemática das equações de movimento que regem as colisões, mas não entenderem seu significado físico.

- 3) O que você entende por:
  - a. Quantidade de momento linear
  - b. Energia cinética
  - c. Coeficiente de restituição
  - d. Colisão perfeitamente elástica
  - e. Colisão inelástica
  - f. Colisão anelástica





O aluno 11 respondeu: b) “*é um tipo de energia movida por movimento*”. Embora a redundância da resposta, foi uma resposta considerada suficiente; nas demais respostas, associou colisões com “*esticar*”.

O aluno 16 respondeu: a) “*está relacionado acho que a equações lineares*”; b) “*está ligada à energia eletromagnética*”; nas demais respostas, associou-as aos átomos. Identificou-se, então, que sua definição de colisões está mais relacionada a fatores microscópicos e em nenhum momento os relacionei aos fatores macroscópicos de tal forma que ele poderia, por exemplo, relacionar a colisões entre automóveis.

O aluno 21 respondeu: b) “*seria a energia do movimento*”; d) “*é quando, por exemplo, dois carros se colidem e nessa colisão eles voltam com a mesma velocidade*”. Sua definição de energia cinética está dentro do aceitável. Já a definição que ele deu de colisão perfeitamente elástica está totalmente aceita (desprezando o fato de que, como se trata de um caso real, após colidirem, os carros jamais voltariam com a mesma velocidade), pois ele conseguiu, ao menos, falar, mesmo que de forma breve, sobre quantidade de momento linear.

4) Você gostaria de aprender um pouco mais de Física?

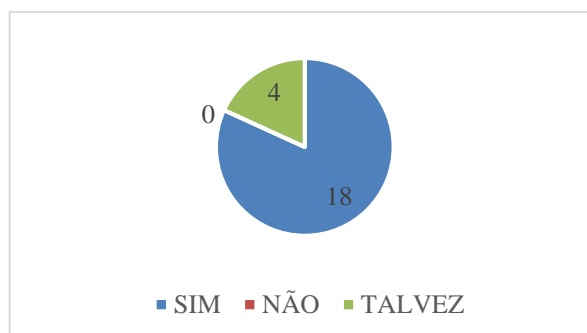
( ) Sim ( ) Não ( ) Talvez

Tabela 4 – Resultado da questão 4 do questionário de conhecimentos prévios.

SIM	NÃO	TALVEZ
18	0	4

Fonte: MONTOLI, 2019.

Gráfico 3 -Resultado da questão 4 do questionário de conhecimentos prévios.



Fonte: MONTOLI, 2019.

Quando perguntados se gostariam de aprender um pouco mais de física, grande parte dos alunos disseram que *sim*. Observando-os em sala de aula e conversando um pouco mais com eles, pude perceber que eles realmente ficaram, digamos que, felizes por conta da

intervenção que eles receberam. Quatro alunos disseram que participaram da primeira etapa do Sistema de Ingresso Seriado (SIS) e “tiveram que chutar” as questões de Física pois nada sabiam sobre a disciplina e, por isso, queria aprender mais sobre a disciplina para não saírem mal nas duas próximas etapas. Em primeiro lugar, eu achei um exagero por parte deles e não liguei muito de início.

5) Você está predisposto a participar de todas as etapas do projeto?

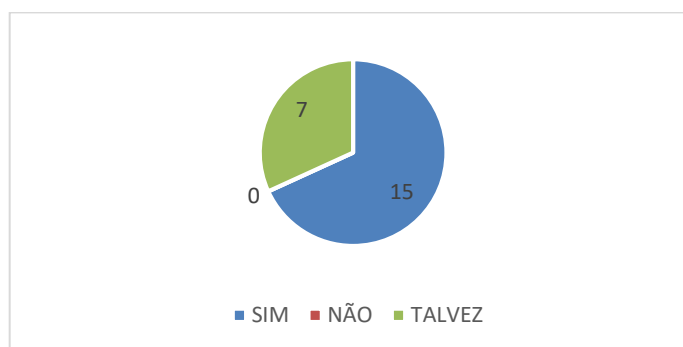
( ) Sim ( ) Não ( ) Talvez

Tabela 5 – Resultado da questão 5 do questionário de conhecimentos prévios.

SIM	NÃO	TALVEZ
15	0	7

Fonte: MONTOLI, 2019.

Gráfico 4 - Resultado da questão 5 do questionário de conhecimentos prévios.



Fonte: MONTOLI, 2019.

A segunda condição para a Aprendizagem Significativa é “o aprendiz deve apresentar uma predisposição para aprender”. Estar disposto é diferente de motivação; isso vem do aluno em si. Embora não dissessem “*não*” como na pergunta anterior, o número de alunos que *talvez* estivessem dispostos a participar do projeto foi maior do que aqueles que queriam aprender Física. Talvez este fato estivesse ligado à forma de aprendizagem que os alunos estão acostumados: tradicional. Embora estivessem predispostos a aprender Física, não estavam tão interessados assim em “trabalhar em um projeto”.

6) Do que você menos gosta na Física? Transcreva.

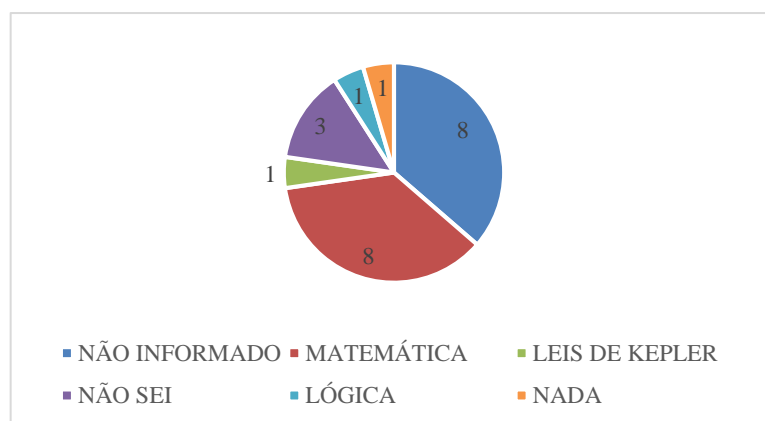
De forma resumida, com os principais pontos levantados dos alunos, foi possível levantar os dados abaixo:

Tabela 6 – Resultado da questão 6 do questionário de conhecimentos prévios.

NÃO INFORMADO	MATEMÁTICA	LEIS DE KEPLER	NÃO SEI	LÓGICA	NADA
8	8	1	3	1	1

Fonte: MONTOLI, 2019.

Gráfico 5 - Resultado da questão 6 do questionário de conhecimentos prévios.



Fonte: MONTOLI, 2019.

Os alunos que *não quiseram informar* (oito alunos) deixaram a questão em branco, diferentemente dos que disseram *não sei* (três alunos). O foco vai, então, aos alunos que disseram que não gostam da *Matemática* na Física. Eu disse a eles que a Matemática era vital na Física porque era a linguagem utilizada para fazer as interpretações dos problemas. “Assim como vocês não solucionam uma questão de Histórica sem o Português, vocês também não responder questões da Física sem a Matemática”.

O segundo momento de análise se deu através da observação dos alunos com o início da aplicação dos materiais possivelmente significativos. O objetivo era apresentar a eles o primeiro material potencialmente significativo para que eles pudessem dar continuidade ao projeto. O primeiro material utilizado foi uma aula tradicional contendo os principais conteúdos envolvendo colisões. Estes foram: quantidade de momento linear e energia cinética.

Assim que comecei a parte da aula sobre quantidade de momento linear, pude observar que os alunos faziam expressões de dúvidas, mas continuei o assunto mesmo assim. Ainda não tinha feito a análise dos conhecimentos prévios deles, tão somente o breve bate-papo inicial que tivemos.

Continuando a aula, solicitei que eles respondessem as perguntas disponíveis no **apêndice B** e, embora fossem apenas de [basicamente] substituição de dados, os alunos não obtiveram êxito quanto a esta etapa do projeto. Dúvidas como “o que é velocidade de queda (ida) e de ressalto(volta)?” e “o que é Sistema Internacional?” foram muito pertinentes, embora estas mesmas expressões tivessem sido utilizadas em sala de aula.

Perguntei aos alunos o motivo deles entenderem praticamente nada do que eu acabara de falar e eles me disseram que o único conteúdo que eles viram o ano todo foi sobre velocidade (alguns com uma apostila, que eles precisaram comprar para obter uma das notas parciais, estudaram por conta própria em casa e puderam ver alguns outros conteúdos).

Na busca de conhecimentos [ainda mais] prévios para o entendimento de uma colisão vertical, frontal e unilateral (a bola caindo contra o chão) comecei a falar sobre movimento em queda livre e os alunos também disseram que nunca tinham visto esse conteúdo. A preocupação começou a aumentar por conta da falta de conhecimentos prévios dos alunos para dar prosseguimento ao projeto. Tentei explicar-lhes o máximo possível, no menor tempo possível, sobre o tema para, então, poder prosseguir. Explicando-lhes também sobre a relação da velocidade com o tempo de queda, os alunos não entenderam também seu significado físico. Tentei explicar-lhes que a equação que rege a velocidade do objeto em queda livre está sujeita a uma aceleração. Disse-lhes também que a gravidade era uma aceleração e perguntei-lhes, então, que valor eu poderia substituir no valor da aceleração para que fosse possível calcular a velocidade com que o objeto chega ao solo, mas nenhum resultado foi obtido.

O fracasso foi algo inevitável: os alunos também não estavam compreendendo o sentido das equações que descrevera, embora entendessem seu significado matemática, não entendiam o físico. Esse caso foi possível de observar devido às comparações que fiz da altura em função do tempo com o polinômio de segundo grau que coloquei na lousa e da equação de movimento com o polinômio de primeiro grau. Os alunos disseram que eles tinham sim as aulas de matemática e que as entendiam. O problema estava mesmo nas aulas de Física.

O terceiro momento foi paralelo ao segundo e se deu através da observação dos alunos com continuidade da aplicação dos materiais possivelmente significativos e seu objetivo foi apresentar o segundo material potencialmente significativo para os alunos: o software Tracker.

Após executar a abordagem matemática e conceitual do problema e não obter muitos resultados, tentei-lhes ensinar, ao menos o conteúdo de coeficiente de restituição, por outra forma. Decidi explicar o conteúdo simultaneamente com o software Tracker.

Com as anotações em lousa, ensinei-lhes a manipular minimamente o software para a continuidade do projeto. Deixando os conceitos de lado, busquei uma abordagem mais procedimental dos alunos. Com as anotações feitas acerca de como executar a videoanálise, os alunos se demonstraram mais interessados por essa parte do projeto do que pelas anteriores. Agora eles tinham um “roteiro” do que deveria ser feito e bastava que eles fizessem conforme ordenado. Assim, aparentemente, esbarrei mais uma vez em uma forma de Aprendizagem Mecânica, mas nenhuma conclusão poderia ser tomada até então sobre a significância do projeto para os alunos.

Finalizando esta etapa, os alunos observaram como calcular o coeficiente de restituição utilizando os dados das velocidades e das alturas analisadas pelo software. Quando lhes mostrei os valores das velocidades e das alturas que deveriam ser comparadas, os alunos entenderiam, embora momentaneamente (como será explicado posteriormente) como calcular tal coeficiente.

O quarto momento foi a continuidade do terceiro e se deu através da observação dos alunos. Seu objetivo foi replicar os passos da pesquisa-ação na realização da filmagem para posterior videoanálise.

Ao se dirigirem à quadra com os grupos já formados, os alunos foram orientados a fazer as filmagens em cantos claros para que elas ficassem bem iluminadas. Os grupos foram orientados a fazer a filmagem e, em seguida, mostrá-la a mim.

Na etapa da identificação do problema, os alunos ainda pensavam que era apenas uma brincadeira e “coisa nada a ver” (como alguns falaram) deixar uma bola cair no chão e realizar um projeto a partir daí, mas eles foram vencidos por exigência minha mesmo para que assim o fizessem.

A etapa do planejamento das atividades começou logo após eu ver a primeira filmagem. Corrigi erro por erro dos alunos. O primeiro erro (não tão esperado assim por eles) foi no posicionamento do smartphone: caso o smartphone esteja na posição horizontal, o Tracker, na videoanálise, posiciona o vídeo “de lado” o que atrapalha na hora de escolher e analisar os parâmetros de velocidade, altura, aceleração etc.

As etapas seguintes da pesquisa-ação deram-se de forma concomitante e os seguintes erros foram corrigidos (não nesta sequência) ao longo da execução das ações e todos os grupos cometeram os mesmos erros:

1. Os alunos empurravam a bola para o chão ao invés de soltá-la (mudando, então, o movimento de queda livre para lançamento vertical para baixo);
2. A bola não caía em linha reta (o que é, praticamente, impossível de ser realizado manualmente e com poucas filmagens utilizadas). Disse-lhes para tentar fazer a bola cair o mais reta possível;
3. O momento inicial da queda da bola não estava sendo gravado. Informei-lhes para começar a gravar e, depois de 2 segundos, avisar o colega que segurava a bola para soltá-la. De tal forma que seria possível fazer a edição deste tempo não utilizado no próprio Tracker;
4. As cores das bolas eram diferentes, mas os alunos estavam gravando em um mesmo plano de fundo. O contraste bola/parede iria ficar ruim de ser visualizado pelo Tracker, pedi para que eles trocassem de lugar para fazer a filmagem;
5. Algumas alunas estavam gravando cocadas no chão. Pedi para que elas levantassem e tentassem segurar o celular o mais parado possível.
6. Ou as filmagens estavam ou muito perto ou muito longe de tal forma que o software. Para melhorar a qualidade da videoanálise, pedi-lhes que as filmagens pegassem tão somente o chão e a bola que seria solta.

Esta parte foi difícil porque alunos de primeiro ano do Ensino Médio + bolas não devem se misturar muito. Os alunos, principalmente os meninos, queriam mais jogar bola do que fazer o trabalho proposto. Poucos quiseram fazer realmente esta etapa. Os procedimentos foram mais trabalhados pelo aluno que filmava e o que segurava a bola. A responsabilidade acabou caindo sobre os dois de cada grupo (como foram 5 grupos, 10 alunos realmente trabalharam esta etapa do projeto).

Por conta da separação dos alunos, foi possível observar a parte atitudinal deles, por conta de deixar a responsabilidade apenas para dois dos integrantes do grupo. Se esta parte fosse realizada em duplas, haveria mais de 10 grupos e todos os alunos realizariam as atividades. O problema estava: no tempo que esta atividade levaria para ser realizada de tal forma (além de termos menos de 40 minutos no quarto tempo de aula); no número de bolas fornecidas pela escola (apenas duas).

Os grupos finalizaram estas etapas em ordem diferenciada: uns com mais filmagens e outros com menos; outros grupos ficaram mesmo com alguns erros em suas filmagens, mas os instruí a deixar assim mesmo e observarmos as filmagens no Tracker. À medida que os

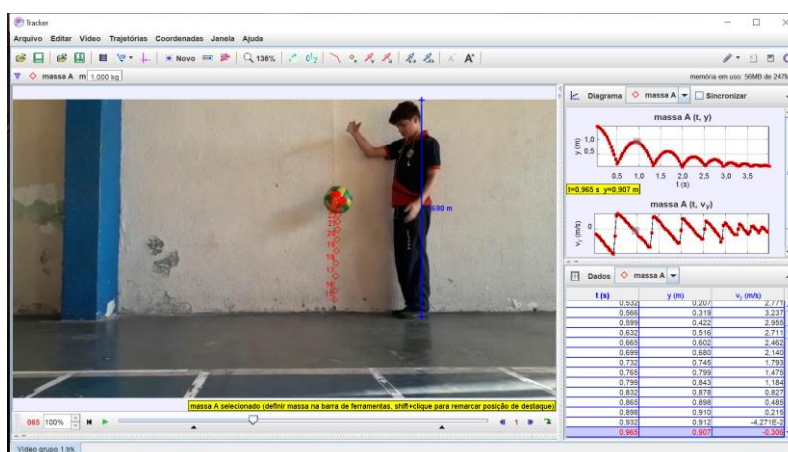
grupos iam finalizando, os orientei a ficar sentados aguardando os demais (o que foi bem difícil de se conseguir). O número de filmagens variou entre 6 e 11.

O quinto momento foi realizado no dia 01/11 e com menos alunos do que no dia anterior. Seu objetivo foi de calcular, assistido por computador, o coeficiente de restituição do sistema através do software Tracker.

Os grupos elegeram, cada um, seu representante para que não houvesse muitos alunos mexendo, simultaneamente, no computador do colégio. Um erro que passou despercebido foi a utilização de um objeto com altura conhecida para servir como calibrador do software e para contornar esta situação, utilizamos as alturas dos alunos como tal instrumento.

O grupo 1 usou uma bola de vôlei. Contabilizou 9 colisões da bola com o chão até que a bola parasse.

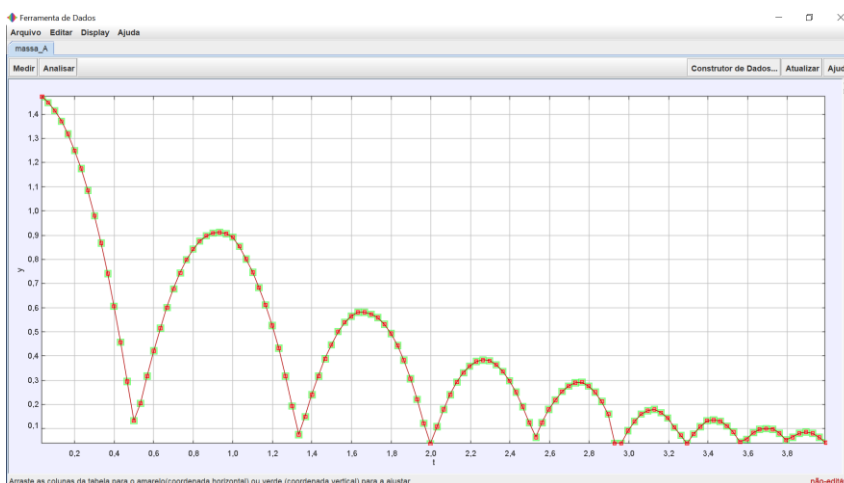
Figura 6 – Grupo 1 realizando a videoanálise.



Fonte: MONTOLI, 2019.

Os gráficos abaixo informam a altura e a velocidade entre cada colisão.

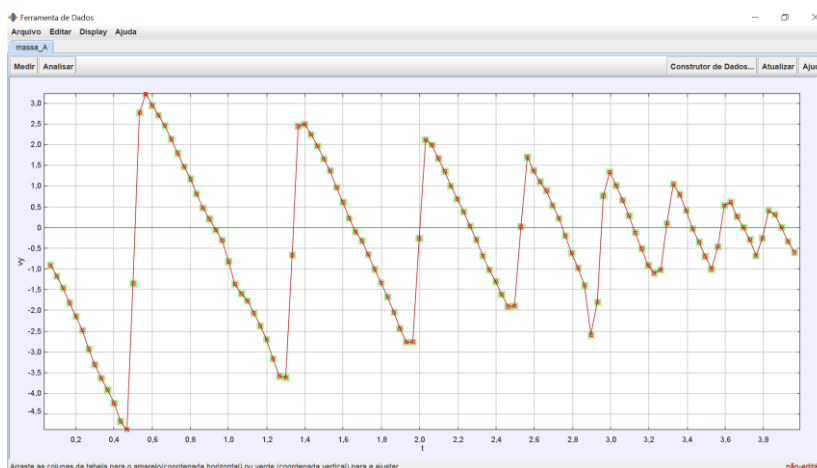
Figura 7 –Alturas encontradas pelo grupo 1.



Fonte: MONTOLI, 2019.



Figura 8 – Velocidades encontradas pelo grupo 1.



Fonte: MONTOLI, 2019.

Para a primeira colisão, os estudantes calcularam  $\varepsilon = \sqrt{\frac{h_f}{h_i}} = \sqrt{\frac{0,912}{1,475}} = 0,787$  e  $\varepsilon = \frac{v_f}{v_i} = \frac{2,771}{4,876} = 0,568$

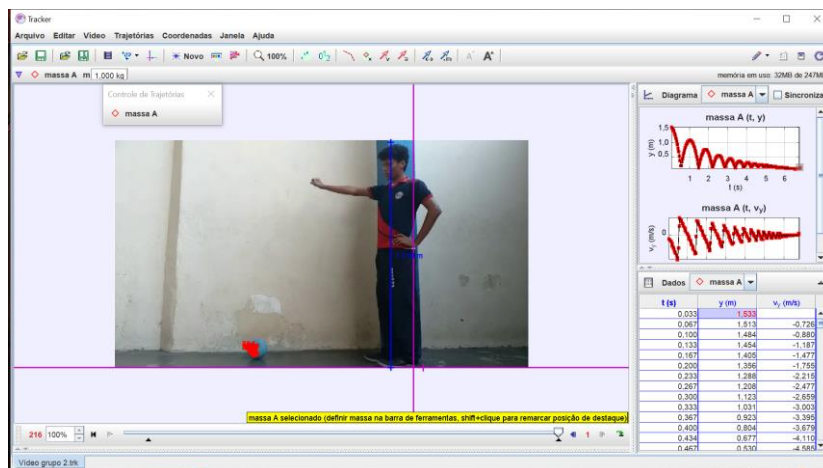
Para a segunda colisão, usando as alturas:  $\varepsilon = \sqrt{\frac{0,581}{0,912}} = 0,798$  e usando as velocidades  $\varepsilon = \frac{2,452}{3,613} = 0,679$

A discrepância do valor dos coeficientes encontrados utilizando a velocidade já era esperada. Como a bola vai ganhando velocidade desde o momento em que ela é solta e atinge a velocidade máxima logo antes de colidir contra o chão; além de todos os smartphones utilizados terem qualidade de 30 qps, quando a bola colide, a visualização do que acontece neste momento exato é dificultada.

O valor mais exato para se calcular o  $\varepsilon$  é através da relação entre as alturas máximas de antes e depois da colisão. Para duas colisões, o grupo 1 calculou o  $\varepsilon$  como média aritmética dos valores encontrados e chegou a  $\varepsilon = 0,793$  utilizando a bola de voleibol.

O grupo 2 contabilizou cerca de 17 colisões (o número maior se dá por conta do coeficiente de elasticidade do material – a bola de handball é mais elástica que a de voleibol).

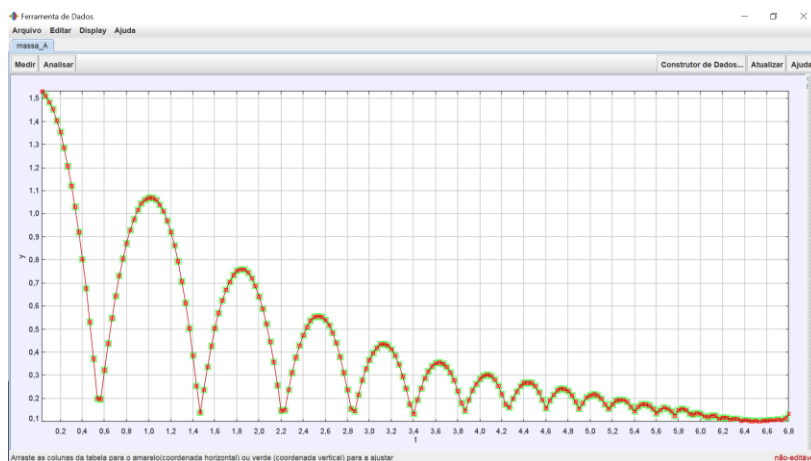
Figura 9 – Grupo 2 realizando a videoanálise.



Fonte: MONTOLI, 2019.

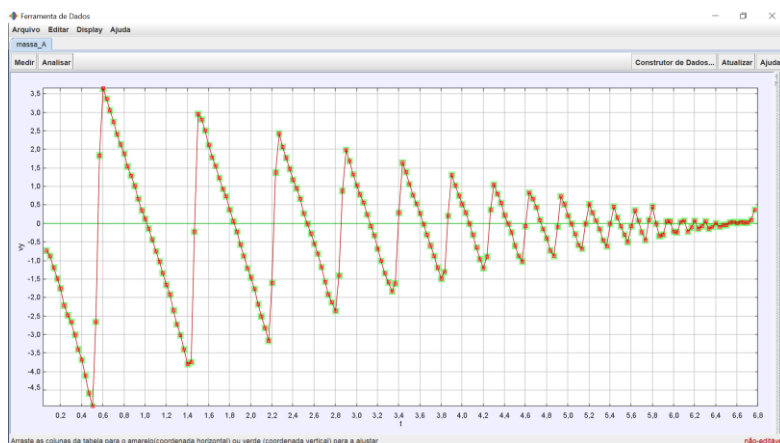
A videoanálise gerou os seguintes gráficos:

Figura 10 – Alturas encontradas pelo grupo 2.



Fonte: MONTOLI, 2019.

Figura 11 - Velocidades encontradas pelo grupo 2.



Fonte: MONTOLI, 2019.

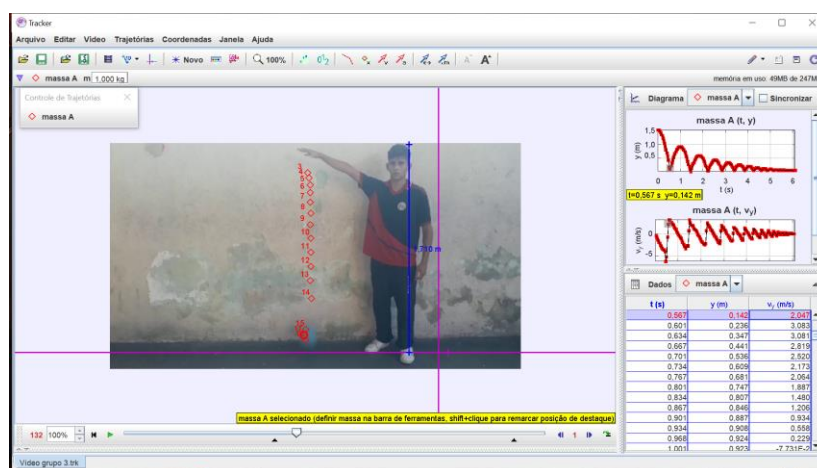
Para a primeira colisão, o grupo calculou  $\varepsilon = \sqrt{\frac{h_f}{h_i}} = \sqrt{\frac{1,070}{1,533}} = 0,836$  e  $\varepsilon = \frac{v_f}{v_i} = \frac{1,850}{2,647} = 0,699$ .

Para a segunda colisão, usando as alturas:  $\varepsilon = \sqrt{\frac{0,760}{1,070}} = 0,843$  e  $\varepsilon = \frac{2,965}{3,789} = 0,783$ .

Para duas colisões, o grupo 2 calculou o  $\varepsilon$  como média aritmética dos valores encontrados e chegou a  $\varepsilon = 0,839$  utilizando a bola de handball.

Tomando como referência o que fora observado no grupo 2, o grupo 3 contabilizou 16 colisões até a bola parar totalmente e utilizou a bola de handball.

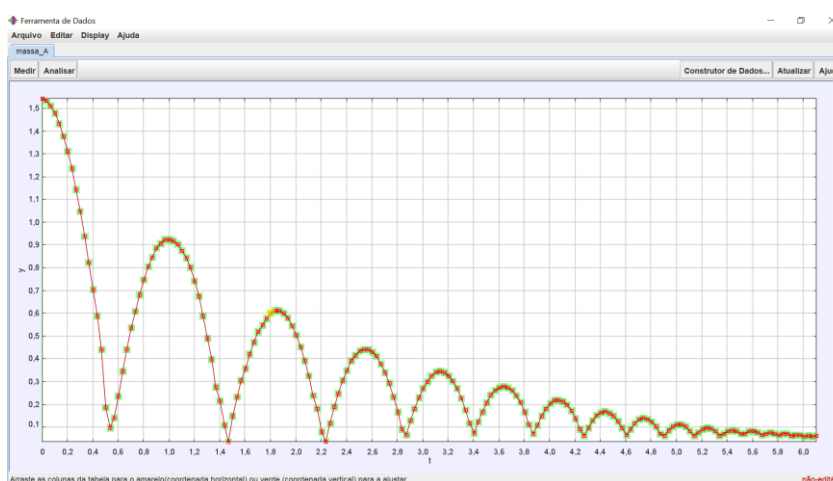
Figura 12 – Grupo 3 realizando a videoanálise.



Fonte: MONTOLI, 2019.

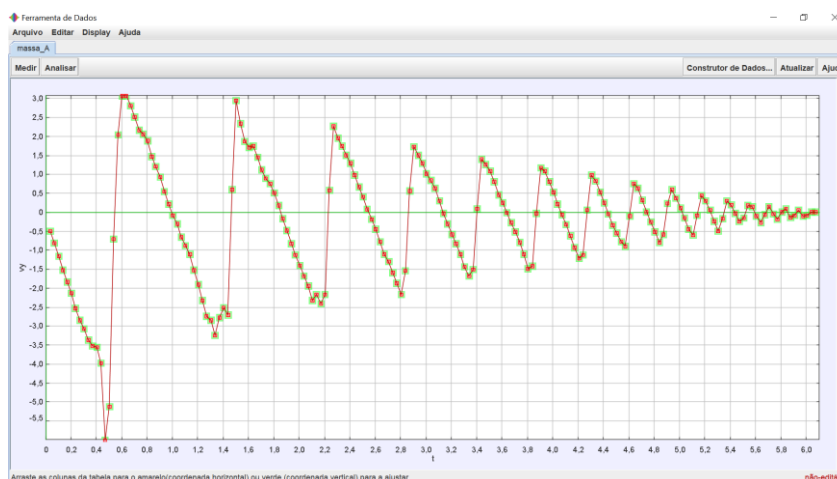
A videoanálise gerou os gráficos abaixo:

Figura 13 - Alturas encontradas pelo grupo 3.



Fonte: MONTOLI, 2019.

Figura 14 - Velocidades encontradas pelo grupo 3.



Fonte: MONTOLI, 2019.

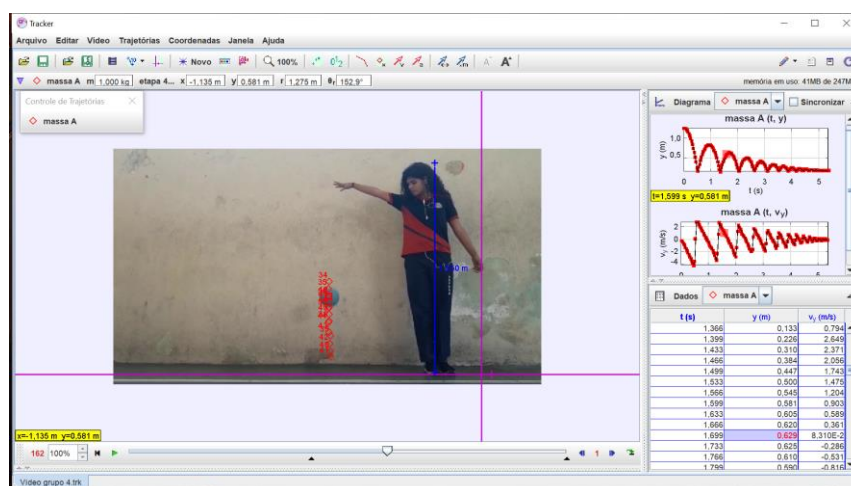
Para a primeira colisão, o grupo calculou  $\varepsilon = \sqrt{\frac{h_f}{h_i}} = \sqrt{\frac{0,924}{1,545}} = 0,773$  e  $\varepsilon = \frac{v_f}{v_i} = \frac{2,047}{5,118} = 0,4$ . De tal forma que é possível observar a perda de precisão que ocorre com os dados da velocidade na primeira colisão.

Para a segunda colisão, usando as alturas:  $\varepsilon = \sqrt{\frac{0,612}{0,924}} = 0,814$  e  $\varepsilon = \frac{2,950}{3,231} = 0,913$ .

Para duas colisões, o grupo 3 calculou o  $\varepsilon$  como média aritmética dos valores encontrados e chegou a  $\varepsilon = 0,796$  utilizando a bola de handball.

O grupo 4 trabalhou com a bola de handball e contabilizou 13 (visíveis) colisões, utilizando também a bola de handball.

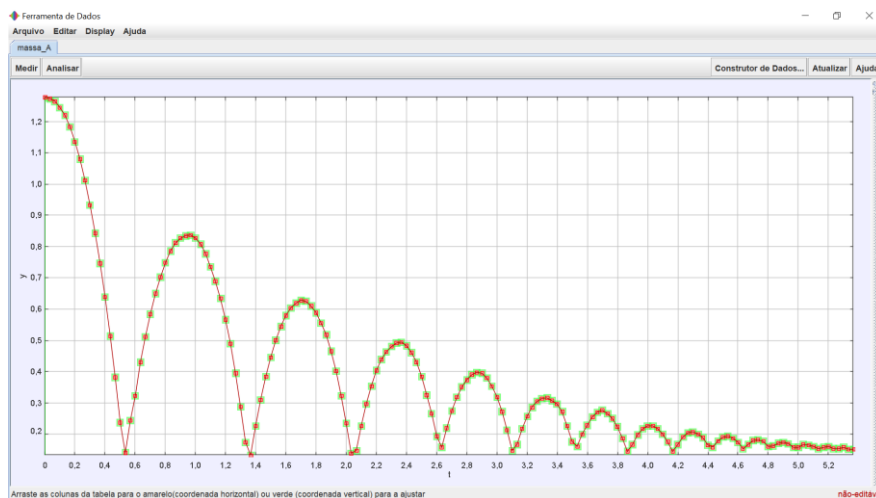
Figura 15 – Grupo 4 realizando a videoanálise.



Fonte: MONTOLI, 2019.

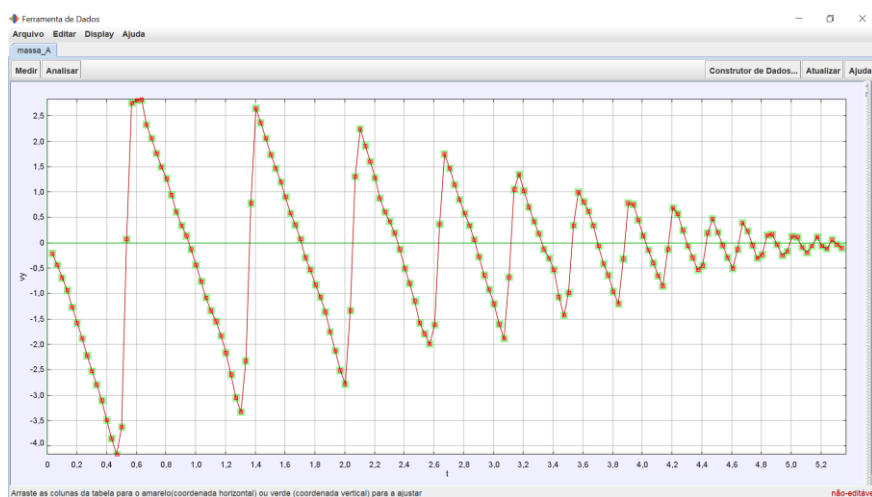
A videoanálise gerou os seguintes gráficos:

Figura 16 - Alturas encontradas pelo grupo 4.



Fonte: MONTOLI, 2019.

Figura 17 - Velocidades encontradas pelo grupo 4.



Fonte: MONTOLI, 2019.

Para a primeira colisão, o grupo calculou  $\varepsilon = \sqrt{\frac{h_f}{h_i}} = \sqrt{\frac{0,837}{1,280}} = 0,801$  e  $\varepsilon = \frac{v_f}{v_i} = \frac{2,758}{3,624} = 0,761$ .

Para a segunda colisão, usando as alturas:  $\varepsilon = \sqrt{\frac{0,629}{0,837}} = 0,867$  e  $\varepsilon = \frac{2,649}{3,320} = 0,798$ .

Para duas colisões, o grupo 4 calculou o  $\varepsilon$  como média aritmética dos valores encontrados e chegou a  $\varepsilon = 0,834$  utilizando a bola de handball.

Quanto ao grupo 5, embora tenham feito a filmagem e videoanálise, não os enviaram até a data de formatação da monografia. O que nos faz refletir que nós, enquanto professores, não devemos deixar certas obrigações para os alunos.

Os grupos identificaram as velocidades inicial e final, assim como as alturas máximas alcançadas pela bola. Com estes dados, estimaram o valor do coeficiente de restituição utilizando as quatro medidas informadas anteriormente. Mas como este valor tinha uma variação maior quando calculado como a razão das velocidades, os alunos foram orientados a apenas trabalhar, para esta etapa, utilizando a raiz quadrada da razão entre as alturas.

O sexto e último momento foi realizado também no dia 01/11 e seguiu-se com a aplicação do questionário final para os alunos. Seu objetivo foi de avaliar a aprendizagem obtida pelos alunos ao longo do projeto.

Apenas 18 alunos realizaram o questionário final, sendo que 13 deles escrevem “não sei” para a primeira e segunda questão.

O aluno 6 tentou responder algumas questões: na letra c da questão 1, ele disse que gravidade é “força invisível que suga tudo para o centro” e na letra a da questão 2, definiu velocidade de queda como “velocidade em que um corpo é puxado”.

O aluno 8 foi um pouco além: definiu velocidade como “espaço dividido por tempo”; aceleração como “aumento de velocidade”; gravidade como “força”; mas não deu continuidade às respostas.

O aluno 9 respondeu apenas a questão 2 e disse: a) “é a velocidade com que um objeto cai no chão” e b) “é a velocidade com que um objeto volta do chão”.

O aluno 11 respondeu a todas as questões. Para a questão 1, respondeu: a) “distância percorrida por um elemento, calculada em quilômetros”; b) “impulso de um elemento em alguma direção”; c) “força universal que atrai ou empurra algum objeto”; d) “distância que um objeto demora a cair de uma altura até o chão/superfície”; e) “contato (frequente ou não) entre dois ou mais elementos”. Para a questão 2, respondeu: a) “velocidade em que o objeto encontra a superfície”; e b) “velocidade que o objeto retorna ao ar após o impacto com a superfície. Ele foi o aluno que melhor definiu os conceitos, muito embora tenha se confundido em algumas respostas. Na segunda questão, explicou muito bem os conceitos principais que foram abordados durante o projeto.

E, por fim, o aluno 13 tentou responder, mas com respostas muito aleatórias. Ao responder a letra a da questão 1, disse: “é como um objeto ou uma coisa se move e a velocidade dela como nós”. Já respondendo a letra b, disse: “acho que é como uma coisa sai de um lugar, tipo um carro”. Na resposta da letra b, não é possível identificar se ele quis falar da variação de espaço com o tempo ou da variação de velocidade com o tempo. Se supõe que ele quis dizer a definição de velocidade, o que também não seria uma resposta para a pergunta.

As respostas da terceira questão foram:

- *“foi muito bom, apesar dos problemas”;*
- *“foi um projeto ótimo, só que estamos atrasados no nosso assunto”;*
- *“O projeto é bom, o que é difícil é que não sabemos”;*
- *Legal;*
- *Bom;*
- Não informado;
- *“O projeto é muito bom e uma boa iniciativa para ajudar os alunos”;*
- *“Achei muito boa a preocupação que se tem sobre como anda o rendimento em Física”;*
- *“Não entendi nada, mas eu gostei”;*
- *“O projeto tem uma ótima intenção, pena que não estamos em boa fase, mas foi ótimo, até mais, obrigada”;*
- *“eu gostei, porém não entendi”;*
- *“não sei de nada, não aprendi”;*
- *“Não entendi muito sobre o assunto, mas foi legal”;*
- *“O projeto em sua totalidade foi bom”;*
- *“Por mais dificuldades que tenha sido o entendimento, foi muito bom, já que fazia tempo que não tínhamos aula de Física...”;*
- *“Nota 8”;*
- *“aprendi um pouco sobre Física e como ela é, mas eu não entendi muita coisa não”;*
- *“bom, o projeto é uma ótima iniciativa para as provas do PSC e do SIS, gostei e acho que deveria ter mais em todas as escolas da capital”.*

De modo geral, os alunos gostaram da iniciativa do projeto e de como ele foi guiado, mas não conseguiram entendê-lo em sua totalidade.

Apenas 5 alunos entregaram a redação, as mais legíveis estão apresentadas abaixo:

- 1) *“Eu acho que a escola deveria se importar mais com a gente, precisamos ter aula de Física, é um direito nosso, temos que ter uma base sobre o assunto”;*
- 2) *“O meu aprendizado no ano de 2019 é absolutamente inexistente, ao menos, na matéria de Física, e eu acho que a escola tem grande parte da culpa ou toda a culpa, pois ela foi extremamente negligente à nossa situação, e por conta disso, eu perdi um ano inteiro, e eu não irei recuperá-lo”;*

3) *“Esse ano eu não aprendi nada na disciplina de Física e eu sinto que estou muito prejudicado por não saber nada nessa disciplina, e quando ele vinha para a sala de aula explicava muito ruim, e eu nunca entendia nada, nada mesmo! Vou para o 2º ano sem saber nada da matéria de Física”;*

4) *“Desde o início do ano que não temos uma boa aula de Física, e acho que seria uma matéria que eu ia gostar muito e que seria boa, assim como em Matemática. Em Matemática, temos ótimas aulas, aprendemos bastante durante o ano e gostaria que fosse assim em Física também. Já me esforcei bastante para aprender pelo celular assistindo videoaulas, mas preciso mesmo de aula presenciais onde possa tirar dúvidas”.*

Apesar dos esforços (tanto deles quanto meus), os alunos não obtiveram uma Aprendizagem significativa por falta de conhecimentos prévios para entender os assuntos ministrados em sala de aula e, até mesmo, com a utilização do Tracker.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta de ensino que foi aplicada na turma do 1º ano do Ensino Médio para a aprendizagem dos conceitos de colisões (energia cinética e quantidade de momento linear) com a utilização da Aprendizagem Significativa, pesquisa-ação e do software Tracker apresentou diversos problemas ao longo de toda aplicação.

A apresentação dos conteúdos potencialmente significativos (assim como o próprio nome diz) não obteve o potencial significativo esperado, uma vez que os alunos pesquisados não tinham o conhecimento mínimo necessário para entenderem os assuntos pertinentes ao projeto.

Ao longo da primeira abordagem utilizada (aula tradicional) essa falta de conhecimentos foi largamente observada, ao ponto de ter que interromper o assunto ministrado e “caminhar para trás” na busca de conhecimentos ainda mais prévios para o entendimento do assunto. Esta busca levou-nos aos primeiros assuntos vistos (ao menos deveriam) nas turmas de primeiros anos do Ensino Médio, ao ponto de se tornar impossível revisar [e até mesmo ensinar] os assuntos de todo o ano letivo em pouquíssimos tempos de aula.

É lamentável o descaso que esta turma (e até mesmo as outras 5 turmas, como os alunos comentaram) sofre por parte da escola na disciplina de Física, a ponto de ter sido negligenciada durante todo o ano letivo.

Por não terem raciocínio lógico que a disciplina de Física auxiliaria a eles (uma ideia não behaviorista) os alunos apresentaram uma Aprendizagem Mecânica para a disciplina: preferindo roteiros prontos dizendo-lhes o que e como fazer do que tomarem a liberdade para planejarem eles mesmos. Isso foi possível de ser observado tanto nos passos da pesquisa-ação quanto no momento da videoanálise, onde os alunos apenas foram (e quiseram ser) guiados para executarem a tarefa determinada.

As respostas recebidas no questionário final mostraram quanto que o que fora dito acima é verídico, ao ponto de quase todos os alunos responderem apenas “não sei” nas duas primeiras perguntas, sendo que as perguntas elaboradas foram trabalhadas com eles durante a maior parte da intervenção.

Nunca generalizando, com certeza, mas chega a ser muito evidente a cobrança que há em cima das escolas particulares quando comparadas às públicas. Em uma escola particular, caso um aluno contasse a seus pais que o professor de Física não estava dando aulas, os pais buscariam esclarecimentos quanto à negligência que seu filho sofrera, enquanto que na escola

pública, e durante todo o ano letivo, nenhuma ação fora tomada para se resolver o problema da falta de ensino (consequentemente, aprendizagem) para os alunos.

Embora não tenha alcançado os resultados esperados, foram colocados à minha disposição outros. A visão que tive de uma escola pública foi bastante diferente da que eu tinha até então (estudando a vida toda em uma escola particular); as diferenças são muito notáveis em diversas questões envolvendo comparações entre as escolas. O que me levou a pensar mais ainda em que tipo de docente irei me tornar (independentemente da escola em que atuarei) e em como irei tratar os alunos com quem trabalharei. De tal forma que espero ajudar outros licenciandos (e por que não professores também?) a repensar suas atividades levando em conta a realidade dos alunos, ao invés daquela atividade utópica que pensamos onde tudo dá certo [na nossa cabeça].

As dificuldades foram muitas, todo o projeto sofreu uma colisão de tal forma que voltei na contramão (por conta da conversação do momento linear) ao colidir um pobre coitado [de massa tão pequena e quase desprezível quando comparado] com um problema tão grande que é a realidade do (des)caso no ensino envolvendo as escolas públicas atualmente.

Que possamos repensar nossa práxis docente de tal forma que não sejamos “apenas mais um professor (tanto de Física quanto de qualquer outra formação) para um aluno”, mas sim sujeitos pensantes que auxiliem outros sujeitos pensantes a contribuir de forma positiva ao mundo em sua volta. Como disse Paulo Freire *“Educação não transforma o mundo. Educação muda as pessoas. Pessoas transformam o mundo”*.

## REFERÊNCIAS

ALVES FILHO, J. P. **Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático**, Caderno Brasileiro de Ensino de Física v. 21, n. especial, p. 44-58, 2004.

ARAÚJO, I.; VEIT, E. **Estudo de Gráficos da Cinemática com o Modellus**. Disponível em: < [http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/material/graficos\\_cinematica.zip](http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/material/graficos_cinematica.zip)>. Acesso: 10 ago. 2019.

BALDISSERA, A. **Pesquisa-ação: uma metodologia do “conhecer” e do “agir” coletivo**. Sociedade em Debate, v. 7, n. 2, p. 5-25, 2012.

BARBETA, V. B; YAMAMOTO, I. **Desenvolvimento e utilização de um programa de análise de imagens para o estudo de tópicos de Mecânica Clássica**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 24, n. 2, p. 158-167, 2002.

BEZERRA Jr, A. G. et al. **Videoanálise com o software livre Tracker no laboratório didático de Física: movimento parabólico e segunda lei de Newton**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 29, p. 469-490, 2012.

BRASIL. Ministério da Educação; Secretaria de Educação Básica; Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão; Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica. Conselho Nacional de Educação; Câmara de Educação Básica. Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica. Brasília: MEC; SEB; DICEI, 2017.

BRASIL, M. E. C. SEB. Orientações Curriculares para o Ensino Médio. **Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, SEB, 2018.

BROWN, D. **Video Analysis and Modeling Tool for Physics Education**. Disponível em: <http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/>. Acesso em: 16 set. 2019.

BROWN, D; COX, A. J. **Innovative uses of video analysis**. The Physics Teacher, v. 47, p. 145-150, 2009.

CARRAHER, D. Educação tradicional e educação moderna. In: CARRAHER, T. (Org.) **Aprender pensando: contribuições da Psicologia Cognitiva para a educação**. Petrópolis: Vozes, 1986, p. 11-30.

CASTRO, Cláudio M. **Desencontros do Ensino Médio**. Disponível em: <<http://www.reescrevendoeducacao.com.br/2006/pages.php?recid=38.1996>>. Acesso em: 18 jul. 2019

CATELLI, F; MARTINS, J. A.; SILVA, F. S. **Um estudo de cinemática com câmera digital**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 32, n. 1, p. 1503(1-7), 2010.

CAVALCANTE, Marisa Almeida et al. **O estudo de colisões através do som**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 24, n. 2, p. 150-157, 2002.

CELAYA, C. L.; MARTÍNEZ, S. L. D. **Uso de software libre y de internet como herramientas de apoyo para el aprendizaje**. Revista Iberoamericana de Educación a Distância. v. 10, n. 1, p. 83-100, 2007.

CHAVES, E. O. C. **Tecnologia na educação**. Disponível em: <<http://www.chaves.com.br/TEXTSELF/EDTECH/tecned2.htm>>. Acesso em: 15 maio. 2019

COLL, C. et al. **Os conteúdos na reforma**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998. p. 17- 71

COSTA, et. al. **Exemplo de aplicação do método de Pesquisa-ação para a solução de um problema de sistema de informação em uma empresa produtora de cana-de-açúcar**. Gest. Prod. vol.21 no.4 São Carlos Oct./Dec. 2014 Epub May 09, 2014

CORVELONI, E. P. M.; GOMES, E. S.; SAMPAIO, A. R.; MENDES, A. F.; COSTA V. L. L.; VISCOVINI, R. C. **Utilização de máquina fotográfica digital (multi-burst) para aulas experimentais de cinemática – queda livre**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 31, n. 3, p. 3504(1-4), 2009.

DIONISIO, G.; MAGNO, W. C. **Photogate de baixo custo com a porta de jogos do PC**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 2, p. 287-293, 2007.

FÁVERO REIS M. A.; ANDRADE NETO A. S. de. **Uma análise do uso de simulações computacionais no ensino de colisões mecânicas**. Disponível em: <[http://www.cienciamao.usp.br/dados/epef/\\_umaanalisedousodesimulac.trabalho.pdf](http://www.cienciamao.usp.br/dados/epef/_umaanalisedousodesimulac.trabalho.pdf)> Acesso em: 23 de out. de 2019.

FIOLHAIS, C.; TRINDADE, J. **Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das Ciências Físicas**, São Paulo, Revista Brasileira do Ensino de Física, v. 25, n. 3, p. 259 -274, set. 2003.

GLEISSER, M. **Física na escola**, São Paulo, v. 1, n. 1, 2000

GODOY, Arlida Schmidt. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **Revista de administração de empresas**, v. 35, n. 2, p. 57-63, 1995.

GRIMELLINI-TOMASINI, N; PECORI-BALANDI, B; PACCA, J. L. A. & VILLANI, A. **Understanding conservation laws in mechanics: students' conceptual change in learning about collisions**. Science Education, v.77, n.2, 169-189, 1993.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física. 8ª**. Edição. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos SA, v. 1, 2009.

JUNIOR, J. H. T. de C. **O Software Modellus aliado a Estratégia de Ensino: Um Estudo Comparativo do Desempenho dos Alunos do Ensino Médio nas Aulas de Física**. Maceió, 2011. Dissertação (mestrado em educação brasileira). Disponível em: [http://www.ufal.edu.br/unidadeacademica/cedu/pos-graduacao/mestrado-e-doutorado-em-educacao/dissertacoes/2005-mestrado/joao-hermano-torreiro-de-carvalho-unior/at\\_download/file](http://www.ufal.edu.br/unidadeacademica/cedu/pos-graduacao/mestrado-e-doutorado-em-educacao/dissertacoes/2005-mestrado/joao-hermano-torreiro-de-carvalho-unior/at_download/file). Acesso em: 09 jun. 2019.

LOPES, W. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, Florianópolis, v. 8, n. 3: 237-240, dez. 1991.

LUITEN, J., Ames, W., Ackerson, G. (1978). **A meta-analysis of the effect of advance organizers on learning and retention**. American Educational Research Journal, 17(2): 211-8

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

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares**. Editora Livraria da Física. São Paulo, 2011

MORTIMER, E. F. **Pressupostos epistemológicos para uma metodologia de ensino de química: mudança conceitual e perfil epistemológico**, Belo Horizonte, Química Nova, v. 15, n. 3, p. 242-249, 1992.

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

NUSSENZWEIG, H. M. **Curso de Física Básica: Mecânica**—v. 1. São Paulo: Edgard Blucher, 2002.

PAPERT, S. **Mindstorms: children, computers and powerful ideas**. New York: Basic Books, 1980. p. 40-51.

PIRES, M. A.; VEIT, E. A. **Tecnologias de informação e comunicação para ampliar e motivar o aprendizado de Física no Ensino Médio**, Porto Alegre, Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n. 2, p. 241-248, abr. 2006

REIS, E. M.; REZENDE, F.; BARROS, S. **Desenvolvimento e a avaliação de um ambiente construtivista de aprendizagem a distância para formação continuada de professores de Física do norte-fluminense**, Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: [www.abed.org.br/antiga/htdocs/paper\\_visem/ernesto/ernesto\\_macedo\\_reis.htm](http://www.abed.org.br/antiga/htdocs/paper_visem/ernesto/ernesto_macedo_reis.htm). Acesso em: 24 abr. 2019

REIS, M. A. F., SERRANO NETO, A. A. **Aprendizagem das leis de conservação com apoio de simulações computacionais**. ENPEC—Encontro Nacional de Pesquisa em Educação e Ciência. Bauru, 2003.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

ROCHA, A. R.; CAMPOS, G. H. **Avaliação da qualidade de software educacional**. Em Aberto, ano 12, n. 57. Brasília: 1993

SANTOS, M. E. V. M. **Mudança conceitual na sala de aula: um desafio epistemologicamente fundamentado**. Lisboa: Livros Horizonte, 1998.

SOLOMON, J. **Learning about energy: how pupils think in two domains**. European Journal of Science Education, v. 5, n. 1, p. 49-59, 1983.

TAVARES, R. **Educação mediada por computador: construção de cursos de Física**. Disponível em: <http://www.fisica.ufpb.br/~romero/port/emc.htm#EduM>, 2003. Acesso em: 02 jul. 2005

TEODORO, V. D. From formulae to conceptual experiments: interactive modelling in the physical sciences and in mathematics. In: **Internacional coLos coference new network-based media in education**, Maribor, Slovenia, p. 13-22, 1998

THORNTON, Stephen T.; MARION, Jerry B. **Dinâmica clássica de partículas e sistemas**. Cengage Learning, 2011.

TRACKER BRASIL. Disponível em: <http://dafis.ct.utfpr.edu.br/tracker/>. Acesso em: 14 out. 2019.

VALENTE, J. A. **Diferentes usos do computador na educação**. Em Aberto, Ano 12, n. 57 p. 3-16. Brasília: 1993

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

YAMAMOTO, I.; BARBETA, V. B. **Simulações de Experiências como Ferramenta de Demonstração Virtual em Aulas de Teoria de Física**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 23, n. 2, p. 215, 2001.

**APÊNDICE A - CONHECIMENTOS PRÉVIOS**

Estagiário: Guilherme A. Montoli Série: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

- 1) Como você considera o seu conhecimento em Física?  
( ) Regular ( ) Bom ( ) Excelente ( ) Insuficiente
  
- 2) Como você considera o seu conhecimento em Matemática?  
( ) Regular ( ) Bom ( ) Excelente ( ) Insuficiente
  
- 3) O que você entende por:
  - a. Quantidade de momento linear
  - b. Energia cinética
  - c. Coeficiente de restituição
  - d. Colisão perfeitamente elástica
  - e. Colisão inelástica
  - f. Colisão anelástica
  
- 4) Você gostaria de aprender um pouco mais de Física?  
( ) Sim ( ) Não ( ) Talvez
  
- 5) Você está predisposto a participar de todas as etapas do projeto?  
( ) Sim ( ) Não ( ) Talvez
  
- 6) Do que você menos gosta na Física? Transcreva



**APÊNDICE B – PERGUNTAS REALIZADAS DURANTE A AULA**

Estagiário: Guilherme A. Montoli      Série: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

1. Um homem lança uma bola contra a parede com velocidade de 50 m/s. Ela bate reta e volta com velocidade de 30 m/s. Calcule o coeficiente de restituição  $\epsilon$  entre a parede e a bola.
2. Um caminhão com 3 toneladas de massa viaja com velocidade constante de 72 km/h. Expresse essa velocidade em unidades do Sistema Internacional (S.I.)

## APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO FINAL

Estagiário: Guilherme A. Montoli      Série: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

1. Escreva o conceito de cada termo abaixo, apresentando sua respectiva unidade medida no S.I.
  - a) Velocidade
  - b) Aceleração
  - c) Aceleração da gravidade
  - d) Movimento de queda livre
  - e) Atrito
  
2. O que você entende por:
  - f) Velocidade de queda?
  - g) Velocidade de ressalto?
  
3. Redija uma avaliação do projeto

## **APÊNDICE D - ROTEIRO DE ATIVIDADES**

**Tema:** Colisões

**Conteúdos Envolvidos:** Conservação de: energia e quantidade de momento linear

### **2.0 CONTEÚDOS PRÉVIOS**

- Queda livre;
- Velocidade;
- Aceleração;
- Sistema Internacional.

### **3.0 RESULTADO PRETENDIDO DA APRENDIZAGEM**

- Compreender a partir da percepção os conceitos referentes às colisões.

### **4.0 ESTRATÉGIAS DE ENSINO E APRENDIZAGEM**

**Professor:**

- Apresentar as equações que regem às colisões de forma sistemática.
- Abordar os conceitos associados ao tema.

**Aluno:**

- Observar e tirar dúvidas sobre a aula;
- Responder os exercícios sobre o tema

### **5.0 RECURSOS**

- Pincel e quadro.

### **6.0 AVALIAÇÃO (TAREFA DE AVALIAÇÃO)**

- Mediante a participação em sala de aula.