



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE

NÚCLEO DE FORMAÇÃO DOCENTE

GRADUAÇÃO EM FÍSICA/ LICENCIATURA

RAÍ HENRIQUE DA SILVA ROCHA

**UM ESTUDO DE COLISÕES UNIDIMENSIONAIS, MEDIANTE UM
SOFTWARE LIVRE TRACKER, COMO POSSÍVEL CAMINHO FACILITADOR
DAS APRENDIZAGENS SIGNIFICATIVAS.**

CARUARU

2021

RAÍ HENRIQUE DA SILVA ROCHA

**UM ESTUDO DE COLISÕES UNIDIMENSIONAIS, MEDIANTE UM
SOFTWARE LIVRE TRACKER, COMO POSSÍVEL CAMINHO FACILITADOR
DAS APRENDIZAGENS SIGNIFICATIVAS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Graduação em Física Licenciatura da Universidade
Federal de Pernambuco, como requisito parcial para
a obtenção do Título de Licenciatura em Física

Área de concentração: Ensino

Orientador: Prof^o. Dr. Augusto César Lima Moreira

Caruaru

2021

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Simone Xavier - CRB/4 - 1242

R672e Rocha, Raí Henrique da Silva.
Um estudo de colisões unidimensionais, mediante um software Livre Tracker, como possível caminho facilitador das aprendizagens significativas. / Raí Henrique da Silva Rocha. – 2021.
75 f. ; il. : 30 cm.

Orientador: Augusto César Lima Moreira.
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Licenciatura em Física, 2021.
Inclui Referências.

1. Física – Estudo e ensino. 2. Software livre. 3. Aprendizagem. 4. Colisões (Física). I. Moreira, Augusto César Lima (Orientador). II. Título.

CDD 371.12 (23. ed.)

UFPE (CAA 2021-141)

RAÍ HENRIQUE DA SILVA ROCHA

**UM ESTUDO DE COLISÕES UNIDIMENSIONAIS, MEDIANTE UM
SOFTWARE LIVRE TRACKER, COMO POSSÍVEL CAMINHO FACILITADOR
DAS APRENDIZAGENS SIGNIFICATIVAS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Graduação em Física Licenciatura da Universidade
Federal de Pernambuco, como requisito parcial para
a obtenção do Título de Licenciatura em Física

Aprovado por videoconferência em: 12 / 05 / 2021.

BANCA EXAMINADORA

Profº. Dr. Augusto César Moreira (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Profº. Dr. Ernesto Arcenio Valdes Rodriguez (Examinador)
Universidade Federal de Pernambuco

Profº. Dr. Sergio De Lemos Campello (Examinador)
Universidade Federal de Pernambuco

“Com gratidão, dedico este trabalho a
Deus. Devo a Ele tudo o que sou.”

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu pai, José Edmilson da Rocha e a meu primo, André Carneiro Rocha Santos que sempre me apoiaram em todas as minhas escolhas que fiz para chegar onde estou hoje.

Agradeço à minha namorada, Whendy de Lemos Cassiano que sempre me apoiou e me deu uns puxões de orelhas quando precisei para continuar com foco no meu objetivo.

Agradeço ao meu orientador, Professor Dr. Augusto César Lima Moreira por aceitar guiar o meu projeto de pesquisa, pelo incentivo e ao seu escasso tempo ao meu trabalho de pesquisa.

Agradeço ao meu professor, Dr. Everaldo Fernandes da Silva que, desde os primeiros dias de suas aulas, sempre me incentivou nos estudos e a fazer pesquisa, dizendo que eu tinha potencial para a carreira acadêmica e que eu precisava aprimorar minha curiosidade epistêmica.

RESUMO

A presente pesquisa tem como tema principal: o Estudo de Colisões Unidimensionais, através da Vídeo-Análise, usando um Software Livre, que foi escolhido como uma metodologia atrativa/significativa para os/as alunos/as, fazendo-se uma aproximação de ordem prática, cotidiana, com uma colisão no trânsito e, desse modo, dinamizar a educação básica e, em particular para o ensino de física, fugindo do método tradicional de lápis e quadro-branco, que muitas vezes caracteriza-se pela repetição mecânica, não sendo nada atraente para o estudante. Este trabalho tem como objetivo geral: analisar o experimento de colisões entre os carrinhos da HotWheels, através do software livre Tracker, averiguando as colisões elásticas, parcialmente elásticas e inelásticas como instrumento didático nas aprendizagens sobre as colisões na Física. E os objetivos Específicos: A) Investigar a partir do estudo experimental as colisões elásticas, parcialmente elásticas e inelásticas, se há de fato uma aprendizagem significativa para o aluno; B) Verificar quais os possíveis elementos didáticos propulsores que levam os estudantes a este tipo de aprendizagem significativa. A pesquisa é de cunho qualitativo e quantitativo, tendo como o método a pesquisa bibliográfica sobre os resultados das experiências de vários autores na aplicação de uma ferramenta tecnológica como instrumento didático eficaz no ensino de Ciências, quando das aplicações com softwares livres como caminho pedagógico segundo Meseguer *et al* (1994), (Moreira e Masini, 1982, 2006; Moreira, 1999, 2000, 2006; Masini e Moreira, 2008; Valadares e Moreira, 2009, p. 04). Deste modo, detectamos que o uso de tais ferramentas no ensino de ciências e, em particular, no ensino de Física, agregara melhorias no ensino-aprendizagem, desenvolve a curiosidade do alunado, amplia a criatividade e o seu protagonismo, proporcionando aprendizagens qualitativamente significativas, emancipatórias e envolventes.

Palavras- Chave: Aprendizagem Significativa. Ensino de Física. Software livre.

ABSTRACT

This research has as main theme: the Study of One-dimensional Collisions, through Video-Analysis, using a Free Software, which was chosen as an attractive / significant methodology for students, making it an approach of practical order , in a daily basis, with a collision in traffic and, thus, boost basic education and, in particular for the teaching of physics, fleeing the traditional method of pencil and whiteboard, which is often characterized by mechanical repetition, not being attractive to the student at all. This work has as general aim: to analyze the collision experiment among HotWheels cars, through the free software Tracker, investigating the elastic, partially elastic and inelastic collisions as a didactic tool in the learning about collisions in Physics. And the Specific objectives: A) Investigate from the experimental study the elastic, partially elastic and inelastic collisions, if there is, in fact, a meaningful learning for the learner; B) Verify the possible propelling instructional elements that lead students to this type of meaningful learning. This research is of qualitative and quantitative hallmark, using the method of bibliographic research on the results of the experiences of several authors in the application of a technological tool as an effective educational resource in science teaching, when using free software as a pedagogical path according to (Meseguer et al (1994), Moreira and Masini, 1982, 2006; Moreira, 1999, 2000, 2006; Masini and Moreira, 2008; Valadares and Moreira, 2009, p. 04; AUSUBEL et al. 1978, 1980, 1983, pag 152). This way, we detect that the use of such tools in science teaching and, particularly, in Physics teaching, aggregates improvement in teaching-learning, develops students' curiosity, expands creativity and their prominence, providing qualitatively significant, emancipatory and involving learning.

Keywords: Meaningful learning. Physics teaching. Free software

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	09
2	ABORDAGEM TEÓRICA SOBRE O ESTUDO DE COLISÕES.	13
2.1	COLISÃO ELÁSTICA	21
2.1.1	Colisão Elástica Unidimensional.....	22
2.1.1.1	Casos particulares:.....	24
2.2	COLISÃO PARCIALMENTE ELÁSTICA	26
2.3	COLISÃO INELÁSTICA.....	26
2.4	COLISÃO TOTALMENTE INELÁSTICA UNIDIMENSIONAL.....	27
2.5	COEFICIENTE DE RESTITUIÇÃO.....	30
3	REFLEXÕES SOBRE PRÁTICAS DO ENSINO DE FÍSICA NOS LIVROS	
	DIDÁTICOS DO ENSINO MÉDIO.	32
3.1	APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	43
4	METODOLOGIA.....	53
5	ANÁLISE E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS	64
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	68
	REFERÊNCIAS	70
	APÊNDICE A - COLISÕES BIDMENSIONAIS.....	72

1 INTRODUÇÃO

Os fenômenos físicos possuem a capacidade de provocar mudanças no meio que habitamos, gerando desde transformações de difícil percepção, numa visão microscópica, até alterações de grande vulto, capazes de impressionar o indivíduo e alterar sensivelmente seus sentidos.

As colisões, enquanto fenômenos físicos decorrentes da interação entre corpos (ex. Bolas de bilhar entrando em choque entre si, carrinhos de brinquedo colidindo frontalmente, o momento que um bate-estaca colide com a estaca), igualmente, produzem efeitos de diversas ordens na natureza, alterando suas formas, sua funcionalidade, bem como gerando consequências ao meio interagente em sentido amplo. Ainda, são capazes de causar impactação e fascínio pelas consequências do atrito, motivo pelo qual, seu estudo merece a devida abordagem.

Ademais, são eventos que ocorrem com certa frequência, presentes no dia-a-dia de cada sujeito, em especial, no trânsito, sendo comum haver notícias de choques decorrentes da colisão entre corpos nas escalas macroscópica e microscópica, notadamente, quando envolve tempo, espaço e velocidade, especialmente, nas atividades esportivas e nas corridas automobilísticas quando transmitidas pelos meios de comunicação.

Essas percepções têm nos inquietados e gerado a curiosidade em torno desses movimentos físicos que atravessam o nosso dia-a-dia, gestando a iniciativa de desenvolver o trabalho de conclusão de curso sobre essas questões.

A partir destas, surgiu à necessidade de rever as disciplinas correlatas que, possivelmente, dar-me-iam suporte conceitual e epistemológico para fazer a pesquisa, disciplinas estas que são abordadas no Ensino Médio e no Ensino Superior tais como: Física Geral I (as leis de Newton e conservação da energia), Física Geral II (colisões). Complementando, fez-se necessário estudar o manual do programa (software) livre Tracker, que é de fácil acesso, flexível e de baixo custo, pois como será uma pesquisa experimental de laboratório aberto, usando brinquedos através de vídeo-análise, servirá de instrumento para poder manusear o programa. A partir da elaboração dos vídeos, adveio o seguinte

questionamento: será que realmente é possível promover uma aprendizagem significativa, mediante a utilização da vídeo-análise?

Esta questão central provocou a problemática da presente pesquisa, relacionada ao estudo de atividades experimentais em física através de vídeo-análise, isto é, se a utilização de um *software*, pode conduzir a uma aprendizagem significativa para o alunado? Segundo MOREIRA

Sabemos que a aprendizagem significativa caracteriza-se pela *interação cognitiva* entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio. Nesse processo, que é não-literal e não-arbitrário, o novo conhecimento adquire significados para o aprendiz e o conhecimento prévio fica mais rico, mais diferenciado, mais elaborado em termos de significados, e adquire mais estabilidade. (Moreira e Masini, 1982, 2006; Moreira, 1999, 2000, 2006; Masini e Moreira, 2008; Valadares e Moreira, 2009).

Essa aprendizagem está relacionada aos conceitos prévios dos estudantes, cujas aprendizagens anteriores subsidiam novos conteúdos e aprendizados. Dessa forma, é possível observar que o estudante além de já ter certo tipo de conhecimento não formal, adquirido com sua experiência cotidiana e que a partir de seu contato com o conhecimento formal, no ambiente escolar, por meio de uma abordagem teórica, o professor pode trazer uma abordagem de atividade experimental aberta, através de análise de vídeo, para que assim o conhecimento de física possa fluir com melhor significado e desse modo o aluno possa enxergar a aplicabilidade deste conhecimento adquirido

O intuito desse estudo de atividade de demonstração aberta em sala de aula é levar o estudante não só a aprender o conteúdo de forma significativa, mas também fazer com que ele possa, de fato, desenvolver seu pensamento crítico e epistemológico, tornando-o capaz de administrar os conhecimentos relativos à física com propriedade e de forma correlacionada à vida prática. Além do que é importante para a formação do docente, por proporcionar a posterior ambientes e encontros didáticos (aula) dinamizadas e atrativas, fazendo com que o professor disponha de mais uma ferramenta a ser utilizada no ensino, quebrando a imagem de um padrão de ensino tradicional de física em que há aplicações de fórmulas sem sentido, e sem pertinência à vida prática, aos esportes e ao automobilismo. Sendo assim, haverá uma interação maior entre professor- aluno e aluno- aluno de forma que a aprendizagem seja satisfatória para ambos os sujeitos da prática educativa.

De um modo geral, percebe-se que a temática não é desenvolvida de forma acessível aos discentes, sendo mais encontrada em textos científicos com linguagem técnica e rebuscada, dificultando não apenas a compreensão, como também a afinidade com o tema de grande relevância epistemológica, social e técnica. A abordagem do tema de forma clara e objetiva, junto aos níveis superior e médio de ensino, muitas vezes carentes de maior aprofundamento teórico, não apenas vem a contribuir com sua formação enquanto acadêmicos e profissionais, como também em sua formação cidadã, fazendo surgir maior capacidade crítica e responsabilidade consigo, junto a terceiros e quanto ao meio que habitam, seja nas relações interpessoais diretas, seja no tráfego em vias públicas, evitando-se acidentes e prejuízos materiais e pessoais.

Com essa problemática e inquietações acerca do ensino de Física, elegemos como **objetivo geral:** analisar o experimento de colisões unidimensionais entre os carrinhos da Hotwheels através do software livre Tracker, averiguando as colisões elásticas, parcialmente elásticas e inelásticas como proposta de um instrumento didático em um laboratório aberto, ou de demonstração nas aprendizagens significativa sobre colisões de Física. E os **objetivos Específicos:** A) Investigar a partir do estudo experimental sobre colisões elásticas, parcialmente elásticas e inelásticas, como proposta de um laboratório aberto no Ensino de Física; B) Verificar quais os possíveis parâmetros do estudo experimental que levam os estudantes a este tipo de aprendizagem significativa.

O experimento utilizado nesta pesquisa será feito através de filmagem de celular, suporte para celular, o conjunto dos brinquedos da Hotwheels (carrinhos e a pista) e um notebook com o software Tracker para fazer as análises dos vídeos. A abordagem deste estudo experimental aberto irá proporcionar uma interação maior entre os sujeitos responsáveis em construir o conhecimento de forma didática resultando numa aprendizagem significativa. Desse modo, intencionamos facilitar a aprendizagem de forma divertida e melhorar a compreensão do conteúdo.

A presente pesquisa será dividida em quatro capítulos. No primeiro momento será abordado o que é uma colisão entre dois corpos ou partículas, em quais escalas acontece, o que pode acontecer nessas interações, quais os sistemas que surgem após essa colisão, o que caracteriza essas colisões e sobre quais as características de uma colisão elástica. No segundo momento, será discutido sobre o que acontece em uma colisão parcialmente elástica e por fim o que acontece numa colisão inelástica.

No segundo capítulo, iremos discutir: Reflexões sobre Práticas do Ensino de Física nos Livros Didáticos do Ensino Médio e Aprendizagem Significativa.

‘No terceiro capítulo, desenvolveremos a metodologia, isto é, os procedimentos do experimento utilizando o software para compreender o fenômeno das colisões das forças elásticas, parcialmente elásticas e inelásticas. Também, iremos trazer como medir o alcance desse modo de ensinar nas aprendizagens e na relação professor-aluno.

No quarto capítulo, apresentação dos resultados e discussões. Por fim, no quinto capítulo, apresentaremos as considerações finais.

2 ABORDAGEM TEÓRICA SOBRE O ESTUDO DE COLISÕES.

Inicialmente, apresentamos o que entendemos por colisão na visão de três autores de física que abordam de forma objetiva e de fácil entendimento, isto é, segundo as falas dos três seguintes autores: “Uma colisão entre duas partículas é um processo em que uma é lançada contra a outra, podendo trocar energia e momento em consequência de sua interação” (NUSSENZVEIG, 2013, p.210). O conceito de colisão que trouxemos deste autor é de forma abrangente, simples e clara, sendo assim, facilitando a compreensão do estudante e tornando uma leitura prazerosa sobre o campo de estudo.

Outra forma de explicar o conceito mencionado acima é, “Dois corpos quando se chocam trocam energia e momento. Isto é decorrência do processo de interação entre eles” (COELHO, 2015, p.152). Vemos aqui que o referido autor aborda o conceito de forma didaticamente diferente do anterior estudioso, mas que também é de forma simples e clara a sua abordagem sobre o assunto em estudo. O momento aqui mencionado refere-se ao produto da massa do corpo pela velocidade do mesmo.

O próximo estudioso na área de física aborda de uma forma cuidadosa e detalhada o significado sobre o tema, que também é de forma didática e tem vigor físico coerente, fazendo analogias com o cotidiano das pessoas para assim facilitar a compreensão do conceito para eles.

Para a maioria das pessoas, o termo colisão provavelmente está associado a algum desastre envolvendo automóveis. Também usaremos o termo com esse sentido, mas estenderemos seu significado de modo que inclua qualquer vigorosa interação entre dois corpos com uma duração relativamente curta (Sears e Zemansky, 2016, p. 272).

Podemos observar a sintonia entre os autores, de modo que uma abordagem sobre o tema em estudo não precisa ser de linguagem complexa demais para ser bem explicada, basta que seja objetiva, coesa e de uma linguagem acessível para que outras pessoas, mesmo que não sejam da área profissional, ou mesmo para estudantes que ainda fazem o ensino básico, possam compreender o assunto, que desfrutem de uma leitura satisfatória, com mais entusiasmo e melhorando a fixação do conteúdo do conceito.

Terminado a compreensão do conceito de colisão ou como se dá uma colisão, iremos falar sobre em quais escalas os corpos interagentes pertencem nesse processo de colisão e

mostrando alguns exemplos aplicáveis. Segundo Nussenzveig(2013, p. 210), “As partículas podem ser corpos macroscópicos ou pertencer à escala atômica ou subatômica”. Este autor explica de forma sucinta e de fácil compreensão, mas com rigor científico, que o estudo de colisão se dá não só no mundo macroscópico como também no mundo microscópico, ou seja, o mundo das partículas elementares que conhecemos nos dias de hoje, fazendo uma relação sobre o estudo de colisões na física clássica e na mecânica moderna, sem dificultar a aprendizagem do aluno e sem tornar cansativa a leitura.

Segundo Coelho(2015), ele faz uma relação da física clássica junto à química e física moderna para explicar em quais escalas o estudo de colisões está inserida, mostrando aos estudantes, que outras disciplinas também se relacionam com física e que suas participações vêm a melhorar o seu desenvolvimento enquanto ciência mostrando de fato que nenhum conhecimento se desenvolve só. Então,

Na escala atômica, uma reação química (como por exemplo, $H + Cl \rightarrow HCl$) pode ser pensada também como um choque entre corpos. Já na escala nuclear, os processos envolvidos são relativísticos e a massa não mais se conserva. Devemos observar que na escala microscópica as partículas interagem entre si, mas não se tocam durante todo o processo de reação (COELHO, 2015, p.152).

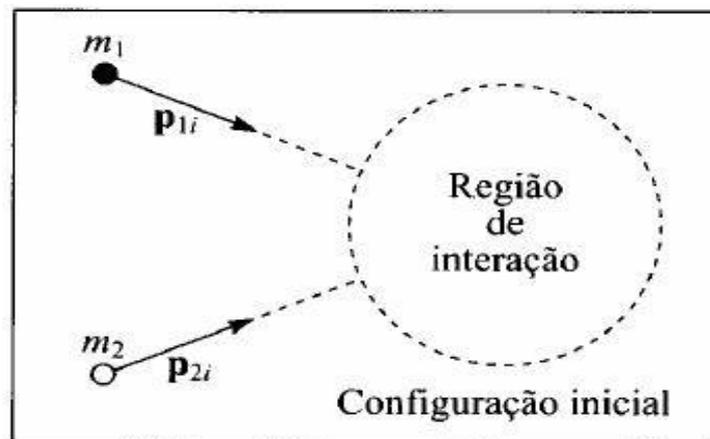
Segundo Sears e Zemansky (2016), os autores trazem uma abordagem cotidiana para explicar em quais escalas se insere os estudos de colisões, mostrando que sempre estamos sujeitos a receber informações do tipo sem ao menos darmos conta do quanto elas podem ser perceptíveis e importantes para nossa vida. Em sendo assim,

[...] Portanto, incluímos não apenas acidentes envolvendo automóveis, mas, também, bolas que colidem em uma mesa de bilhar, nêutrons que se chocam com núcleos atômicos em um reator nuclear, o impacto de um meteoro na superfície terrestre e a chegada de uma nave espacial nas proximidades da superfície de Saturno (Sears e Zemansky, 2016, p. 272).

Compreendida a parte sobre em quais escalas estão inseridas as colisões, agora entraremos no discurso de como é feito o estudo de colisão entre dois corpos ou partículas. Para começar, iremos falar sobre o momento antes da colisão, como elas se movem e quais suas características. Segundo a visão de Nussenzveig (2013), uma colisão caracteriza um tipo de choque específico. Para ele,

A colisão é caracterizada pelo ponto de partida que é chamada de *configuração inicial*, ou seja, “antes da colisão”, em que as duas partículas ainda não entraram em colisão, de forma que a interação entre elas é desprezível. Por conseguinte, elas se movem como partículas livres (supomos que não há forças externas ao sistema), com movimento retilíneo e uniforme, sendo caracterizadas pelas suas massas m_1 e m_2 e momentos iniciais \mathbf{p}_{1i} e \mathbf{p}_{2i} , respectivamente (ou velocidades $\mathbf{v}_{1i} = \mathbf{p}_{1i} / m_1$ e $\mathbf{v}_{2i} = \mathbf{p}_{2i} / m_2$)” (NUSSENZVEIG, 2013, p. 210).

Fig.1- Configuração inicial de uma colisão.

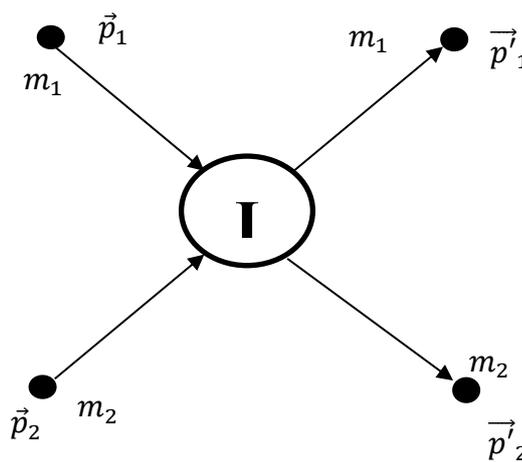


(Fonte: NUSSENZVEIG, H. Moysés, 2013, p. 210).

Podemos perceber pela figura 1, que no instante inicial as forças de interação entre os corpos ou partículas decrescem com suficiente rapidez quando há aumento da distância entre eles, fazendo com que as interações sejam desprezíveis mesmo que sejam extrapoladas distâncias muito grandes. Segundo Coelho (2015) descreve esse processo inicial da colisão de modo direto, simples e coeso facilitando o aprendizado de forma duradora. “Antes da colisão e com a influência desprezível de interação, os corpos são definidos por suas massas m_1 e m_2 e seus momentos, \mathbf{p}_1 e \mathbf{p}_2 , respectivamente. Isto caracteriza a configuração inicial, antes da colisão” (COELHO, 2015, pág. 152). Após passar o momento inicial da colisão, temos uma segunda característica, que é o momento final, ou seja, a configuração final após uma colisão, o que acontece com a matéria nesse instante? Quais os problemas fundamentais dessa teoria? O problema fundamental dessa teoria é a de encontrar resultados/informações a respeito da configuração final a partir dos dados iniciais, ou seja, antes da colisão. Dessa forma, trouxemos esses estudiosos do campo de pesquisa para fazermos análises com rigor matemático e físico, para nos dar uma visão ampla e mais aprofundada de como se

comportam as partículas ou corpos nessa etapa final. Nussenzveig (2015, pág. 211) afirma que: “Na *configuração final*, ou seja, depois da colisão, as partículas resultantes já se afastaram suficientemente da região de colisão para que sua interação seja novamente desprezível, movendo-se como partículas livres, caracterizadas por suas massas e momentos finais”. Vemos que a forma como o autor explica deixa bem clara a ideia de como é feita a análise de colisões, de forma que o estudante ou qualquer outra pessoa que tenha o interesse na área venha melhorar a fixação do fenômeno. De modo diferente desta abordagem da análise, Coelho (2015, pág. 153) afirma que: “A pequena região onde a interação entre os corpos passa a ser importante é representada I. A **configuração final**, após a colisão, é representada pelos momentos \vec{p}'_1 e \vec{p}'_2 . Nesta região a interação entre os corpos passa de novo a ser desprezível”. A figura 02 a seguir faz uma representação deste conceito.

Fig. 02- configuração final da colisão



(Fonte: COELHO, Hélio Teixeira, 2015, p. 153).

E para que entendamos o que acontece na região de interação será necessário que conheçamos as forças de interação entre os corpos no momento exato da colisão, ou no instante em que os corpos ou partículas entram na região de interação entre eles. No momento em que os corpos ou partículas entram na área de interação é chamado de impulso de uma força, ou simplesmente de impulso, lugar onde as forças de contato atuam durante um intervalo de tempo muito curto entre eles. Segundo Nussenzveig:

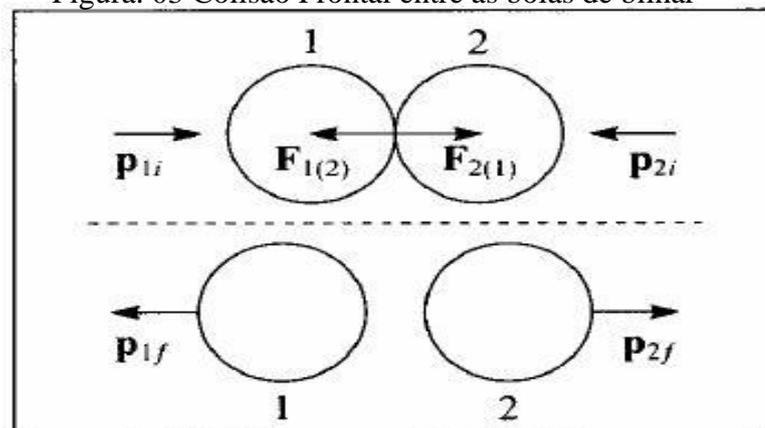
[...] as forças de contato que atuam durante uma colisão (de dois discos ou bolas de bilha, de uma raquete de tênis com a bolas, de um bate-estacas com a estaca) são forças extremamente intensivas, que

atuam durante um intervalo de tempo extremamente curto, o “tempo de colisão” (NUSSENZVEIG, 2015, pág. 211-212).

Entretanto, na visão de Coelho (2015) afirma que nessa área interativa um corpo que geralmente é tratado como partícula, muda o seu momento ao entrarem em contato com outro corpo ou partícula em uma curta duração de tempo. “O momento de um corpo, onde o corpo é tratado como partícula pode variar subitamente, com um choque com outra partícula. Isto ocorre, em geral, num intervalo de tempo muito pequeno” (COELHO, 2015, p. 153). Segundo Sears e Zemansky, explicam com poucas palavras, mais de forma simples o que é impulso de uma força. “Primeiro, vamos considerar uma força resultante $\sum \mathbf{F}$ constante atuando sobre uma partícula durante um intervalo Δt de t_1 a t_2 . O **impulso** da força resultante, designado pelo vetor \mathbf{J} , é definido como a força resultante multiplicada pelo intervalo” (Sears e Zemansky, 2016, p. 263).

Podemos perceber que são forças bastante intensivas do ponto de vista macroscópico e microscópico, que os corpos mesmo considerados rígidos, pois como sabemos que não são e que todo corpo tem em certo modo uma constante de elasticidade, mas que em certos momentos podem ser desprezíveis, eles acabam por serem deformados durante a interação entre eles trocando momento e gerando energia térmica devido ao impacto causado por eles. Daí vem à seguinte pergunta quais os sistemas que surgem nessa área de estudo? Primeiro iremos abordar uma colisão simples em que duas bolas de bilhar colidem frontalmente (figura. 03) e uma colisão em série, mostrando assim alguns sistemas envolvidos nesse campo de estudo. Nesse caso, na área de choque ocorrem as seguintes interações entre as bolas de bilhar em uma curta duração de tempo, representada pela equação a seguir:

Figura. 03 Colisão Frontal entre as bolas de bilhar



(Fonte: NUSSENZVEIG, H. Moysés, 2013, p. 212).

$$\vec{F}_{1(2)} = \frac{d\vec{p}_1}{dt} = -\frac{d\vec{p}_{2(1)}}{dt} = -\vec{F}_{2(1)} = -\frac{d\vec{p}_2}{dt} \quad (1)$$

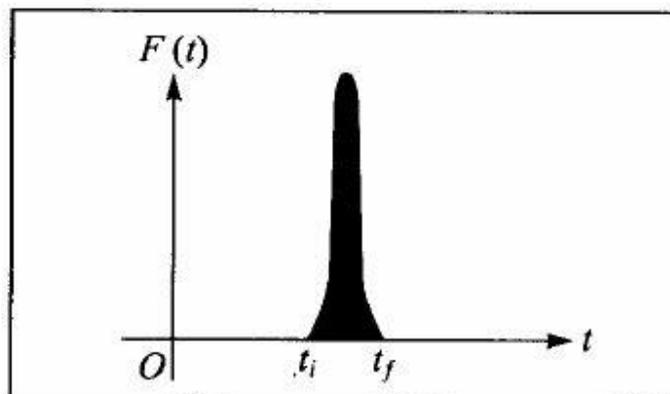
onde as forças atuantes $\vec{F}_{1(2)}$ (a força que atua sobre 1 devido a bola 2) e $\vec{F}_{2(1)}$ (a força que atua sobre 2 devido a bola 1) obedecendo assim a 3ª lei de Newton, ou seja, são forças mútuas de ação e reação atuando em sentidos opostos e com intensidades iguais, atuando em um intervalo de tempo extremamente curto t_i (instante inicial) e t_f (instante final).

Integrando a força em relação ao tempo na eq.(1) desde t_i até t_f , obtemos:

$$\vec{J} = \int_{t_i}^{t_f} \vec{F} dt = \int_{t_i}^{t_f} \frac{d\vec{p}_1}{dt} dt = \int_{p_i}^{p_f} d\vec{p}_1 = \vec{p}_f - \vec{p}_i = \Delta\vec{p} \quad (2)$$

Ou seja, o impulso de uma força \vec{F} aplicado em um corpo ou partícula representada pela letra \vec{J} , é igual à variação do momento linear nos instantes de t_i a t_f . A figura 04 (a) abaixo mostra o gráfico da variação temporal de uma força impulsiva \vec{J} nos instantes desde t_i a t_f . Se a força $\vec{F}(x)$ é mantida constante em direção e sentido, a área sombreada debaixo da curva é igual ao impulso de uma força aplicada as partículas causadas pelo efeito de colisão entre eles.

Fig. 04 (a) Força Impulsiva



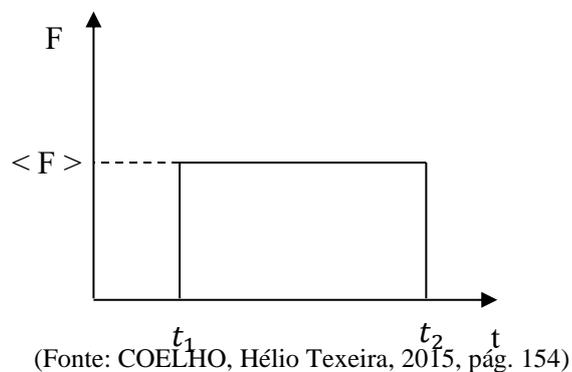
(Fonte: NUSSENZVEIG, H. Moysés, 2013, p. 212)

Diante disso, em geral não conhecemos a expressão matemática de $\vec{F}(x)$, mas podemos conhecer o valor da intensidade média da força $\vec{F}(x)$ e o intervalo de tempo da colisão. Em outras palavras, podemos expressar o impulso sendo:

$$\vec{J} = \Delta \vec{p} = \vec{F} \Delta t \quad (3)$$

A figura 04 (b) mostra o gráfico do valor médio da intensidade de força pelo intervalo de tempo da colisão.

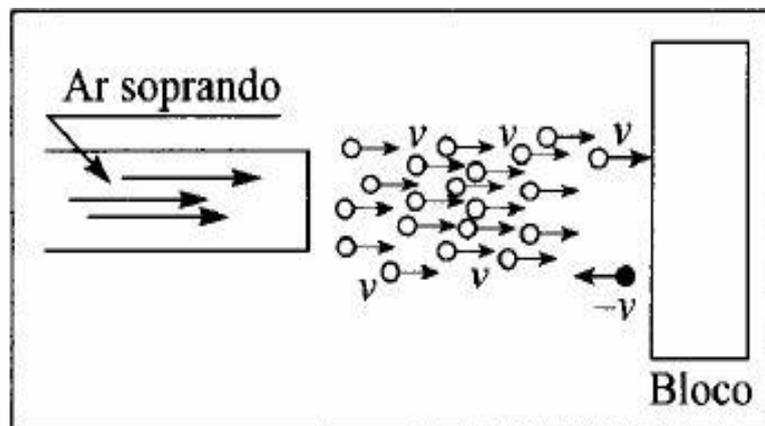
Fig.04(b) Força média de atuação em um intervalo de tempo em uma colisão.



Como exemplo, podemos imaginar em uma situação real, vivenciada por engenheiros onde um bate-estaca entra em colisão com a estaca, ou seja, no momento em que estes entram em contato um com o outro, ocorre uma interação muito forte entre eles em uma curta duração de tempo. As forças que atuam nesse momento da colisão são bastante intensivas e a partir daí um impulso é transmitido à estaca. Outra consequência desse estudo será discutida adiante, sobre as colisões em séries. No assunto de colisões em séries Coelho (2015) afirma que: “Existem muitas situações onde um alvo fixo sofre a ação de um grande número de colisões sucessivas. É o caso de um jato horizontal de areia sobre uma parede fixa vertical

solida. Cada colisão de um grão de areia produziria uma força sobre a parede” (COELHO, 2015, pág. 154). Analisando esse tipo de colisão, a informação que nos interessa é o cálculo da força média \vec{F} que está agindo sobre a parede durante um intervalo tempo Δt muito curto. Geralmente, tratamos esses projeteis todos sendo idênticos, igualmente espaçados, idealizando-os como partículas de mesma massa e momentos iguais, $m\vec{v}$. Nussenzveig (2013) afirma que: “Consideremos um jato horizontal de areia, com n grãos por segundo, todos de mesma velocidade v , que incide sobre um bloco pesado vertical. Seja m a massa de cada grão”. A figura (05) mostra um exemplo típico de colisão em série.

Figura 05- Colisão em série



(Fonte: NUSSENZVEIG, H. Moysés, 2013, p. 212)

A figura abaixo ilustra uma colisão sucessiva de n partículas, com velocidade v , exercendo uma força \vec{F} sobre o bloco parado. Suponhamos que a colisão de cada grão de areia seja elástica e que cada um desses grãos seja refletido com velocidade $-v$. Podemos de

ver que em consequência das colisões, o momento total seja de $\Delta p = 2mv$. Nesse caso, sabendo que n é o número médio de partículas por segundo colidindo contra o bloco. Desta forma a força média exercida pelo jato de areia sobre o bloco é $\bar{F} = n\Delta p$.

No exemplo acima falamos em colisão elástica das partículas, mas afinal quais sistemas surgem nesse tipo choque? E quais as suas características? Antes de entrarmos nesse assunto falaremos o que acontece de modo geral em toda colisão. Sabemos que em toda colisão a energia total do sistema se conserva no final da colisão, como em qualquer evento físico. Isso é uma decorrência da lei da conservação da energia e do momento linear, embora que parte da energia mecânica possa se transformar em algum outro tipo de energia, como exemplo uma granada ao ser lançada, sua energia associada ao movimento é a energia cinética do projétil. O instante em que ela se choca contra o chão, a granada explode e sua energia cinética é transformada em energia química de reação. Esse é um dos exemplos que surgem na física sobre o estudo de colisões.

2.1 COLISÃO ELÁSTICA

Num processo de colisão entre dois carrinhos de brinquedos (HotWheels) por exemplo, ou de duas bolas de bilhar, em que a energia cinética total do sistema se conserva, isto é, quando a energia cinética inicial é igual à energia cinética final, podemos chamar esse efeito de colisão elástica. Segundo Nussenzveig (2013):

No caso limite ideal da Seç. 4.5, as partículas voltam a se afastar com velocidades opostas, de mesma magnitude que as iniciais. Logo, a *energia cinética final é igual à energia cinética inicial*. Uma colisão em que isto acontece chama-se *colisão elástica*. (NUSSENZVEIG, 2013, p. 213).

O momento em que as partículas deixam a área de interação, elas voltam a se deslocarem separadamente e dessa forma, o momento linear total é conservativo. Ou segundo Coelho (2015) afirma que quando a energia antes e depois da colisão não for alterada, ela passa a ser chamada de colisão elástica. “Se a energia cinética total do sistema não foi alterada pela colisão, ela é chamada de **colisão elástica**” (COELHO, 2013, p. 155). A figura 06 mostra como é dado esse processo de choque entre dois objeteis.

Fig. 06 - Um exemplo de Colisão

Experiência 1			
Antes da colisão		Depois da colisão	
Velocidades	$v_1 = v$ $v_2 = -v$	$v'_1 = -v$ $v'_2 = v$	
Momentos	$p_1 = mv$ $p_2 = -mv$	$p'_1 = -mv$ $p'_2 = mv$	
Total	$P = p_1 + p_2 = 0$		$P' = p'_1 + p'_2 = 0$

(Fonte: NUSSENZVEIG, H. Moysés, 2002 , p. 86)

Já Sears e Zemansky (2016) faz um acréscimo na abordagem teórica sobre colisões relacionado às forças de contato interagentes que quando são conservativas e que atuam no momento de choque, podemos dizer que é uma colisão elástica. Isto é,

Quando as forças entre os corpos também forem *conservativas*, de modo que nenhuma energia mecânica é adquirida ou perdida durante a colisão, a energia *cinética* total do sistema é a mesma antes e depois da colisão. Esse tipo de colisão denomina-se **colisão elástica** (Sears e Zemansky, 2016, pag. 273).

Uma característica que está implícita aqui sobre colisões é que o momento linear total das colisões se conserva devido às forças de interação serem conservativas. Para darmos um tratamento mais aguçado sobre o estudo de colisões iremos começar por um ponto de vista mais simples (uma análise unidimensional) na reta real, para uma forma mais complexa em termos de essência física (análise vetorial). Essas análises serão baseadas em uma coordenada do plano cartesiano para as colisões unidimensionais, e coordenadas polares para as colisões bidimensionais sempre em relação a um parâmetro de observação, o tempo t .

2.1.1 Colisão Elástica Unidimensional

Usando como referência a fig. 03 para analisarmos o caso de uma colisão elástica unidimensional em analogia com duas bolas de bilhar colidindo frontalmente. Imagine que a bola de massa m_1 se mova com velocidade v_{1i} na direção positiva do eixo x e a bola de massa m_2 se mova com velocidade v_{2i} na direção negativa do eixo x , chamado de configuração inicial o processo antes da colisão. Após a colisão, configuração final, as partículas se movem em sentidos opostos, a partícula de massa m_1 se move agora no sentido negativo do eixo x com velocidade $-v_{1f}$ e a partícula de massa m_2 no move no sentido positivo do eixo x com velocidade v_{2f} . Vale lembrar que aqui só serão apresentadas as equações aplicadas e não o seu desenvolvimento, pois esse desenvolvimento já está saturado de ser mostrado em livros de física básica universitários.

Usando a conservação do momento total temos que;

$$P_i = P_f \rightarrow m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f} \quad (4)$$

O momento inicial das partículas antes da colisão é igual ao momento final das partículas depois da colisão. A energia relacionada ao movimento delas, ou seja, a energia cinética total das bolas de bilhar é da forma:

$$K = \frac{mv^2}{2} \quad (5)$$

Ou em termos de momento e massa:

$$K = \frac{p^2}{2m} \quad (6)$$

A conservação da energia cinética total na colisão é:

$$\begin{aligned} K_i &= \frac{p_{1i}^2}{2m_1} + \frac{p_{2i}^2}{2m_2} = \frac{p_{1f}^2}{2m_1} + \frac{p_{2f}^2}{2m_2} \\ &= K_f \end{aligned} \quad (7)$$

Como o problema fundamental da teoria de colisões entre corpos ou partículas é o de encontrar a configuração final a partir dos dados informados na configuração inicial, em que as incógnitas são os momentos finais (p_{1f}, p_{2f}) , podemos expressá-las em forma de sistema de equações dada por:

$$\begin{cases} p_{1f} = \left(\frac{1-\lambda}{1+\lambda}\right)p_{1i} + \left(\frac{2}{1+\lambda}\right)p_{2i} \\ p_{2f} = \left(\frac{2\lambda}{1+\lambda}\right)p_{1i} - \left(\frac{1-\lambda}{1+\lambda}\right)p_{2i} \end{cases} \quad (8)$$

A letra grega lambda (λ) posta aqui é um parâmetro adimensional que surge no desenvolvimento das formulas até o sistema de equações e é representada como $\lambda = \frac{m_2}{m_1}$ a razão das massas m_2 sobre m_1 . Também podemos escrever o sistema de equações em termos das velocidades, substituindo no momento $p = mv$.

$$\begin{cases} v_{1f} = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\right)v_{1i} + \left(\frac{2m_2}{m_1 + m_2}\right)v_{2i} \\ v_{2f} = \left(\frac{2m_1}{m_1 + m_2}\right)v_{1i} - \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\right)v_{2i} \end{cases} \quad (9)$$

A partir das informações apresentadas até aqui, iremos agora abordar alguns casos particulares de colisões elásticas que são mais frequentes na parte experimental.

2.1.1.1 Casos particulares:

I. Massas iguais: Neste caso, em que $\lambda = 1$ temos:

$$\begin{cases} p_{1f} = p_{2i} \\ p_{2f} = p_{1i} \end{cases} \quad \begin{cases} v_{1f} = v_{2i} \\ v_{2f} = v_{1i} \end{cases} \quad (10)$$

podemos perceber que as partículas trocam entre si, os momentos e velocidades. Um exemplo desse tipo será mostrado na experiencia com os carrinhos da HottWells.

II. Alvo em repouso: De modo geral, as massas dos objetos podem ser diferentes uma da outra, além de que uma delas estará em repouso antes da colisão, correspondendo a

$$v_{2i} = 0 = p_{2i} \quad (11)$$

que corresponde na eliminação dos últimos termos do 2º segundo membro da equação (9). Vejamos duas particularidades interessante nesta situação.

a) $m_1 \ll m_2$: Neste caso, as equações (9) se apresentam na forma de:

$$\begin{cases} v_{1f} \approx v_{1i} \\ v_{2f} \approx 2 \frac{m_1}{m_2} v_{1i} \ll v_{1i} \end{cases} \quad (12)$$

Podemos perceber que a bola de massa muito leve m_1 ao colidir com a bola de massa muito pesada m_2 que está em repouso, a bola m_1 é refletida para trás com velocidade igual a incidente em direção, mas sentido oposto, enquanto a bola de massa m_2 sofre um pequeno deslocamento como velocidade tão pequena quanto a razão das massas. E exprimindo em termos de momento:

$$p_{2f} \approx 2p_{1i} \quad (13)$$

Ou seja, o momento final da segunda bola é aproximadamente duas vezes o momento inicial da primeira bola.

b) $m_1 \gg m_2$: Neste caso, as equações (9) nos fornece as seguintes informações

$$\begin{cases} v_{1f} \approx v_{1i} \\ v_{2f} \approx 2v_{1i} \end{cases} \quad (14)$$

Neste caso a bola de massa muito maior m_1 após a colisão com a bola de massa muito mais leve m_2 , a bola de massa muito maior quase não é desacelerada pela bola de massa muito menor desprezando assim existência da outra bola, porém a bola mais leve é lançada com o dobro da velocidade incidente de massa m_1 .

Após a abordagem no limite ideal sobre o assunto de colisões elásticas em que o nosso sistema é um sistema isolado e fechado e principalmente em mostrar suas particularidades que acontecem com mais frequência neste caso específico do campo de estudo, iremos adentrar agora no campo de estudo sobre colisões parcialmente elásticas onde agora sua energia total não mais se conserva, mas é dissipada parcialmente devido sua interação com outro corpo.

2.2 COLISÃO PARCIALMENTE ELÁSTICA

Uma colisão parcialmente elástica entre dois corpos ou partículas é um processo em que seu momento total se conserva, assim como acontece na colisão elástica, mas a energia cinética total do sistema não se conserva totalmente, agora ela é dissipada parcialmente, ou seja, uma pequena parte da energia total de movimento é convertida em qualquer outra forma de energia, como: ondas sonoras, térmicas, luminosa). Segundo (JUNIOR, 2007; FERRARO, 2007; SOARES, 2007) diz que:

Se o choque se situa entre o perfeitamente elástico e o perfeitamente inelástico, ele é chamado de **parcialmente elástico**. Nesse choque também há conservação de quantidade de movimento e perda de energia cinética, mas **os corpos se separam após o choque**, ao contrário do que acontece no perfeitamente inelástica” (JUNIOR, 2007; FERRARO, 2007; SOARES, 2007, p. 333).

O autor citado ao mencionar sobre as colisões perfeitamente elásticas e perfeitamente inelásticas, estas têm a mesma definição de colisões elásticas e inelásticas que os outros pesquisadores discutiram anteriormente, embora não tenhamos falado nada ainda a respeito das colisões inelásticas ou perfeitamente inelásticas, mas será abordado na próxima seção. Duas das características que caracteriza este tipo de choque como parcialmente elástica é a sua perda parcial de energia cinética e os corpos se separam após o choque. A outra característica será abordada no estudo do coeficiente de restituição que será muito importante para distinguir com mais clareza os tipos de colisões aqui apresentados.

2.3 COLISÃO INELÁSTICA

Inicialmente, iremos fazer uma comparação de alguns pontos da colisão inelástica que se distingue das outras duas colisões apresentadas anteriormente (nas colisões elásticas e parcialmente elásticas) e um ponto que é semelhante entre estes três tipos de choques. Assim como nestes dois tipos de choques ocorre conservação do momento linear, na colisão inelástica também ocorre a conservação do momento, porém a energia cinética total do sistema é dissipada totalmente, sendo dessa forma não conservada após o choque entre dois corpos ou partículas. Nussenzveig (2013) afirma que numa colisão em que a energia cinética final pode ser tanto menor quanto maior que a energia cinética inicial. Isto é,

[...] as partículas voltam a se afastar com velocidades opostas, de mesma magnitude que as iniciais. Logo, a *energia cinética final é igual à energia cinética inicial*. Uma colisão em que isto acontece chama-se *colisão elástica*. Qualquer outra colisão é uma colisão inelástica. Note que, numa colisão inelástica, a energia cinética final pode ser menor ou maior que a inicial. Um exemplo em que é maior é a explosão de uma granada ao colidir com o solo (NUSSENZVEIG, 2013, p. 213).

Já Coelho (2015) diz que, se no caso dos dois pequenos corpos a energia é transformada total da energia cinética para outras formas de energia, esta colisão será chamada de colisão inelástica. “[...] se no caso dos dois corpos pequeno acima alguma energia é transferida da energia cinética para qualquer outra forma de energia, tais como, energia térmica e sonoras, tal colisão é chamada de **colisão inelástica**” (COELHO, 2015, p. 156). Enquanto para Sears e Zemansky (2016), numa colisão inelástica a energia cinética total após a colisão é menor que a energia cinética total antes da colisão. “Uma colisão na qual a energia cinética total do sistema depois da colisão é *menor* do que antes dela denomina-se **colisão inelástica**” (Sears e Zemansky, 2016, pag. 273). Para um entendimento melhor iremos mostrar um exemplo do estudo de colisão totalmente inelástica unidimensional.

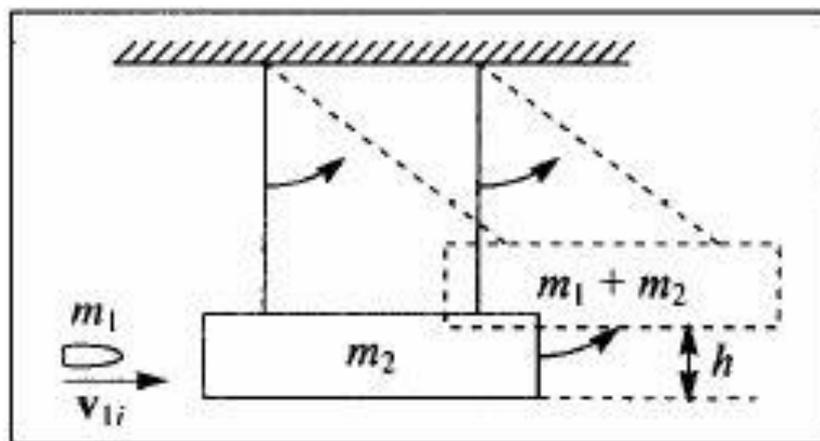
2.4 COLISÃO TOTALMENTE INELÁSTICA UNIDIMENSIONAL

Para começarmos, vamos ilustrar na figura 07 um exemplo de colisão total inelástica com uma aplicação notória do pêndulo balístico, aparelho usado para medir a velocidade de

balas de armas de fogo em um bloco de massa m_2 e suspenso por um fio que podemos considerar de massa desprezível. Nussenzveig (2013) afirma que a característica neste tipo de colisão entre os corpos de massa m_1 e m_2 após a colisão, é de que se movem juntos com movimento único coincidindo com o movimento do centro de massa do sistema (CM). “Vemos assim que numa colisão totalmente inelástica não pode haver movimentos internos (ou seja, relativos ao CM) após a colisão: as partículas têm de se mover juntas, seu movimento coincidindo com o do CM” (NUSSENZVEIG; 2013, p.218).

Noutras palavras, se os corpos ou partículas que entrarem na região de interação e após saírem desta permanecerem juntas esse tipo de colisão é chamado de perfeitamente inelástica. Segundo COELHO (2013) “Imagine dois corpos de massa m_1 e m_2 e velocidades v_1 e v_2 respectivamente, na iminência de se chocarem. Se após o choque, eles ficarem juntos, teremos o que se denomina choque perfeitamente inelástico” (COELHO, 2013, p.158). Podemos expressar também esse fenômeno físico através das deformações dos corpos que são causadas devido a força de contato entre eles ser tão intensa que acabam se deformando fisicamente e permanecendo juntos após o choque. Segundo a fala dos seguintes autores (JUNIOR, 2007; FERRARO, 2007; SOARES, 2007). “Choques em que os corpos se deformam de tal maneira que permaneçam unidos após a colisão são denominados **choques perfeitamente inelásticos**” (JUNIOR; FERRARO; SOARES, 2007, p. 337).

Fig.07 mostra um exemplo de uma colisão inelástica



(Fonte: NUSSENZVEIG, H. Moysés, 2013, p. 218).

Por ser um choque do tipo inelástico, sua energia cinética final será muito menor que a energia cinética inicial, de modo que não se anule e que as forças que atuam no sistema bloco-

bala, são forças internas conservativas. Imagine que a bala de massa m_1 é disparada com velocidade v_{1i} em direção ao bloco que está parado inicialmente, ou seja, com velocidade $v_{2i} = 0$. Após a colisão o bloco começa a se mover junto com a bala formando um único corpo com massa $(m_1 + m_2)$ e velocidade v_f , subindo a uma altura h na direção vertical. Usando a conservação do momento linear dado por,

$$P_i = m_1 v_{1i} = (m_1 + m_2) v_f = P_f \quad (15)$$

o problema agora é achar a velocidade após interação. A formula para a velocidade final do sistema é dada por

$$v_f = \frac{m_1 v_{1i}}{m_1 + m_2} = v_{CM} \quad (16)$$

Sendo que a velocidade final está relacionada com a velocidade do CM do sistema bloco-bala.

E sua energia cinética total é dada por

$$K_f = \frac{m_1 v_{1i}^2}{(m_1 + m_2)} = K_{CM} \quad (17)$$

podemos ver que a energia cinética final do sistema se comporta como energia de movimento do CM após a colisão, coincidindo com uma média aritmética ponderada da matemática básica. Vejamos agora a que altura o bloco atinge depois de sofrer esse choque usando a formula de Torricelli

$$v_f^2 = 2gh \quad (18)$$

Finalizando o estudo de colisões em uma dimensão, iremos entrar no agora no estudo de análise bidimensional das partículas ou corpos interagentes nesse processo.

2.5 COEFICIENTE DE RESTITUIÇÃO

O coeficiente de restituição é um dos principais parâmetros a ser identificado no estudo de colisões, pois é este quem nos vai dizer com grande precisão a classificação do choque entre corpos. Esse coeficiente é representado em geral pela letra e , que representa o tempo de restituição entre dois corpos após uma colisão. Isto se dá após ocorrer a deformação devido as forças de interação durante o choque ser tão intenso, o coeficiente de restituição é dito como o tempo que leva os corpos a voltarem a sua forma normal devido estarem sujeitos a deformações no momento da colisão. Segundo Coelho (2015) “O tempo durante o qual tais objetos estão em contacto é composto de um **tempo de compressão**, durante o qual uma pequena deformação toma lugar, e um tempo de restituição, durante o qual o formato do objeto é restituído” (COELHO, 2015, pag. 162). Esse coeficiente é posto na seguinte relação:

$$e = \frac{\vec{v}_{1i} - \vec{v}_{2i}}{\vec{v}_{2f} - \vec{v}_{1f}} \quad (19)$$

Em que $\vec{v}_{1i} - \vec{v}_{2i}$ e $\vec{v}_{2f} - \vec{v}_{1f}$ são as velocidades relativas de dois corpos antes e depois da colisão. Se $e = 0$, a colisão é classificada como **inelástica**. Se $e = 1$, a colisão é dita **elástica**. Se $0 \leq e \leq 1$, a colisão é **parcialmente elástica**. Para finalizarmos, fizemos um resumo de como identificar os tipos de colisões que mostramos nesse primeiro capítulo, através da seguinte tabela.

Tipos de Colisões	Coefficiente de restituição (e)	Características presentes na Colisão
Colisão Inelástica	$e = 0$	Os corpos movem-se juntos após a colisão, há conservação de momento e há máxima dissipação de energia total.
Colisão Elástica	$e = 1$	Há conservação de Energia total,

		conservação do momento total.
Colisão Parcialmente Elástica	$0 \leq e \leq 1$	Há dissipação parcial de energia, conservação do momento

Portanto, podemos resumir através da tabela acima sobre o estudo de colisões quais os pontos que caracterizam esses tipos de choques, começando pela colisão inelástica, que serão apresentados a seguir, como: Os corpos movem-se juntos após a colisão, há conservação de momento linear, há máxima dissipação de energia total e o coeficiente de restituição $e = 0$. Nas colisões elásticas temos que: Há conservação de Energia total, conservação do momento total e o coeficiente de restituição $e = 1$. E por último na colisão parcialmente elástica sabemos que: Há dissipação parcial de energia, conservação do momento total e o coeficiente de restituição $0 \leq e \leq 1$.

No próximo capítulo, iremos fazer reflexões sobre práticas do ensino de física nos livros didáticos do ensino médio e aprendizagem significativa.

3 REFLEXÕES SOBRE PRÁTICAS DO ENSINO DE FÍSICA NOS LIVROS DIDÁTICOS DO ENSINO MÉDIO.

A partir das observações sobre o ensino convencional de Física, no Ensino Médio, tem se efetivado através de reprodução dos conteúdos e exercícios vividos em sala de aula. Prioriza-se o ensino de conteúdos de forma isolada de outras áreas de conhecimento, sem aprofundamento e interligação com o contexto que o sujeito vive e experimenta em seu cotidiano. Em termos gerais, são atividades didáticas que se desenvolvem mediante um estudo por conhecimentos acumulados, ao longo das gerações, que são produzidos de modo desconectado e isolado dos demais conhecimentos. Esse modelo de ensino não visa em despertar o interesse, a criatividade e o estímulo de estudantes que pretendem ser futuros pesquisadores e, assim, ativa o dispositivo da indisposição às ciências exatas e da natureza. De acordo com Ziman (1980)

O Ensino de Ciências convencional tem como principal objetivo treinar futuros cientistas, pelo fato de priorizar conteúdos que envolvem o estudo do conhecimento acumulado ao longo das gerações de pesquisadores de uma determinada área, produzida dentro dos padrões estabelecidos pela comunidade científica, ciência “válida” (ZIMAN, 1980 apud FUSINATO. M., 2018, p. 29).

De tal modo, as abordagens dos novos currículos nacionais de Ensino de Física inseridos nos Programas Curriculares Nacionais (PCNs e PCN+), junto a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) têm como objetivo o de integrar o ensino de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) para a formação de um cidadão contemporâneo. Com isto, sem dúvida, favorecerá assim uma educação básica científica e tecnológica para que os alunos possam compreender a importância da relação entre essas três áreas de conhecimento, auxiliando-os na construção do pensar crítico, habilidades e valores a respeito das tecnologias que os cercam no dia a dia, de modo que assim estejam prontos para o mercado de trabalho e os desafios que a busca do conhecimento vai se impondo de forma dinâmica e inacabada.

Essa educação de fato vem acrescentado de uma contextualização em relação ao cotidiano desses estudantes, dando-lhes significados e assim fazendo com que eles percebam a importância do estudo de ciência de modo geral e, em particular da Física, em suas vidas.

Mas para que estes sujeitos percebam a importância da ciência em seu cotidiano, é preciso que os professores façam uma transposição didática do conhecimento de forma compreensível, para que os alunos tenham consciência sobre o impacto que a ciência, a tecnologia e, especial o ensino da Física, causam na sociedade.

Portanto, o Ensino baseado em Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) vêm aos poucos quebrando o mito sobre a imagem que as pessoas tinham há décadas atrás da ciência, como: uma ciência pura e neutra, que a tecnologia é uma simples aplicação da ciência, justificando assim a sua importância. Por isso, essa nova abordagem de Ensino vem a desmistificar essa imagem da ciência e, com isso, fazendo pontes com outras áreas do conhecimento, não sendo apresentado de forma individual, sem relação com outras disciplinas, mas de modo interdisciplinar em que uma área de estudo complementa a outra, como os (PCNs e PCN+) mostram. Nesse sentido compreensivo impõe-se a questão: por que os estudantes precisam se apropriar das novas tecnologias e da sua utilização a serviço do ensino-aprendizagem?

Para que as instituições de ensino, juntamente com o trabalho dos professores transformem esses estudantes em futuros cidadãos capazes e críticos, é preciso que estes sujeitos tenham consciência de que o mundo está se modernizando e, conseqüentemente, as tecnologias estão sendo inseridas como ferramentas no mercado profissional, com o intuito de facilitar e agilizar a forma de trabalho intelectual. Então, podemos perceber que é essencial se atualizar e ter conhecimento destas ferramentas de trabalho, para que assim os nossos jovens estejam sempre qualificados mostrando que eles têm um diferencial entre muitos nas possíveis áreas que futuramente venham a atuar de forma interdisciplinar. Essa ideia tem como interesse de não só transformar o sujeito para ser uma pessoa diferenciada dentre as outras, no mercado de trabalho, como vai ajudar a tomar decisões conscientes em situações difíceis, dito de outra forma, adquirir competências e habilidades como estão inseridos na Base Nacional Comum Curricular do Ensino Médio e Superior (BNCC) e (PCNs e PCN+). Mas, caso os alunos não sejam levados a ter essa consciência de se apropriarem desse novo conhecimento, dificilmente eles acabarão percebendo o impacto que a ciência e a tecnologia causam nos grupos sociais, na vida prática e na evolução da pesquisa científica.

Diante dessa realidade que a vida impõe aos professores, porque na maioria das vezes esse ensino não é desenvolvido conforme as exigências legais supracitadas? Será que é a falta

das relações didáticas adequadas de ensino? Ou será uma extensa gama de conteúdos em pouco tempo inseridos no cronograma curricular da escola? Segundo Ricardo

O início dessa relação didática, que se estabelece entre professor e os alunos diante de um conjunto de saberes a ensinar, é um momento de risco, pois, dependendo das escolhas didáticas feitas, aquelas concepções podem se consolidar e se tornar verdadeiros obstáculos a aprendizagem, sobrevivendo até mesmo aos projetos de ensino subsequente (RICARDO, 2010, p. 30).

Podemos perceber que de fato o processo do docente em verificar qual a melhor estratégia didática em aplicar no ensino de ciências de modo geral e, em particular na Física, é realmente importante, pois, dependendo das escolhas feitas para inserir na sala de aula, o professor poderá levar os alunos a uma aprendizagem efetiva, cheia de significados e na maioria das vezes tirando as possíveis dúvidas que apareceriam nos estudantes. Porém, se este professor escolher uma estratégia que lhe parece viável para o ensino e se essa escolha não for eficiente pedagogicamente, provavelmente, surgirá um déficit na aprendizagem desses sujeitos aprendentes que, por vez, levarão consigo tais lacunas desses conteúdos ausentes por muito tempo, dificultando-lhes apropriações de assuntos e cálculos mais complexos dos saberes da Física.

Então, quem disser que lecionar não dá trabalho, que é uma profissão sem estresse, que é só chegar e aplicar a sua aula, é porque não conhece realmente essa área de atuação, muito menos a realidade em uma sala de aula, nem os processos que estes guerreiros docentes enfrentam todos os dias. Além dessas dificuldades presentes, há também uma extensa quantidade de conteúdos para ser ensinada numa carga horária reduzida em sala de aula. Além dessas demandas insatisfeitas em termos da relação entre o plano de ensino não cumprido e o tempo de sala de aula reduzido, soma-se o fator dos diferentes tempos de aprendizagens individual e coletivo desses estudantes. De acordo com Ricardo:

Finalmente, cabe lembrar que o professor deverá administrar uma heterogeneidade em classe; seja de distintos tempos de aprendizagem, seja do empenho dos alunos, tanto em grupo como individualmente, [...]. Aliados a isso, um programa extenso e o pequeno número de aulas acabam engessando o professor. (RICARDO, 2010, p. 45)

Por outra visão poderia ser, de acordo com as palavras de Moreira:

[...]. Mas o ensino de Física nesse nível é tradicional, centrado no docente, na memorização de formulas a serem aplicadas na resolução de problemas conhecidos. Com esse ensino, os estudantes só querem passar e usar a regra “matéria passada é matéria esquecida”. (MOREIRA, 2018, p. 02)

É devido a essa enorme quantidade de conteúdos e um pequeno número de aulas que muitas vezes os docentes acabam recorrendo a uma simplificação didática, levando a aula ser uma exposição de aplicação de fórmulas frias e descontextualizadas, gerando desmotivação para os estudantes, pois, são conteúdos sem significados e aplicabilidades para o sujeito aprendente.

Em movimento contrário, o ensino baseado em (CTS) propõe a modificar o ensino convencional da ciência em geral, e em particular de Física, de modo a potencializar essa aprendizagem dos alunos e contribuir com novas ferramentas de trabalho para que assim os professores tenham mais uma nova forma de construir uma sequência didática adequada para o ensino. De acordo com Astolfi et al. (apud RICARDO, 2010, p. 31)

Destacam, entre outros pontos, a necessidade de prover os docentes de instrumentos didáticos para que eles possam analisar e refletir a respeito de suas práticas de ensino e buscar uma aproximação entre o seu discurso e o discurso dos alunos. (ASTOLFI *et al.*, 2002; PERRENOUD, 2000; MEIREU, 1998; JONNAERT, 1996)

É através dessa inserção das tecnologias como instrumentos de trabalho que o professor poderá ter mais uma nova escolha para poder produzir uma boa aula com uma sequência didática bem planejada, para que assim as aulas se transformem mais atrativas e estes profissionais consigam uma interação maior nas suas aulas de Física, levando em conta os conhecimentos espontâneo adquiridos, a cultura e a história de vida dos/as alunos/as. No entanto, como trabalhar com esses instrumentos de forma que venham a melhorar o ensino no Brasil?

Como sabemos a Física é a ciência base para muitas outras áreas, como: Engenharia, Biologia, Biomedicina, Tecnologia, entre outros. O professor antes de tudo, deve pelo menos ter alguma noção prática de como manusear essas ferramentas de trabalho, para que assim possa interagir de forma dinâmica com os alunos, motivando e despertando o interesse pelo estudo. Porém não basta apenas ter noção de como usar essas ferramentas, o professor além de ter essa habilidade com estas ferramentas tecnológicas, também demanda ter um bom

domínio dos conteúdos de Físicas, para que assim possa ensinar de modo a passar a confiabilidade aos seus alunos em relação ao que está sendo ensinado/vivido em sala de aula. Entretanto, essas são algumas das habilidades que o professor precisa possuir para poder administrar uma boa aula e com a participação ativa do/a aluno/a em sala. Por isso que não basta apenas ter conhecimento de manuseio das ferramentas tecnológicas, ou da disciplina a ser ensinada, como já havíamos dito. Outra competência docente que se impõe é compreender a contextualização do conteúdo com a vivência dos estudantes, levando em conta suas crenças, ideologia e suas visões mundo. De acordo com Brasil: *“é possível generalizar a contextualização como recurso para tornar a aprendizagem significativa ao associá-la com experiências da vida cotidiana ou com os conhecimentos adquiridos espontaneamente”* (BRASIL, 1999, p. 94). Mas essa abordagem de contextualização não se refere só ao cotidiano destes alunos e sim, de modo como o sujeito mais capaz, tenha domínio dos conhecimentos específicos, organize as metodologias e a sequências didáticas a serem aplicados em sala, para promover com bons resultados uma aprendizagem significativa para os alunos. Noutras palavras, estamos afirmando que: “[...]. Um ensino contextualizado é o resultado de escolhas didáticas do professor, envolvendo conteúdos e metodologias, e com um projeto de ensino bem definido” (RICARDO, 2010, p. 42).

Em se tratando disto, verificamos que, entre outras, há dificuldades enfrentadas pelos professores, que consiste em lidar criativamente com as relações didáticas de ensino, pelo fato de muitos docentes não saberem lidar de forma organizada com as situações de aprendizagens, tendo que reconhecer as representações e os obstáculos que os alunos trazem consigo; além do mais, tendo que ter domínio dos conteúdos a serem ensinados. Diante disso, como trabalhar com uma questão ‘problematizadora que venha a levar a uma boa sequência didática? Para entendermos como fazer isso acontecer, precisamos saber como apresentar de forma didática, um problema que foi para os cientistas da época e transformá-lo em um problema para o aluno. Diante dessa questão, precisamos entender um pouco sobre o que é transposição didática. Segundo as palavras do matemático francês Yves Chevallard, que desenvolveu a noção de transposição didática é:

Um conteúdo de saber que tenha sido definido como saber a ensinar, sofre, a partir de então, um conjunto de transformações adaptativas que irão torná-lo apto a ocupar um lugar entre os objetos de ensino. O ‘trabalho’ que faz de um objeto de saber a ensinar, um objeto de ensino, é chamado de transposição didática. (Chevallard, 1991, p.39)

A ideia de transposição didática de Yves Chevallard, está relacionada com as transformações, reorganizações e adaptações que estão inseridos nos três tipos de esferas de saberes: o saber sábio produzido na esfera científica, o saber a ensinar produzidos nos manuais, livros e programas de ensino, até chegar ao saber ensinado que é trabalhado na sala de aula. Todas essas transformações do “saber sábio” até chegar ao “saber ensinado” tem como intuito de mostrar de onde vem os conteúdos apresentados em sala de aula e os processos de modificação que estes assuntos passam para estar aptos à sua aplicação no ensino. Dito de outro modo, o saber ensinado será exilado de sua origem e separado de seu contexto histórico de pesquisa produzido pelo saber sábio, pois será transformado, reorganizado e constituirá num novo saber produzido pela transposição didática. Então, para Chevallard: “o saber produzido pela transposição didática será, portanto, um saber exilado de suas origens e separados de sua produção histórica na esfera do saber sábio” (CHEVARLLARD, 1991, p. 18).

No entanto, é preciso saber que a legitimidade caracterizada pela ciência Física, não é a mesma que a física ensinada no interior da sala de aula, ou seja, os critérios que servem para justificar a ciência Física, não necessariamente serão o mesmo para justificar o seu ensino. Pois como estes estão inseridos em projetos sociais formativos distintos, não quer dizer que o seu ensino não leve a uma aprendizagem próxima do conhecimento científico. Segundo Chevallard: “nenhum saber ensinado se autoriza por si mesmo” (CHEVALLARD, 1994, p. 146). Em outras palavras, a ciência Física se justifica por si mesma, porém o seu ensino passa por transmutações diversas até que sejam efetivamente didáticas, no instante aproximativo das realidades transmitidas e assimiladas, sem desvirtuar os avanços e os constructos científicos despontados pela pesquisa que, segundo ele, caracterizam-se como saber sábio.

Podemos ver que a contextualização sucede a problematização, no entorno da vivência e do espaço físico do aluno. Então, para que haja uma contextualização é preciso que tomemos uma problematização com ponto de partida a realidade do estudante ou parte dela, levando em conta o seu contexto histórico e social, e no final que retorne a esta. Ricardo diz que:

A problematização consiste na construção de situações-problema que irão estruturar as situações de aprendizagens, dando-lhes um significado percebido pelos alunos (RICARDO, 2010, p. 42).

E nesse caso, a problematização não deverá se dar apenas pela situação-problema, mas se afirmará diante da forma que o professor trabalhe, explore essa situação. Portanto, como sabemos, o aluno terá que ter consciência que é a realidade dele que estará sendo verificada, questionada com o intuito de fazer com que surja um cenário de aprendizagem com pontos de partidas e de chegadas bem definidos, tornando-os assim, sujeito capaz de fazer análise-crítica da situação. De acordo com Delizoicov uma situação-problema deve, portanto, ter, “o potencial de gerar no aluno, a necessidade de apropriação de um conhecimento que ele ainda não tem e que ainda não foi apresentado pelo professor” (DELIZOICOV, 2001, p. 133). Dessa forma, uma situação-problema não acarretará em uma discussão entre professor e alunos, na qual suas respostas seriam apenas afirmações e negações, mas que leve os alunos a se questionar e a formular novos problemas, fazendo-os perceber que precisam se apropriar de novos conhecimentos para expandir seus horizontes em relação a aprendizagem, construindo um olhar mais crítico sobre suas percepções de mundo.

Diante dessa realidade vivenciada no ensino básico, tivemos como ideia trazer aqui, elementos da BNCC que adicionará subsídios para um ensino-aprendizagem mais eficiente, com significado para o sujeito aprendente em seu processo de escolarização. Como sabemos, a BNCC é sustentada por dois pilares conhecidos que acreditamos serem fundamentais fazer parte do processo de alfabetização no ensino-aprendizagem do estudante que iremos apresentar, que são as competências e habilidades, tanto no contexto geral, mas também em específico para o ensino de Física. E para entendermos melhor sobre as competências e habilidades no contexto geral em relação ao ensino de ciências da natureza e suas tecnologias, trouxemos para esclarecer melhor as palavras segundo a definição da BNCC que é:

a BNCC da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias – por meio de um olhar articulado da Biologia, da Física e da Química – define competências e habilidades que permitem a ampliação e a sistematização das aprendizagens essenciais desenvolvidas no Ensino Fundamental no que se refere: aos conhecimentos conceituais da área; à contextualização social, cultural, ambiental e histórica desses conhecimentos; aos processos e práticas de investigação e às linguagens das Ciências da Natureza. (BNCC, 2018, p. 547)

O Ensino de Ciências nos anos Fundamental e Médio se baseia em uma perspectiva no processo de construção do cognitivo do estudante em relação ao desenvolvimento dos conceitos envolvidos na área de ciência, porém esse ensino deve ser apresentado de forma

contextualizada levando em consideração o contexto social, cultural, ambiental e histórico em que o aluno está inserido, mostrando a importância de que aprender ciências não está relacionado apenas a seus conceitos, mas também no que diz respeito em seus métodos e processos de investigação fazendo com que o estudante desenvolva competências e habilidades em analisar fenômenos naturais e seus processos tecnológicos. Com base na BNCC temos como primeira competência citada:

Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global. (BNCC, 2018, p. 554) (destaques originais do Autor)

Dessa forma, o aluno poderá avaliar as potencialidades, limites e riscos socioambientais, dos materiais e tecnologias envolvidos no processo de ensino-aprendizagem, abrindo um leque maior de possibilidades para tomar decisões difíceis em relação aos desafios que a vida impõe, como também, o desenvolvimento de novas habilidades com o uso de dispositivos e aplicativos modernos, que facilitem tanto na análise de dados, como nas estimativas com elaborações de representações, simulações de protótipos, cálculos dos espectros eletromagnéticos, leis termodinâmicas, conservação de energia e de quantidade de movimento, balanceamento estequiométrico e desenvolvimentos de melhorias na obtenção de energias; como também está a entender qual a relação e a importância das tecnologias com as ciências, seu desenvolvimento histórico, de modo que o engajamento dessas ferramentas que vieram para facilitar e, agilizar o progresso da sociedade, traga condições mais favoráveis para nosso estilo de vida e nos conscientizando para minimizarmos impactos ambientais, tanto local, regional e mundial.

Diante disso, a BNCC traz a segunda competência específica por ela mencionada em relação as Ciências da Natureza que é:

Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis. (BNCC, 2018, p. 556) (destaques originais do Autor)

Noutras palavras, os alunos desenvolverão habilidades em que serão capazes de reconhecer e analisar o processo de transformação e evolução do universo de modo geral, enriquecendo suas percepções de mundo e interpretando essas observações sobre o modo como acontece a dinâmica da vida, levantando argumentos sólidos em qualquer discussão relacionado aos problemas que acontecem ao seu redor de forma clara e objetiva. Abranger a visão dos estudantes na tomada de decisões ética e responsáveis, analisar e discutir modelos, teorias e leis propostas em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento da evolução da vida, da terra e do universo com as teorias científicas aceitas atualmente. É no desenvolver dessa e outras habilidades geradas a partir das competências ditas, que os alunos se tornarão sujeitos responsáveis e reconhecidos pela competência enquanto profissional em que venham atuar futuramente.

Adentrando na última competência na área de ciências da natureza e suas tecnologias, citada pelo programa que é o responsável pela regência da nova estrutura da base curricular do ensino médio, temos:

Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC). (BNCC, 2018, p. 558) (destaques originais do Autor)

Podemos ver que o objetivo dessa terceira competência está relacionada em aumentar a curiosidade do estudante, ou seja, no aprimoramento da habilidade de investigar situações-problemas focando não no problema em si, mas na solução para o problema, avaliando a partir dos conhecimentos científicos adquiridos quais as melhores teorias ou quais são as mais apropriadas para resolver tal questão. Para tanto, deverá levar em consideração as implicações da ciência e da tecnologia para sociedade e na comunicação das descobertas e dos resultados a públicos diversos, para que assim as descobertas não acabem virando documentos acabados, sem ao menos divulgá-lo à sociedade, o que significa que não estará disponível apenas ao grupo acadêmico, mas que ele tem valor perante a sociedade principalmente as pessoas leigas, que possam ter o conhecimento de importância de sua pesquisa e enxergar o valor do tempo

gasto em pesquisa. Objetiva-se, assim, junto às tecnologias, fazer uma amostra do que era a intervenção da pesquisa diante da sociedade e dessa forma incentivar o alunado na busca de novos conhecimentos, mas que eles saibam que importante buscar adquirir tais competências para que possam desenvolver essas habilidades.

Para compreendermos melhor essas competências e habilidades que a BNCC vem abordando, optamos por fazer uma breve entrevista em um Colégio Estadual de Referência de Pernambuco situado no Município de Altinho o EREM Professor Francisco Joaquim de Barros Correia, para nos informar um pouco da experiência a respeito desse novo programa que rege a escola e os processos na escolha dos livros didáticos. Decidimos por entrevistar uma das professoras desse colégio, em particular da área de física, para que assim tenhamos consciência de como são feitas as escolhas dos livros didática de física para os alunos e quem os escolhem. De acordo com a resposta da entrevistada a respeito dessa questão, podemos afirmar que:

A primeira etapa, as editoras vão fazer a propaganda e levam o material para o colégio, para a escolha do livro didático. Após todas as editoras terem ido fazer a propaganda é marcada uma reunião com a gestão e coordenação pedagógica, e os professores das referidas disciplinas irão escolher com quais livros trabalhar” (MARINHO, 2020).

Podemos ver todo o cuidado para a escolha dos materiais didáticos para os alunos, o processo de iniciar a análise cautelosa na hora da escolha dos livros para o ensino de Física, pois é importante que tenhamos esse cuidado na hora da escolha do matéria didático, para que assim os alunos possam desfrutar de uma leitura prazerosa, sem se desanimar por causa da linguagem rebuscada que alguns livros trazem, dificultando assim o aprendizado e como sabemos que essa disciplina não é uma das mais favoritas pelos alunos (MOREIRA, 2018), temos que fazer de modo a distorcer a imagem que os alunos têm a respeito do Ensino de Física.

Na etapa seguinte do questionário, percebemos que em relação a quantidade de livros que são usados como referência, essa questão é bem relativa dependendo da forma que cada professor ministra sua aula, pois são selecionados de várias maneiras na hora da verificação das obras didáticas e em relação ao ensino de física, a docente da disciplina analisa da seguinte forma: em relação ao contexto como a física está sendo abordada nos livros, os níveis de dificuldades dos exercícios postos para a prática, as partes experimentais, ou seja, o

modo como são trazidos os experimentos nas obras didáticas. Nas palavras da professora entrevistada, podemos perceber o cuidado que ela tem na hora da análise: [...] “no caso de Física, no meu caso dos livros que eles trazem, eu sempre analiso a parte do contexto, as atividades, a pratica. Ai eu sempre estou levando exercícios de outros livros para fazer complementar” (MARINHO, 2020).

Diante dessa fala, vimos que a professora tem certo tipo de cuidado no processo de ensino-aprendizagem do alunado, para que este possa futuramente desenvolver sua visão de mundo e saiba analisar as situações das melhores formas possíveis enquanto sujeito aprendente e que venha a contribuir na sociedade com seus conhecimentos adquiridos formalmente. Para verificarmos nossa visão sobre os motivos desta percepção da professora com os alunos, conferimos a partir da entrevista a respeito de quantas obras são usadas em sala de aula. Observamos que apenas um livro é usado como base para as disciplinas, porém, mesmo tendo como uma obra como base na preparação de suas aulas, a professora não se limita a um só autor, mas vai buscar conhecimento em mais de um aporte teórico para ministrar as aulas e para que tenha mais leques de oportunidades em sua forma de trabalhar. Diante disso, ressaltamos a fala da docente que diz que: “[...] No meu caso eu uso três ou quatro, depende do assunto eu uso base, mas sempre procuro atividades, exemplos em outros livros que eu tenho em casa e que foram de propagandas da escolha de livros no colégio” (MARINHO, 2020).

Acabamos em confirmarmos nossa visão na forma e no método das escolhas feitas pela própria professora em relação ao ensino-aprendizagem dos estudantes. E em relação a escolha do livro abordado como base para o desenvolvimento das aulas, é posto que tenha uma linguagem acessível para o nível dos sujeitos aprendentes, também tem o fato de que algumas sessões do livro traz a relação da física no dia-a-dia do aluno, como: Física e Tecnologia, Física e História, entre outros.

Diante dessas preocupações em relação a aprendizagem do aluno, iremos argumentar sobre o conceito de aprendizagem significativa no ensino e suas relações para contribuir com uma educação melhor no ensino de Física.

3.1 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A princípio, sabemos que a cada ano letivo o professor se depara com turmas de alunos com as quais pretende ensinar os conteúdos que os programas curriculares estabelecem. Entretanto, os saberes escolares vêm sendo cada vez mais questionados sobre o que se ensina na escola e sua importância. De modo geral, o ensino de Ciências, em particular o Ensino de Física, vem sendo questionado, sobre Ensino de Física na escola e a Ciência Física. Essas dúvidas surgem muitas vezes devido ao fato de que os alunos veem a Ciência Física como uma ciência moderna e ativa, muito distante da Física ensinada na escola, que pouco tem a ver com a realidade desses sujeitos e conseqüentemente sem importância, por terem o desejo de receber um ensino que os preparem para encarar as dificuldades que enfrentarão na vida. Segundo Ricardo (2005)

Muitas vezes, os alunos acabam por identificar uma Ciência ativa, moderna, e que está presente no mundo real, todavia, distante e sem vínculos explícitos com uma Física que só “funciona” na escola. RICARDO (2005, p. 29).

Esses questionamentos estão associados também a outros desafios impostos aos professores que é saber administrar a heterogeneidade em sala de aula, levando cada um dos alunos a se apropriarem de um conhecimento, respeitando sua individualidade, ao mesmo tempo trabalhando com uma classe em que este é um sujeito coletivo. O professor, ao estabelecer os primeiros contatos com as turmas, já possui uma relação direta com os saberes escolares daquilo que pretende ensinar, mas os alunos não têm essa relação. Quando têm é frágil e, mesmo que tragam consigo explicações para os fenômenos naturais ou físicos, eles associam-nas ao senso comum. E o que seria esse senso comum? Segundo Ricardo (2005)

As pesquisas se referem a esses conhecimentos como concepções alternativas ou espontâneas, construídas, em sua maioria, a partir das experiências cotidianas e da vivência com outros sujeitos. (RICARDO, 2005, p. 30).

Mas, qual a diferença entre o conhecimento científico e o espontâneo? E qual a relação entre eles? Para responder a essas questões trouxemos as palavras de alguns pesquisadores da área para nos esclarecer que mesmo que esses dois tipos de conhecimentos sejam bastante distintos, eles acabam por si completarem um ao outro, ajudando na construção do

desenvolvimento cognitivo da criança/adolescente, mostrando que para isso o estudante acaba por muitas vezes recorrendo às concepções espontâneas, desse modo, fazendo relações entre os conhecimentos formal e o informal, para garantir uma aprendizagem bem mais elaborada e cheia de significados.

Segundo Howe (1996), na teoria formulada por Vygotsky, é considerado científico todo conhecimento de origem formal, relacionado às ciências sociais, línguas, matemática, ciências físicas e naturais. São conhecimentos sistemáticos e hierárquicos apresentados e apreendidos como parte de um sistema de relações, ao contrário do conhecimento espontâneo, composto de conceitos não-sistemáticos, não organizados, baseados em situações particulares e adquiridos em contextos da experiência cotidiana.

Podemos perceber que a diferença crucial entre esses dois tipos de conhecimentos é a presença ou ausência de um sistema e que o conhecimento científico tem uma forma hierárquica no desenvolvimento da estrutura cognitiva do sujeito, em que está explícito na forma de apresentação dos assuntos envolvidos em sala de aula. Ou seja, o professor opera de início com temas mais gerais e, a partir destes vai debruçando-os até chegar nos temas mais específicos. A respeito, Vygotsky trata sobre como se dá a influência no desenvolvimento dos conceitos científico e espontâneo:

“O desenvolvimento dos conceitos espontâneos e científicos – cabe pressupor – são processos intimamente interligados, que exercem influências um sobre o outro. [...] independentemente de falarmos do desenvolvimento dos conceitos espontâneos ou científicos, trata-se de um processo único de formação de conceitos, que se realiza sob diferentes condições internas e externas mas continua indiviso por sua natureza e não se constitui da luta, do conflito e antagonismo de duas formas de pensamento que desde o início se excluem. (VYGOSTKY, 2001, p. 261)

Diante desses problemas impostos aos professores, como esses profissionais podem fazer com que os alunos consigam ter uma aprendizagem de qualidade repleta de significados e que tenha alguma relação com suas realidades de vida? Em princípio, sabemos que a aprendizagem significativa é uma aprendizagem que tem significado, valor para o indivíduo e ao se referir ao ambiente escolar de modo geral é uma aprendizagem repleta de sentido para o aluno. Essa aprendizagem parte de um conhecimento já adquirido pelo sujeito através da experiência do cotidiano que posteriormente subsidiará os novos conhecimentos a serem

adquiridos. Segundo Moreira *et al* irão falar o que é aprendizagem significativa em suas concepções:

Sabemos que a aprendizagem significativa caracteriza-se pela *interação cognitiva* entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio. Nesse processo, que é não-literal e não-arbitrário, o novo conhecimento adquire significados para o aprendiz e o conhecimento prévio fica mais rico, mais diferenciado, mais elaborado em termos de significados, e adquire mais estabilidade. (Moreira e Masini, 1982, 2006; Moreira, 1999, 2000, 2006; Masini e Moreira, 2008; Valadares e Moreira, 2009, p. 04).

Sendo assim, a aprendizagem terá uma forte influência das concepções espontâneas que a criança/estudante carrega em si, sobre os fenômenos naturais e físicos, fazendo com que seus conhecimentos prévios fiquem mais ricos, ou sejam modificados, ganhando significados e ficando mais elaborados ao ponto que adquirem estabilidade do que eles já conhecem. Dito de outra forma, o aluno só aprende a partir daquilo que ele já conhece. De acordo com Postman e Weingartner (1969)

(...) que no final das contas, aprendemos somente em relação ao que já sabemos, o que significa, contrariamente ao senso comum, que se não sabemos muito nossa capacidade de aprender não é muito grande e que esta ideia - por si só – implica uma grande mudança na maioria das metáforas que direcionam políticas e procedimentos das escolas”. (Postman; Weingartner, 1969, p.62).

Isso mostra que um dos pontos mais importante e relevantes para tal aprendizagem, está firmado nas concepções prévias dos alunos, que, para que essa aprendizagem tenha significado, o aluno consiga captar e relacionar com o que ele já sabe. Se acaso ele não souber, essa aprendizagem dificilmente poderá acontecer. Mas, se só aprendemos a partir do que já conhecemos, como promover tal aprendizagem? O professor tem que identificar o que o aluno já sabe e trabalhar a partir desses conhecimentos de acordo como foi observado.

De tal modo, o aprendiz não será um agente passivo nesse processo. Ele fará uso dos significados que já internalizaram de maneira subjetiva e não arbitrária. No momento em que este sujeito está progressivamente diferenciando sua estrutura cognitiva, ele está ao mesmo tempo identificando semelhanças e diferenças na sua aprendizagem e reorganizando seu conhecimento, de maneira a produzir seu próprio modo de aprender. Ao contrário da aprendizagem mecânica, que muitas vezes é ensinada nas escolas, na memorização de

fórmulas sem significados e sem analogias com a realidade desses sujeitos aprendentes, que tem como finalidade, fazer o estudante se sair bem em provas ou exames (ENEM ou vestibulares que os garantam uma vaga no Ensino Superior), mas que não os levem a terem um pensamento crítico – epistemológico, ou seja, eles não conseguem desenvolver suas próprias visões de mundo –, sendo reconhecidos por sujeitos dotados de conhecimentos limitados e facilmente manipulados. Noutras palavras, queremos dizer que, se o alunado tem uma aprendizagem mecânica, dificilmente ele estará apto a resolver um problema novo, ou muito menos terá capacidade de resolver problemas parecidos com contextualizações que sofreram modificação.

É por esse e outros motivos que a aprendizagem significativa se dá de forma progressiva, em que os significados vão sendo captados e internalizados no cognitivo do sujeito, através da interação entre os indivíduos, quais sejam aquele capaz, que detêm o conhecimento, e os sujeitos aprendentes. Segundo (MOREIRA *et al*)

Sabemos igualmente que a aprendizagem significativa é progressiva, quer dizer, os significados vão sendo captados e internalizados progressivamente e nesse processo a linguagem e a interação pessoal são muito importantes. (Moreira, Caballero y Rodríguez Palmero, 2004, pag. 5)”.

No entanto, de acordo com Ausubel, há alguns princípios programáticos facilitadores da aprendizagem significativa, os quais serão citados: “**diferenciação progressiva, reconciliação integrativa, organização seqüencial e consolidação.**” (AUSUBEL *et al.* 1978, 1980, 1983, pag. 152). Mas, quais os significados destes princípios?

Na diferenciação progressiva, as ideias mais gerais e inclusivas da matéria de ensino serão apresentadas no início das instruções, progressivamente diferenciadas e detalhadas em suas especificidades. Ou seja, partindo de assuntos de maior relevância e após estes, trabalhar com exemplos ou exercícios. De tal modo, o professor terá de, sempre que possível, fazer retomadas das ideias mais relevantes, favorecendo assim a progressividade da diferenciação da aprendizagem significativa.

Na reconciliação integradora ou integrativa, deve não só proporcionar a diferenciação progressiva, mas também deve ser feita de forma a explorar explicitamente as relações entre conceitos e proposições, mas também para chamar a atenção para diferenças e semelhanças da matéria de ensino.

Um exemplo para a diferenciação progressiva, é o estudo sobre cinemática, onde o professor traz as ideias principais como movimento uniforme (MU) e movimento uniformemente variado (MUV). Neste caso, o professor faz uma reconciliação integradora do movimento, de forma a diferenciar sobre os dois tipos de movimentos dos corpos, ele faz uma relação de semelhança entre estes, que no caso vem a ser tratado de forma progressiva ou retrogrado, no (MU) e (MUV) e mostrando também suas diferenças, que vem a ser enfatizado se o movimento é acelerado ou não.

Mas em parte, essas formas de abordagens sobre a diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, não devem ser feitas apenas a proporcioná-las, mas que deve dar-se de modo a explorar minuciosamente as relações entre os conceitos e preposições e que consiga fazer a distinção e semelhança com o real e o aparente. Segundo Moreira

Por outro lado, a programação da matéria de ensino deve não apenas proporcionar a diferenciação progressiva, mas também explorar, explicitamente, relações entre conceitos e proposições, chamar a atenção para diferenças e semelhanças e reconciliar inconsistências reais e aparentes. É nisso que consiste a *reconciliação integradora*, ou integrativa, como princípio programático de um ensino que visa à aprendizagem significativa. (MOREIRA, 2006, p. 05)

Esse princípio mostra uma abordagem de que qualquer tema, antes de mais nada deve primeiramente ser apresentado com ideias centrais e inclusivas de certos conteúdos de ensino e, a partir destes fazer ligações com os mais específicos. Em outras palavras, partindo de ideias gerais e inclusivas, o sujeito terá uma aprendizagem mais facilitadora.

Na organização sequencial, o professor deve sequenciar os tópicos, ou unidades de estudo da maneira coerente quando possível, sempre em acordo com os princípios da diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, fazendo essa relação de dependência natural deles na matéria de ensino.

No último princípio programático, a consolidação, tem como objetivo insistir no domínio do conteúdo da matéria de ensino que está sendo estudada, antes de ser introduzidos novos saberes.

Para facilitar esse tipo de aprendizagem, existem instrumentos que são eficazes para aprendizagem significativa, como os mapas conceituais e os diagramas V (Vê epistemológico ou Vê heurístico). Moreira (2005) irá nos dizer no que se refere os mapas conceituais e o famoso Vê epistemológico:

são diagramas que indicam relações entre conceitos (apenas conceitos) e procuram refletir a estrutura conceitual de um certo conhecimento. Mais especificamente, podem ser vistos como diagramas conceituais hierárquicos. Construí-los, "negociá-los", apresentá-los, refazê-los, são processos altamente facilitadores de uma aprendizagem significativa. (MOREIRA, 2006, p. 06).

A partir dessa compreensão, o professor poderá aproveitar um momento de suas aulas para avaliar a aprendizagem que os alunos tiveram, sobre o conteúdo apresentado no decorrer do semestre, em uma de suas últimas aulas. Porém, antes de ser realizado essa atividade em sala, o sujeito mais capaz, deverá antes de introduzir esse método, falar aos estudantes como eles serão avaliados e explicar como se produz um mapa conceitual, tendo em vista que os estudantes nunca tiveram nenhum contato com a produção desta ferramenta. O professor poderá trabalhar com esse instrumento em grupo, já que facilitará o trabalho do docente, mas levando em conta que o papel do docente é estar presente na sala de aula para tirar toda e qualquer dúvida que surgir no momento e que os sujeitos aprendentes produzam em conjunto. Nessa lógica de trabalho o conhecimento será construído a partir da interação entre professor-alunos e entre aluno-aluno.

O outro, é o conhecido diagrama Vê de Gowin, que é mais usado por universitários na análise do processo de estruturação dos materiais científicos e para entender como cada parte da estruturação destes materiais se relacionam.

Diagramas V (Alvarez e Gowin, 2005; Moreira, 2006) são instrumentos heurísticos para a análise da estrutura do processo de produção de conhecimento (entendido como as partes desse processo e a maneira como se relacionam) e para "desempacotar" conhecimentos documentados sob a forma de artigos de pesquisa, livros, ensaios, etc.. Assim como no caso dos mapas conceituais, sua construção, discussão e reconstrução são processos bastante favorecedores de aprendizagens significativas.

É neste processo de construção e reconstrução do conhecimento, que a partir da interação entre os sujeitos aprendentes, ou seja, aluno - aluno e professor – alunos, podemos falar sobre a teoria sócio-cultural de Vigotsky, no que diz respeito ao desenvolvimento do cognitivo da criança/estudante que será fundamental para que a aprendizagem significativa ocorra. E qual a importância dessa interação sócio- cultural na aprendizagem? Se o professor

atua em colaboração a criança/estudante, este se projetará ao nível das dificuldades intelectuais que serão apresentados em sala. De acordo com Vigotsky:

“afirmamos que em colaboração a criança sempre pode fazer mais do que sozinha. No entanto, cabe acrescentar: não infinitamente mais, porém só em determinados limites, rigorosamente determinados pelo estado do seu desenvolvimento e pelas suas potencialidades intelectuais. Em colaboração, a criança se revela mais forte e mais inteligente que trabalhando sozinha, projeta-se ao nível das dificuldades intelectuais que ela resolve, mas sempre existe uma distância rigorosamente determinada por lei, que condiciona a divergência entre a sua inteligência ocupada no trabalho que ela realiza sozinha e a sua inteligência no trabalho em colaboração. [...] A possibilidade maior ou menor de que a criança passe do que sabe para o que sabe fazer em colaboração é o sintoma mais sensível que caracteriza a dinâmica do desenvolvimento e o êxito da criança. Tal possibilidade coincide perfeitamente com a sua zona de desenvolvimento imediato” (VIGOTSKY, 2001, p. 329)

É dessa forma, em colaboração à criança ou estudante, que esta poderá se afirmar enquanto sujeito capaz de aprender determinados assuntos que possivelmente seria difícil fazer sozinho e, que este acabará explorando todo seu potencial intelectual e conseguindo diferenciar os seus limites tanto trabalhando sozinho quanto realizando qualquer atividade em grupo ou com o auxílio do professor. Em geral, só existirá interação social efetiva em relação a alguma atividade a ser realizada, se houver entre os indivíduos que a realizam, alguém que saiba fazê-la. Vigotsky afirma que:

“[na criança] o desenvolvimento decorrente da colaboração via imitação, o desenvolvimento decorrente da aprendizagem é o fato fundamental. [...] Porque na escola a criança não aprende o que fazer sozinha mas o que ainda não sabe fazer e lhe vem a ser acessível em colaboração com o professor e sob sua orientação” (VIGOTSKY, 2001, p. 331).

Podemos perceber que, se na interação que implica colaboração o desenvolvimento ocorre através da imitação, a presença do parceiro mais capaz é fundamental para que possa ser ou fazer-se imitado. E é nesse sentido que a atividade experimental ou de demonstração em sala de aula tem papel fundamental no desenvolvimento da aprendizagem, pois é um instrumento que serve preferencialmente ao professor, agente mais capaz, que detém o conhecimento a ser imitado. Então cabe ao professor fazer, demonstrar, destacar o que deve

ser observado e quais teorias possibilitarão na compreensão do que será observado na demonstração experimental.

No entanto, para que a interação aconteça é preciso que o professor além de ter um diálogo aberto, curioso com os alunos, este tem que ter eficiência na hora de manipular os equipamentos para que possa despertar maior interesse nos aprendizes e para que os estudantes construam um pensamento crítico, no sentido de que eles possam analisar com autonomia o porquê dos resultados afirmarem seus objetivos em um experimento ou o por que eles não coincidiram? Por qual motivo não deu certo? O que levou a esses resultados?

É por essa razão que podemos falar na aprendizagem significativa crítica de Moreira, em que o sujeito possa se inserir em sua cultura e ao mesmo tempo está fora dela, reconhecendo quando a realidade destes indivíduos não estiverem mais sendo captados pelo grupo e que não seja subjugado por ela, em relação a seus ritos, mitos e ideologias. De acordo com Moreira (2006):

Neste ponto é preciso, antes de mais nada, esclarecer o que está sendo entendido aqui como **aprendizagem significativa crítica: é aquela perspectiva que permite ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela.** (MOREIRA,2006, p.07)

Por último e um dos fundamentais motivos para que se concretize essa aprendizagem, está relacionado a pré-disposição do aluno para querer se tornar um sujeito aprendente. Pois se o aprendiz mostra pré-disposição em aprender algo, terá boa parte do processo de construção do conhecimento a seu favor. Segundo Gowin:

Outro aspecto fundamental da aprendizagem significativa, também de nosso conhecimento, é que o aprendiz deve apresentar uma pré-disposição para aprender. Ou seja, para aprender significativamente, o aluno tem que manifestar uma disposição para relacionar, de maneira não-arbitrária e não-literal, à sua estrutura cognitiva, os significados que capta dos materiais educativos, potencialmente significativos, do currículo (Gowin, 1981, p. 210).

A partir dessa discussão, podemos perceber que se o aluno não manifesta esse princípio da aprendizagem e por mais que ele tenha bons professores, o estudante não conseguirá relacionar os conceitos captados de maneira não-arbitraria, não literal; dificultando ainda mais em seu processo de construção do conhecimento e o trabalho do docente, que muitas vezes perde noites de sono, preparando aulas mais dinâmicas e interativas. De fato, é

preciso que o estudante tenha uma aptidão para aprender determinado assunto, porque o aprendiz só aprende aquilo que ele realmente quer; se ele não quer, a probabilidade de ele aprender algo será muito baixa, chegando ao ponto de ser quase impossível seu próprio conhecimento.

De fato, quando o aluno constrói obstáculos ao próprio desenvolvimento cognitivo, trazendo à tona aspectos culturais, socioeconômicos, ideológicos, psicológicos ou mesmo pessoais, dentre outros, o resultado será um afastamento voluntário e espontâneo, que implicará no *déficit* em seu conhecimento. Em verdade, o processo educativo de transposição de conhecimento pressupõe reciprocidade por parte do aluno, sendo necessária a presença do elemento subjetivo positivo por parte da classe discente, no sentido de colaborar na absorção do conteúdo visando seu crescimento pessoal, mas também agindo como agente coletivo na difusão do conhecimento com seus pares, numa perspectiva horizontal (aluno-aluno) e na perspectiva vertical (professor-aluno).

Concluimos que a aprendizagem significativa é muito importante na construção de um sujeito crítico, que dificilmente será enganado por qualquer coisa que as outras pessoas falarem ou impuserem a respeito de determinados assuntos, pois uma pessoa que tenha esse tipo de aprendizagem terá suas próprias opiniões formadas criticamente e saberá lidar com as dificuldades diárias de forma responsável e inteligente.

No próximo capítulo, serão abordados os procedimentos usados na experimentação para a compreensão sobre o estudo dos três tipos de colisões que serão apresentados.

Nesta seção do texto, iremos descrever sobre os procedimentos do experimento utilizando o *software* Tracker para analisar e compreender o fenômeno das colisões das forças elásticas, parcialmente elásticas e inelásticas. Essa é uma pesquisa experimental de cunho qualitativo, baseado nas experiências de vários estudiosos a respeito da importância do uso de tecnologias no ensino de ciências e, em particular no Ensino de Física de modo a acrescentar como mais uma ferramenta didática para o ensino. O nosso objetivo geral é analisar o experimento de colisões entre os carrinhos de HotWheels através do *software* livre Tracker, averiguando as colisões elásticas, parcialmente elásticas e inelásticas como instrumento didático nas aprendizagens sobre colisões em Física. E os objetivos Específicos: A) Investigar a partir do estudo experimental sobre colisões elásticas, parcialmente elásticas e inelásticas, se há de fato uma aprendizagem significativa para o aluno; e B) Verificar quais os possíveis parâmetros didáticos que levam os estudantes a este tipo de aprendizagem significativa.

Esta pesquisa foi produzida através de uma análise documental, tomando com base nas ideias de MINAYO (2001) E GIL (2008) sobre pesquisa qualitativa para o desenvolver desse trabalho. Para entendermos melhor sobre o que é a pesquisa qualitativa, trouxemos as palavras do próprio MINAYO que diz:

A pesquisa qualitativa responde a questões muito particulares. Ela se preocupa, nas ciências sociais, com um nível de realidade que não pode ser quantificado. Ou seja, ela trabalha com o universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis. (MINAYO, 2001, p. 06-07)

De acordo com Minayo, este tipo de pesquisa está associado às relações do pesquisador com o meio, no que se refere as suas atitudes, crenças, valores que carrega consigo, os motivos que o fez buscar sobre o tema relacionado, em outras dimensões a um universo cheio de significados para este, ou seja, em um nível de realidade imensurável em que o sujeito vive, em um espaço de relações profundas com outros sujeitos, dos processos e fenômenos onde não se podem ser reduzidos só a operações de variáveis. Ou, segundo as palavras de GIL, no que diz respeito a este tipo de pesquisa, temos:

A pesquisa pura busca o progresso da ciência, procura desenvolver os conhecimentos científicos sem a preocupação direta com suas aplicações e conseqüências práticas. Seu desenvolvimento tende a ser bastante formalizado e objetiva a generalização, com vistas na construção de teorias e leis. (Gil, 2008, p.45).

De acordo com Gil, este modelo de pesquisa tende a buscar respostas parciais para acrescentar no conhecimento científico, sem se preocupar com a aplicação pratica e mensural desta, mas com argumentos sólidos com vista na construção de teorias e leis que regem as ciências, oferecendo assim uma melhor orientação ao pesquisador. Portanto, os experimentos foram embasados em alguns autores escolhidos de teor cuidadoso, que discutem suas experiências a respeito do uso de tecnologias em favor de uma ensino-aprendizagem significativo para o estudante, como forma de desmistificar a imagem que os alunos e a população em geral têm a respeito do ensino de ciência e, em particular, o Ensino de Física.

4 METODOLOGIA

Os passos seguintes serão descrever de forma detalhada como os experimentos foram produzidos e explicar cuidadosamente os três vídeos escolhidos: Utilizamos um celular para filmar os choques entres os carrinhos da HotWeells, apoio de celular, carrinhos e rampas da HotWeells, um pano branco de mesa e o programa livre Tracker¹ para a análise de dados. Foram feitos nove vídeos, para analisar todos os possíveis tipos de choque entre os carrinhos, dentre os nove vídeos escolhemos três destes para representar os tipos de colisões e, a partir destas filmagens selecionamos três momentos distantes antes da colisão e mais três momentos após a colisão para serem feitas as análises dos vídeos.

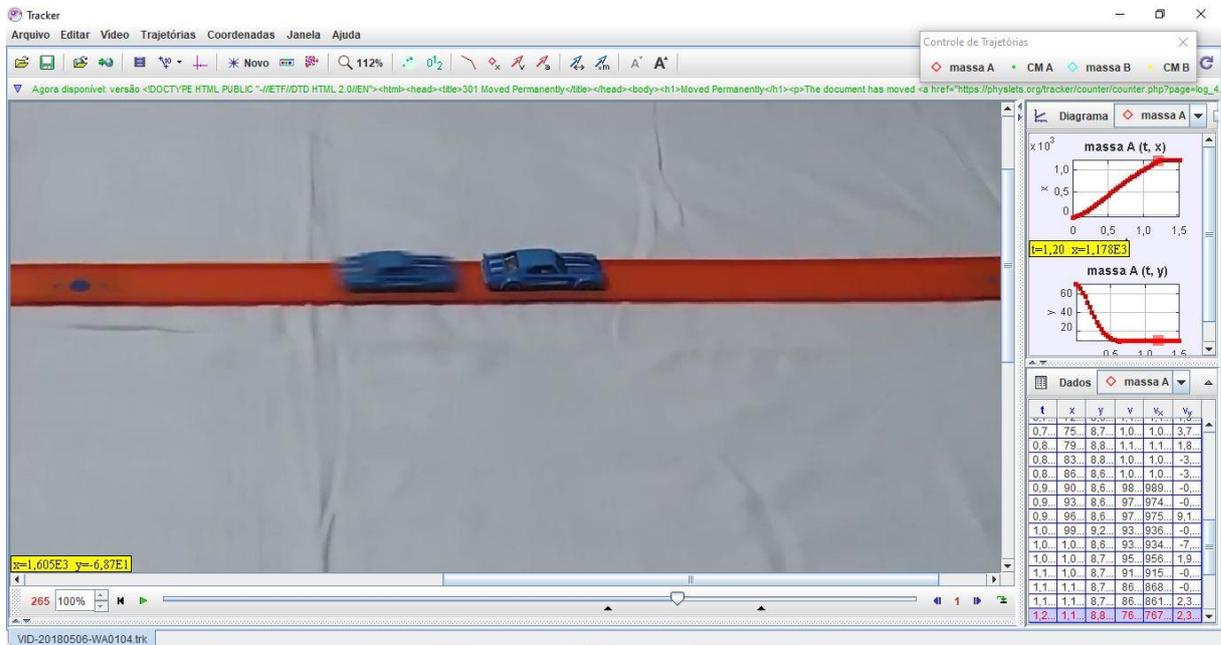
A ideia desta pesquisa é que ela possa ser aplicar em um futuro próximo na sala de aula, não só por nós que fizemos esse levantamento de informações, mas por outros professores que se sentirem confortáveis e instigados a fazerem um grande diferencial em suas aulas tanto de ciências quanto de Física, na construção conjunta do cognitivo do educando, na transformação de um sujeito crítico. O método escolhido tem o intuito de facilitar a aprendizagem, tornar as aulas mais prazerosas para que o estudante sintase mais provocado a procurar o conhecimento científico e transformá-lo em um cidadão com pensamento crítico, para que assim, ele possa tomar as melhores decisões e saiba analisar cada momento de forma que venha a beneficiar tanto ele quanto o social.

Iniciaremos agora a descrição dos três tipos de choques citados na pesquisa.

Vídeo 01 (Colisão Elástica): A imagem 10 abaixo, representa uma colisão elástica entre dois carrinhos de mesma massa m , pois essa é uma das opções que geralmente encontramos nos livros didáticos e é um dos casos particulares de um choque elástico que pode acontecer entre dois corpos, onde nós a simulamos, o choque dos carros no software Tracker com o intuito de analisar o vídeo para verificar se de fato o choque é elástico.

¹ Para mais informações sobre o manual do **Tracker** e como o baixar, acesse o link: <http://trackernoensinodafisica.blogspot.com/2015/05/download-e-instalacao-do-tracker-no.html>

Imagem 10, tirada do software, fazendo uma representação de uma colisão elástica frontal entre os carrinhos. Ao lado temos uma representação dos gráficos das posições (cm) em relação ao tempo (s) ($x \times t$), ($y \times t$). Na tabela abaixo, temos os dados das posições, velocidades e aceleração instantâneas do carro A.



Como podemos ver, foram usadas algumas ferramentas úteis para verificar o tipo de colisão. Na parte acima do vídeo vemos que há uma barra de controle da trajetória identificando cada carro com uma cor diferente, uma geometria diferente e o centro de massa de cada carro com outras cores para diferenciar da trajetória percorrida por cada veículo. Optamos por uma análise unidimensional dos carros, começando pelo carro A representado pela geometria do losango de cor vermelha e centro de massa (ponto verde). A imagem mostra um momento antes da colisão com o carro B que é simbolizado por um losango de cor azul e centro de massa (ponto amarelo) inicialmente parado. Na parte lateral da filmagem observamos dois gráficos de posição (cm) X tempo (s) do carro A.

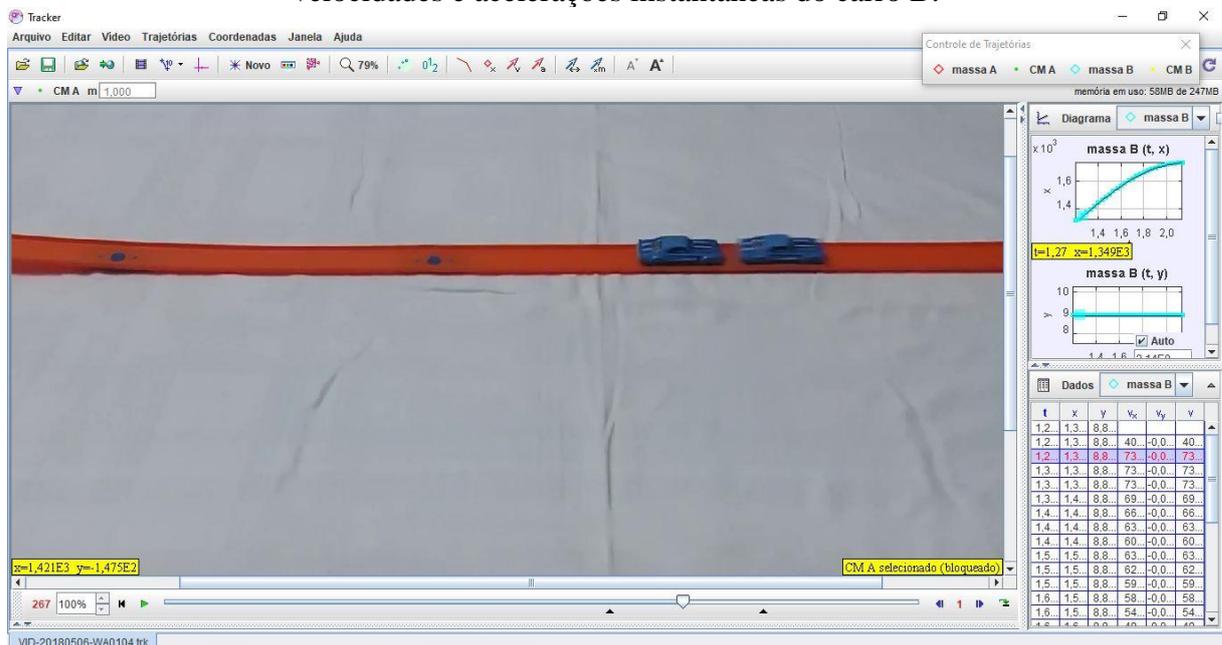
Inicialmente soltamos o carrinho A de uma altura Δy da rampa com uma energia potencial máxima igual $U = mg\Delta y$, à medida que o veículo A desce a rampa, vai transformando a energia potencial em energia cinética $K_{0,A} = \frac{1}{2} m\bar{v}_{0,A}^2$. No momento de analisar o choque entre os carros, calculamos a velocidade entre as variações dos quatro pontos das posições instantâneas (Δx) por variação de tempo (Δt) entre estes pontos antes e depois da colisão e tiramos a média aritmética das seis velocidades encontradas do veículo A.

Logo após o choque, o carro B se move com velocidade $v_B = 0,73 \times 10^3 \text{ cm/s}$ e o carro A com uma velocidade $v_A = 0,06 \times 10^3 \text{ m/s}$.

O momento inicial do carro A é praticamente transferida ao carro B, fazendo com que o veículo B passe a ter uma velocidade muito próxima a velocidade inicial do veículo A, neste caso com um erro percentual de 2% da diferença de velocidades entre os dois carros, o que queremos dizer é que há uma pequena perda da energia cinética total do sistema que a desconsideramos, de modo, que calculamos que há conservação da energia cinética do sistema ($k_0 = k$), assim como o momento total também se conserva ($P_0 = P$).

Um pouco mais abaixo, temos a imagem 11 do vídeo 01 mostrando os dados da posição instantânea, tempo e velocidade do veículo B após o choque.

Fig.11, mostrando o momento do carro B após a colisão elástica frontal com o carro A. Na parte do lado direito do vídeo, temos uma representação gráfica das posições (cm) versus o tempo (s), $x \text{ vs } t$ e $y \text{ vs } t$. Na parte a baixo, temos um quadro de dados das posições, velocidades e acelerações instantâneas do carro B.

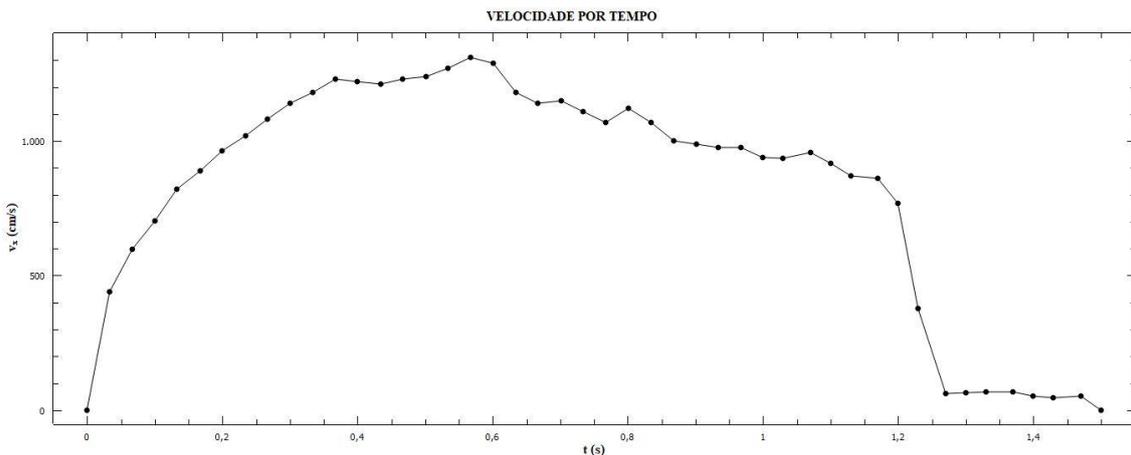


Na imagem acima podemos perceber umas mudanças na representação da imagem do carro B, em que agora temos duas amostras de gráficos de posição (cm) por tempo (s) relacionados ao segundo veículo e mais abaixo temos uma tabela com detalhes específicos de posição, velocidade instantâneas e tempo. Como o veículo B começa a se mover com uma

rapidez $v_B = 0,73 \times 10^3 \text{ cm/s}$ próxima a $v_{0,A} = 0,859 \times 10^3 \text{ cm/s}$ depois de acontecer o choque com o carro A, temos que $v_B \approx v_{0,A}$.

Podemos ver esse comportamento da velocidade do carro A, através do gráfico velocidade pelo tempo, que será mostrado a seguir:

Imagem 12, representa o comportamento da velocidade pelo tempo do carro A, antes e depois da colisão, produzido no scidavis.



O gráfico acima, representa o comportamento da velocidade do carro A, de uma colisão elástica, onde temos o ponto inicial em que o carro se encontra no topo da rampa parado e, em seguida ele começa descer a rampa ganhando velocidade até atingir sua velocidade máxima de $v_{máx,A} = 1,311 \times 10^3 \text{ cm/s}$ na descida da rampa. Depois de atingir a velocidade máxima na descida, o carro começa a perder velocidade na parte horizontal da pista, até o momento em que atinge a velocidade média encontrada por nós, partindo dos quatro pontos de posição instantâneas antes da colisão, em que achamos $v_A = 0,859 \times 10^3 \text{ cm/s}$, onde temos uma representação no eixo das abcissas, representando o tempo, onde temos o tempo de colisão de $t = 1,235 \text{ s}$. Após o choque com o carro B, o automóvel A chega a uma velocidade média após a colisão, calculada através das quatro posições instantâneas, de $v_A = 0,06 \times 10^3 \text{ cm/s}$. Podemos ver que o momento do automóvel A é praticamente transferido ao carro B que está parado antes da colisão.

Usando os casos particulares da colisão elástica, sobre conservação de momento linear, conservação de energia e coeficiente de restituição, temos:

Casos particulares: massas iguais

- Neste caso temos $\lambda = 1$,

$$\begin{cases} p_{1f} = p_{2i} \\ p_{2f} = p_{1i} \end{cases} \begin{cases} v_{1f} = v_{2i} \\ v_{2f} = v_{1i} \end{cases}$$

- Alvo em repouso: De modo geral, as massas dos objetos podem ser diferentes uma da outra, além de que uma delas estará em repouso antes da colisão, correspondendo a:

$$v_{2i} = 0 = p_{2i}$$

que corresponde na eliminação dos últimos termos do 2º segundo membro da equação:

$$\begin{cases} v_{1f} = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\right) v_{1i} + \left(\frac{2m_2}{m_1 + m_2}\right) v_{2i} \\ v_{2f} = \left(\frac{2m_1}{m_1 + m_2}\right) v_{1i} - \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\right) v_{2i} \end{cases}$$

Podemos ver que:

$$\begin{cases} v_{1f} = v_{2i} \\ v_{2f} = v_{1i} \end{cases}$$

Logo, temos que:

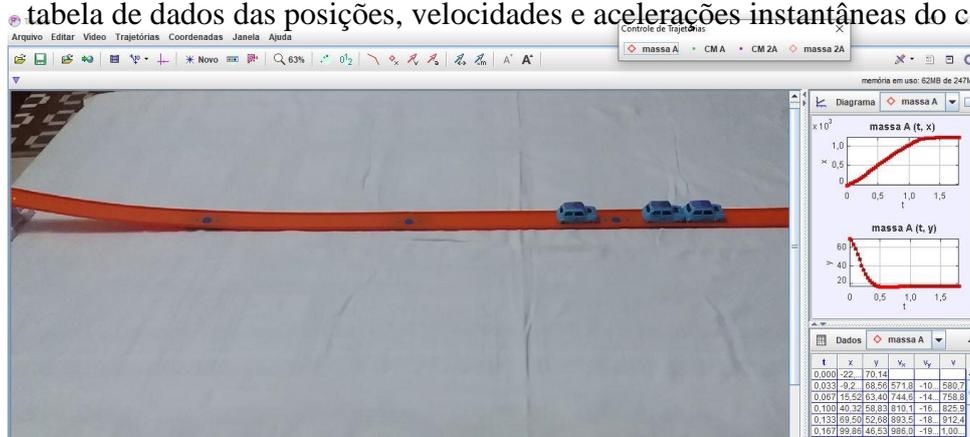
$$\Delta K_f = \Delta K_i$$

Analisando o coeficiente de restituição:

$$e = \frac{|\vec{v}_{2f}| - |\vec{v}_{1f}|}{|\vec{v}_{1i}| - |\vec{v}_{2i}|}$$

Vídeo 02 (Colisão Parcialmente Elástica): Na imagem 12 a seguir iremos mostrar uma situação em que acontece uma colisão parcialmente elástica entre dois corpos, em que um deles se move livremente e os outros dois estão acoplados entre si.

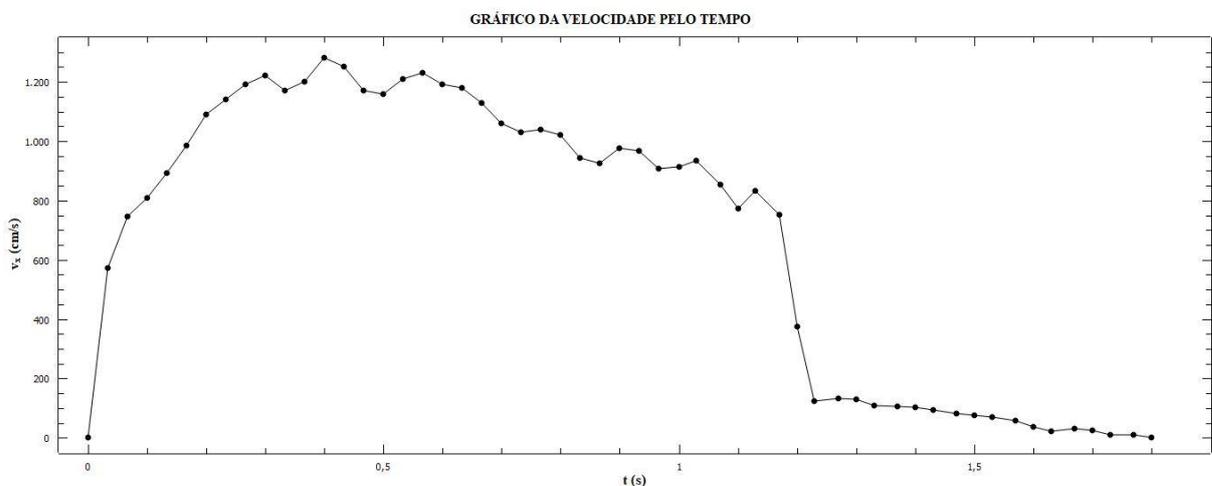
A fig. 13 simula uma colisão parcialmente elástica frontal entre os carrinhos A e B. A direita do vídeo, temos duas representações gráficas das posições as direções (vertical e horizontal) (cm) em função do tempo (s), do móvel A antes do choque. Abaixo dos gráficos, temos uma tabela de dados das posições, velocidades e acelerações instantâneas do carro A.



Como podemos ver na imagem do vídeo, temos o carro A de massa m que está se movendo livremente com velocidade inicial $v_{0,A} = 0,8 \times 10^3 \text{ cm/s}$ e representado por um losango avermelhado, na barra de controle de trajetórias dos veículos. A direita temos duas representações de gráficos da posição (cm) por tempo (s) e um pouco abaixo vemos uma tabela de dados tanto da posição e tempo como também das velocidades instantâneas em cada direção. Da mesma forma que o vídeo anterior, soltamos este novo carro a uma altura Δh com uma energia potencial de $U = mg\Delta h$, à medida que o brinquedo A começa a se mover, vai perdendo energia potencial e ganhando energia cinética enquanto o móvel B de massa $2m$ permanece parado.

Após a colisão entre os veículos, o móvel B passa a se mover com uma velocidade $v_B = 0,29 \times 10^3 \text{ cm/s}$ e o automóvel A sofre uma desaceleração devido ao choque movendo-se a uma rapidez $v_A = 0,13 \times 10^3 \text{ cm/s}$, acarretando em uma dissipação de energia cinética no momento da interação entre os dois corpos. No próximo vídeo, nos limitaremos apenas ao choque inelástico causado pela interação entre os automóveis.

Imagem 14 mostra o gráfico da velocidade pelo tempo, de um choque parcialmente elástico, o eixo vertical está representado pela velocidade ($v_{x,A}$) do carro A e, o eixo horizontal representado pelo tempo (t).



No gráfico acima, temos uma representação no comportamento da velocidade da colisão parcialmente elástica do carro A, que atinge uma velocidade máxima de $v_{m\acute{a}x,A} = 1,283 \times 10^3 \text{ cm/s}$, ao descer a rampa. Porém, no momento que passa a se mover na direção horizontal completamente, o carro sofre uma perda de velocidade considerável, ao bater nas laterais da pista fazendo com que ao colidir com o carro B, que nesta situação tem o dobro de massa do carro A, receba uma pequena transferência de momento do automóvel A. De tal modo, o carro A passa se mover a uma distância maior, do que na colisão elástica, com uma velocidade de $v_{x,A} = 0,13 \times 10^3 \text{ cm/s}$, e o carro B a uma velocidade de $v_{D,A} = 0,29 \times 10^3 \text{ cm/s}$.

Usando o caso em que, a massa $m_2 = 2m_1$:

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

Concluimos que:

$$\Delta K_f < \Delta K_i$$

E o coeficiente de restituição:

$$e = \frac{|\vec{v}_{2f}| - |\vec{v}_{1f}|}{|\vec{v}_{1i}| - |\vec{v}_{2i}|}$$

Logo:

$$0 < e < 1$$

Vídeo 03 (Colisão Inelástica): Nas imagens 15 e 16 do vídeo, fizemos uma abordagem com carrinhos com aerodinâmica diferentes para realizar uma análise sobre o efeito de uma colisão inelástica causada pela interação entre dois corpos, que neste caso são dois carrinhos da Hot Wheels colidindo frontalmente.

Figura 15. Representação de momentos antes de ocorrer a colisão inelástica entre os carrinhos C e D. Ao lado, temos uma janela mostrando o gráfico da posição (cm) em função do tempo (s), $x \times t$, do carro C. Abaixo do gráfico posição em função do tempo do móvel C, temos uma representação do gráfico da posição (cm) em função do tempo (s) do móvel D.

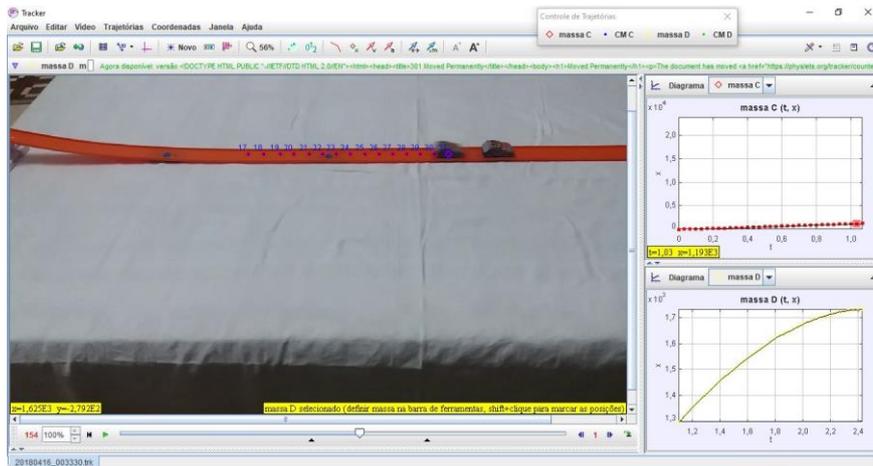
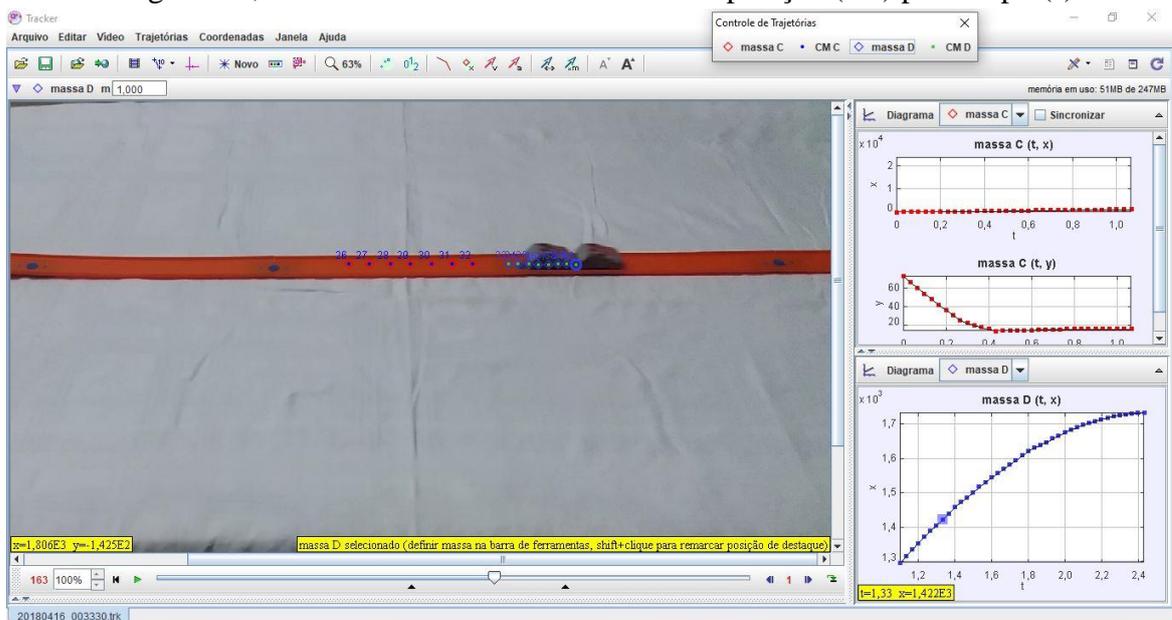


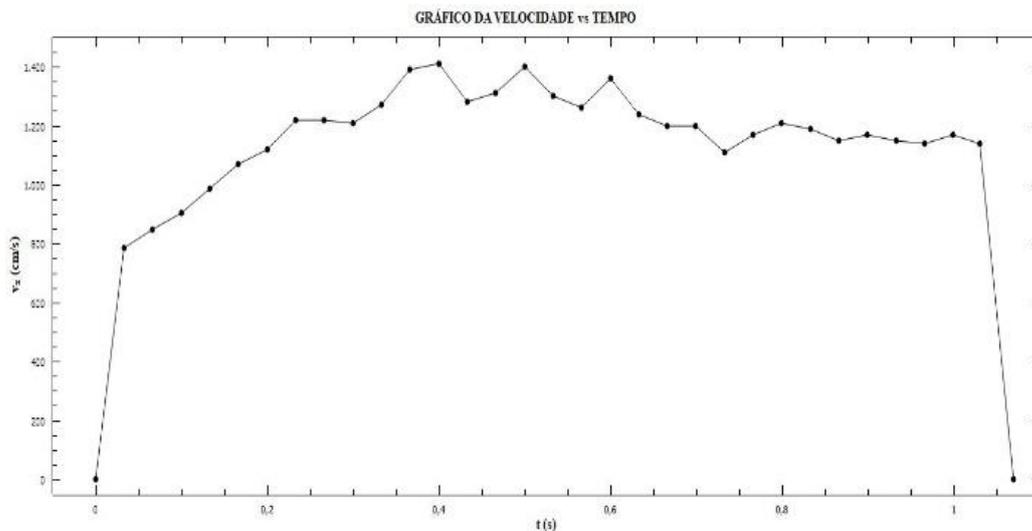
Figura 16 está representando o momento após a colisão dos móveis C e D. Percebemos que após o choque, os automóveis se movem juntos, como objeto único. Ao lado direito do vídeo, tem-se dois gráficos das posições (cm) por tempo (s), descrevendo o movimento do carro C. Abaixo dos gráficos, é mostrado uma tabela de dados da posição (cm) por tempo (s) do carro



Na imagem acima o experimento foi realizado da seguinte maneira, soltamos o carrinho C de massa m há uma altura de Δh com energia potencial $U = mg\Delta h$ a uma velocidade $v_{0,c} = 1,150 \times 10^3 \text{ cm/s}$ antes de colidir com o carro D de massa $2m$ inicialmente parado. Ao passo que o veículo C começa a descer a rampa ocorre que a energia potencial vai diminuindo e transformando-se em energia cinética $K_{0,C} = \frac{1mv_{0,C}^2}{2}$. Após a colisão entre os carros C e D que está sendo representado pela figura 14 na rampa, percebemos que o sistema é modificado de tal forma que os automóveis começam a se moverem juntos, passando agora a ter uma única massa de $m = (m_1 + m_2)$ e velocidade final $v = 0,07 \times 10^3 \text{ cm/s}$. Observamos ainda que o sistema total (carro C mais D) tem uma dissipação máxima da energia cinética total, ou seja, transformando-se em qualquer outra forma de energia, por exemplo: em calor, e calculamos seu coeficiente de restituição e para verificar o tipo de colisão causada pela interação.

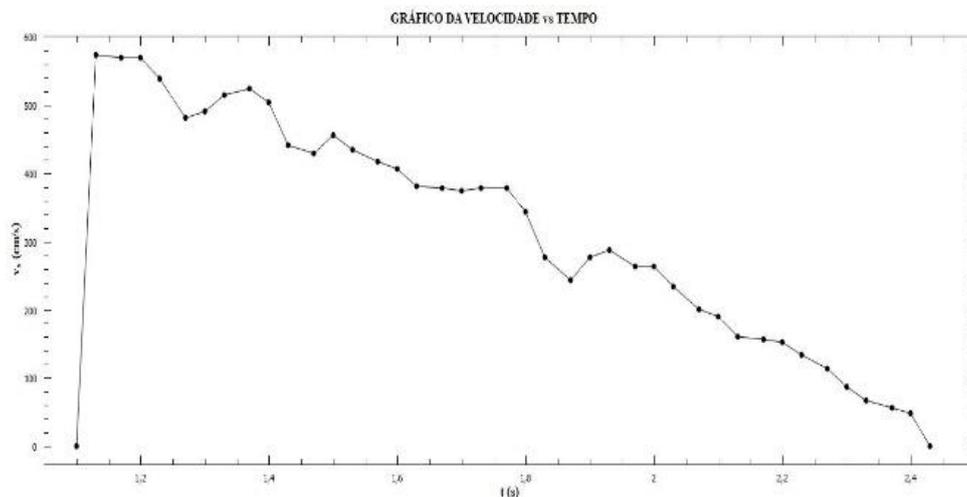
A seguir, duas representações gráficas da velocidade em função do tempo, dos dois automóveis, antes e depois da colisão.

O gráfico 17 do lado esquerdo, mostra o comportamento da velocidade do automóvel C, ante da colisão.



O gráfico acima na parte esquerda, mostra o comportamento da velocidade do carro C antes de colidir com o carro D. Inicialmente, o carro C encontra-se parado, com velocidade inicial $v_{x,C} = 0\text{ m/s}$, após $t = 0\text{ s}$, o automóvel começa a descer a rampa e atinge uma velocidade máxima de $v_{x,C} = 1,407 \times 10^3\text{ cm/s}$. Ao começar a fazer sua trajetória na direção horizontal, o carro C atinge uma velocidade média de $v_{x,C} = 1,149 \times 10^3\text{ cm/s}$, medida a partir das quatro posições instantâneas do automóvel, antes da colisão.

O gráfico 18 abaixo, demonstra o comportamento da velocidade dos dois automóveis acoplados após colidirem.



No gráfico 18, temos uma demonstração dos dois carros acoplados, após colidirem, os carros acoplados atingem uma velocidade instantânea alta devido as força de impulso ser alta no momento da região do choque. Após colidirem, começam a se movimentar juntos com uma velocidade igual à do centro de massa (CM) do sistema, atingindo uma velocidade média de $v_x = 0,57 \times 10^3\text{ cm/s}$.

Considerando o atrito das rodas com as pistas, vemos que:

$$v_{2f} \ll v_{1i}$$

Concluimos que a energia do sistema é totalmente dissipada, assim:

$$\Delta K_f \ll \Delta K_i$$

Analisando o coeficiente de restituição:

$$e = \frac{|\vec{v}|_{2f} - |\vec{v}_{1f}|}{|\vec{v}_{1i}| - |\vec{v}_{2i}|}$$

Logo:

$$e = 0$$

Posteriormente as produções e observações dos vídeos iniciamos as análises e discussões dos resultados sobre o uso de software para analisar vídeos e sua importância para o ensino que será abordado no próximo capítulo.

5 ANÁLISE E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

Neste capítulo, iremos analisar e discutir os resultados encontrados a partir das vídeo-análises com os brinquedos da HotWheels em relação aos três tipos de choques abordados nos experimentos realizados, com foco na aprendizagem significativa baseado nas experiências de alguns autores levando em conta os pontos importantes sobre o uso de softwares implantados no ensino-aprendizagem em de física. De tal modo, quais os possíveis parâmetros destas ferramentas que podem ajudar alavancar a educação? De acordo com Ricardo ao se referir sobre as tecnologias inseridas no ensino:

[...] a necessidade de prover os docentes de instrumentos didáticos para que eles possam analisar e refletir a respeito de suas práticas de ensino e buscar uma aproximação entre o seu discurso e o discurso dos alunos. (RICARDO apud AUSTOLFI *et al.*, 2002; PERRENOUD, 2000; MEIRIEL, 1998; JONNAERT, 1996). (RICARDO, 2010, p. 31)

Como podemos ver, o uso de tais ferramentas didáticas que venham a ser úteis para o ensino, e em particular para o ensino de Física, são essenciais para que os professores possam analisar e refletir sobre as suas didáticas, deixando um pouco de lado o método tradicional (piloto e quadro) que geralmente é aplicado em sala de aula e passem a buscar uma aproximação de seus discursos com os dos alunos trazendo esses instrumentos que hoje em dia fazem parte do imaginário dos jovens estudantes, porém não esquecendo que para que estes instrumentos sejam usados em sala, a escola tem que dá os devidos suportes aos docentes para que estes possam assim dinamizar a aprendizagem. Nessas concepções, trazemos a ideia de um laboratório didático aberto para sala de aula, tendo em vista a realidade da educação básica brasileira precária em que muitas escolas de ensino médio não têm estrutura para um laboratório de ciências ou os que existem não estão em uso, dificultando assim o aprendizado do aluno. Foi a partir dessa ideia que tivemos a iniciativa de trazer mais uma ferramenta que ajude na dinamização das aulas de física, buscando incentivar na troca de diálogo entre professor- alunos e aluno- aluno para assim construir a estrutura cognitiva dos estudantes de forma crítica e reflexiva. Segundo a fala de FERREIRA sobre o uso de atividade de demonstração em sala de aula, temos assim pontos alavancadores sobre o uso destas ferramentas em sala:

1) Ilustrar e ajudar a compreensão das matérias desenvolvidas nos cursos teóricos.

- 2) Tornar o conteúdo interessante e agradável.
- 3) Desenvolver a capacidade de observação e reflexão dos alunos. (Ferreira, 1978, p. 11)

O uso de experimentos de demonstração em sala de aula pode ser muitas vezes chamada de experiência de cátedra, que tem como objetivo de facilitar a aprendizagem de conteúdo abordado pelo professor em sala, tornar a aula mais atrativa e desenvolver a capacidade de reflexão e observação do estudante, tendo assim maior aproveitamento da aula de forma simples e clara com objetivos bem definidos para que os discentes possam interagir entre si e com o professor sem muita dificuldade em atingir os objetivos pretendidos. De acordo com relato do resultado encontrado por VYGOSTIKY a respeito do manuseio de tais instrumentos no ensino:

Meseguer Dueñas *et al.* (1994) relatam atividades semelhantes realizadas na Universidade Politécnica de Valência, na Espanha. O trabalho, desenvolvido com a disciplina de Física, incluía o uso de equipamentos, vídeos e softwares. Entrevistas realizadas com cerca de 60 alunos mostraram que, para a grande maioria, essas atividades facilitaram a compreensão da teoria. Os autores concluíram que as experiências motivaram os alunos, despertaram neles o interesse pelos temas abordados e tornaram as aulas mais atrativas. (Vygostiky apud Meseguer Dueñas, p. 04)

Diante desse discurso, vemos que o uso de ferramentas tecnológicas quando manuseados de formas adequada, clara e objetiva de modo a suprir a necessidade de um laboratório didático quando não há este serviço na escola, pode facilitar o processo de aprendizagem dos estudantes e desse modo, despertar o interesse pelos conteúdos e desenvolver um estímulo de incentivo ao jovem em busca do conhecer, assim como também pode iniciar um diálogo sobre o assunto em questão que foi abordado em classe ou mesmo qualquer outro assunto de seu interesse. Não tão distante disto, temos outro resultado levantado por Barreiro e Bagnato sobre o uso de atividades de demonstrações em sala de aula:

Barreiro & Bagnato (1992) desenvolveram um trabalho com aulas demonstrativas com a disciplina Mecânica Geral I, destinada aos alunos dos cursos de Engenharia do Instituto de Física da Universidade Federal de São Carlos, Brasil, durante o primeiro semestre letivo de 1992. As aulas teóricas e de exercícios foram intercaladas e ilustradas com demonstrações experimentais avaliadas, ao final, por meio um questionário

respondido pelos alunos. Em linhas gerais, das respostas dos alunos, os autores destacam a importância atribuída a esse tipo de aula como instrumento capaz de concretizar a teoria por meio da prática. Em suas conclusões afirmam que, para os alunos, as demonstrações experimentais tornaram as aulas mais interessantes, os conceitos ficaram mais bem esclarecidos e a fixação da matéria melhorou, fatores esses que ajudaram na compreensão da teoria, nas aplicações e resoluções de exercícios. (VYGOTSKY apud BARREIRO e BAGNATO, 2005, p. 04)

Podemos observar que estes resultados encontrados e mostrados aqui têm certo valor em relação as aulas de laboratório aberto em sala, pois apontam pontos positivos em serem usadas ferramentas didáticas para o ensino de ciências, e em particular para o ensino de Física, revelando-se aulas mais dinâmicas, facilitadores de conhecimento e na fixação da matéria ensinada, assim como na compreensão de teorias, aplicações e resoluções de problemas.

A partir dos dados levantados sobre o uso de tais instrumentos didáticos para o ensino de física, iremos mostrar os caminhos sugestivos escolhido por nós e descrever os resultados obtidos na realização dos experimentos em confronto com as aulas tradicionais. Retornando aos vídeos sobre o estudo de colisões unidimensionais com carrinhos da HotWheels, podemos falar sobre a intenção de usar tais ferramentas didáticas no ensino de física, que é de trazer para sala de aula um tipo de laboratório aberto com o intuito de maximizar as aulas, fugindo assim um pouco das tradicionais aulas teórica sobre o ensino. A partir de um software gratuito, um conjunto (carrinhos mais rampa da HotWheels), um celular e pano branco de mesa pudemos produzir esses tipos de experimento bem atualizado já que a tecnologia está presente em nosso dia-a-dia.

Utilizando estes objetos realizamos simulações para o devido estudo em colisões com corpos de escala macroscópica e utilizando o conhecimento teórico (as equações necessárias por exemplo: conservação do momento linear e coeficiente de restituição), chegamos aos resultados sobre os três tipos de colisões: elásticas, parcialmente elásticas e inelásticas. Levando em conta que há uma pequena perda de energia não considerável que ocorre na colisão no primeiro vídeo entre os carrinhos da HotWheels, consideramos a colisão elástica com coeficiente de restituição $e = 1$, no vídeo 02 tivemos como resultado encontrado o coeficiente de restituição, $0 < e < 1$ e no terceiro vídeo achamos coeficiente de restituição

$e = 0$. Podemos perceber, a partir de nossas experiências que o uso de softwares no ensino de ciências em geral, e em particular no ensino de Física, traz uma melhoria para o ensino, pelo fato do próprio instrumento ser interativo, ajuda na compreensão dos fenômenos físicos, ajuda na compreensão do conteúdo e de forma abrangente na construção do pensar crítico e reflexivo do estudante. Desse modo, verificamos que há possibilidades de aprendizagens significativas para a vida e formação do alunado envolvido, sentindo-se participante ativo e construtivo do processo aprendente e sedutor ao mesmo tempo.

No próximo tópico, iremos apresentar as considerações finais da presente pesquisa sobre o estudo de colisões no ensino de Física usando um software livre Tracker.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos estudos feitos através da vídeo-análise com os carrinhos da HotWheels sobre os três tipos de colisões: elástica, parcialmente elástica e inelástica, usando um software livre Tracker e movidos pela problemática da pesquisa que foi levantada no começo deste trabalho, se a utilização de um software pode conduzir a uma aprendizagem significativa para o alunado?, foi o que nos guiou para fazermos esta pesquisa, pois como sabemos não só esse como também outros temas são abordados em sala de aula quase sempre seguindo o modelo tradicional da práticas pedagógicas, que em geral não levam os estudantes a pensarem e nem a refletirem sobre as consequência de suas escolhas induzindo-os a questionar sobre o ensino de Física, de que é apenas decorar e aplicar as formulas sem ao menos refletir o que realmente aquela formulas dizem. Isso mostra que este estudo tem grande relevância para o meio acadêmico pois enriquecerá os docentes de mais uma ferramenta de trabalho que facilitará o aprendizado dos alunos, para o meio social e pessoal porque poderá ser aplicado com os estudantes de ensino médio como forma de levá-los a construir um pensamento crítico e reflexivo criando sua própria visão de mundo e nos ajudará a nos apropriar de mais um instrumento didático para o ensino de física.

E foi por meio deste estudo que obtivemos alguns resultados sobre o fato do uso destas ferramentas, primeiramente o Tracker é uma boa ferramenta na obtenção de dados precisos, que no nosso caso foram os resultados das velocidades dos automóveis utilizados, um outro ponto importante é que ele é um instrumento de fácil compreensão, flexível e baixo custo, assim, mesmo que a escola não disponha de um laboratório físico, o professor junto com os alunos podem assim que possível recorrerem ao uso desta ferramenta. A partir dessas implicações sobre o estudo experimental referente aos três tipos de colisões abordados, percebemos os possíveis parâmetros que levam a essa tipo de aprendizagem são a dinamização das aulas, a facilidade de absorção e reflexão da parte destes estudantes, tornando os conceitos mais claros e a fixação do conteúdo melhora, porém não esquecendo que um dos fatores essenciais é que o aluno apresente uma predisposição para aprender qualquer assunto, pois se o mesmo não demonstrar interesse em aprender de nada serve uma boa metodologia de ensino.

Acerca dos estudos feitos sobre colisões através da vídeo-análise com os carrinhos da HotWeells, pudemos destacar alguns detalhes que mostram cada efeito dos diferentes tipos de

forças atuantes nas colisões. O primeiro efeito é sobre colisões elásticas, onde os dois carros entram na região de interação e logo após começam a se moverem separadamente, ou seja, o carro A que está se movendo em direção ao carro B que está parado colidem, o móvel A transfere momento ao móvel B e para, ao passo que o carro B começa a se mover com a mesma velocidade que o automóvel A. Na colisão parcialmente elástica acontece que o automóvel A sofre uma pequena dissipação de energia, fazendo com que o carro A perca um pouco de sua velocidade antes de colidir. E por último observamos que na colisão inelástica entre os carros C e D, o sistema sofre uma dissipação total de energia cinética, passando a tornar-se um sistema unido, tal que, os carros após a colisão estão acoplados entre si, passando se moverem como corpo único de massa total.

De tal modo, o texto é uma proposta de laboratório aberto aos professores e futuros professores que se possível a cada termino de cada capítulo, o professor apresente uma prática experimental relacionada ao tema abordado em sala para que assim o aluno possa visualizar de formar divertida e refletir de modo a construir seu pensamento crítico e epistêmico.

REFERÊNCIAS

- ARRUDA, S. D. M.; SILVA, M. R. D.; LABURÚ, C. E. Laboratório Didático de Física a partir de uma perspectiva Kuhniana. **Investigação em Ensino de Ciências**, v. 6, n. 1, p. 97-106, 2001. ISSN 1518-8795.
- AUSUBEL, D. P. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: UM CONCEITO SUBJACENTE. **https://www.if.ufrgs.br/**. Disponível em: <if.ufrgs.br>. Acesso em: 14 Dezembro 2020.
- BARREIRO, A. C. M.; BAGNATO, V. AULAS DEMONSTRATIVAS NOS CURSOS BÁSICOS DE FÍSICA. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis-SC, 01 Janeiro 1992. 238-244.
- BRASIL. Ministério da Educação- MEC. Parâmetros Curriculares Nacionais. **Parâmetros Curriculares Nacionais**, 2018. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/>>. Acesso em: 06 Maio 2020.
- BRASIL, M. D. E. B. N. C. C. MEC. **Base Nacional Comum Curricular - Ministério da Educação. Ensino Médio**, 2018. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>>. Acesso em: 06 Julho 2020.
- BRASIL, P. C. N. E. D. C. E. S. T. MEC. **Parametros Curriculares Nacionais. Ensino Médio.**, 2014. Disponível em: <<http://www.educacao.pe.gov.br/>>. Acesso em: 04 Junho 2020.
- CARVALHO, A. M. P. D. As práticas experimentais no ensino de Física. In: CARVALHO, A. M. P. D. **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, 2010. p. 53-78.
- CASTRO, C. L. D.; VILAÇA, F. N. **Proposta de ensino de Impulso, Colisões e Quantidade de Movimento para o Ensino Médio com uso de Sensores da PASCO**. São João del Rei. 2011.
- FUSINATO, M.; BATISTA, M. C.; SCHIAVON, G. J. Repositório Institucional da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. **RIUT**, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/4456>>. Acesso em: 13 Abril 2020.
- GASPAR, A.; MONTEIRO, I. C. D. C. ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DE DEMONSTRAÇÕES EM SALA DE AULA: UMA ANÁLISE SEGUNDO O REFERENCIAL DA TEORIA DE VYGOTSKY. **Investigação em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 2, p. 227-254, 2005. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/>>. Acesso em: 17 Dezembro 2020.
- GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6ª. ed. São Paulo: Atlas S.A, 2008. ISBN 978-85-224-5142-5. Disponível em: <<https://ayanrafael.files.wordpress.com/2011/08/gil-a-c-mc3a9todos-e-tc3a9nicas-de-pesquisa-social.pdf>>. Acesso em: 01 Setembro 2020.
- JR, A. G. B. et al. Atividades Experimentais de Física Mediadas por Videoánlise e o Software livre Tracker na Formação Inicial de Proferssores. Disponível em:

<http://paginapessoal.utfpr.edu.br/lenz/artigos/tracker%20enpec2011_Arandi.pdf/view>. Acesso em: 08 Janeiro 2019.

LABURÚ, C. E. Problemas Abertos e seus Problemas no Laboratório de Física: Uma Alternativa Dialética que passa pelo discursivo Multivocal e Univocal. **Investigação em Ensino de Ciências**, v. 8, n. 3, p. 231-256, 2003. ISSN 1518-8795. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br>>. Acesso em: 09 Janeiro 2019.

MEUCCI, R. D. et al. A Vídeoanálise em Sala de Aula: Estudo de Colisões Unidimensionais com o Programa Tracker. **XX Simpósio Nacional de Ensino de Física**, São Paulo, Janeiro 2013. Disponível em: <<http://paginapessoal.utfpr.edu.br/lenz/artigos/T0344-1>>. Acesso em: 11 Fevereiro 2019.

MINAYO, M. C. D. S. Pesquisa Social: Teoria, Método e Criatividade, Petrópolis, n. 18, 2001. ISSN 85.326.1145-1. Disponível em: <<https://wp.ufpel.edu.br/franciscovargas/files/2012/11/pesquisa-social.pdf>>. Acesso em: 23 Agosto 2020.

MOREIRA, M. A. Uma Análise Crítica do Ensino de Física. **SCIELO**, São Paulo, v. 32, Setembro 2018. ISSN 1806-9592. Disponível em: <<https://www.scielo.br>>. Acesso em: 26 Maio 2020.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa Crítica, Porto Alegre, p. 33-45. Disponível em: <www.if.ufrgs.br/~moreira>. Acesso em: 01 Março 2019.

PEREIRA, R. D. A utilização do software Tracker no ensino de física: um breve relato, São Paulo, p. 144-149, Setembro 2017. ISSN 2358-2359. Disponível em: <<http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/a-utilizao-do-software-tracker-no-ensino-de-fsica-um-breve-relato-27757>>. Acesso em: 12 Dezembro 2020.

RICARDO, E. C. MEC, Setembro 2004. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br>>. Acesso em: 11 Junho 2020.

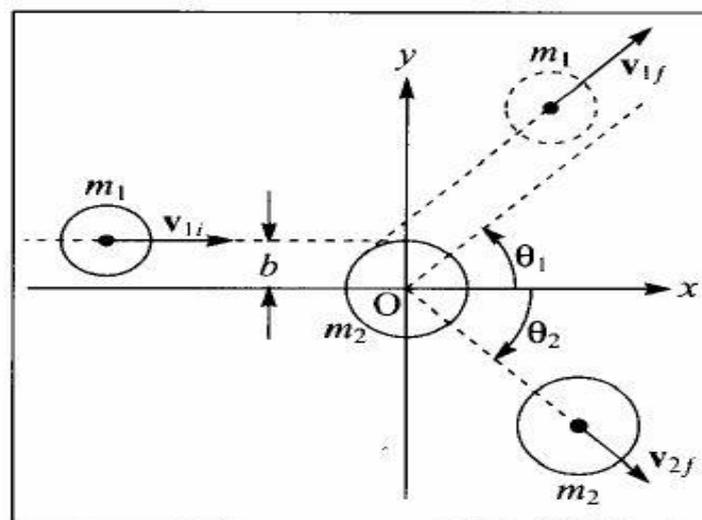
RICARDO, E. C. Problematização e Contextualização no Ensino de Física. In: CARVALHO, A. M. P. D. **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, 2010. p. 29-52.

APÊNDICE A - COLISÕES BIDIMENSIONAIS

Colisão Elástica Bidimensional

No processo de análise das colisões bidimensionais, iremos apresentar o caso em que um dos alvos está em repouso no seu estado inicial. Para começarmos, imaginemos uma colisão em que o alvo de massa m_2 esteja parado inicialmente com velocidade $\vec{v}_{2i} = 0$. Imaginemos que esses corpos que estarão sujeitos a essas interações, corpos como: bolas de bilhar, carros da HotWheels, ou qualquer outro corpo da escala macroscópica ou nas dimensões das partículas atômicas ou subatômicas, que garanta ou não o processo de choque entre eles a partir de um parâmetro característico da colisão. A partir da imagem 08 a seguir, um corpo de massa m_1 está se movendo com velocidade \vec{v}_{1i} em direção ao corpo de massa m_2 parado.

Fig.08 Colisão Bidimensional



(Fonte: NUSSENZVEIG, H. Moysés, 2013, p. 219).

A conservação do momento agora é representada por vetores dada pela forma

$$\vec{P}_i = m_1 \vec{v}_{1i} = (m_1 + m_2) \vec{v}_f = \vec{P}_f \quad (19)$$

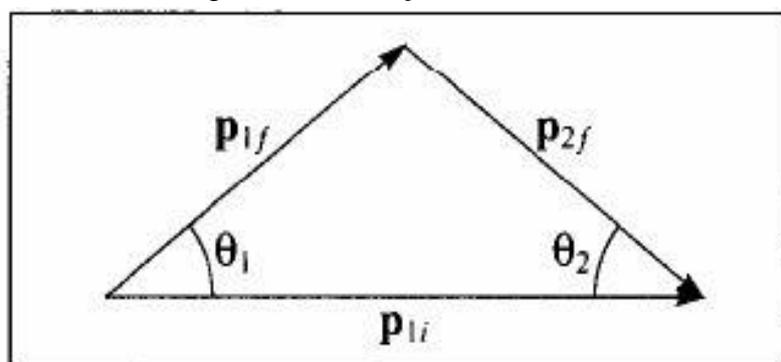
No entanto, apenas essas informações não são mais suficientes para caracterizar os tipos de colisões. Ao olharmos para a fig.08 podemos perceber que para que ocorra esse tipo de choque não frontal entre os corpos, é necessário que antes da colisão os corpos estejam a uma distância b dos CM de cada um, para ser verificado se caso possa ocorrer ou não o choque entre eles. Essa distância é chamada de parâmetro de impacto ou parâmetro de choque. Segundo Nussenzveig (2013).

Entretanto, para caracterizar a configuração inicial, os dados acima não são mais suficientes. É preciso especificar ainda a que distância a partícula incidente passaria da outra se não houvesse colisão. Essa distância b chama-se parâmetro de choque (NUSSENZVEIG, 2013, pág. 219).

Segundo Coelho (2015) quando os corpos ao colidirem, não se moverem apenas em uma direção, este choque deverá ser tratado como um movimento bidimensional e relaciona essa distância b que caracteriza a colisão não frontal entre os corpos como a distância dos CM de cada um e o denomina de parâmetro de choque ou parâmetro de impacto. “A distância entre os CM dos corpos é representada por b e é chamada de **parâmetro de impacto** (também conhecido por **parâmetro de choque**)” (COELHO, 2015, p. 160). No caso em que b for nulo, teremos uma colisão frontal e nesse caso a partícula se moverá em uma direção que consequentemente podemos tratar de uma colisão unidimensional. Mas no caso em que o parâmetro de choque for maior do que a distância das somas dos raios das duas bolas da figura 08, podemos ver que não há colisão.

Para melhor compreensão do tratamento vetorial das colisões ilustraremos a figura 09 do comportamento sobre a conservação do momento a partir da figura.

Fig. 09 Conservação do Momento linear



(Fonte: NUSSENZVEIG, H. Moysés, 2013, p. 220).

De compondo a conservação do momento linear de forma que seja dada por dois sistemas de coordenadas cartesianas x e y, temos um sistema de equações, da forma:

$$\begin{cases} p_{1f} \cos \theta_1 + p_{2f} \cos \theta_2 = p_{1i} \\ p_{1f} \sin \theta_1 + p_{2f} \sin \theta_2 = 0 \end{cases} \quad (20)$$

E usando a conservação da energia cinética, temos $T_i = T_f$, de modo que explicitando os momentos vemos:

$$\frac{p_{1i}^2}{2m_1} = \frac{p_{1f}^2}{2m_1} + \frac{p_f^2}{2m_f} \quad (21)$$

Ou seja, as equações (20) e (21) são três equações escalares em quatro incógnitas $p_{1f}, p_{2f}, \theta_1, \theta_2$. Isso mostra que não podemos demonstrar a configuração final, sem ao menos darmos pelo menos uma informação a mais, podendo ser tanto o parâmetro de colisão, ou o momento inicial em que o corpo se move, entre outros. Na colisão frontal isso só foi possível devido o $\theta_1=0$ ou π e $\theta_2 = 0$, ou de forma mais direta $b = 0$.

COLISÃO INELÁSTICA BIDIMENSIONAL

Já vimos quais as características de uma colisão elástica bidimensional e, de modo geral, qual o processo que determina esse choque em duas dimensões. Agora vamos considerar o caso de uma colisão inelástica bidimensional entre duas bolas de bilhar, uma de massa m_1 e momento inicial \vec{p}_{1i} e, o outro de massa m_2 e momento inicial $\vec{p}_{2i} = 0$. Vamos supor agora que na configuração inicial, as partículas tenham o mesmo estado inicial que na colisão elástica bidimensional e após a interação entre elas, o processo continua sendo de duas

partículas, porém com massas diferentes das iniciais, um exemplo disso são reações nucleares. Sejam as massas m_3 e m_4 das partículas finais e seus momentos finais \vec{p}_{1f} e \vec{p}_{2f} . Usando a conservação do momento, temos que:

$$\vec{p}_{1f} + \vec{p}_{2f} = \vec{p}_{1i} \quad (22)$$

Como estamos falando de uma colisão bidimensional, temos um outro problema que é encontrar os valores dos ângulos θ_1 e θ_2 da direção do movimento das bolinhas após o choque entre elas que está representada na figura 05. Fazendo analogia com o sistema de equações da equação (20) vemos:

$$\begin{cases} p_{1f} \cos \theta_1 + p_{2f} \cos \theta_2 = p_{1i} \\ p_{1f} \sin \theta_1 + p_{2f} \sin \theta_2 = 0 \end{cases} \quad (23)$$

Como estamos nos referindo de uma colisão inelástica, sabemos que a energia agora não mais conserva, de forma que $\Delta K \neq 0$. Representando de forma mais geral temos

$$K_f - K_i = Q \quad (24)$$

Onde a grandeza associada a variação de energia durante o processo de colisão é chamada de *fator Q*. E qual a importância dessa grandeza? O fator Q tem uma contribuição muito importante na interação entre bolas de bilhar ou partículas. Se $Q < 0$, parte da energia cinética inicial é perdida, transformando-se em qualquer outra forma de energia e o processo é chamado de endoérgico. Se $Q > 0$, há um ganho de energia cinética e o processo é chamado de exoérgico. Para finalizar a parte de colisões, iremos falar de um último parâmetro que é essencial há saber sobre o estudo de colisões, conhecido como *coeficiente de restituição*.