



RAMON MARCELO HENRIQUE DE OLIVEIRA

**CONCEITOS E CARACTERÍSTICAS DO MOVIMENTO: UMA PROPOSTA DE
ENSINO A PARTIR DA UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE TRACKER**

Juazeiro do Norte – CE
Junho, 2018.



CONCEITOS E CARACTERÍSTICAS DO MOVIMENTO: UMA PROPOSTA DE ENSINO A PARTIR DA UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE TRACKER

RAMON MARCELO HENRIQUE DE OLIVEIRA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Regional do Cariri-URCA no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos Alonge Ramos

Juazeiro do Norte – CE
Junho, 2018.

**CONCEITOS E CARACTERÍSTICAS DO MOVIMENTO: UMA PROPOSTA DE
ENSINO A PARTIR DA UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE TRACKER**

RAMON MARCELO HENRIQUE DE OLIVEIRA

Orientador:

Prof. Dr(a). Antônio Carlos Alonge Ramos

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Regional do Cariri-URCA, Polo 31 do Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

Prof. Dr. Antônio Carlos Alonge Ramos (Orientador)
Universidade Federal do Cariri (UFCA)

Prof. Dr. Claudio Rejane da Silva Dantas
Universidade Regional do Cariri (URCA)

Prof. Dr. Marcelo Gomes Germano
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Prof. Dr. Francisco Augusto Silva Nobre
Universidade Regional do Cariri (URCA)

Juazeiro do Norte – CE
Junho, 2018.

Aos meus pais José Sousa de oliveira e Lilian Henrique de oliveira
e a meus irmãos Raniel Henrique de oliveira e Reynaron Henrique de oliveira
Dedico

A minha esposa Edenilda da costa Salviano de oliveira
, pelo amor, compreensão e incentivo incondicional.
Ofereço

AGRADECIMENTOS

Ao meu bom DEUS pelo dom da vida e fonte de equilíbrio.

Ao Prof. Dr. Antônio Carlos Alonge Ramos pelas orientações e empenho na ajuda do desenvolvimento desse projeto, pelas nossas conversas motivadoras, pela sua paciência e dedicação.

Aos professores Carlos, Augusto, Eduardo, Job, Francineide e Wilson Freire do departamento de física do Curso de Pós-Graduação em Ensino de Física (URCA) pelos valiosos conhecimentos transmitidos.

Ao amigo de trabalho Jackson pelo incentivo compreensão e amizade constante.

Aos meus alunos que participaram das aulas ministradas para a aplicação do projeto.

À todos meus alunos que de forma direta são responsáveis pela busca de meu aperfeiçoamento na carreira docente.

A todos aqueles, que de alguma forma, colaboraram para realização deste trabalho.

A CAPES pelo apoio financeiro por meio da bolsa concedida.

A Sociedade Brasileira de Física pela iniciativa e preocupação em capacitar professores para desempenhar sua função de forma qualificada.

“Meu objetivo é expor uma ciência muito nova que trata de um tema muito antigo. Talvez nada na natureza seja mais antigo que o movimento...”
Galileu Galilei

RESUMO

CONCEITOS E CARACTERÍSTICAS DO MOVIMENTO: UMA PROPOSTA DE ENSINO A PARTIR DA UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE TRACKER

Ramon Marcelo Henrique de Oliveira

Orientador:

Prof. Dr. Antônio Carlos Alonge Ramos

Este trabalho tem como objetivo geral elaborar e avaliar uma proposta de ensino do conceito de movimento usando o software TRACKER (recurso de vídeo análise para apoiar práticas experimentais) para uma turma de ensino médio de uma escola pública do município de Monte Horebe-PB. Essa proposta de prática experimental através de vídeo análise surge como uma alternativa a prática de ensino tradicional e que será aplicada com o objetivo de aproximar o discente do conteúdo ensinado e possibilitar uma interação entre discente e docente na construção do conhecimento. Tratamos especificamente das ideias de repouso, trajetória, velocidade e aceleração enfatizando a relevância do entendimento conceitual de sistema de referencial para defini-los conceitualmente. Desta forma, procuramos identificar o conhecimento prévio dos alunos do conteúdo em questão e explorar possibilidades de abordagens deste a partir deste recurso tecnológico, que é, a atividade experimental, em que procuramos desenvolver uma linguagem apropriada sem perda de natureza conceitual. Essa possibilidade de maturação conceitual através do processo de ensino é fundamentada na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, em que ele enfatiza a importância do conhecimento prévio presente na estrutura cognitiva do indivíduo. Essa abordagem será utilizada ao longo dessa pesquisa. Contudo, para sua potencial eficácia é necessário uma forma de coleta das concepções prévias dos alunos, acerca do estudo do conceito de movimento, que foi realizada através de questionários de sondagem para que pudéssemos construir a melhor forma didática de aplicação da ferramenta computacional. No estudo em desenvolvimento, pois não o consideramos um produto acabado, utilizamos o recurso de análise de vídeo em sala de aula onde o docente a partir de vídeos simples de experimentos como, por exemplo: de uma partícula em queda livre e/ou em lançamento oblíquo, produzidos em sala, com o uso de seu celular fez uma descrição do tipo de movimento, em análise, utilizando o software TRACKER. Em que o docente observou e explicou aos discente os dados e gráficos gerados no software a partir do rastreamento da partícula em estudo. Com isso, como produto final de nossa intervenção pedagógica disponibilizamos uma metodologia de ensino aprendizagem fundamentada na utilização do software TRACKER e na teoria da aprendizagem significativa.

Palavras-Chave: Ensino de Física, Vídeo análise, Aprendizagem significativa.

Junho, 2018.

ABSTRACT

**CONCEPTS AND CHARACTERISTICS OF THE MOVEMENT: A TEACHING
PROPOSAL FROM THE USE OF TRACKER SOFTWARE**

Ramon Marcelo Henrique de Oliveira

Advisor:

Prof. Dr. Antônio Carlos Alonge Ramos

This work aims to elaborate and evaluate a proposal of teaching the concept of movement using the software TRACKER (video analysis feature to support experimental practices) for a high school class of a public school in the municipality of Monte Horebe-PB. This proposal of experimental practice through video analysis emerges as an alternative to traditional teaching practice and will be applied with the purpose of bringing the student closer to the content taught and enabling an interaction between student and teacher in the construction of knowledge. We deal specifically with the ideas of rest, trajectory, velocity and acceleration emphasizing the relevance of the conceptual understanding of referential system to define them conceptually. In this way, we try to identify the previous knowledge of the students of the content in question and to explore possibilities of approaches of this one from this technological resource, that is, the experimental activity, where we try to develop an appropriate language without loss of conceptual nature. This possibility of conceptual maturation through the teaching process is grounded in David Ausubel's theory of meaningful learning, in which he emphasizes the importance of prior knowledge present in the individual's cognitive structure. This approach will be used throughout this research. However, for its potential effectiveness it is necessary a way of collecting students' previous conceptions about the study of the concept of movement, which was performed through probing questionnaires so that we could construct the best didactic form of computational tool application. In the study under development, because we do not consider it a finished product, we use the classroom video analysis feature where the teacher from simple videos of experiments such as, for example, a particle in free fall and / or launch oblique, produced in room, with the use of your cell phone, makes a description of the type of movement, under analysis, using the TRACKER software. From this, the teacher observed and explained to the students the data and graphs generated in the software from the particle tracking under study. With this, as a final product of our pedagogical intervention, we provide a teaching methodology based on the use of TRACKER software and the theory of meaningful learning.

Keywords: Physics Teaching, Video analysis, Significant learning.

LISTA DE SIGLAS

URCA UNIVERSIDADE REGIONAL DO CARIRI

PISA Programa Internacional de Avaliação de Estudante

VAEE Vídeo Aula de Execução dos Experimentos

VDC Vídeos para Discussão de Conceitos

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA.	21
FIGURA 2 - CANTINA, DEPÓSITO DE ALIMENTOS, PÁTIO DA ESCOLA E QUADRA DE ESPORTES.	22
FIGURA 3 - SECRETARIA, BIBLIOTECA, LABORATÓRIO DE INFORMÁTICA E LABORATÓRIO DE ROBÓTICA.	22
FIGURA 4 - SALA DE AULA	22
FIGURA 5 - TELA INICIAL DO SITE.	31
FIGURA 6 - MAPA DE NAVEGAÇÃO DO SITE INDICANDO A ORDEM DE APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.	32
FIGURA 7 - GRÁFICO DA POSIÇÃO DA PARTÍCULA EM FUNÇÃO DO TEMPO.	50
FIGURA 8 - MOVIMENTO EM UMA DIMENSÃO AO LONGO DO EIXO Z.	53
FIGURA 9 - TRAJETÓRIA DE UMA PARTÍCULA NO PLANO XY.	54
FIGURA 10 - TRAJETÓRIA DA PARTÍCULA NO PLANO XY.	56
FIGURA 11 - POSIÇÃO DA PARTÍCULA Q EM RELAÇÃO A DOIS SISTEMAS DE REFERENCIAL S(Y_s x X_s) E P(Y_p x X_p).	59
FIGURA 12 - MOVIMENTO RELATIVO DA PARTÍCULA Q EM RELAÇÃO A DOIS SISTEMAS DE REFERENCIAL S(Y_s x X_s) E P(Y_p x X_p).	61
FIGURA 13 - ALUNOS ASSISTINDO AOS VDC01.	64
FIGURA 14 - ARO EM REPOUSO EM RELAÇÃO AO SISTEMA DE REFERENCIAL LIGADO A CÂMERA.	66
FIGURA 15 - DESCRIÇÃO DAS TRAJETÓRIAS DAS PARTÍCULAS 1, 2 E 3, FORNECIDAS PELO SOFTWARE TRACKER.	67
FIGURA 16 - COORDENADAS DA PARTÍCULA 2 EM RELAÇÃO A UM REFERENCIAL LIGADO À PARTÍCULA 3.	68
FIGURA 17 - TRAJETÓRIA APROXIMADA DA PARTÍCULA 2 EM RELAÇÃO A PARTÍCULA 3.	68
FIGURA 18 - DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO DO ARO EM MOVIMENTO EM RELAÇÃO AO SISTEMA DE REFERENCIAL LIGADO À CÂMERA.	68
FIGURA 19 - DESCRIÇÃO DAS TRAJETÓRIAS DAS PARTÍCULAS 1, 2 E 3, FORNECIDAS PELO SOFTWARE TRACKER.	69
FIGURA 20 - DESCRIÇÃO EXPERIMENTAL DO MOVIMENTO DE UMA PARTÍCULA SOBRE UM PLANO INCLINADO.	70
FIGURA 21 - PLANO INCLINADO	70
FIGURA 22 - ESTA FIGURA MOSTRA A TABELA DE DADOS GERADOS PELO SOFTWARE TRACKER. NESTA TABELA É APRESENTADA AS GRANDEZAS DINÂMICAS X, Y, V_x , V_y , a_x E a_y EM FUNÇÃO DO TEMPO, T.	71
FIGURA 23 - GRÁFICOS DE Y VERSUS T E X VERSUS T RESPECTIVAMENTE, GERADO A PARTIR DA TABELA DA FIGURA 22. ESTES GRÁFICOS SÃO GERADOS PELO SOFTWARE TRACKER.	72
FIGURA 24 - ESTA FIGURA MOSTRA OS GRÁFICOS DE V_y VERSUS T E, V_x VERSUS T, GERADO A PARTIR DA TABELA DA FIGURA 22. ESTES GRÁFICOS SÃO GERADOS PELO SOFTWARE TRACKER.	72

FIGURA 25 - ESTA FIGURA MOSTRA OS GRÁFICOS DE AY VERSUS T E, AX VERSUS T, GERADO A PARTIR DA TABELA DA FIGURA 22. ESTES GRÁFICOS SÃO GERADOS PELO SOFTWARE TRACKER.	73
FIGURA 26 - ESTA FIGURA MOSTRA A RETA DE AJUSTE DA CURVA AY VERSUS T.	74
FIGURA 27 - ESTA FIGURA MOSTRA A RETA DE AJUSTE DA CURVA AX VERSUS T.	74
FIGURA 28 - ESTA FIGURA MOSTRA OS DADOS FORNECIDOS PELO TRACKER RELATIVOS A CURVA DE AJUSTE AY VERSUS T.	74
FIGURA 29 - ESTA FIGURA MOSTRA OS DADOS FORNECIDOS PELO TRACKER RELATIVOS A CURVA DE AJUSTE AX VERSUS T.	74
FIGURA 30 - ESTA FIGURA DESCREVE O EXPERIMENTO DE UMA PARTÍCULA SENDO LANÇADA COMO UM PROJÉTEL. A CONSTRUÇÃO DO DISPOSITIVO DE LANÇAMENTO É DESCRITA NO MANUAL DE PRÁTICAS EXPERIMENTAIS, NO APÊNDICE C.....	75
FIGURA 31 - ESTA FIGURA MOSTRA A TABELA DE DADOS, DO MOVIMENTO OBLÍQUO DA PARTÍCULA, GERADO PELO SOFTWARE TRACKER. NESTA TABELA É APRESENTADA AS GRANDEZAS DINÂMICAS X, Y, Vx , Vy EM FUNÇÃO DO TEMPO, T.....	76
FIGURA 32 - ESTA FIGURA DESCREVE O GRÁFICO DE Y VERSUS X, QUE É A TRAJETÓRIA DESCRITA PELA PARTÍCULA, GERADO A PARTIR DOS DADOS DA TABELA DA FIGURA 31. ESTE GRÁFICO É FORNECIDO PELO SOFTWARE TRACKER.	76
FIGURA 33 - ESTA FIGURA APRESENTA OS GRÁFICOS Y VERSUS T E X VERSUS T, GERADO A PARTIR DOS DADOS DA TABELA DA FIGURA 31. ESTES GRÁFICOS SÃO FORNECIDOS PELO SOFTWARE TRACKER.....	77
FIGURA 34 - ESTA FIGURA APRESENTA OS GRÁFICOS Vx VERSUS T E Vy VERSUS T, RESPECTIVAMENTE, GERADO A PARTIR DOS DADOS DA TABELA DA FIGURA 31. ESTES GRÁFICOS SÃO FORNECIDOS PELO SOFTWARE TRACKER.	77
FIGURA 35 - ALUNOS ASSISTINDO AOS VDC02.	78
FIGURA 36 - ALUNO CONSTRUINDO E APRESENTANDO SEUS GRÁFICOS.....	80
FIGURA 37 - ANÁLISE DO MOVIMENTO DO FOGUETE, FEITO DE GARRAFA PET, AO SER LANÇADO FAZENDO USO DO SOFTWARE TRACKER.....	81
FIGURA 38 - APRESENTAÇÃO DA ANÁLISE DO VÍDEO DE LANÇAMENTO DO UM FOGUETE, FEITO DE GARRAFA PET. ANÁLISE FEITA PELA EQUIPE A USANDO O SOFTWARE TRACKER.....	81
FIGURA 39 - ANÁLISE DO MOVIMENTO DA BOLA AO SER CHUTADA EM DIREÇÃO AO GOL, COBRANÇA DE PÊNALTI, USANDO O SOFTWARE TRACKER.	82
FIGURA 40 - APRESENTAÇÃO DA ANÁLISE DA COBRANÇA DE PÊNALTI, O VÍDEO FOI CONSTRUÍDO E ANALISADO PELOS ALUNOS. ANÁLISE FEITA PELA EQUIPE B, FAZENDO USO DO SOFTWARE TRACKER.....	82
FIGURA 41 - ANÁLISE DO MOVIMENTO DA BOLA AO SER CHUTADA PELO GOLEIRO PARA REPOR A BOLA EM JOGO, USANDO O SOFTWARE TRACKER.	83
FIGURA 42 - APRESENTAÇÃO DA ANÁLISE DO MOVIMENTO DA BOLA AO SER CHUTADA PELO GOLEIRO, PARA REPOR A BOLA EM JOGO. O VÍDEO FOI CONSTRUÍDO E ANALISADO PELOS ALUNOS. ANÁLISE FEITA PELA EQUIPE C, FAZENDO USO DO SOFTWARE TRACKER.....	83
FIGURA 43 - ANÁLISE DO MOVIMENTO DE DUAS MOTOS MOVENDO-SE NA MESMA DIREÇÃO, MAS EM SENTIDOS OPOSTOS. O MOVIMENTO É ESTUDADO DO PONTO DE VISTA DE UM ALUNO, EM	

REPOUSO, QUE OS OBSERVA. O VÍDEO É PRODUZIDO PELOS ALUNOS QUE USAM O SOFTWARE TRACKER PARA ANALISÁ-LO.	84
FIGURA 44 - APRESENTAÇÃO DA ANÁLISE, A PARTIR DE DOIS REFERENCIAIS DIFERENTES, DO MOVIMENTO DE DUAS MOTOS QUE SE MOVIMENTAM NA MESMA DIREÇÃO, MAS EM SENTIDOS OPOSTOS. O VÍDEO FOI CONSTRUÍDO E ANALISADO PELOS ALUNOS DA EQUIPE D FAZENDO-SE USO DO SOFTWARE TRACKER.	84
FIGURA 45 - RESPOSTA DE UM ALUNO AO QUESTIONAMENTO 2 DO PÓS-TESTE.	89

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - ASPECTOS DA TEORIA DISCUTIDOS EM CADA VÍDEO.....	25
TABELA 2 - PRÉ-TESTE	28
TABELA 3 - ATIVIDADE DE LABORATÓRIO	29
TABELA 4 - PÓS-TESTE	30
TABELA 5 - ARTIGOS E LIVROS PESQUISADOS	45
TABELA 6 - DESCRIÇÃO DOS VDC01.....	63

SUMÁRIO

Capítulo 1 Introdução	14
Capítulo 2 Metodologia da pesquisa	20
2.1 Tipo de pesquisa	20
2.2 Características do espaço de ação e público alvo	21
2.3 Instrumentos da pesquisa	23
2.4 Conteúdo abordado	24
2.5 Material desenvolvido	25
2.5.1 Vídeos instrucionais	26
2.5.2 Planilhas eletrônicas	26
2.5.3 Sequência didática	27
2.5.4 Site: Vídeo análise no ensino de física	31
Capítulo 3 O uso do computador no ensino de ciências	34
Capítulo 4	38
Pressupostos teóricos sobre a teoria da aprendizagem significativa	38
Capítulo 5 Cinemática: pressupostos histórico teórico e conceitual	45
5.1 Aristóteles: O precursor de uma teoria do movimento	46
5.2 Galileu: Dedução empírica das equações do movimento	47
5.3 Movimento retilíneo	49
5.3.1 Velocidade média e Velocidade instantânea	49
5.3.2 Aceleração	51
5.3.3 Aceleração constante - um caso particular	52
5.3.4 Queda livre – aceleração da gravidade	53
5.4 Movimento em duas e três dimensões	54
5.4.1 Vetores posição e deslocamento	54
5.4.2 Velocidade média e velocidade instantânea – notação vetorial	55
5.4.3 Aceleração média e aceleração instantânea – notação vetorial	56
5.4.4 Movimento em duas dimensões com aceleração constante	57
5.4.5 Movimento de projéteis	58
5.5 Movimento relativo	59
Capítulo 6	62
Desenvolvimento da proposta de ensino da cinemática com abordagem do software TRACKER e análise dos resultados	62
6.1 Etapa 01	63
6.2 Etapa 02	66
6.3 Etapa 03	77
6.4 Etapa 04	80
6.4.1 Apresentação da equipe A	80
6.4.2 Apresentação da equipe B	81
6.4.3 Apresentação da equipe C	83
6.4.4 Apresentação da equipe D	84
Capítulo 7 Análise qualitativa dos dados e discussões	85
Capítulo 8 Considerações finais	90
Referências bibliográficas	91
Apêndice A – Pré-Teste	96
Apêndice B – Pós-Teste	98
Apêndice C – Atividade de Laboratório	100
Apêndice D – Site: vídeo análise no ensino de Física	102
Apêndice E – Respostas da atividade extra	103
Apêndice F – Respostas de alunos ao Pré-Teste	106

Apêndice G – Respostas de alunos ao Pós-Teste	118
---	-----

Capítulo 1

Introdução

Atualmente, a atividade docente enfrenta desafios de natureza prática relativa ao campo de ensino aprendizagem de conceitos físicos de difícil visualização. Portanto, consideramos o uso da tecnologia no ensino de física interligados a abordagem experimental uma alternativa indispensável nos dias atuais onde o discente se envolve facilmente com a tecnologia.

Nessa perspectiva, a aplicação de recursos tecnológicos no ensino de física têm se mostrado uma ferramenta metodológica, de grande potencial, que possibilita o desenvolvimento de uma abordagem conceitual de fenômenos físicos diversos através de simulações, animações, vídeos análises e ainda proporciona uma integração social, influenciando o comportamento de toda uma geração, tornando-se, dessa forma, objeto de estudo de sua eficiência, importância e de estudar formas de sua aplicação em sala de aula.

O conjunto de situações problematizadoras no ensino da física, responsáveis pela discussão e o questionamento de sua pouca receptividade pelos indivíduos em formação, é devido à forma como lhe são apresentados suas ideias e seus conceitos primários, normalmente apenas através da teoria presente nos livros didáticos e de exercícios fora de contexto, que exploram apenas a habilidade matemática e não a compreensão conceitual necessária para se avançar no entendimento conceitual da física e assim poder relacioná-la com outras ciências buscando possíveis soluções para problemas mais complexos.

Nesse sentido, surgem questões que objetivam romper barreiras de significados isolados, que buscam integrar intrinsecamente a prática experimental com o uso de softwares que facilitem o entendimento do discente de fenômenos físicos. Nesse sentido, é importante tornar a ciência mais popular, levá-la para fora dos muros das academias; discutir a problemática da falta de laboratórios, onde tecnologia surge como uma alternativa acessível com a possibilidade de simular experimentos; discutir as questões relativas a problemas ambientais, provocados pela constante degradação do meio ambiente, devido ao uso dos recursos naturais em sua produção, e o caso de lixo tóxicos resultantes do sucateamento das tecnologias desenvolvidas que ficam obsoletas, devido o rápido avanço na produção de novas tecnologias, e que tem como destino o lixo.

Todas essas questões são temas de trabalhos acadêmicos que também devem ser tratados em meio as comunidades em geral, pois trata-se da necessidade de uma ação conjunta para resolver problemas que afetam a todos. Nesse sentido, desenvolvemos um trabalho aonde

fazemos o uso de recursos tecnológicos conscientizando os discentes de sua importância, fazendo referência a sua capacidade de utilidade nos diversos setores da sociedade, enfatizando que é muito importante sabê-las usar, e que é importante entendê-las.

Nessa perspectiva, traçamos uma estratégia que além de servir para atingirmos nosso objetivo primário de desenvolver uma prática de ensino diferenciada, que tem como objetivo específico desenvolver no discente a compreensão de conceitos físicos, queremos situar nossos alunos no contexto tecnológico em que se encontram. Pois, em virtude da carência de conhecimento dos alunos de como usar os recursos tecnológicos disponíveis na escola, aonde aplicamos nosso trabalho, criamos uma oportunidade de aprendizagem com a utilização de recursos simples de softwares de computador como o Excel e uma prática laboratorial diferenciada com o uso da tecnologia disponível em nossa escola como por exemplo: o laboratório de informática e o celular dos alunos.

Mais especificadamente, desenvolvemos uma prática de ensino com a utilização do software de vídeo análise, TRACKER¹. Que durante sua aplicação foi objeto de estudo, onde em cada etapa analisamos a necessidade de realizarmos possíveis aperfeiçoamentos, e assim obtemos uma versão final, que foi uma proposta de prática experimental. A aplicação dessa proposta foi planejada considerando o conhecimento das características conceituais individuais dos discentes sobre o tema de estudo (estudo dos movimentos), pois suas ideias advindas de sua experiência do dia-a-dia constitui um elemento indispensável para uma aprendizagem significativa².

A ideia na teoria da aprendizagem significativa, da qual nos apropriamos para desenvolvermos nossa pesquisa, está fundamentada na premissa de que se durante o processo de ensino aprendizagem de um determinado conceito físico existir uma concepção prévia desse conceito na estrutura cognitiva do discente isso se constituirá em um elemento de ordem significativa para a sua compreensão. Como muito bem expresso nas palavras de Ausubel (2000, folha de rosto).

O conhecimento é significativo por definição. É o produto significativo de um processo psicológico cognitivo (“saber”) que envolve a interação entre ideias “logicamente” (culturalmente) significativas, ideias anteriores (“ancoradas”) relevantes da estrutura cognitiva particular do aprendiz (ou estrutura dos conhecimentos deste) e o “mecanismo” mental do mesmo para aprender de forma significativa ou para adquirir e reter conhecimentos.

¹ Software livre de análise de vídeo quadro a quadro.

² Aprendizagem significativa é o processo através do qual uma nova informação (um novo conhecimento) se relaciona de maneira não arbitrária e substantiva (não-litera) à estrutura cognitiva do aprendiz. (MOREIRA 1997).

Desta forma, procuramos identificar o conhecimento prévio dos alunos no que se refere ao conceito de movimento, ou seja, exploramos seu entendimento das grandezas físicas fundamentais, posição, tempo, trajetória, velocidade, aceleração e a importância do entendimento conceitual de sistema de referencial. Nesse sentido, exploramos possibilidades de abordagens deste a partir da metodologia de ensino escolhida, que envolve a utilização de atividades experimentais, que foi desenvolvido com uma linguagem apropriada sem perda de natureza conceitual.

Essa possibilidade de maturação conceitual através do processo de ensino é fundamentada na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel³, este autor enfatiza a importância do conhecimento prévio presente na estrutura cognitiva do indivíduo. Essa abordagem será utilizada ao longo dessa pesquisa. Contudo, uma de suas premissas consiste em valorizar as para potencializar a sua eficácia é necessário uma forma de coleta das concepções prévias dos alunos, acerca do tema da pesquisa, que será realizada através de questionários de sondagem para que possamos construir a melhor forma didática de aplicação da ferramenta computacional (software TRACKER).

Essa proposta de prática experimental, através de vídeo análise, surge como uma alternativa à prática de ensino tradicional que foi aplicada, com o objetivo de aproximar o discente do conteúdo ensinado e possibilitar uma interação entre discente e docente na construção do conhecimento.

A aplicação da proposta de ensino aprendizagem, considerando o software TRACKER, é constituída de elementos do dia-a-dia dos discentes que apresentam possibilidades de serem tratados de forma simplificada através de alguns experimentos propostos. Nesse, contexto, selecionamos os questionamentos de acordo com o tema escolhido, e elaborarmos um Manual de práticas experimentais, ver apêndice D, onde detalhamos uma sequência didática que norteiam as atividades que compõe nossa proposta de ensino aprendizagem.

A atividade experimental é uma ferramenta poderosa no ensino da física e os softwares desenvolvidos, para serem aplicados no ensino aprendizagem da física, tornam as aulas mais atraentes aos olhos dos alunos, que deixam de ser simples ouvintes e passam a interagir com o professor e a buscar o significado e a interpretação do objeto em estudo. A interpretação do aluno tem origem em seu conhecimento prévio e a busca de significado se dá quando o discente percebe que sua ideia está incompleta e carece de explicação. Para Ausubel (2000, p. 17), a

³ David Ausubel (1918-2008), graduou-se em Psicologia e Medicina, doutorou-se em Psicologia do Desenvolvimento na Universidade de Columbia, onde foi professor no Teacher's College por muitos anos; dedicou sua vida acadêmica ao desenvolvimento de uma visão cognitiva à Psicologia Educacional. (MOREIRA, 2012).

interação entre novos significados potenciais e ideias relevantes existentes na estrutura cognitiva do aprendiz pode dá origem a significados verdadeiros ou psicológicos.

A área de conhecimento da física que foi objeto dessa proposta de prática experimental é o estudo dos conceitos físicos da mecânica, que tem como objetivo desenvolver no discente a compreensão conceitual de fenômenos físicos diversos dentre os quais podemos citar: sistema de referencial e lançamento oblíquo. A escolha da mecânica para compor a realização dessa prática de ensino foi motivada pelo modo como ela é abordada no ensino médio, baseado em nossa experiência profissional, que é de maneira inconsistente, ou seja, de forma a apreciar apenas a resolução excessiva de exercícios, desprovidos de significado conceitual, que não instiga o discente a se interessar pela física.

As dificuldades encontradas atualmente no ensino de física, no nível básico, advém da dificuldade dos alunos na manipulação da matemática e se estende a dificuldade de natureza conceitual na descrição de fenômenos físicos. Estas dificuldades têm motivado o desenvolvimento de metodologias alternativas em busca de melhorar a instrução conceitual.

Nas aulas de Física é recomendável que se dê ao aluno a oportunidade para exercitar seu pensamento e para descobrir relações entre grandezas físicas. Infelizmente, a rotina de muitas aulas se restringe a fazer o aluno acreditar em “fórmulas mágicas” e trabalhar mecanicamente. (Fuzer e Dohms, 2008 apud Ferreira 2012, p. 38).

A fim de desenvolver habilidades na compreensão e entendimento dos fenômenos físicos relacionados à mecânica, propomos à utilização do software TRACKER, com o qual desenvolvemos atividades práticas, explorando seus recursos que nos possibilita a realização de atividades diversas, dentre as quais podemos citar: atividades de laboratórios explorando experimentos na área da mecânica. Com esse objetivo realizamos a produção de vídeos de alguns fenômenos dinâmicos, para serem analisados com esse instrumento de instrução conceitual Físico-Matemático.

As formas de abordagem dos conceitos físicos da área da mecânica, presente nos livros didáticos e que serão objeto de estudo deste trabalho, apresentam inconsistência em suas formas de discussão devido à falta de análise dos seus conceitos, a partir de uma prática experimental, num contexto que procure desenvolver a intuição e a percepção de detalhes da teoria em discussão. O que observamos nos livros textos de física são informações de aplicações práticas de forma ilustrativa, em fotos, seguidas do texto teórico sem uma metodologia didática expositiva dificultando a apropriação desse conhecimento, com isso, implementamos as aulas com uma diversidade de situações de ensino aprendizagem proporcionada por essa ferramenta

computacional e experimental, que foram desenvolvidas em ressonância com as necessidades apresentadas pela falta de entendimento conceitual do discente, que será pormenorizado ao longo desse trabalho.

A partir de uma análise das habilidades de apropriação das ideias dos conceitos físicos, por parte dos alunos em sua forma tradicional transmitida nas instituições de ensino, feita com o auxílio de um questionário prévio, nortearmos o desenvolvimento de uma prática com o intuito de aproximar o aluno do caráter conteudístico conceitual, do objeto de estudo, indispensável para a formação de um indivíduo questionador, investigador, durante o seu processo de aquisição de conhecimento.

A atividade experimental é uma alternativa indispensável para o professor de física que busca obter resultados significativos de ensino-aprendizagem em sua prática docente, pois com a experimentação é possível explorar aspectos da teoria de forma detalhada. Segundo Atx, 1991 apud Barbosa, 1999, p. 107: A experimentação pode contribuir para aproximar o ensino de ciências das características do trabalho científico, além de contribuir também para a aquisição de conhecimento e para o desenvolvimento mental dos alunos. Com isso, a partir da análise da literatura existente sobre práticas de ensino sob a perspectiva da aplicabilidade de softwares educacionais no ensino de física, nortearmos o desenvolvimento de nossa proposta pedagógica amparados na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel.

O objetivo deste trabalho é contribuir com uma proposta de prática de ensino diferenciada que desperte no discente interesse pela física. Para isso, produziremos vídeos que enfatizam conceitos físicos da cinemática que normalmente não são compreendidos e que em sua maioria são encarados de forma cética pelos discentes. Esses vídeos serão analisados com o software TRACKER e essa interação entre experimentos e software constitui o objeto, prático elucidativo, que compõe a proposta metodológica que almeja melhorar a compreensão dos conceitos físicos. Onde

Como objetivo específico traçamos os seguintes pontos a serem alcançados satisfatoriamente: desenvolver no estudante a capacidade de investigação científica, tais como: observar; classificar, organizar, sistematizar, fazer hipótese e testar; elaborar uma sequência de aulas práticas com materiais de baixo custo, com suporte do software TRACKER; investigar conhecimentos prévios dos estudantes sobre aspectos básicos da cinemática; elaborar vídeos de situações experimentais a ser analisados com o software TRACKER; e por fim promover a aprendizagem significativa dos aspectos conceituais da cinemática com o uso da tecnologia (estudos dos movimentos dos corpos e representações gráficas.)

A dissertação será apresentada da seguinte maneira: no Capítulo 2 apresentaremos a metodologia; no capítulo 3 temos o referencial teórico; no Capítulo 4 desenvolvemos uma discussão conceitual do conteúdo do campo da cinemática que foram relevantes no processo de elaboração e execução da proposta; no capítulo 5 descrevemos a aplicação do material didático. No capítulo 6 é feito uma análise qualitativa da eficiência dessa proposta de metodologia de ensino e no capítulo 7 concluímos com uma explanação sobre a eficiência dessa metodologia.

Junto a essa dissertação apresentamos um Manual de Práticas Experimentais destinado para o Professor. Como também a criação de um site: <http://videoanalisenosenosinofisica/fisica>, onde constam os vídeos apresentados, analisados e discutidos nas aulas.

Capítulo 2

Metodologia da pesquisa

O processo de investigação científica pressupõem um método através do qual o agente da investigação organize suas ações. O caminho escolhido com base nas características do público alvo, área de pesquisa e objeto a ser pesquisado é determinante para se obter resultados significativos. Assim, de acordo com Fonseca (2002),

É importante destacar que, *metodos* significa organização, e *logos*, estudo sistemático, pesquisa, investigação; ou seja, metodologia é o estudo da organização, dos caminhos a serem percorridos, para se realizar uma pesquisa ou um estudo, ou para se fazer ciência. Etimologicamente, significa o estudo dos caminhos, dos instrumentos utilizados para fazer uma pesquisa científica. Fonseca, 2002.

Portanto, com base nas concepções das metodologias adotadas em pesquisas científicas selecionamos a qualitativa, pois é o tipo de pesquisa mais adequado para nosso estudo que tem como objetivo propor um material instrucional direcionado para o ensino médio.

2.1 Tipo de pesquisa

Esse trabalho teve como objetivo explorar possibilidades de se criar maneiras específicas de envolver o discente no processo de ensino aprendizagem, instigando-o e despertando sua curiosidade pela busca por respostas por eles indagadas.

Nessa perspectiva de avaliação do docente, da didática aplicada, e a análise do discente, dos conceitos em estudo, percebemos a configuração de um processo de assimilação de conhecimento, já que se encontram envolvidos sistematicamente, e de difícil mensuração devido às características individuais de cada um dos envolvidos nessa atividade. Esse fato nos conduziu a adotarmos a abordagem qualitativa. A ênfase nesse tipo de pesquisa não é dada a parâmetros quantitativos, mas nos aspectos empíricos e comportamentais que refletem a compreensão do discente, observados durante o processo de ensino aprendizagem, relativo ao objeto de estudo. Temos que,

“A pesquisa qualitativa 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 apud Gerhardt e Silveira 2009, p. 32).

O caráter humanístico da pesquisa qualitativa traz uma complexidade que pode comprometer a avaliação de significados do pesquisador que deve ficar atento para não interferir nos resultados da pesquisa, pois seu envolvimento emocional, suas crenças e valores são características individuais difíceis de controlar e incomensuráveis. Essa característica

subjetiva do pesquisador influenciada por seus sentimentos envolvido na pesquisa o torna um elemento com grande influência nesse processo, o que fica evidente na afirmação de Gerhardt e Silveira apud Deslauriers,

Na pesquisa qualitativa, o cientista é ao mesmo tempo o sujeito e o objeto de suas pesquisas. O desenvolvimento da pesquisa é imprevisível. O conhecimento do pesquisador é parcial e limitado. O objetivo da amostra é de produzir informações aprofundadas e ilustrativas: seja ela pequena ou grande, o que importa é que ela seja capaz de produzir novas informações. (DESLAURIERS, 1991 apud Gerhardt e Silveira, 2009, p. 32).

Portanto, devido ao fato do papel do docente nessa pesquisa se caracterizar pela sua participação ativa no processo de condução do discente na tentativa de solucionar problemas encontrados a partir da análise atenta do objeto de estudo, tipifica a pesquisa quanto aos procedimentos como participante que “Tem como objetivo auxiliar a população envolvida a identificar por si mesma os seus problemas, a realizar a análise crítica destes e a buscar as soluções adequadas” (Le Boterf, 1984, p. 52). Ou seja, a postura adotada pelo pesquisador de instruir em todo ou parte do processo de ensino qualifica a pesquisa quanto aos procedimentos em participante e as características intrínsecas a natureza do pesquisador justifica a escolha da pesquisa qualitativa.

2.2 Características do espaço de ação e público alvo

O contexto de aplicação dessa pesquisa se deu em uma escola pública estadual de educação básica do município de Monte Horebe, pertencente a 9ª gerência de ensino com sede em Cajazeiras, PB. Sua localização pode ser observada na Figura 1. Essa escola foi escolhida convenientemente, pois já faço parte do quadro de professor efetivo desde 2013.

Figura 1 - Localização geográfica.



Fonte: Próprio autor, 2018.

Nossa escola conta com 278 alunos distribuídos em 14 turmas da seguinte maneira: dois 1º ano, dois 2º ano, um 3º ano, um 7ºano, um 8º ano, um 9ºano, um ciclo II, um ciclo III, um ciclo IV, um ciclo V, um ciclo VI e duas turmas no contra turno denominada PROEMI (Programa Ensino Médio Inovador). Ministro aulas de física nas turmas de 1º ano, 2º ano, 3ºano, ciclo V, ciclo VI, matemática no ciclo III e iniciação científica no PROEMI.

A área dessa instituição da rede pública de ensino é de aproximadamente 17.463 m², onde se encontram, (Figura 2) cantina, depósito de alimento, pátio da escola, quadra de esporte; (Figura 3) secretária, biblioteca, laboratório de informática, laboratório de robótica e (Figura 4) sala de aula.

Figura 2 - Cantina, Depósito de alimentos, Pátio da escola e Quadra de Esportes.



Fonte: Próprio autor, 2018.

Figura 3 - Secretaria, Biblioteca, Laboratório de Informática e Laboratório de Robótica.



Fonte: Próprio autor, 2018.

Figura 4 - Sala de aula



Fonte: Próprio autor, 2018.

Comunicamos a direção da escola que no período de março a maio de 2017 iríamos trabalhar o conteúdo programático de forma diferenciada com o uso das TIC'S, com o objetivo de desenvolver uma pesquisa, com o fim de concluir o trabalho de conclusão do mestrado profissional em ensino de física – MNPEF. Para isso, iríamos precisar da sala de informática, data show e da câmera da escola que foram disponibilizados para esse fim.

Após deixar a direção da escola ciente de nossas necessidades para um bom encaminhamento do nosso trabalho de pesquisa o passo seguinte foi selecionar a turma que seria o objeto da pesquisa. Como o conteúdo a ser trabalhado foi a cinemática escolhemos o 1º ano do ensino médio, pois se trata de alunos que tiveram no 9º ano um primeiro contato com conceitos físicos relativos a cinemática nas aulas de ciências.

A relevância dessa escolha se deve ao fato hipotético de os conhecimentos prévios, adquiridos e ou modificados nas aulas de ciências e ou em seu dia-a-dia, dessa turma serem importantes para o processo de apropriação dos conceitos, em sua forma científica, que serão abordados no decorrer dessa pesquisa. Pois como cita Ausubel,

“Se eu tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diria isto: o fator singular que mais influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra isso e ensine-o de acordo” (AUSUBEL, NOVAK, HANESIAN,1980, p. 137).

2.3 Instrumentos da pesquisa

A aprendizagem significativa é o aspecto inerente à pesquisa que classifica qualitativamente as ações desenvolvidas ao longo dessa proposta como satisfatória ou insatisfatória. Nessa perspectiva, necessitamos de uma ferramenta de análise apropriada que nos auxilie nessa avaliação. Para esse fim, utilizamos o questionário que é o “instrumento de coleta de dados constituído por uma série de perguntas, que devem ser respondidas por escrito” (MARCONI & LAKATOS, 1999, p.100).

Ao iniciarmos a elaboração das questões do questionário optamos por perguntas abertas, pois esse método de coleta de dados permite que o discente se expresse livremente de acordo com suas concepções com suas próprias palavras, de acordo com Gil.

“O questionário é a técnica de investigação composta por um número mais ou menos elevado de questões apresentadas por escrito às pessoas, tendo por objetivo o conhecimento de opiniões, crenças, sentimentos, interesses, expectativas, situações vivenciadas etc.” Gil (1999, p.128).

A aplicação do questionário, como instrumento de coleta de dados, nesta perspectiva, foi composto por dois momentos, o primeiro foi a sondagem, para a realização de uma análise

prévia, através de um pré-teste para verificar o entendimento dos discentes sobre o conteúdo em estudo (aspectos da cinemática) advindos de sua experiência diária e ou de uma introdução preliminar. Essa análise prévia foi norteadora para a escolha da melhor forma de abordagem dos conteúdos usando a proposta, de acordo com as características gerais da turma verificada.

Em um segundo momento, após a aplicação da metodologia de ensino aprendizagem proposta, aplicamos um pós-teste para verificarmos se houve avanços relevantes no entendimento conceituais dos discentes.

Esse cenário de investigação que aconteceu no ambiente escolar com intuito de analisar e melhorar a prática docente nos conduziu a esse método de coleta de dados que foi elaborado em conformidade com as exigências relativas ao nível de ensino considerado.

2.4 Conteúdo abordado

A mudança na forma didática de conduzir as aulas, como proposta de atividade de pesquisa, aconteceu no primeiro semestre letivo. Sendo que o docente da turma (autor deste trabalho) desenvolveu as aulas de forma a atrair atenção do discente. Para isso, a abordagem dos conteúdos referentes à teoria do movimento⁴ (aspectos da cinemática), foi planejada com foco nas dificuldades comumente apresentadas pelos discentes.

Logo, procuramos desenvolver a intuição do discente para compreender os conceitos de referencial⁵, posição⁶, trajetória⁷, instante de tempo⁸, rapidez⁹, velocidade¹⁰ e aceleração¹¹ utilizando recursos de análise de vídeo oferecidos pelo software livre TRACKER. Com os dados obtidos com essa ferramenta, para a discussão desses conceitos, esperou-se que os discentes ao fim das atividades fossem capazes de: classificar os tipos de movimento; identificar a trajetória da partícula de acordo com o referencial escolhido; manipular os modelos que descrevem cada tipo de movimento estudado; e plotar gráficos.

Para o vídeo análise realizamos a filmagem dos seguintes experimentos: Aro do pneu de bicicleta em repouso (eixo do aro em repouso em relação ao referencial); Aro do pneu de bicicleta em movimento de rotação e translação (aro em movimento em relação ao referencial);

⁴ Deslocamento de um corpo no espaço e no tempo.

⁵ Corpo em relação ao qual analisamos se uma partícula está em repouso ou em movimento.

⁶ Lugar no espaço e no tempo.

⁷ A linha que liga os pontos por onde a partícula passou em cada instante de tempo.

⁸ Momento no tempo.

⁹ É uma medida de quão rapidamente alguma coisa se move, medida por uma unidade de distância dividida por uma unidade de tempo. (HEWITT, 2002).

¹⁰ Define-se a velocidade de uma partícula como a razão entre a distância total coberta pela partícula e o tempo gasto para cobri-la em uma determinada direção e sentido. (TIPLER, 1985).

¹¹ A aceleração de uma partícula é a razão segundo a qual sua velocidade varia com o tempo. (RESNICK, 1983).

O movimento de uma partícula sobre um plano inclinado; A queda de uma partícula; A queda de uma partícula com paraquedas; O lançamento oblíquo de uma partícula; O lançamento oblíquo de uma haste de PVC¹². Esses vídeos serão disponibilizados no site, caso o professor não queira construir os experimentos pode baixar os vídeos e aplicar o TRACKER. Na *Tabela 1*, especificamos o que será discutido em cada vídeo bem como os conceitos físicos abordados.

Tabela 1 - Aspectos da teoria discutidos em cada vídeo

Vídeos dos experimentos	Objetivo	Conceito físico abordado
Aro do pneu de bicicleta em repouso (eixo do aro em repouso em relação ao referencial)	Discutir os aspectos do movimento enfatizando sua relatividade.	Sistema de referencial e trajetória.
Aro do pneu de bicicleta em movimento de rotação e translação (aro em movimento em relação ao referencial)		
O movimento de uma partícula sobre um plano inclinado	Fazer uma análise qualitativa das equações do movimento a partir do confronto da teoria com os dados fornecidos pelo software TRACKER.	Posição, variação da posição, instante de tempo, variação do tempo, rapidez, velocidade e aceleração.
A queda de uma partícula;		
A queda de uma partícula com paraquedas		
O lançamento oblíquo de uma partícula		
O lançamento oblíquo de uma haste de PVC		

Fonte: Próprio autor

2.5 Material desenvolvido

O material desenvolvido para compor o produto educacional é composto de vídeo aula de execução dos experimentos que demonstram como aplicar o software TRACKER integrado ao experimentos construídos com material de baixo custo (material de fácil acesso), manual com os passos de construção dos experimentos que foram idealizados para discussões conceituais relativos a cinemática, vídeos para discussões conceituais (vídeos de fenômenos do dia-a-dia e de modalidades olímpicas), planilha eletrônica, uma sequência didática que norteará a aplicação desses materiais e um site onde todo esse material se encontrará disponível. A seguir faremos uma descrição dos materiais desenvolvidos.

¹² É a sigla inglesa de “Polyvinyl chloride” que em português significa Policloreto de polivinila (ou policloreto de vinil), um plástico também conhecido como vinil. Material do qual é feito o cano de água fria e de esgoto que foram utilizados para construir partes de nosso experimento, ver apêndice D.

2.5.1 Vídeos instrucionais

Para capacitar o docente para o uso do software de rastreamento, o TRACKER, desenvolvemos vídeos aula de execução dos experimentos propostos em que é feito um passo a passo de como aplica-lo.

Outros vídeos para discussão de conceitos físicos foram escolhidos com o fim de envolver o discente no processo de ensino aprendizagem, esses vídeos possuem elementos curiosos da vida nos dias atuais, que são: o animal mais rápido do mundo, o carro mais rápido do mundo, salto sem paraquedas e vídeos de modalidades olímpicas. Esses vídeos serão utilizados em três momentos, como veremos em nossa sequência didática.

Usaremos a seguinte terminologia para nos referirmos a esses vídeos: Vídeo Aula de Execução dos Experimentos (VAEE) e Vídeos para Discussão de Conceitos (VDC).

Os VDC's se divide em VDC01, vídeos para discussões conceituais constituídos de curiosidades dos dias atuais e do mundo animal que constitui o pré-teste, ver apêndice A, e o VDC02, vídeos de modalidades olímpicas destinados a um instrumento de verificação do entendimento conceitual dos discentes, pós-teste, ver apêndice B, e uma atividade no laboratório de informática com o uso do Excel a partir de um questionário feito com base em alguns desses vídeos, ver Apêndice C.

2.5.2 Planilhas eletrônicas

Com o objetivo de familiarizar os discentes tanto com os conceitos físicos como com as relações entre as grandezas envolvidas nos fenômenos analisados, propomos aos discentes que manipulassem os modelos que descrevem os movimentos estudados em planilhas eletrônicas a fim de que resolvessem os questionamentos propostos no VDC02.

O uso das planilhas na construção de gráficos se mostra como uma possibilidade a mais na atividade prática. Pois, possibilita abordarmos um problema corrente que é a dificuldade do aluno de construir e entender gráficos no estudo do movimento uniforme e uniforme variado. Dessa forma, seu uso se torna indispensável por trazer uma atividade didática relevante no processo de aprendizagem, pois para a construção dos gráficos a partir dos dados fornecidos as planilhas se faz necessário o entendimento das relações entre as variáveis dos problemas em discussão conceitual.

Com isso, através dessa prática, que se constitui em um objeto de análise das concepções conceituais dos discentes, será fácil verificar a evolução de seu entendimento sobre as relações existentes entre as grandezas físicas abordadas ao longo das práticas experimentais

desenvolvidas no decorrer dessa proposta metodológica didática que se constitui em uma sequência didática.

Os dados necessários para darmos início ao uso da ferramenta computacional que são fundamentais para a construção dessas planilhas se encontram nos VDC02 e na Tabela 7.

2.5.3 Sequência didática

Em vista da grande quantidade de fenômenos cotidianos, que podem ser analisados do ponto de vista da cinemática, e motivados pela dificuldade que os docentes têm de descrevê-los quantitativamente, propomos um estudo sistemático caracterizado por etapas inter-relacionadas que compõe uma sequência didática desenvolvida para a explanação teórica e conceitual de elementos da cinemática com a utilização de aparatos experimentais, VDC e o auxílio de um software de rastreamento, o TRACKER.

A sequência didática possui as etapas seguintes:

- Pré-etapa: Com o objetivo de provocar no discente a investigação autônoma ao fim de uma aula é sugerido que façam uma pesquisa sobre o conteúdo que seria abordado nas aulas seguintes;
- Etapa 01: Na primeira aula, propõem-se uma reflexão acerca de alguns fenômenos referentes ao tema em estudo através dos VDC que serão disponibilizados em site específico, com o fim de estimular uma discussão reflexiva acerca do conceito em análise. E assim, buscar perceber o entendimento dos discentes, seus conhecimentos prévios, sobre o tema e verificar seu estímulo em querer frequentar as aulas de física. Em seguida propomos aplicação de um pré-teste, com o objetivo de verificar, analisar qualitativamente, suas concepções iniciais acerca do tema que possa fornecer dados relevantes que influencie na forma da abordagem da teoria física em questão; veja na tabela 2 as questões do pré-teste.

Tabela 2 - Pré-teste

VDC01	Questionamentos
Americano salta sem paraquedas a mais de 7,5 mil metros de altura	O homem e seu fascínio pelo voo. O espírito aventureiro do homem o leva a realizar façanhas inacreditáveis, como o que está ilustrado na figura A.1, do vídeo que assistirmos, com o título “Americano salta sem paraquedas a mais de 7,5 mil metros de altura”. Identifique nesse vídeo elementos da ciência física e explique-os. E tente fazer uma descrição do que você observa.
Animal mais rápido do mundo	Grandes velocidades do mundo animal. O mundo animal e suas curiosidades, dentre elas podemos destacar a máxima velocidade atingida pelo guepardo, ilustrado na figura acima, que pudemos deslumbrar no vídeo com o Título “Animal mais rápido do mundo”. Da análise do vídeo o que identificamos como elementos necessários para se estudar o movimento desse guepardo? E tente fazer uma descrição do que você observa.
Maldonado-Grosjean-Senna battle in Índia	Alta velocidade nas pistas de automobilismo. Um carro de fórmula 1 pode atingir a velocidade de 378 km/h. Ao assistir o vídeo com o título “Maldonado-Grosjean-Senna battle in Índia”, enumere as quantidades, grandezas físicas, importantes para determinar quem será o campeão. E tente fazer uma descrição do que você observa.
Aspide Spada Missile”,	Armamentos bélicos e a Física. Ao assistir o vídeo com o título “Aspide Spada Missile”, como você explicaria o lançamento do míssil? E tente fazer uma descrição do que você observa.
Homem pula de helicóptero sem paraquedas	A aventura de voar. Como planar como um pássaro? O homem conseguiu essa resposta com a invenção do avião. Mas, ainda se aventura em saltos onde dispensa essa tecnologia necessária para o voo, como pudermos assistir no vídeo com o título “homem pula de helicóptero sem paraquedas”. Da análise desse vídeo enumere as grandezas físicas que tornam esse feito possível. E tente fazer uma descrição do que você observa.

Fonte: Próprio autor, 2018

- Etapa 02: Na segunda e terceira aula conduzimos a aplicação de um software de rastreamento aplicado a experimentos simples em simultâneo com a descrição teórica dos conceitos que o explicam. Com isso, potencializamos uma discussão com elementos obtidos a partir da análise dos dados fornecidos pelo software. Isso, seguindo passos específicos para cada experimento, que será detalhado no Manual de Práticas Experimentais com a Aplicação do Software Tracker;
- Etapa 03: Durante a quarta aula, após análise dos experimentos propostos executados pelo docente, o entendimento conceitual do discente será explorado a partir do início de outra discussão. Mas, agora com alguma interferência norteadora, já que o docente irá

alimentar e conduzir a discussão fomentando a curiosidade do discente a partir da observação dos VDC02 (de 9 vídeos de modalidades olímpicas, selecionamos 5 para compor a atividade de laboratório) em que os discentes serão instruídos a construir uma planilha eletrônica, com os modelos teóricos apresentados na etapa anterior, e aplicá-la na análise dos dados fornecidos nesses vídeos. Veja na *Tabela 3* os questionamentos da atividade de laboratório.

Tabela 3 - Atividade de laboratório

VDC02 - Atividade de laboratório	Questionamentos
Vídeo 01 - Corrida de velocidade 100mts	Com os dados apresentados no Vídeo 01 - Corrida de velocidade 100mts (Usain Bolt New World Record 100m In 9. 58 Seconds In Berlin) calcule a velocidade média desenvolvida pelo atleta nessa competição e em seguida construa as tabelas e os gráficos $X \times t$ e $V_m \times t$ no Excel.
Vídeo 03 - natação 100mts	Observe os dados da prova olímpica de natação no Vídeo 03 - natação 100mts (Natação - Rio Replay - Men's 100m Butterfly Final) e: a) Informe qual foi o deslocamento e o caminho percorrido do atleta; b) Calcule a velocidade escalar média do atleta; c) Construa os gráficos $X \times t$ e $V_m \times t$ do atleta que terminou a prova em um menor tempo utilizando o Excel.
Vídeo 05 – Natação 800mts	Construa os gráficos qualitativos, sem especificar valores, $X \times t$ e $V_m \times t$ do atleta mais rápido observado no Vídeo 05 – Natação 800mts (Rio Replay- Women's 800m Freestyle Final).
Vídeo 06 - Remo 2.000 mts	Com os dados expostos no Vídeo 06 - Remo 2.000mts (Rio Replay- Men's Single Sculls Final Race), a) Calcule a velocidade média do atleta mais rápido; b) Plote o gráfico $V_m \times t$ no Excel; c) Plote o gráfico $X \times t$ no Excel.
Vídeo 08 - Salto de distância	Com os dados apresentados no Vídeo 08 - Salto de distância (Rio Replay- Men's Long Jump Final) e considerando que o vetor velocidade do atleta tem um ângulo de inclinação de 45° construa as tabelas e plote os gráficos $X \times t$, $Y \times t$, $V_x \times t$ e $V_y \times t$ no Excel.

Fonte: Próprio autor, 2018

- Etapa 04: Na quinta aula os alunos serão divididos em equipes e vão propor o vídeo análise de algum fenômeno de seu dia-a-dia e o apresentará para o resto da turma. Nessa etapa verificaremos as mudanças conceituais dos discentes que será feita de forma qualitativa a partir da observação da fala dos discentes e em seguida com a aplicação de um pós-teste cujo os questionamentos serão feitos a partir dos VDC02 (de 9 vídeos de

modalidades olímpicas, selecionamos 4 para compor o pós-teste). Veja a *Tabela 4* com os questionamentos do pós-teste.

Tabela 4 - Pós-teste

VDC02 – Pós-teste	Questionamentos
Vídeo 02 - Corrida de velocidade 200mts	Com os dados observados no Vídeo 02 - Corrida de velocidade (200m final Usain Bolt world record 19.19 seconds) Responda: a. Calcule a velocidade média que o atleta Usain Bolt desenvolveu nessa competição; b. Construa as tabelas e o gráficos $X \times t$ e $V_m \times t$ de seu movimento; c. Mostre, sem especificar valores, qual é o procedimento necessário para se obter o valor da distância entre o primeiro e o segundo colocado no instante em que primeiro colocado ultrapassa a linha de chegada.
Vídeo 04 – Natação 200mts	Construa os gráficos qualitativo, sem especificar valores, $X \times t$ e $V_m \times t$ do atleta mais rápido observado no vídeo 04 – Natação 200mts (Rio Replay- Men's 200m Individual Medley).
Vídeo 07 – Mergulho	A partir da observação do vídeo 7 (Rio Replay- Women's 3m Springboard Diving Final) calcule: a) O tempo de queda da atleta; b) A velocidade com que o atleta atinge a superfície da água; c) Construa o gráfico $Y \times t$ e $V \times t$.
Vídeo 09 - Lançamento de dardo	Com os dados observados no vídeo 09 - Lançamento de dardo (Rio 2016 - Men's javelin throw final – Highlights), responda aos seguintes questionamentos: a) Qual é a trajetória do dardo considerando um referencial fixado no ponto de lançamento? Mostre em um gráfico $X \times Y$. b) Considerando que o ângulo de lançamento do dardo é igual a 45° e com os dados apresentados no vídeo calcule a velocidade (V_0) com que o atleta lançou o dardo.

Fonte: Próprio autor, 2018

Ao fim da aplicação de nossa metodologia de ensino esperamos que os discentes tenham adquiridos maior interesse pela física e demonstrem uma compreensão conceitual satisfatória onde sejam capazes de abordar e explicar qualitativamente fenômenos físicos relativos a cinemática, ou seja, sendo capaz de explicar fenômenos de seu dia-a-dia como os observados nos vídeos de modalidades olímpicas que fazem parte de sua vida, pois são muito envolvidos com esportes em geral.

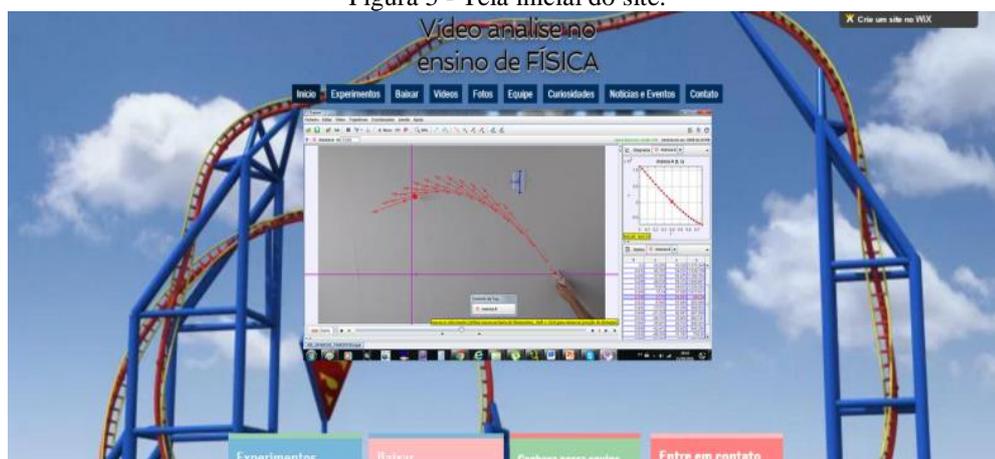
As etapas de nossa proposta de sequência didática, os assuntos tratados ao longo dessa atividade didática instrutiva, os materiais necessários para sua realização e a duração de cada

etapa se encontram discriminados, detalhadamente, no Manual Práticas Experimentais com a Aplicação do Software TRACKER, que se encontra no Apêndice D.

2.5.4 Site: Vídeo análise no ensino de física

A idealização do site, ver *Figura 5*, teve como incentivo a necessidade de um meio de divulgação adequado à época que vivemos, em meio a vasta quantidade de invenções tecnológicas das quais os docentes estão muito bem adaptados. Com essa motivação nos apropriamos desse recurso para disponibilizar os materiais desenvolvidos ao longo de nossa pesquisa. Dentre os materiais que foram disponibilizados nesse site podemos destacar os VAEE, VDC e as aulas teóricas.

Figura 5 - Tela inicial do site.

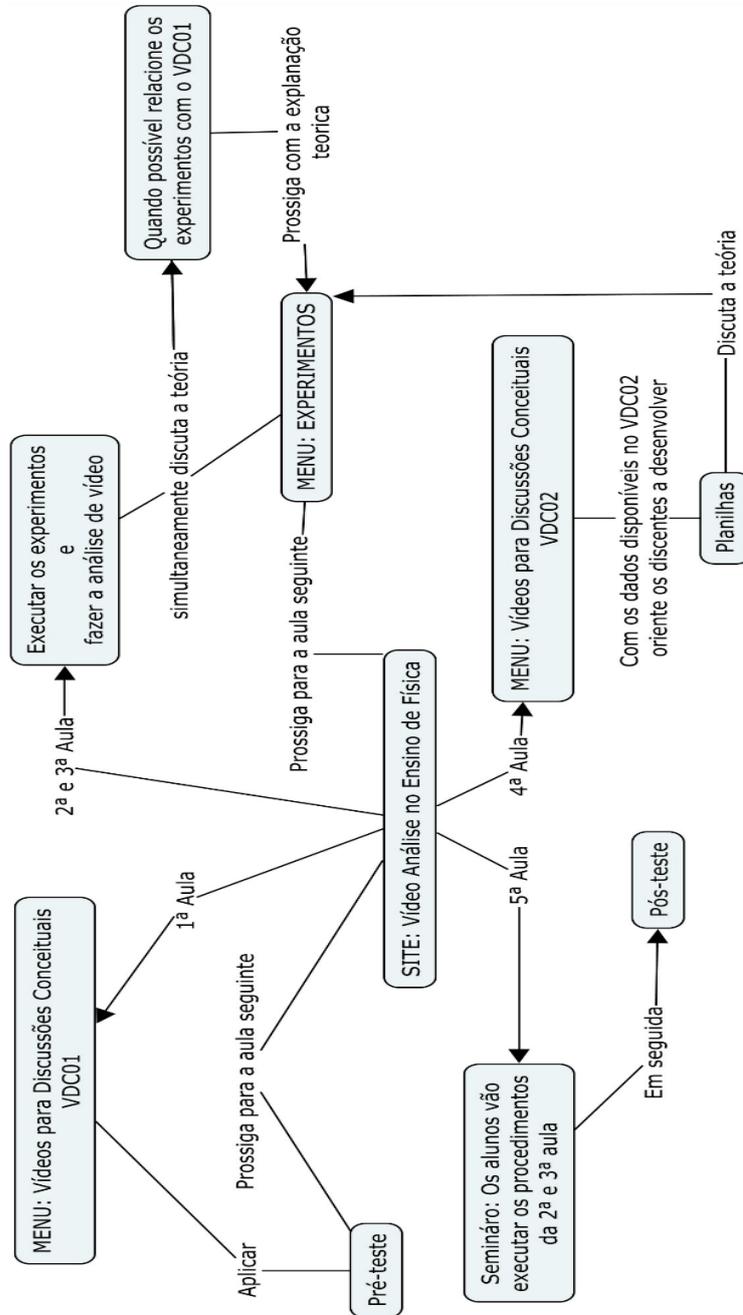


Fonte: <http://videoanalisenoenfisiacafisica/fisica>

Além de divulgar o trabalho desenvolvido essa ferramenta desempenhará um papel de destaque na maneira de condução das aulas pelo professor. Sua estrutura é composta de janelas onde encontramos o conteúdo de cinemática seguido dos experimentos que serão executados, analisados e discutidos. Ver Apêndice E.

A forma didática de utilização do site, no decorrer das aulas, será ditada pela sequência didática. Pois sua funcionalidade, estando intrinsecamente ligada ao processo de ensino aprendizagem, foi pensada estrategicamente para favorecer um ambiente dinâmico. Isso, pode ser percebido no encadeamento lógico demonstrado no mapa conceitual abaixo, em que procuramos detalhar a sequência de utilização do site.

Figura 6 - Mapa de navegação do site indicando a ordem de aplicação da sequência didática.



Fonte: Próprio autor, 2018.

Podemos perceber, no mapa conceitual¹³, que o docente pode facilmente alternar entre janelas para abordar o conteúdo teórico, mostrar um vídeo pertinente à explicação no momento e relacioná-los com a análise do vídeo que está sendo conduzida em simultâneo e nesse processo poderá utilizar o pincel ocasionalmente para demonstrar as deduções e aplicações dos modelos teóricos e em seguida confrontar seus resultados com os dados fornecidos pelo TRACKER, quando necessário.

Na sequência iremos apresentar uma breve discussão teórica acerca do uso das TIC's no ensino de ciências e também refletir pressupostos teóricos da teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel que foi a teoria escolhida para apoiar o processo de análise dos principais resultados encontrados no estudo.

¹³ Mapas conceituais, ou mapas de conceitos, são apenas diagramas indicando relações entre conceitos, ou entre palavras que usamos para representar conceitos. Mapas conceituais não buscam classificar conceitos, mas sim relacioná-los e hierarquizá-los. (MOREIRA, 2010).

Capítulo 3

O uso do computador no ensino de ciências

As formas de abordagem dos conteúdos de física do ensino básico já se mostraram ineficientes em cumprir o que se propõem em um ambiente de ensino aprendizagem, o que é notório pela observação do rendimento dos alunos em exames nacionais e internacionais, como podemos observar no último resultado do Programa Internacional de Avaliação de Estudante (PISA)¹⁴ do ano de 2015, em que os discentes das escolas estaduais atingiram a média de 401 pontos em ciências ocupando a 12º colocação.

No ensino obrigatório, o Ministério da Educação tem nivelado tudo e todos por baixo. Os níveis de exigência no percurso escolar unificado tem baixado nitidamente, chegando a uma situação que muitos não hesitam em designar de ‘facilitismo’. (FIOLHAIS, 2011, p.58).

Ou seja, a deficiência dos discentes na apropriação de conceitos que se dá pela assimilação da teoria física é latente e resultante de um ensino tradicional e de políticas inadequadas, dessa forma, como afirma Moran (2000, p.2), muitas formas de ensinar hoje não se justificam mais. Nesse contexto buscam-se novas alternativas como a aplicação de recursos tecnológicos.

Os avanços significativos no desenvolvimento da ciência proporcionou um desenvolvimento tecnológico que transformou a sociedade através de sua influência no modo de vida das pessoas e essas mudanças já estão chegando às salas de aula, mas ainda de forma precária. No entanto, o que se discute é a maneira como se deve estruturar à aplicação dessas novas tecnologias no ensino de física.

As facilidades no ensino/aprendizagem de conceitos de difícil visualização com a utilização de softwares de análise de vídeo, quadro a quadro, tem se mostrado uma ferramenta de potencial elevado uma vez que facilita o entendimento de análise de gráficos no estudo do movimento, com isso tenta-se solucionar um problema que ainda persiste como cita Beichner,

¹⁴ É o único instrumento de avaliação externa que considera o ensino de ciências. O Brasil o faz como convidado pois não faz parte da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico - OCDE.

1994 apud Ferreira, 2012, p.38). Estudos indicam também que os alunos muitas vezes confundem a representação gráfica do movimento com a imagem do próprio movimento.

A apresentação simultânea do gráfico com o respectivo evento favorece a transferência da informação como um todo, da memória operativa para a memória de longo prazo. A visão conjunta permite estabelecer comparações e reforçar aprendizagens e ligações cognitivas entre eles. (BEICHNER, 1995 apud FERREIRA, 2012 p.78).

A grande versatilidade que o uso das novas tecnologias no ensino da física proporcionam na busca de entendimento conceitual de grandezas físicas, seja na manipulação de simulações ou na realização de experimentos e sua respectiva investigação através de análise de vídeo do mesmo, é a possibilidade de se trabalhar conteúdos diversos e o fato de que atividades experimentais tem a característica de envolver o discente no processo de assimilação do conhecimento e segundo Axt, 1991, p.79-80 apud Barbosa, 1999, p. 107: A experimentação pode contribuir para aproximar o ensino de ciências das características do trabalho científico, além de contribuir também para a aquisição de conhecimento e para o desenvolvimento mental dos alunos.

O avanço progressivo alcançado pela tecnologia proporcionou-lhe uma vasta área de aplicação, dentre as quais se discute enfaticamente a influência das novas tecnologias no processo de aprendizagem do indivíduo, pois é observado que em qualquer área em que é aplicada exige-se uma atividade mental agir para se adaptar a ação que a utilize.

É notável como as crianças que nascem hoje em meio a essa realidade tecnológica, chamados de imigrantes digitais¹⁵, tem uma facilidade que parece ser natural do homem de lidar com os produtos dessa revolução tecnológica que influenciam o comportamento social das gerações, em contrapartida os indivíduos que presenciaram o nascimento da tecnologia, classificados como nativos digitais¹⁶, não apresentam essa mesma facilidade.

A criança também é educada pela mídia, principalmente pela televisão. Aprende a informar-se, a conhecer – os outros, o mundo, a sim mesma -, a sentir, a fantasiar, a relaxar, vendo, ouvindo, —tocando as pessoas na tela, pessoas estas que lhe mostram como viver, ser feliz e infeliz, amar e odiar. A relação com a mídia eletrônica é prazerosa – ninguém obriga que ela ocorra; é uma relação feita através da sedução, da emoção da exploração sensorial, da narrativa – aprendemos vendo as histórias dos outros e as histórias que os outros nos contam. Mesmo durante o período escolar a mídia mostra o mundo de outra forma – mais fácil, agradável, compacta – sem precisar fazer esforço. Ela fala do cotidiano, dos sentimentos, das novidades. A mídia continua

¹⁵ Os Imigrantes Digitais – em oposição aos Nativos Digitais – são pessoas que não nasceram digitais e que não vivem uma vida digital de maneira substancial, mas estão encontrando seu caminho no mundo digital. (PALFREY; EASSER, 2011).

¹⁶ Contrapondo-se aos “imigrantes” digitais, ou seja, pessoas para quem a informática é uma novidade, os “nativos” digitais são crianças, adolescentes e jovens adultos que nasceram a partir da década de 80 e que sempre conviveram com o mundo informatizado. (PALFREY; EASSER, 2011).

educando como contraponto à educação convencional, educa enquanto estamos entretidos (MORAN, MASETTO, BEHRENS, 2000, p. 33).

Devido sua influência, nos dias atuais, no comportamento das pessoas e de como o mundo passou a se organizar politicamente e economicamente após a revolução tecnológica nos remete a indagações relativas sobre seus efeitos na maneira de aprender do ser humano, ou seja, é lógico o questionamento sobre a relação entre tecnologia e aprendizagem, tais como: O desenvolvimento progressivo da tecnologia e sua disseminação em meio a sociedade, sua popularização, a tornaram um elemento indispensável e se tornou algo necessária ao processo de ensino/aprendizagem; É determinante na maneira do ser humanos aprender; É fundamental para o melhor desenvolvimento do aprender; Nesse sentido, o que podemos concluir está muito bem explicitado no pensamento de Vieira:

[...] a implantação da informática como auxiliar do processo de construção do conhecimento implica mudanças na escola que vão além da formação do professor. É necessário que todos os segmentos da escola – alunos, professores, administradores e comunidades de pais – estejam preparados e suportem as mudanças educacionais necessárias para a formação de um novo profissional. Nesse sentido, a informática é um dos elementos que deverão fazer parte da mudança, porém essa mudança é mais profunda do que simplesmente montar laboratórios de computadores na escola e formar professores para utilização dos mesmos. (VIEIRA, 2011, p. 4).

Os aspectos inerentes que favorecem a aplicabilidade de recursos tecnológicos no processo de ensino aprendizagem e que se manifesta de maneira natural na sociedade contemporânea, em particular, na comunidade escolar, é a natureza de como se dá a aprendizagem através de métodos facilitadores. Em que o uso das novas tecnologias se destacam devido sua flexibilidade e variabilidade de situações problematizadoras em que ela se apresenta como uma alternativa plausível a maturação de ideias. Pois, possibilitam uma posterior construção de significados através da prática heurística em ressonância com a cognição do discente em construção intelectual pessoal e social no ambiente escolar. Mas, como cita Masetto:

É importante não nos esquecermos de que a tecnologia possui um valor relativo: ela somente terá importância se for adequada pra facilitar o alcance dos objetivos e se for eficiente para tanto. As técnicas não se justificarão por si mesmas, mas pelos objetivos que se pretenda que elas alcancem, que no caso serão de aprendizagem. (MASETTO, 2009, p.144).

A compreensão da aplicação das TIC's no processo de ensino aprendizagem é objeto de análise em estudos de sua aplicação em processos de ensino aprendizagem. Constantemente, pesquisadores da área de ensino, concebem projetos que se destinam a sistematizar sua aplicação em situações de ensino aprendizagem desenvolvendo-se metodologias em um contexto de ensino em que se propõe, de maneira didática, uma alternativas com o uso de

recursos tecnológicos, devido a aplicabilidade das tecnologias em situações diversas, se torna conveniente seu uso para sistematizar uma didática eficiente a ser aplicada nas escolas. Mas a integração dos uso das TIC'S a metodologias de ensino, pode depender de como se pensa a educação, e de como serão estruturadas as ações que objetivam dar origem a métodos de ensino aprendizagem com o uso das TIC'S, como cita Barreto:

A educação, em sua acepção mais ampla de —iniciação sociall das novas gerações, sempre integrou —naturalmentel os artefatos técnicos que o engenho e o trabalho humanos vão criando. Prova disto é que as crianças de hoje, que têm acesso às tecnologias de informação e comunicação (TIC) mais avançadas, já as integraram e as utilizam —naturalmentel como meios de lazer e de informação, via videogames, tamagoshis e assemelhados. Os problemas de integração situam-se, pois na instituição escolar, com seus educadores e seus métodos, ou seja, no nível do processo educacional institucionalizado e sistematizado nas ações das instituições sociais. Trata-se, antes de mais nada, de uma questão política: os processos de socialização dependem das escolhas- políticas (...). A integração das inovações tecnológicas aos processos educacionais, vai depender então da concepção de educação das novas gerações que fundamenta as ações e políticas do setor. (BARRETO (org.), PRETTO... [et. al.], 2003, p. 54 - 55).

Portanto, notamos a necessidade de a escola aderir a um processo de adaptação a essa realidade tecnológica, pois não podemos ignorar seus efeitos positivos no processo educativo dos discentes.

Capítulo 4

Pressupostos teóricos sobre a teoria da aprendizagem significativa

A busca pela compreensão de como a aprendizagem ocorre tem motivado diversas pesquisas. Vamos nos ater a visão de David Ausubel e Moreira, representante do cognitivismo, um dos ramos da psicologia da educação. Ausubel desenvolveu toda uma teoria para explicar como a aprendizagem, um elemento intrínseco ao homem, se processa.

Supõem-se que o indivíduo, em constante desenvolvimento, se apresenta diante de novos conhecimentos com um tipo de entendimento do que se propõe lhe ensinar, esse conhecimento pode ser relevante para a aquisição do novo conhecimento em questão, caso positivo, diz-se que esse conhecimento é potencialmente significativo e constitui o que se denomina de subsunçores¹⁷, que são os conhecimentos ancoradores do novo conhecimento, como afirma Ausubel (2000), a interação entre novos significados potenciais e ideias relevantes na estrutura cognitiva do aprendiz dá origem a significados verdadeiros ou psicológicos. Assim, a partir desse subsunçor se processara a prática metodológica do discente que irá planejar suas ações com base nele. Com isso, objetiva-se atingir uma aprendizagem significativa. Moreira (2012) afirma que:

O conhecimento prévio é, na visão de Ausubel, a variável isolada mais importante para a aprendizagem significativa de novos conhecimentos. Isto é, se fosse possível isolar uma única variável como sendo a que mais influencia novas aprendizagens, esta variável seria o conhecimento prévio, os subsunçores já existentes na estrutura cognitiva do sujeito que aprende.

A ideia presente na teoria de aprendizagem significativa traz duas instruções a respeito da forma de abordagem do conteúdo a ser ensinado, são dois princípios fundamentais ressignificados que são a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora. Para Moreira (2009):

A diferenciação progressiva é “o princípio segundo o qual as ideias e conceitos mais gerais e inclusivos do conteúdo da matéria de ensino devem ser apresentados no início da instrução e, progressivamente, diferenciados em termos de detalhe e especificidade”. Já a reconciliação integrativa é “o princípio programático segundo o qual a instrução deve também explorar relações entre ideias, apontar similaridades e diferenças importantes e reconciliar discrepâncias reais ou aparentes”. (Moreira, 2009 apud Morais e Junior, p.62, 2014)

¹⁷ O subsunçor é, portanto, um conhecimento estabelecido na estrutura cognitiva do sujeito que aprende e que permite, por interação, dar significado a outros conhecimentos. (MOREIRA, 2012).

Em outra perspectiva é fundamental a estruturação de algumas premissas, que devem ser trabalhados na ordem em que são apresentados, para que aconteça a aprendizagem significativa, que são:

- i) Conhecimentos anteriores relevantes: ou seja, o estudante deve saber algumas informações que se relacionem com as novas, a serem apreendidas de forma não trivial;
- ii) Material [potencialmente] significativo: ou seja, os conhecimentos a serem apreendidos devem ser relevantes para outros conhecimentos e devem conter conceitos e proposições significativos;
- iii) O formando deve escolher aprender significativamente. Ou seja, o formando deve escolher, consciente e intencionalmente, relacionar os novos conhecimentos com outros que já conhece de forma não trivial. (Novak, 2000 apud Moraes; Junior, p.63, 2014).

A aprendizagem significativa deve ser estruturada conforme exposto nos três itens acima, onde o primeiro trata da necessidade de se investigar a existência de conhecimentos prévios na estrutura cognitiva do discente que possa se relacionar com o novo conhecimento que se pretende lhe ensinar.

O segundo, faz referência ao material potencialmente significativo que é aquele em que teremos uma interação substancial, decisiva, para o processo de aprendizagem entre o material e os conhecimentos prévios do discente. Ou seja, "material potencialmente significativo é aquele que é relacionável ou incorporável à estrutura cognitiva do aprendiz, de maneira não-arbitrária e não-literal" (Moreira 1999b apud Lara; Sousa).

O terceiro, coloca a questão da predisposição do aluno para aprender, pois, "ninguém aprenderá significativamente se não quiser aprender. É preciso uma predisposição para aprender, uma intencionalidade" (Moreira, 2008 apud Moraes; Junior, 2014, p.63).

Corroborando com o que já foi exposto, definiremos as formas de aprendizagem significativa que são: Subordinada, Superordenada e combinatória.

Segundo Lara e Sousa (2009), "quando a nova ideia é mais específica e abarcada por elementos mais gerais já pertencentes ao sistema cognitivo do sujeito, a aprendizagem é chamada de subordinada. Em termos hierárquicos, informação assimilada está abaixo daquela que lhe serve de ancoradouro. "

Aprendizagem significativa é dita subordinada quando os novos conhecimentos potencialmente significativos adquirem significados, para o sujeito que aprende, por um processo de ancoragem cognitiva, interativa, em conhecimentos prévios relevantes mais gerais e inclusivos já existentes na sua estrutura cognitiva. (Moreira, 2012).

"No caso de quando a nova ideia é mais geral, abarcando vários elementos específicos preexistentes no sistema cognitivo do aprendiz, a aprendizagem é denominada superordenada. Em termos hierárquicos a informação assimilada está acima daquelas que lhe serviram de

ancoradouro, abarcando-as, ordenando-as, organizando-as” (Lara e Souza, 2009). E na concepção de Moreira,

Aprendizagem superordenada envolve, então, processos de abstração, indução, síntese, que levam a novos conhecimentos que passam a subordinar aqueles que lhes deram origem. É um mecanismo fundamental para a aquisição de conceitos. (Moreira, 2012).

De acordo com Lara e Souza (2009), “se a nova informação não puder ser abarcada por elementos mais gerais e nem puder abarcar elementos específicos já disponíveis na estrutura cognitiva do aprendiz, a aprendizagem é dita combinatória.”

Aprendizagem combinatória é, então, uma forma de aprendizagem significativa em que a atribuição de significados a um novo conhecimento implica interação com vários outros conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva, mas não é nem mais inclusiva nem mais específica do que os conhecimentos originais. Tem alguns atributos carateriais, alguns significados comuns a eles, mas não os subordina nem superordena. (Moreira, 2012).

E quanto aos tipos aprendizagem significativa temos a representacional, conceitual e a proporcional, que de acordo com Moreira (2012), são definidas da seguinte maneira:

- i) Aprendizagem representacional é a que ocorre quando símbolos arbitrários passam a representar, em significado, determinados objetos ou eventos em uma relação unívoca, quer dizer, o símbolo significa apenas o referente que representa;
- ii) A aprendizagem conceitual ocorre quando o sujeito percebe regularidades em eventos ou objetos, passa a representá-los por determinado símbolo e não mais depende de um referente concreto do evento ou objeto para dar significado a esse símbolo. Trata-se, então, de uma aprendizagem representacional de alto nível;
- iii) A aprendizagem proposicional, implica dar significado a novas ideias expressas na forma de uma proposição. As aprendizagens representacional e conceitual são pré-requisito para a proposicional, mas o significado de uma proposição não é a soma dos significados dos conceitos e palavras nela envolvidos.

Ainda na perspectiva de Ausubel, mas sob a ótica de Moreira, temos princípios intrínsecos a natureza do indivíduo nos dias de hoje, e que são explorados e resignificados na teoria da aprendizagem significativa crítica. Delinearemos, resumidamente, sobre os princípios que Moreira, fundamentado no trabalho de ensino subversivo de Postman e Weingartner, julga serem elementos facilitadores da aprendizagem significativa.

O princípio do conhecimento prévio, primeiro princípio, diz que a condição necessária para a aprendizagem significativa está relacionada com o nível de conhecimentos, internalizados, construídos no contexto social do aprendiz. Mais especificamente, “quer dizer, para ser crítico de algum conhecimento, de algum conceito, de algum enunciado, primeiramente o sujeito tem que aprendê-lo significativamente e, para isso, seu conhecimento prévio é, isoladamente, a variável mais importante” (Moreira 2010).

O princípio da interação social e do questionamento, segundo princípio, enfatiza a importância da interação social como elementos indissociável para que ocorra de fato um momento de ensino. “Para que isso aconteça é necessário que discente e docente compartilhem significados em relação aos materiais educativos do currículo” (Gowin 1981 apud Moreira 2010).

O terceiro princípio, da não centralidade. Do uso de documentos, artigos, e outros materiais educativos. Da diversidade de materiais instrucionais. É produto de uma discussão do uso do livro texto que ao longo das prática de ensino se tornaram o elemento central da aprendizagem mecânica. Em contraposição a essa prática “A utilização de materiais diversificados, e cuidadosamente selecionados, ao invés da "centralização" em livros de texto é também um princípio facilitador da aprendizagem significativa crítica” (Moreira 2010). Onde mais especificamente, temos que,

Não se trata, propriamente, de banir da escola o livro didático, mas de considerá-lo apenas um dentre vários materiais educativos. Seguramente, há bons livros didáticos em qualquer disciplina, mas adotar um único como livro de texto, vai contra a facilitação da aprendizagem significativa crítica. É uma prática docente deformadora, ao invés de formadora, tanto para alunos como para professores. (Moreira 2010).

Princípio do aprendiz como perceptor/representador, quarto princípio, Discuti a importância da percepção do aluno como o produto resultante de percepções prévias. Ou seja, “o perceptor decide como representar em sua mente um objeto ou um estado de coisas do mundo e toma essa decisão baseado naquilo que sua experiência passada (i.e., percepções anteriores) sugere que irá "funcionar" para ele” (Moreira 2010).

Entendendo a percepção como uma função das características linguísticas nos deparamos com outro princípio, o da linguagem.

A linguagem, o quinto princípio, expõe a maneira como interpretamos o mundo, configurando, de forma singular própria, como percebemos a realidade. Segundo esse princípio, “Aprender um conteúdo de maneira significativa é aprender sua linguagem, não só palavras -- outros signos, instrumentos e procedimentos também – mas principalmente palavras, de maneira substantiva e não-arbitrária” (Moreira 2010).

O princípio da consciência semântica, sexto princípio, trata de algumas conscientizações que discente e docente tem que desenvolver para que tenha facilitado a aprendizagem significativa crítica.

Primeiramente é preciso “tomar consciência de que o significado está nas pessoas, não nas palavras. Sejam quais forem os significados que tenham as palavras, eles foram atribuídos a elas pelas pessoas” (Moreira 2010).

O próximo elemento de conscientização importante é “a de que as palavras não são aquilo ao qual elas ostensivamente se referem. Quer dizer, a palavra não é coisa (Postman e Weingartner, 1969, p. 106). Sempre que dissermos que uma coisa é, ela não é. A palavra significa a coisa, representa a coisa” (Moreira 2010).

Um outro elemento de conscientização é “de que é variável a correspondência entre palavras e referentes verificáveis, ou seja, há níveis de abstração variáveis. Algumas palavras são mais abstratas ou gerais, outras são mais concretas ou específicas” (Moreira 2010).

Ainda temos outra categoria de conscientização semântica que propicia a aprendizagem significativa crítica que “é o de que, ao usarmos palavras para nomear as coisas, é preciso não deixar de perceber que os significados das palavras mudam” (Moreira 2010). Portanto, é necessário desenvolvermos consciência semântica durante o processo de ensino aprendizagem para que tenhamos uma aprendizagem significativa e crítica. Ou seja, conforme Moreira (2010),

Para aprender de maneira significativa, o aluno deve relacionar, de maneira não-arbitrária e não-literal, à sua estrutura prévia de significados aqueles que captou dos materiais potencialmente significativos do currículo. Mas nesse processo, professor e aluno devem ter consciência semântica (i.e., o significado está nas pessoas, as palavras significam as coisas em distintos níveis de abstração, o significado tem direção, há significados conotativos e denotativos, os significados mudam). (Moreira, 2010).

Aprendizagem pelo erro, O sétimo princípio. Nessa perspectiva, o erro passa a ser entendido como um objeto através do qual se constrói o entendimento, a aprendizagem. Ou seja, o processo de ensino aprendizagem se baseia em identificar erros. Onde o papel do professor é ajudar o aluno a diminuir esses erros e torna-lo capaz de identifica-los. Portanto, queremos dizer que,

Tais professores buscariam ajudar seus alunos a serem também detectores de erros. Isso nos remete, outra vez, à ideia de aprendizagem significativa crítica: buscar sistematicamente o erro é pensar criticamente, é aprender a aprender, é aprender criticamente rejeitando certezas, encarando o erro como natural e aprendendo através de sua superação. (Moreira, 2010).

A desaprendizagem, o oitavo princípio. Tem como foco o que já foi abordado anteriormente, que é o fato do processo de aprendizagem significativa ocorrer quando há uma interação entre conhecimentos prévios e o novo conhecimento. A questão que se coloca, nesse contexto, é que, quando os conhecimentos prévios se tornam um elemento dificultador do processo de ensino aprendizagem é necessário desaprende-lo. Assim, temos que,

Para aprender de maneira significativa, é fundamental que percebamos a relação entre o conhecimento prévio e o novo conhecimento. Porém, na medida em que o conhecimento prévio nos impede de captar os significados do novo conhecimento, estamos diante de um caso no qual é necessária uma desaprendizagem (Moreira, 2010).

É importante deixar claro que “desaprender está sendo usado aqui com o significado de não usar o conhecimento prévio (subsunção) que impede que o sujeito capte os significados compartilhados a respeito do novo conhecimento” (Moreira 2010).

O princípio da incerteza do conhecimento, nono princípio. É uma forma reduzida dos princípios que se assemelham ao da linguagem. Segundo Moreira (2010),

Definições, perguntas e metáforas são três dos mais potentes elementos com os quais a linguagem humana constrói uma visão de mundo (Postman, 1996, p. 175). A aprendizagem significativa destes três elementos só será da maneira que estou chamando de crítica quando o aprendiz perceber que as definições são invenções, ou criações, humanas, que tudo o que sabemos tem origem em perguntas e que todo nosso conhecimento é metafórico.

Objetivamente podemos concluir que através das perguntas expressamos como percebemos o mundo, as definições são mecanismos usados para articular pensamentos e usamos metáfora para descrever o mundo. Nas palavras de Moreira (2010), temos que:

O princípio da incerteza do conhecimento nos chama atenção que nossa visão de mundo é construída primordialmente com as definições que criamos, com as perguntas que formulamos e com as metáforas que utilizamos. Naturalmente, estes três elementos estão inter-relacionados na linguagem humana.

O décimo princípio. Da não utilização do quadro-de-giz. Da participação ativa do aluno. Da diversidade de estratégia de ensino, trata da necessidade de usar cada vez menos o quadro e giz e para suprir essa necessidade o discente deve interagir com o discente estimulando sua participação ativa e constante. Para isso, o discente deve implementar novas práticas de ensino procurando diversificar o uso de materiais diversificados. Portanto, “O uso de distintas estratégias instrucionais que impliquem participação ativa do estudante e, de fato, promovam um ensino centralizado no aluno é fundamental para facilitar a aprendizagem significativa crítica” Moreira (2010).

O décimo primeiro. Princípio do abandono da natureza. De deixar o aluno falar. Aqui temos uma prática que foge a realidade da sala de aula nos dias atuais onde o professor fala e o aluno só ouve e reproduz o que o discente fala. Nessa metodologia coloca-se os alunos em discussão confrontando suas interpretações da realidade que se discute e o discente só intervirá

se julgar necessário. Ou seja, temos o que é chamado de ensino centrado no aluno, mais especificadamente entendemos que,

Ensino centrado no aluno tendo o professor como mediador é ensino em que o aluno fala mais e o professor fala menos. Deixar o aluno falar implica usar estratégias nas quais os alunos possam discutir, negociar significados entre si, apresentar oralmente ao grande grupo o produto de suas atividades colaborativas, receber e fazer críticas. O aluno tem que ser ativo, não passivo. (Moreira, 2010).

No próximo capítulo desenvolvemos uma discussão sobre os aspectos conceituais da cinemática considerando o caráter histórico e conceitual dos principais tópicos deste assunto que faz parte deste estudo.

Capítulo 5

Cinemática: pressupostos histórico teórico e conceitual

Discussões conceituais forjaram os alicerces da ciência que culminaram no desenvolvimento de teorias fundamentais. As bases teóricas dessas formulações são de fundamental importância para diversas áreas da ciência.

Nesse contexto, o estudo do movimento, sob o aspecto de suas bases conceituais, são objeto de constante análise e aplicações, sejam elas didáticas como podemos observar nos artigos publicados em revistas de ensino de física ou tecnológicas como por exemplo a análise de colisões automobilísticas utilizando-se softwares de rastreamento. Com isso, neste capítulo procuramos refazer, na medida do possível, uma breve discussão histórica e epistemológica, que contribuíram significativamente para o estabelecimento da ciência física, particularmente no estudo da mecânica, em virtude de sua importância intelectual como base histórica da construção do campo da física.

Em particular, iremos explorar conceitualmente os elementos da cinemática¹⁸ vetorial, a partir de uma descrição formal das ideias que reforçam seus conceitos através de demonstrações matemáticas, que relacionam grandezas físicas fundamentais.

Para isso, foi feito um estudo de um apanhado de artigos e livros, veja a Tabela 5, que versam sobre o tema de estudo. Para um melhor entendimento dos conteúdos e conceitos físicos realizamos uma pesquisa com o objetivo de analisar as interpretações de Aristóteles e Galileu sobre os aspectos do movimento, suas causas, efeitos e definição conceitual de grandezas físicas fundamentais.

Tabela 5 - Artigos e livros pesquisados

Artigo	Galileu, Descartes e a elaboração do princípio da inércia
Artigo	A complexidade do movimento local na Física aristotélica
Artigo	Física aristotélica: Por que não considera-la no ensino da mecânica?
Artigo	Galileu contra a inércia circular
Artigo	Galileu – Um cientista e várias versões
Livro	Física conceitual
Livro	Convite à Física

¹⁸ Na Cinemática, o objetivo é descrever como se processam os movimentos, isto é, estabelecer, num dado referencial, as posições que os corpos ocupam ao longo do tempo e as respectivas velocidades, independentemente das causas desses movimentos. (PALANDI, 2011, p.1).

Livro	Gigantes da física: Uma história da física moderna através de oito biografias
Livro	O nascimento de uma nova física

Fonte: Próprio autor, 2018

Percebemos que, na perspectiva do entendimento conceitual de movimento, a ocorrência de uma mudança de paradigma, quando Galileu desprezou a ideia da necessidade de uma força para manter um corpo em movimento, esse fato teve uma importante relevância histórica para o desenvolvimento da dinâmica Newtoniana¹⁹.

5.1 Aristóteles: O precursor de uma teoria do movimento

A física de Aristóteles não é um amontoado de incoerências, mas pelo contrário, é uma teoria científica, altamente elaborada e perfeitamente coerente, que não só possui uma base filosófica muito aprofundada como está de acordo muito mais do que a de Galileu com o senso comum e a experiência cotidiana. (KOYRÉ, 1982, p.185).

Os primeiros estudos sobre o movimento dos corpos que se tem registro remontam a Grécia antiga na personalidade do filósofo Aristóteles (384-322 a.C.). Seus estudos foram responsáveis pela forma como o homem pensava o mundo ao seu redor por muito tempo. Sua teoria sobre o movimento dos corpos possui uma grande quantidade de argumentos dedutivos, que constitui uma parte significativa de sua filosofia natural, e que merece uma atenção especial, devido seu caráter argumentativo e sua essência atualmente observada no senso comum em meio aos discentes.

No que diz respeito ao movimento dos corpos, a filosofia natural de Aristóteles, se estende desde uma descrição do movimento admitindo-se como necessária a existência de uma força motora para manter o corpo em movimento em virtude de uma resistência que o próprio meio oferece a ele, ou seja, para Aristóteles existe uma relação de proporcionalidade entre força e velocidade. Pois, para Aristóteles não existia vácuo. Nesse sentido, temos uma construção conceitual em Aristóteles que nos remete a inércia. “Ninguém poderá dizer por que uma coisa uma vez colocada em movimento deveria parar aqui ou ali. Assim, uma coisa estará ou em repouso ou movendo-se ‘ad infinitum’ a menos que algo mais forte se lhe oponha como obstáculo.” (FRANKLIN, 1976, p.530).

¹⁹ Na dinâmica newtoniana, o objetivo é buscar conhecer as causas dos movimentos. Dado um conjunto de corpos interagindo uns com os outros, a Dinâmica busca descrever as forças que agem sobre cada um deles, relacionar a resultante dessas forças à respectiva aceleração e, daí, entender o movimento correspondente no referencial considerado. (PALANDI, 2011, p. 1).

A partir da ideia de que toda a matéria existente na natureza seria constituída dos elementos terra, água, ar e fogo ele construiu toda uma teoria em que afirmava que cada elemento possuía seu lugar natural. Ele explicava que por serem leves, o fogo e o ar teriam como lugar natural em cima, e com isso se justificava o porquê deles se moverem para cima. E o lugar natural da terra e da água, devido ao fato de serem mais pesados, seria embaixo, isso justifica o fato deles se moverem para baixo. E conseqüentemente o fogo por ser mais leve que o ar fica acima do ar e a água por ser mais leve que a terra fica acima da terra. Em sua filosofia temos duas regiões distintas no universo a sublunar, compostas dos quatro elementos e supralunar formada pela quintessência “o éter”. (Peduzzi, 2008).

Aristóteles admitia existir duas classes de movimento naturais, o movimento natural terrestre (retilíneo e descontínuo) e o celeste (circular e contínuo). Na terra, segundo a teoria aristotélica, impera a imperfeição e os processos de mudança, já no céu reina a perfeição, a imutabilidade. (Peduzzi, 2008).

A visão de universo de Aristóteles é estruturada de forma lógica. Como observamos na seguinte descrição:

“As coisas estão (ou devem estar) distribuídas e dispostas de uma maneira bem determinada; estar aqui ou ali não lhe é indiferente, mas, ao invés, cada coisa possui, no universo, um lugar próprio conforme a sua natureza. (É só no seu lugar que se completa e se realiza um ser, e é por isso que ele tende para lá chegar). Um lugar para cada coisa e cada coisa no seu lugar, a noção de lugar natural traduz esta exigência teórica da física aristotélica.” (KOYRÉ, 1986, p.22-23).

Na seção seguinte delinearemos sobre o alcance conceitual e prático experimental de Galileu Galilei sobre os aspectos do movimento.

5.2 Galileu: Dedução empírica das equações do movimento

Galileu²⁰ em sua forma perspicaz de fazer experimentos e observações minuciosamente precisas, deu uma notável contribuição à ciência. Foi responsável por uma revolução da forma de pensar o universo. Em suas conclusões acerca do movimento dos corpos nos mostra com seu método as características desses movimentos particulares os quais vamos tentar discutir nesse trabalho.

Em seus estudos Galileu se deteve a tentar resolver dois problemas, como cita Coher (1967, p.88) “Primeiro, levar em conta o comportamento de corpos caindo sobre uma terra em

²⁰ Galileu Galilei, filho de uma nobre família florentina, nascido em Pisa, em 1564, e falecido em Arcetri, em 1642, é, indiscutivelmente, uma das figuras mais fascinantes da história da ciência. Personagem conhecido dos textos didáticos da Física, por conta de suas contribuições ao desenvolvimento da mecânica. (Zylbersztajn, 1988).

movimento aparentemente como se a terra estivesse em repouso e, em segundo lugar, estabelecer novos princípios gerais para o movimento dos corpos que caem”. Muito antes de Galileu já se sabia que o movimento de um corpo que cai era acelerado.

Galileu se orgulhava de ser ele quem pela primeira vez tinha descoberto que as distâncias percorridas durante intervalos de tempos iguais por um corpo que cai partindo do repouso, estão entre si na mesma razão que os números ímpares a partir da unidade. Demonstrou ainda que objetos lançados como projéteis não descrevem simplesmente uma trajetória curva qualquer, mas que a trajetória é de fato uma parábola. (COHER, 1967. p.96).

Dentre os feitos mais notáveis que a mente de Galileu contemplou de um ponto de vista privilegiado, podemos citar a idealização do método científico, a formulação de uma interpretação para a queda dos corpos e deu uma contribuição crucial para a formulação do que viria a ser a lei da inércia. Portanto, é evidente em seus trabalhos a importância do gênio científico de Galileu para o desenvolvimento preliminar da ciência física.

Partindo do pressuposto de que as mudanças que ocorrem na natureza são simples, a mais simples das mudanças seria aquela em que a variação é constante, Galileu concebeu os teoremas abaixo:

Teorema I. Proposição I. O tempo gasto por um corpo para percorrer determinado espaço, partindo do repouso e com movimento uniformemente acelerado, é igual ao tempo em que o mesmo espaço seria percorrido pelo mesmo corpo movendo-se com velocidade uniforme cujo valor é a média das velocidades inicial e final. (COHER, 1967. p.100).

A partir do teorema I e dos posteriores que o seguiram, e que tratam do movimento uniforme, Galileu formulou a seguinte proposição na perspectiva do teorema II.

Teorema II. Proposição II. Os espaços percorridos por um corpo que cai, partindo do repouso, com um movimento uniformemente acelerado, estão entre si como os quadrados dos intervalos de tempo gastos para percorrer essas distâncias. (COHER, 1967. p.100).

O teorema dois está expresso na relação $D \propto T^2$. Onde Galileu segue com o corolário que afirma,

Se um corpo, partindo do repouso, com movimento uniformemente acelerado, os espaços $D_1, D_2, D_3...$ que ele percorre a intervalos de tempo iguais e consecutivos “estão entre si como os números ímpares, 1, 3, 5, 7, ... Galileu se apressa em frisar que esta sucessão de números ímpares deriva do fato de que as distâncias percorridas, no primeiro intervalo de tempo... se sucedem com os quadrados 1,4,9,16,25, ...; as diferenças entre eles são os números ímpares. (COHER,1967, p.101).

Em suas observações do movimento acelerado, Galileu encontrou a seguinte expressão, já expressa no Teorema I. Proposição I:

$$V_m = (v_f + v_i)/2$$

Que relaciona velocidade inicial e final com a velocidade média de um corpo que esteja munido de um movimento uniforme acelerado. Essa relação torna possível, através de um algebrismo simples, encontrarmos a expressão matemática que relaciona D com T^2 , que será demonstrado na secção 5.3.3 Aceleração constante - um caso particular.

5.3 Movimento retilíneo

A análise do movimento é um problema fundamental em física, e a forma mais simples de abordá-la é considerar os primeiros conceitos que intervêm na descrição do movimento (cinemática), sem considerar ainda o problema de como determinar o movimento que se produz numa dada situação física (dinâmica) (NUSSENZVEIG, 2002, p.23)

Na natureza todos os fenômenos observados direta ou indiretamente se resumem em última análise ao movimento. Dessa forma, ao se deparar com um problema complexo para que possamos entendê-lo, procuramos descrevê-lo matematicamente, para isso, adotamos inicialmente o método de reduzir as variáveis envolvida para construir um modelo matemático mais simples e em seguida, após o entendimento dessa primeira abordagem, generalizamos a situação para que possamos desenvolver um entendimento mais amplo do problema.

Nesse sentido, começaremos o estudo do movimento a partir da situação em que os corpos apresentam apenas movimento de translação, que é o caso mais simples, o movimento em linha reta. Nesse estudo, consideramos que as dimensões dos corpos são desprezíveis em relação a dimensão da trajetória do movimento. Portanto os corpos são tratados como partículas pontuais²¹.

5.3.1 Velocidade média e Velocidade instantânea

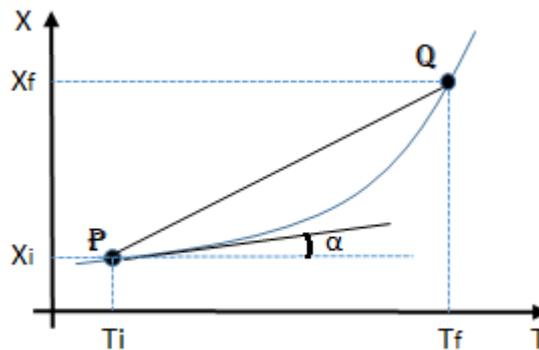
Características extrínsecas ao corpo e fundamentais para a análise do seu movimento em estudo são a sua posição e a sua velocidade em cada instante de tempo, pois com elas podemos definir trajetória, e a descrição completa do seu movimento. Para tanto, precisamos criar um sistema de referência, um referencial, para localizarmos a partícula no espaço. O sistema de referência, para o movimento em uma dimensão, é constituído de um eixo coordenado, que chamamos de eixo- x (x é dado em metros). Em que num ponto arbitrário do

²¹ Partícula pontual é qualquer corpo cujas dimensões são muito menores do que as dimensões do sistema como um todo. PELANDI, 2010, p.3).

eixo, que chamamos de ponto O ($x = 0\text{ m}$), definimos a origem do sistema de referência, a partir do qual as medidas de posição da partícula, em função do tempo, são feitas.

Representamos as posições do corpo em cada instante de tempo no gráfico abaixo, dado pela *Figura 7* para facilitar nossa discussão conceitual das grandezas físicas envolvidas no fenômeno em estudo. Para isso, consideremos que a partícula esteja inicialmente no ponto P, dado pela coordenada inicial x_i , no instante de tempo t_i e que a partícula viaje até a posição final no ponto Q, dado pela coordenada x_f , no instante de tempo t_f .

Figura 7 - Gráfico da posição da partícula em função do tempo.



Fonte: Próprio autor

Podemos observar claramente no gráfico uma variação de posição $\Delta x = x_f - x_i$, que corresponde ao deslocamento da partícula, que está associado a uma variação de instante de tempo, ou variação de tempo, $\Delta t = t_f - t_i$.

A velocidade vetorial média da partícula é dada pela taxa de variação média da posição da partícula em relação a variação do tempo, que é necessário para que essa variação na posição ocorra. Então, a expressão matemática que descreve a velocidade média e dada por

$$v_m = \Delta x / \Delta t \tag{1}$$

A velocidade média de uma partícula pode ser positiva, negativa, ou zero em uma dimensão. Se a posição final da partícula, x_f , seja maior que a posição inicial da partícula, x_i , a velocidade média será positiva. Caso a posição final da partícula, x_f , seja menor do que a posição inicial da partícula, x_i , a velocidade média será negativa. E por fim, se a posição final e a posição inicial da partícula forem iguais, $x_f = x_i$, a velocidade média será zero.

Determinar a velocidade instantânea em um ponto, tal como P, da Fig. (1), é fazer o intervalo de tempo Δt tão pequeno quanto possível, para que não ocorram variações essenciais no estado de movimento durante esse pequeno intervalo. Em linguagem matemática, isso

equivale a calcular o valor limite da fração que aparece na Eq. (1) para o denominador Δt tendendo a zero. Logo, escrevemos

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} V_{med} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (2)$$

que por definição é a derivada de x em relação ao tempo, isto é,

$$v^{22} = dx/dt, \quad (3)$$

que também pode ser interpretada como a reta tangente que passa pelo ponto P, da Fig. (1), que pode ser escrita como

$$v = \text{tang } \alpha \quad (4)$$

Para o movimento retilíneo e uniforme, movimento em linha reta com velocidade constante, a velocidade em qualquer instante é igual a velocidade média. Logo, a expressão matemática que descreve esse movimento é a Eq. (1), que assume a seguinte forma ao substituirmos $\Delta x = x_f - x_i$ e $\Delta t = t_f - t_i$.

$$v = (x_f - x_i) / (t_f - t_i). \quad (5)$$

Reescrevendo a expressão acima, temos:

$$x_f = x_i + v (t_f - t_i). \quad (6)$$

A Eq. (6) é conhecida como função horaria da posição do movimento retilíneo uniforme. Este formalismo matemático é muito apresentado logo no início do ensino médio.

5.3.2 Aceleração

Em geral, a velocidade de um corpo é uma função do tempo. Se a velocidade permanece constante o movimento é dito uniforme. Suponhamos que, na Fig. (1), no instante t_i , a partícula está em P com velocidade v_i , e, no instante t_f , está em Q com velocidade v_f , a aceleração média entre P e Q é definida por

$$a_m = v_f - v_i / t_f - t_i = \Delta v / \Delta t, \quad (7)$$

²² Vetor velocidade da partícula.

logo, $\Delta v = v_f - v_i$ é a variação de velocidade e $\Delta t = t_f - t_i$ é o tempo decorrido. A aceleração instantânea é o valor da aceleração média, quando o intervalo de tempo Δt torna-se muito pequeno. Assim,

$$\mathbf{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \mathbf{a}_{med} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t}, \quad (8)$$

ou seja,

$$\mathbf{a}^{23} = \frac{dv}{dt}, \quad (9)$$

de modo que a aceleração instantânea pode ser obtida pelo cálculo da derivada temporal da velocidade.

5.3.3 Aceleração constante - um caso particular

Analisaremos um caso específico de movimento em que um corpo possui no instante t_i uma posição x_i e uma velocidade v_i e no instante seguinte t_f uma posição x_f e uma velocidade v_f . Com esses dados característicos do movimento em questão, calculamos a velocidade média do corpo com a expressão seguinte:

$$V_m = (x_f - x_i) / (t_f - t_i) = (v_f + v_i) / 2. \quad (10)$$

Em que a segunda igualdade corresponde ao caso em que a aceleração do corpo é constante, oriunda do Teorema I. Proposição I enunciado por Galileu. Com isso, podemos encontrar uma equação que defini x utilizando a eq. (6), como segue abaixo:

$$x_f = x_i + v_m (t_f - t_i) = x_i + [(v_f + v_i) / 2] (t_f - t_i). \quad (11)$$

O tipo de aceleração em análise é constante no tempo. Usamos o conceito de aceleração média que é igual a aceleração constante, assim obtemos:

$$\mathbf{a} = \mathbf{a}_m = (v_f - v_i) / (t_f - t_i). \quad (12)$$

Reescrevendo a expressão acima, temos:

$$v_f = v_i + \mathbf{a} (t_f - t_i). \quad (13)$$

Isolando-se $(t_f - t_i)$ na expressão (13), temos

$$(t_f - t_i) = (v_f - v_i) / \mathbf{a}. \quad (14)$$

²³ Vetor aceleração da partícula.

Substituindo-se a eq. (13) na eq. (11), temos:

$$x_f = x_i + v_i [(t_f - t_i)/2] + [v_i + a (t_f - t_i)] (t_f - t_i)/2,$$

$$x_f = x_i + v_i (t_f - t_i) + a (t_f - t_i)^2/2. \quad (15)$$

Agora, substituindo-se a expressão (14) na eq. (15), temos;

$$x_f = x_i + [(v_f + v_i) / 2] (t_f - t_i) / a ,$$

$$x_f - x_i = (v_f^2 - v_i^2) / 2 a ,$$

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a (x_f - x_i) \quad (16)$$

A eq. (16) é conhecida como equação de Torricelli.

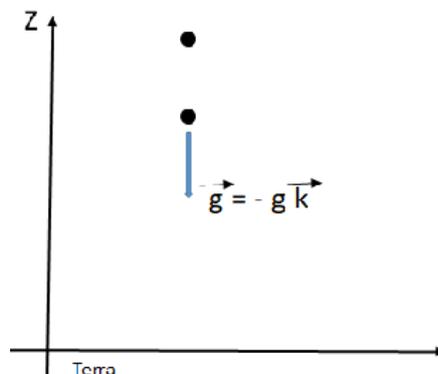
5.3.4 Queda livre – aceleração da gravidade

Vamos aplicar as equações do movimento, que deduzimos e discutimos os conceitos das grandezas físicas que os compõem, ao caso do corpo em queda livre.

Nesse estudo, vamos admitir que uma partícula em queda próximo da superfície da terra possui aceleração constante. A essa aceleração atribuímos a denominação de aceleração da gravidade.

Assim, como nas discussões anteriores, adotamos um referencial, que nesse caso será a superfície da terra, e um sistema de eixos coordenados aonde vamos medir a posição do corpo. Por se tratar de um movimento em uma dimensão vamos usar apenas o eixo z. (Ver Figura 8).

Figura 8 - Movimento em uma dimensão ao longo do eixo z.



Fonte: Próprio autor, 2018.

Denotamos a aceleração da gravidade como:

$$\mathbf{a} = -g. \quad (17)$$

O cálculo da distância percorrida é dada por:

$$z_f = z_i + v_i t - \frac{1}{2} (g) t^2 . \quad (18)$$

O cálculo da velocidade do corpo será dada pela expressão:

$$v_f = v_i - g t . \quad (19)$$

E também pela equação de Torricelli,

$$v_f^2 = v_i^2 - 2g (z_f - z_i). \quad (20)$$

Discutimos o movimento de uma partícula sob a perspectiva de uma dimensão, a seguir desenvolveremos o mesmo formalismo, mas agora fazendo uma análise do ponto de vista de duas e três dimensões.

5.4 Movimento em duas e três dimensões

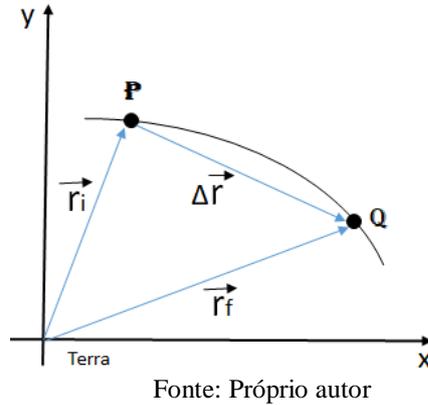
Partindo das considerações já definidas e conceitualmente tratadas sobre posição, deslocamento, velocidade e suas variações, isso em uma dimensão, vamos estender nosso conhecimento de tais grandezas ao caso bidimensional e tridimensional. Pois, os movimentos, em sua maioria, em nosso dia-a-dia, observados em nossa vida cotidiana em nossa interação com a natureza possuem um caráter bidimensional e tridimensional. Portanto, passaremos a fazer uma descrição formal do movimento de uma partícula em duas dimensões e generalizaremos o caso para três dimensões utilizando a notação vetorial.

5.4.1 Vetores posição e deslocamento

No estudo do movimento de uma partícula em duas dimensões, a localizaremos no espaço-tempo em relação a um sistema de coordenadas x - y aonde vamos estudar o movimento dessa partícula que se processa do ponto P no instante t_i até o ponto Q no instante t_f .

Podemos localizamos o ponto P determinando o vetor posição r_i e o ponto seguinte Q pelo vetor posição r_f , como está representado na *Figura 9*.

Figura 9 - Trajetória de uma partícula no plano xy .



Com isso, definimos o vetor deslocamento como:

$$\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}_f - \mathbf{r}_i \quad (21)$$

E em três dimensões, temos o vetor posição do ponto P, dado por:

$$\mathbf{r}_i^{24} = x_i \hat{i} + y_i \hat{j} . \quad (22)$$

E o vetor posição no ponto Q dado por:

$$\mathbf{r}_f^{25} = x_f \hat{i} + y_f \hat{j} . \quad (23)$$

E o vetor deslocamento será:

$$\Delta \mathbf{r} = \Delta x \hat{i} + \Delta y \hat{j} . \quad (24)$$

5.4.2 Velocidade média e velocidade instantânea – notação vetorial

Na notação vetorial, definimos velocidade como a variação do vetor posição em relação ao tempo. Assim, a definição de velocidade média em duas dimensões e/ou em três dimensões e feita generalizando-se as ideias discutidas para o movimento em uma dimensão, assim temos:

$$\mathbf{V}_m = \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} = (\mathbf{r}_f - \mathbf{r}_i) / (t_f - t_i), \quad (25)$$

$$\mathbf{V}_m = \frac{\Delta x}{\Delta t} \hat{i} + \frac{\Delta y}{\Delta t} \hat{j} . \quad (26)$$

E definimos a velocidade instantânea da seguinte forma:

$$\mathbf{V}_m = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} . \quad (27)$$

²⁴ Vetor posição inicial da partícula.

²⁵ Vetor posição final da partícula;

Em coordenadas cartesianas, temos:

$$V_m = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} \hat{i} + \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta t} \hat{j}. \quad (28)$$

Que, é igual a:

$$V_m = \frac{dx}{dt} \hat{i} + \frac{dy}{dt} \hat{j}. \quad (29)$$

Podemos escrever como:

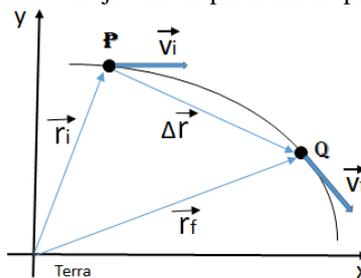
$$V_m = v_x \hat{i} + v_y \hat{j}, \quad (30)$$

Discutiremos na seção seguinte as características da variação da velocidade (aceleração constante).

5.4.3 Aceleração média e aceleração instantânea – notação vetorial

Analisaremos o movimento de uma partícula que no ponto P possui velocidade v_i no instante t_i e no ponto Q velocidade v_f no instante t_f . Como está representado na *Figura 10*.

Figura 10 - Trajetória da partícula no plano xy.



Fonte: Próprio autor

Com esses dados definimos a aceleração vetorial como a variação vetorial da velocidade em relação ao tempo, cuja expressão definida é:

$$\mathbf{a} = (v_f - v_i) / (t_f - t_i) = \frac{\Delta v}{\Delta t}. \quad (31)$$

E definimos a aceleração instantânea como:

$$\mathbf{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt}. \quad (32)$$

Em coordenadas cartesianas, temos:

$$\mathbf{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} \hat{i} + \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} \hat{j}. \quad (33)$$

$$\mathbf{a} = \frac{dv}{dt} \mathbf{i} + \frac{dv}{dt} \mathbf{j}, \quad (34)$$

Que, é igual a:

$$\mathbf{a} = a_x \hat{i} + a_y \hat{j}. \quad (35)$$

A formulação matemática das equações do movimentos que descrevem a posição, a velocidade e a aceleração em função do tempo em duas dimensões são discriminadas na sub seção a seguir.

5.4.4 Movimento em duas dimensões com aceleração constante

Para uma partícula que se move em duas dimensões com aceleração constante, temos as seguintes equações:

$$\mathbf{r} = x \hat{i} + y \hat{j}, \quad (36)$$

$$\mathbf{v} = v_x \hat{i} + v_y \hat{j}, \quad (37)$$

$$\mathbf{a} = a_x \hat{i} + a_y \hat{j}. \quad (38)$$

E as equações para esse tipo de movimento, com aceleração constante, em relação ao eixo x, é:

$$x_f = x_i + v_{ix} \cdot (t_f - t_i) + a_x \cdot (t_f - t_i)^2/2, \quad (39)$$

$$v_{fx} = v_{ix} + a_x \cdot (t_f - t_i), \quad (40)$$

$$v_{fx}^2 = v_{ix}^2 + 2a_x(x_f - x_i). \quad (41)$$

E as equações em relação ao eixo y, são:

$$y_f = y_i + v_{iy} \cdot (t_f - t_i) + a_y \cdot (t_f - t_i)^2/2, \quad (42)$$

$$v_{fy} = v_{iy} + a_y \cdot (t_f - t_i), \quad (43)$$

$$v_{fy}^2 = v_{iy}^2 + 2a_y(y_f - y_i). \quad (44)$$

Essas equações na forma vetorial são escritas da seguinte forma:

$$\mathbf{r}_f = \mathbf{r}_i + \mathbf{v}_i \cdot (t_f - t_i) + \mathbf{a} \cdot (t_f - t_i)^2/2, \quad (45)$$

$$\mathbf{v}_f = \mathbf{v}_i + \mathbf{a} \cdot (t_f - t_i), \quad (46)$$

$$v_f^2 = v_i^2 + 2\mathbf{a} \cdot (\mathbf{r}_f - \mathbf{r}_i). \quad (47)$$

Na seção seguinte demonstramos formalmente um caso particular de movimento uniforme variado, o movimento de projeteis.

5.4.5 Movimento de projéteis

Para uma partícula que se move em um plano em relação a um referencial ao qual está ligado um sistema de eixos coordenados $x - y$, temos a seguinte situação:

Um movimento, como explicado por Galileu, caracterizado pela composição de dois movimentos: um que ocorre no eixo x , com $a_x = 0$ e outro que ocorre no eixo y , com $a_y = -g$, temos que as equações para descrever esse tipo de movimento assumem a forma a seguir:

Em relação ao eixo x , temos:

$$x_f = x_i + V_{ix} \cdot (t_f - t_i). \quad (48)$$

E, em relação ao eixo y :

$$y_f = y_i + v_{iy} \cdot (t_f - t_i) - g \cdot (t_f - t_i)^2/2, \quad (49)$$

$$v_{fy} = v_{iy} - g \cdot (t_f - t_i), \quad (50)$$

$$v_{fy}^2 = v_{iy}^2 - 2g(y_f - y_i). \quad (51)$$

Considerando-se $x_0 = y_0 = 0$, na equação, temos:

$$t_f - t_i = x_f/v_{ix}. \quad (52)$$

Usando a expressão para o tempo obtida da Eq. (48) e substituindo-a na Eq. (49), temos:

$$y_f = v_{iy} \cdot (x/v_{ix}) - g/2 \cdot (x/v_{ix})^2. \quad (53)$$

Que, é igual a:

$$y_f = (v_{iy}/v_{ix})x - (g/2v_{ix}^2) x^2. \quad (54)$$

A equação encontrada acima é do tipo,

$$y = bx - cx^2, \quad (55)$$

Ao completarmos quadrado na expressão acima, temos:

$$\{y - (b^2/4c)\} = -c \{x - (b/2c)\}^2, \quad (56)$$

Ou seja, temos que a equação que descreve o movimento de um projétil é dado pela equação de uma parábola com concavidade voltada para baixo, que tem as seguintes coordenadas no ponto de altura máxima:

$$x_m = b/2c, \quad (57)$$

$$y_m = b^2/4c. \quad (58)$$

Sabendo-se que:

$$V_{ix} = v_i \cos \theta_i, \quad (59)$$

$$V_{iy} = v_i \sin \theta_i. \quad (60)$$

Obtemos as equações seguintes:

$$x_m = (v_i^2 \operatorname{sen} 2\theta_i) / 2g, \quad (61)$$

e

$$y_m = (v_i^2 \operatorname{sen}^2 \theta_i) / 2g. \quad (62)$$

Sabendo-se que a parábola é uma curva simétrica, o deslocamento da partícula em relação ao eixo x, conhecida por R é igual a:

$$R = 2x_m \quad (63)$$

Logo, temos que:

$$x_m = (v_i^2 \operatorname{sen} 2\theta_i) / g. \quad (64)$$

O conceito de movimento está intrinsecamente relacionado a um sistema de referencial em relação ao qual analisamos esse movimento, dessa forma os valores das grandezas físicas posição, velocidade e aceleração dependem da escolha do sistema de referencial, como podemos observar nas implicações das equações obtidas na análise feita na seção seguinte.

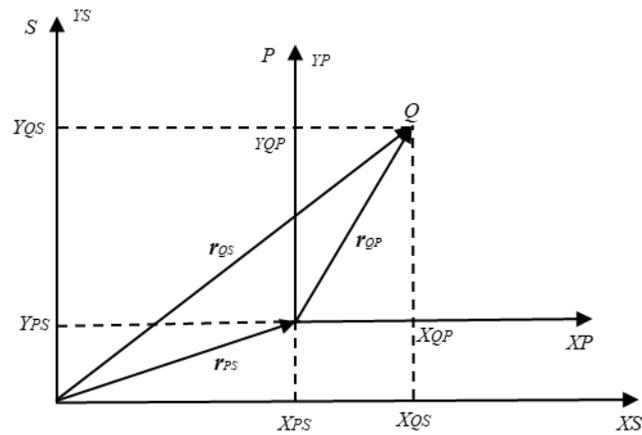
5.5 Movimento relativo

Um aspecto importante do movimento de uma partícula que está intrinsecamente relacionado ao sistema de referencial adotado é o conceito de movimento relativo. Neste tipo de movimento considera-se as mesmas equações, discutidas e explicitadas anteriormente que, tem importante relevância no estudo das características desse tipo de movimento. Ao fim dessa descrição teórica poderemos concluir que toda a teoria do movimento está baseada na ideia de que todo movimento é relativo.

Faremos uma análise da posição e velocidade relativa de corpos materiais que serão tratados como partículas.

Primeiro vamos discutir e refletir sobre a ideia de posição relativa, ver *Figura 11*.

Figura 11 - Posição da partícula Q em relação a dois sistemas de referencial S(Y_s x X_s) e P(Y_p x X_p).



Fonte: Próprio autor, 2018.

Nessa situação observamos a posição da partícula em relação a dois sistemas de referenciais distintos, S(X_s x Y_s) e P(X_p x Y_p), no qual obtemos as seguintes relações como resultados:

$$\mathbf{r}_{QS}^{26} = \mathbf{r}_{PS}^{27} + \mathbf{r}_{QP}^{28} \quad (65)$$

Onde:

$$\mathbf{r}_{QS} = x_{QS}\mathbf{i} + y_{QS}\mathbf{j} \quad (66)$$

$$\mathbf{r}_{PS} = x_{PS}\mathbf{i} + y_{PS}\mathbf{j} \quad (67)$$

$$\mathbf{r}_{QP} = x_{QP}\mathbf{i} + y_{QP}\mathbf{j} \quad (68)$$

Substituindo-se (66), (67) e (68) em (65), temos:

$$x_{QS}\mathbf{i} + y_{QS}\mathbf{j} = (x_{PS}\mathbf{i} + y_{PS}\mathbf{j}) + (x_{QP}\mathbf{i} + y_{QP}\mathbf{j}) \quad (69)$$

$$x_{QS}\mathbf{i} + y_{QS}\mathbf{j} = (x_{PS} + x_{QP})\mathbf{i} + (y_{PS} + y_{QP})\mathbf{j} \quad (70)$$

Logo, verificamos que:

$$x_{QS} = x_{PS} + x_{QP} \quad (71)$$

$$y_{QS} = y_{PS} + y_{QP} \quad (72)$$

Notamos que o raio vetor da partícula depende, exclusivamente, do referencial adotado para se determinar sua posição.

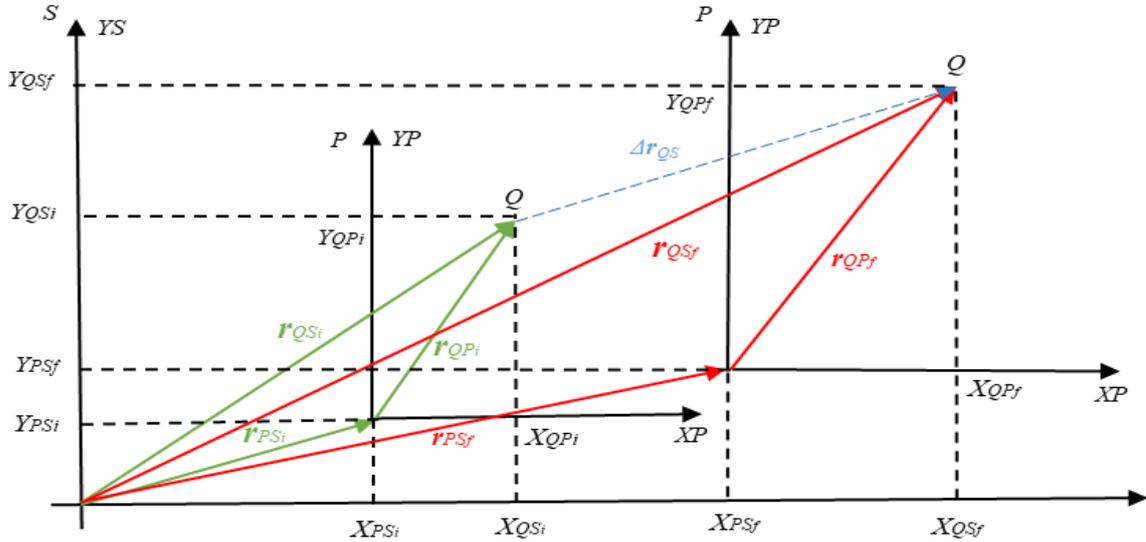
²⁶ Vetor de posição da partícula Q em relação ao sistema de referencial S;

²⁷ Vetor posição do sistema de referencial P em relação ao sistema de referencial S;

²⁸ Vetor de posição da partícula Q em relação ao sistema de referencial P.

Em uma última análise trataremos de forma reflexiva, expressamente matematizada, sobre a situação onde observamos o deslocamento da partícula, ou seja, sua velocidade em relação a dois sistemas de referenciais distintos S(X_s x Y_s) e P(X_p x Y_p) (ver Figura 12).

Figura 12 - Movimento relativo da partícula Q em relação a dois sistemas de referencial S(Y_s x X_s) e P(Y_p x X_p).



Fonte: Próprio autor, 2018.

Destacaremos a seguir, a partir da análise da Figura 12, que representa esquematicamente a situação, relações matemáticas relativas ao equacionamento do problema que nos mostra uma relação entre as velocidades percebidas do ponto de vista de sistemas de referenciais distintos.

Temos que o vetor posição inicial e final da partícula Q, é dada por:

$$(\mathbf{r}_{QS})_i = (\mathbf{r}_{PS})_i + (\mathbf{r}_{QP})_i \quad (73)$$

$$(\mathbf{r}_{QS})_f = (\mathbf{r}_{PS})_f + (\mathbf{r}_{QP})_f \quad (74)$$

E, por fim, A variação do posição dessa partícula na situação observada na Figura 12, é dada por:

$$\Delta \mathbf{r}_{QS} = \Delta \mathbf{r}_{PS} + \Delta \mathbf{r}_{QP} \quad (75)$$

Da definição de velocidade dada pela equação 3, temos:

$$\left(\frac{d\mathbf{r}}{dt}\right)_{QS} = \left(\frac{d\mathbf{r}}{dt}\right)_{PS} + \left(\frac{d\mathbf{r}}{dt}\right)_{QP} \quad (76)$$

Logo, a velocidade vetorial relativa da partícula Q será dada pela seguinte relação:

$$v_{QS} = v_{PS} + v_{QP} \quad (77)$$

As formas teóricas apresentadas e discutidas com base no entendimento conceitual das grandezas Físicas das quais nos debruçamos sobre suas relações que compõem a teoria do movimentos são de importância relevante para o entendimento de problemas mais complexos, e até em teorias mais gerais, que requerem seu entendimento.

Capítulo 6

Desenvolvimento da proposta de ensino da cinemática com abordagem do software TRACKER e análise dos resultados

Descrevemos nossa metodologia de ensino desenvolvida com base no uso de um software de rastreamento, TRACKER, em conjunto com experimentos construídas com material alternativo e de fácil acesso que foram considerados em sala de aula.

A maneira de utilizarmos essa estratégia alternativo de ensino, ou seja, de aplicá-lo em sala de aula, bem como sua construção, estão detalhadamente descritos no Manual de Práticas Experimentais que está inserido no material de apoio do professor.

As atividades realizadas em sala de aula, norteadas pela sequência didática, teve como público-alvo, alunos do 1º ano, turma B, do ensino médio regular de uma escola pública da cidade de Monte Horebe, PB, no período de 03 de outubro à 14 de novembro de 2017. Contamos com a participação de 20 alunos que aceitaram participar da pesquisa. Nesse período, tivemos 11 aulas de 45 min cada realizadas de forma alternada com as aulas previstas no planejamento do ano letivo, pois o conteúdo ministrado nesse trabalho já tinha sido apresentado de maneira tradicional no início do ano de 2017. E não havíamos aplicado nossa proposta de ensino aprendizagem na data proposta em nosso planejamento que foi dia 6 março de 2017, porque o sistema operacional instalado nos computadores do laboratório de informática era o Linux, onde para termos acesso e instalar softwares precisávamos de uma senha que só os técnicos de João

Pessoa dispunham. Solicitamos a instalação do software a direção da escola que não conseguiram resolver esse problema.

Felizmente, no mês de agosto a escola foi contemplada com novos computadores que vieram com o sistema operacional Windows instalados que não necessita de senha de acesso para a instalação de softwares. Com isso procedemos com a instalação do software TRACKER e demos prosseguimentos com as ações planejadas no mês de outubro.

A seguir vamos relatar as etapas do processo de realização do material desenvolvido para dar suporte às aulas de física, referente ao estudo da cinemática.

6.1 Etapa 01

Na primeira etapa, constituída de duas aulas, que teve início no dia 03 de outubro de 2017, os alunos assistiram aos Vídeos para Discussões Conceituais 01, denominados por VDC01, que serviram ao diálogo e a discussões acerca das características do movimento.

Os títulos dos VDC01, bem como sua descrição, se encontram na *Tabela 6* a seguir.

Tabela 6 - Descrição dos VDC01

Título do vídeo	Descrição
Americano salta sem paraquedas a mais de 7,5 mil metros de altura	Salto sem paraquedas, onde observamos o efeito da resistência do ar sobre um corpo em movimento.
Animal mais rápido do mundo	Observamos o deslocamento de um guepardo sob o ponto de vista de uma câmera que se movimenta com velocidade igual do felino.
Maldonado-Grosjean-Senna battle in India	Observamos o deslocamento de um carro de formula 1, onde podemos ver a variação da velocidade no velocímetro do carro.
Aspide Spada Missile	Lançamento de um míssil, uma arma tecnológica como produto dos conhecimentos produzidos pela física e matemática.
Homem pula de helicóptero sem paraquedas	Salto sem paraquedas, onde observamos o efeito da resistência do ar sobre um corpo em movimento.

Fonte: Próprio autor, 2018

Estes vídeos podem ser encontrados no site: <http://videoanalisenoenfisica/fisica>.

Com esses vídeos, de fenômenos curiosos da natureza e de feitos humanos, procuramos despertar o interesse do discente, com o objetivo de verificar sua capacidade de associar o conteúdo de Física como por exemplo: posição, variação da posição, rapidez, velocidade, variação da velocidade que foram estudados em aulas anteriores, com o que se observou nos vídeos, bem como identificar seus conhecimentos prévios.

Nesse sentido, deixamos os alunos livres para assistirem aos vídeos quantas vezes desejassem com a observação de que deveriam procurar descrever os fenômenos utilizando conceitos da física já estudados. Nesse processo, acompanhamos os alunos arguindo sobre algumas questões relativas aos entendimentos dos conceitos físicos, tais como: Como se define o caminho percorrido pelo corpo? A velocidade, ao longo desse caminho percorrido, é constante ou variável? Nesse momento de aula, nós não respondemos as perguntas, apenas observamos.

Nesta primeira intervenção, verificamos que ao assistirem os vídeos, citados acima, os discentes analisaram e discutiram entre si quais seriam as grandezas físicas e conceitos necessárias para descrever o movimento dos fenômenos observados em cada vídeo, ou seja, foi evidente o envolvimento de todos com o objeto de estudo em questão. Através das discussões dos alunos em sala é possível, preliminarmente, conhecer, mesmo de forma aproximada, que conceitos físicos eles organizavam em sua estrutura cognitiva aos associa-los com os fenômenos observados nos vídeos apresentados. Na *Figura 13* apresentamos uma imagem que representa um fragmento de aula em que os alunos estão assistindo aos Vídeos para Discussão Conceituais, VDC01.

Figura 13 - Alunos assistindo aos VDC01.



Fonte: Próprio autor, 2018.

Após a análise e discussão dos VDC01, procedemos com a aplicação do pré-teste, que se encontra no Apêndice B. O pré-teste é constituído de perguntas, que já foram discriminadas na sequencia didática no capítulo 2 seção 2.5.3, sobre os vídeos assistidos, VDC01.

Através da análise da discussão dos alunos sobre os vídeos do VDC01 e do pré-teste foi possível conhecer quais as dificuldades e quais conceitos físicos os discentes conhecem. Pois, observarmos em algumas das respostas dos alunos ao pré-teste elementos importantes que nos auxiliaram no planejamento e ou implementação de estratégias pedagógicas com o objetivo de

reduzir suas deficiências conceituais, por exemplo, destacamos algumas respostas ao segundo questionamento do pré-teste. Observe logo em seguida.

2) Grandes velocidades do mundo animal.

O mundo animal e suas curiosidades, dentre elas podemos destacar a máxima velocidade atingida pelo guepardo, ilustrado na figura acima, que pudemos deslumbrar no vídeo com o Título “Animal mais rápido do mundo”. Da análise do vídeo o que identificamos como elementos necessários para se estudar o movimento desse guepardo? E tente fazer uma descrição do que você observa.

“A velocidade e o tempo. Para estudar o movimento do guepardo a pessoa que filma deve estar em uma velocidade superior ou igual a dele para que seus movimentos sejam filmados com uma maior precisão.” (Aluno A)

“O guepardo atinge a velocidade de 102km/h. Na medida em que ele se desloca sua velocidade aumenta. Os elementos necessários para descrever seu movimento são: A velocidade e o tempo.” (Alunos B)

“Observamos que sua velocidade está variando em uma determinada direção e sentido, onde ele se desloca de um lugar para o outro.” (Aluno C)

Como podemos ver, a pesar de o discente manifestar uma compreensão prática do fenômeno, em decorrência do que se observa no vídeo, desconhece a ideia de movimento relativo que fundamenta a discussão sobre sistema de referencial, repouso e movimento.

E ainda, é interessante destacar algumas respostas ao quinto questionamento do pré-teste, que foram muito úteis para nortear nossa abordagem teórica e contextual aplicado aos experimentos propostos. Veja a seguir.

5) A aventura de voar.

Como planar como um pássaro? O homem conseguiu essa resposta com a invenção do avião. Mas, ainda se aventura em saltos onde dispensa essa tecnologia necessária para o voo, como pudermos assistir no vídeo com o título “homem pula de helicóptero sem paraquedas”. Da análise desse vídeo enumere as grandezas físicas que tornam esse feito possível. E tente fazer uma descrição do que você observa.

“Os elementos são: O ar, o tempo, a velocidade e a pressão. Pois, quando ele atinge a pressão atmosférica ele muda de posição várias vezes até cair sobre a rede de proteção.” (Aluno B)

“A velocidade nem sempre é constante e nem sempre é variável.” (Aluno D)

Na resposta do aluno B, percebemos a incoerência conceitual quando o aluno comete o erro de afirmar que só é possível um corpo entrar em movimento ao atingir-se a pressão atmosférica. Com isso, notamos a necessidade de tratarmos mais detalhadamente, através de discussões e com o auxílio dos vídeos, os conceitos relativos a teoria dos corpos em movimento, a cinemática. Para uma observação de outras respostas dos estudantes o leitor pode consultar o apêndice G.

6.2 Etapa 02

Nas três aulas seguintes, do dia 17 de outubro, começamos a segunda etapa desse projeto em que introduzimos os conteúdos de cinemática com o auxílio de experimentos construídos com material alternativo, slide, quadro branco, pincel, TV e o uso do software de rastreamento TRACKER. A descrição desse material alternativo está no Manual de Práticas Experimentais disponível no apêndice D.

O primeiro experimento a ser executado foi o aro em movimento que discutia os conceitos de posição, referencial e trajetória. Esse experimento foi motivado pela grande dificuldade, apresentadas em aulas anteriores, dos alunos de interpretarem esses conceitos.

Iniciamos a aula expondo aos alunos que o nosso objetivo nesse primeiro experimento era analisarmos as trajetórias das três partículas presas ao aro de pneu de bicicleta em duas situações: aro em repouso em relação ao referencial e aro em movimento em relação ao referencial. Durante essa explanação, do que se tratava o experimento, um dos alunos julgou interessante que a turma desenhasse em seu caderno a trajetória de cada partícula nas duas situações, sistema em repouso em relação ao referencial e sistema em movimento em relação ao referencial, para que pudessem comparar com o resultado obtido com a aplicação do TRACKER. Julgamos pertinente a colocação do aluno e adotamos essa ideia como atividade extra. Para isso, executamos os experimentos, sem fazer a vídeo análise, e os deixamos livres para representarem suas descrições de quais seriam as trajetórias das partículas em cada caso.

Após o término da atividade extra, proposta de última hora, procedemos com a vídeo análise da primeira situação, aro em repouso em relação ao referencial. A *Figura 14* mostra uma foto que descreve esse experimento.

Figura 14 - Aro em repouso em relação ao sistema de referencial ligado a câmera.

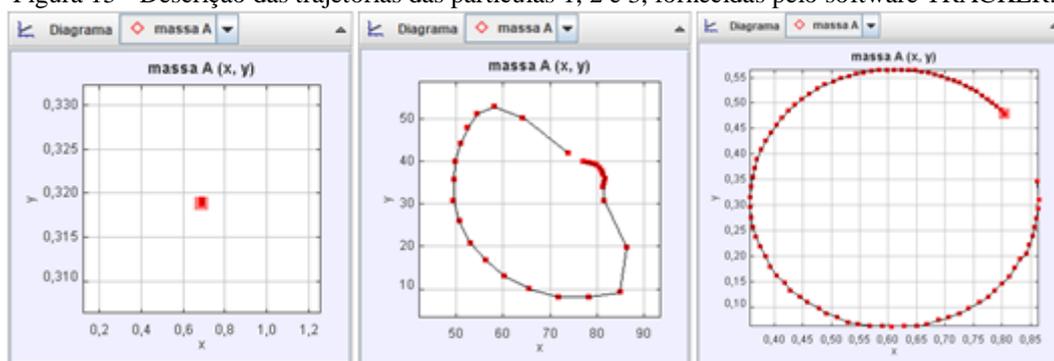


Fonte: Próprio autor, 2018.

Mesmo após o vídeo análise percebemos que os alunos ficaram intrigados e instigados com a forma da trajetória da partícula 02, e isso fez com que a aula demorasse um pouco mais que o planejado.

Da análise com a aplicação do software TRACKER obtemos a trajetória das três partículas, veja a *Figura 15*, em que a partir da análise desses gráficos enfatizamos a explicação dos conceitos de trajetória e referencial. Durante a demonstração dos experimentos, procedemos de maneira concomitante a explanação teórica do conteúdo com o objetivo de desenvolver uma compreensão mais sólida desses conceitos físicos.

Figura 15 - Descrição das trajetórias das partículas 1, 2 e 3, fornecidas pelo software TRACKER.

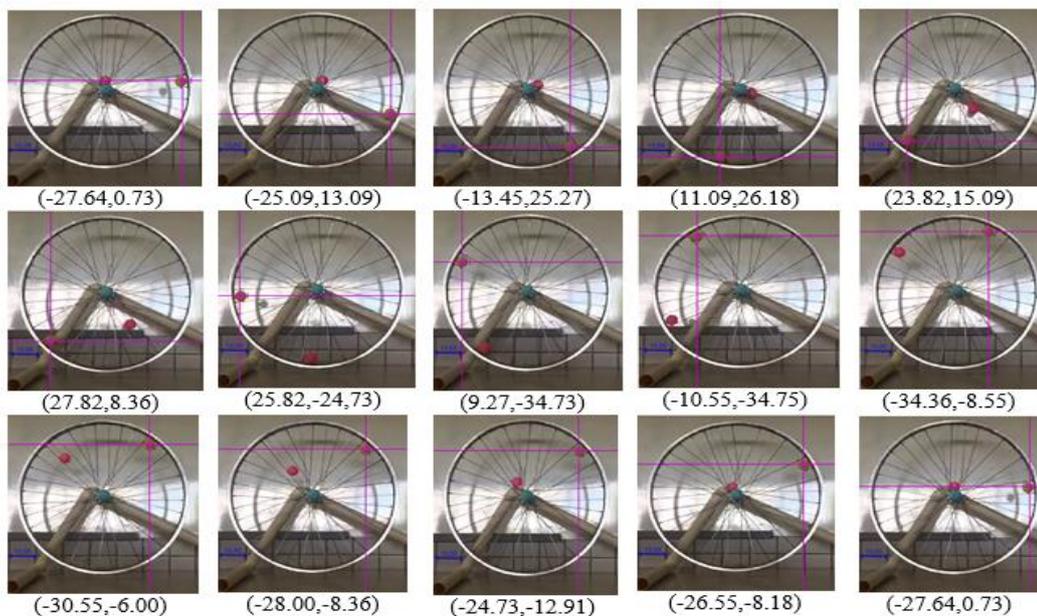


Fonte: Próprio autor, 2018.

Os discentes perguntaram se seria possível ligarmos nosso sistema de referencial a partícula 03 e, se sim, qual seria a trajetória da partícula 02 se nosso sistema de referencial estivesse ligado a ela. Os alunos tiveram liberdade para fazerem suas suposições e procedemos com a análise quadro a quadro do movimento da partícula 2 em relação a um referencial ligado a partícula 3.

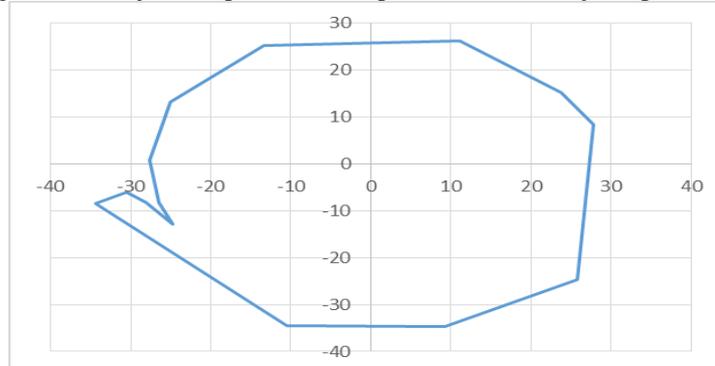
Para solucionarmos esse questionamento procedemos com a análise do vídeo onde escolhermos 14 quadros e em cada quadro coletamos as coordenadas da partícula 2. Em seguida, procedemos com a construção do gráfico, utilizando o Excel, que nos mostrou a trajetória aproximada dessa partícula. Explicamos aos discentes que quanto maior fosse o número de quadros analisados, ou seja, quando maior fosse o número de coordenadas a serem utilizadas na construção do gráfico maior seria a aproximação gráfico à trajetória da partícula, veja a *Figura 16* e *Figura 17*.

Figura 16 - Coordenadas da partícula 2 em relação a um referencial ligado à partícula 3.



Fonte: Próprio autor, 2018.

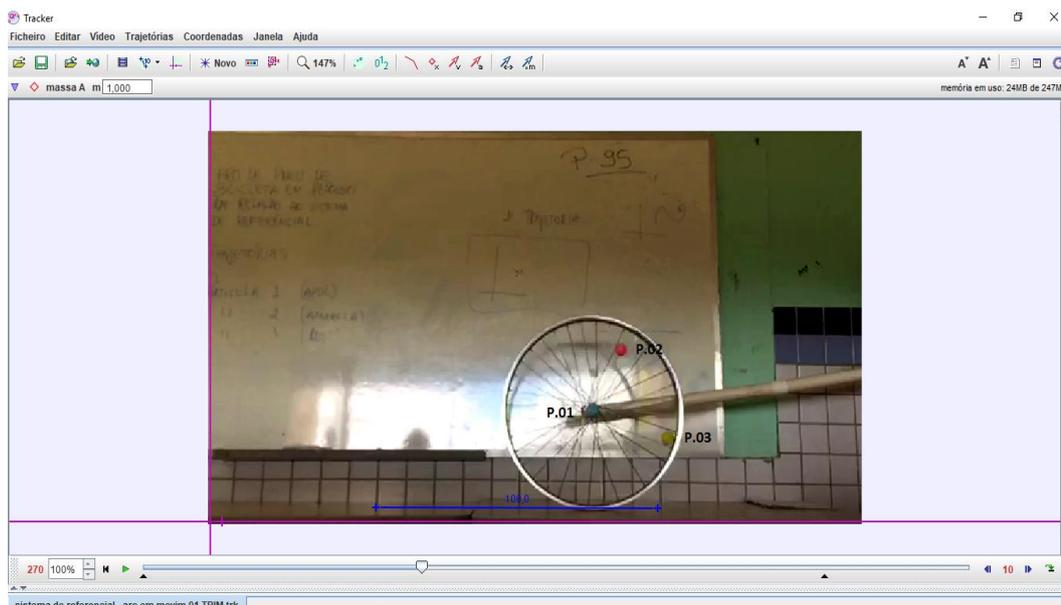
Figura 17 - Trajetória aproximada da partícula 2 em relação a partícula 3.



Fonte: Próprio autor, 2018.

Continuamos com a aula executando a segunda situação em que o aro está em movimento em reação ao referencial, ver Figura 18.

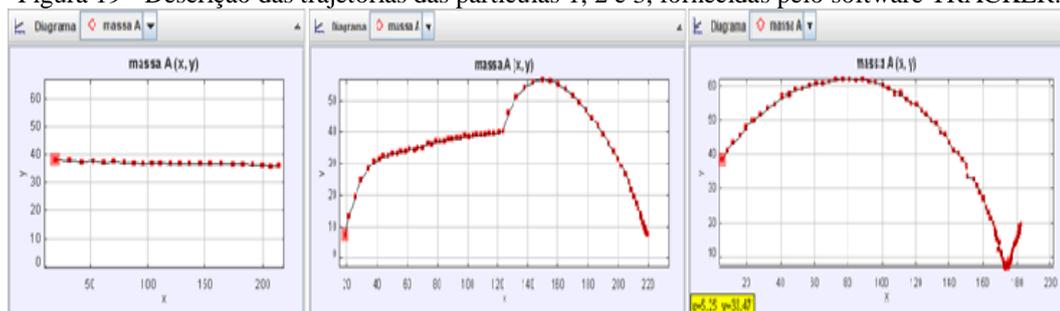
Figura 18 - Descrição do experimento do Aro em movimento em relação ao sistema de referencial ligado à câmera.



Fonte: Próprio autor, 2018.

Após a análise da trajetória das três partículas, veja *Figura 19*, mais uma vez os discentes demonstraram uma inquietação motivada pela curiosidade, e com isso, questionaram sobre a trajetória da partícula 2. Logo, tivemos que explorar de uma maneira mais detalhada esse caso.

Figura 19 - Descrição das trajetórias das partículas 1, 2 e 3, fornecidas pelo software TRACKER.



Fonte: Próprio autor, 2018.

Novamente os discentes questionaram qual seria a trajetória da partícula 2 se nosso sistema de referencial estivesse ligado à partícula 3. Deixei-os, mais uma vez, disporem suas hipóteses e procedemos com a análise quadro a quadro do movimento da partícula 2 em relação a um referencial ligado a partícula 3. Com esta ação chegamos à conclusão de que a trajetória seria a mesma da situação anterior aonde analisamos 14 quadros.

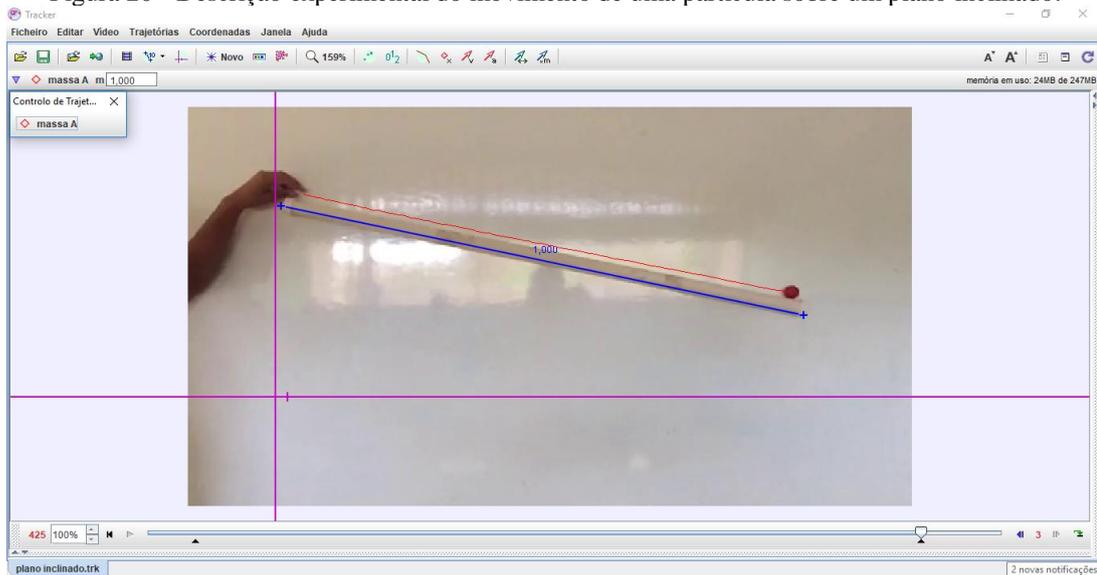
Nessa prática conseguimos introduzir os conceitos importantes para o estudo da cinemática dos corpos materiais que foram: instante de tempo, variação de tempo, posição, variação da posição, sistema de referencial e trajetória.

Concluimos esse experimento explorando sua relação com um acontecimento corriqueiro do dia a dia dos alunos, pois alguns possuíam bicicletas e corriqueiramente ao

andarem de bicicleta essas situações se apresentam para eles, por exemplo: quando andam um ao lado do outro, com velocidade constante e quando ambos se encontram com velocidades distintas, observam que, pontos sobre o pneu das duas bicicletas descrevem trajetórias particulares de acordo com o referencial adotado. Ou seja, é evidente a ligação dos experimentos com fatos do seu cotidiano.

O próximo experimento descreve o movimento de uma partícula sobre um plano inclinado que foi demonstrado em seguida, ver a *Figura 20*.

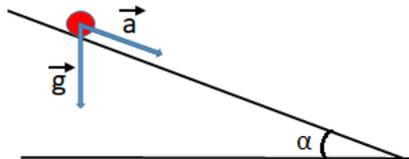
Figura 20 - Descrição experimental do movimento de uma partícula sobre um plano inclinado.



Fonte: Próprio autor, 2018.

Procuramos evidenciar para os alunos que o movimento da partícula era uniformemente acelerado e que a intensidade da aceleração adquirida pela partícula era diretamente proporcional a inclinação do plano, para isso, fazemos a seguinte análise:

Figura 21 - Plano inclinado



Fonte: próprio autor, 2018

Da análise da situação demonstrada na *Figura 21*, temos que:

$$\text{Sen } \alpha = \frac{g}{a} \tag{77}$$

$$a = \frac{g}{\text{Sen } \alpha} \tag{78}$$

Onde:

$$\text{Se } \alpha = 90^\circ \rightarrow a = g,$$

$$\alpha = 0^\circ \rightarrow a = 0.$$

Evidenciamos para os discente, através deste experimento, que o mesmo está de acordo com a expressão (78).

Assim, concluímos que, quanto maior a inclinação maior será a aceleração da partícula. Logo, para evidenciarmos esse fato executamos este experimento com inclinações de 15°, 30° e 45°.

Aplicamos o software TRACKER para analisar o movimento da partícula com um plano inclinado de 30°. O software gera uma tabela de dados. Abaixo mostramos a *Figura 22*, que contém a impressão da tabela gerada pelo TRACKER.

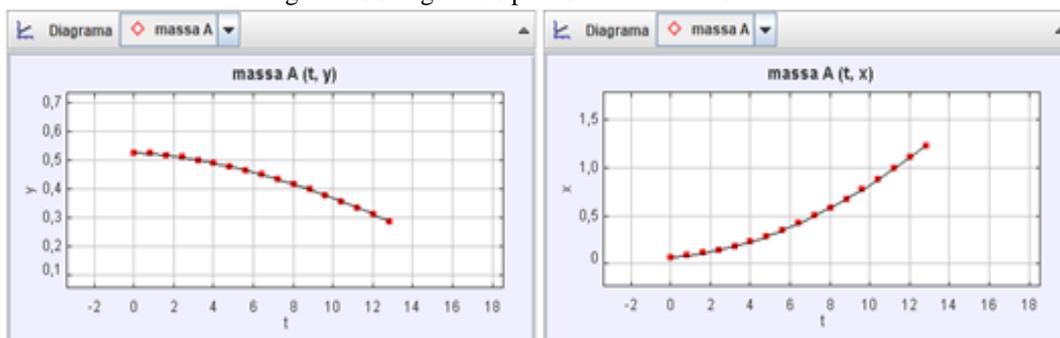
Figura 22 - Esta figura mostra a tabela de dados gerados pelo software TRACKER. Nesta tabela é apresentada as grandezas dinâmicas X, Y, Vx, Vy, ax e ay em função do tempo, T.

t	x	y	Vx	Vy	v	ax	ay	a
0,000	5,372E-2	0,388						
0,100	5,423E-2	0,388	3,736E-3	1,467E-3	4,014E-3			
0,200	5,447E-2	0,388	1,027E-2	-2,268E-3	1,052E-2	5,241E-2	-3,887E-2	6,525E-2
0,300	5,628E-2	0,388	1,685E-2	-6,375E-3	1,802E-2	4,292E-2	-2,188E-2	4,818E-2
0,400	5,784E-2	0,387	1,697E-2	-7,058E-3	1,838E-2	5,945E-3	-1,296E-3	6,085E-3
0,503	5,973E-2	0,386	1,846E-2	-5,894E-3	1,937E-2	3,831E-3	3,490E-2	3,511E-2
0,603	6,159E-2	0,386	1,784E-2	-9,875E-4	1,786E-2	7,806E-3	9,790E-3	1,252E-2
0,703	6,330E-2	0,386	1,979E-2	-1,726E-3	1,986E-2	1,746E-2	-7,352E-3	1,895E-2
0,803	6,555E-2	0,386	2,223E-2	-5,167E-3	2,282E-2	3,318E-2	-3,791E-2	5,038E-2
0,903	6,775E-2	0,385	2,548E-2	-7,188E-3	2,647E-2	8,247E-3	-5,344E-3	9,827E-3
1,003	7,064E-2	0,384	2,542E-2	-8,285E-3	2,673E-2	-2,554E-2	9,178E-3	2,714E-2
1,103	7,283E-2	0,384	1,924E-2	-3,948E-3	1,964E-2	-1,950E-2	1,622E-2	2,536E-2
1,203	7,449E-2	0,383	2,068E-2	-4,912E-3	2,126E-2	1,155E-2	-1,076E-2	1,579E-2
1,303	7,697E-2	0,383	2,330E-2	-6,847E-3	2,429E-2	4,073E-2	-7,869E-3	4,148E-2
1,403	7,915E-2	0,382	2,708E-2	-6,240E-3	2,779E-2	1,313E-2	1,978E-2	2,374E-2
1,503	8,238E-2	0,381	2,822E-2	-3,131E-3	2,839E-2	-6,859E-3	1,800E-2	1,926E-2
1,603	8,480E-2	0,381	2,383E-2	-1,790E-3	2,389E-2	-2,133E-2	-1,189E-2	2,442E-2
1,703	8,715E-2	0,381	2,434E-2	-5,840E-3	2,503E-2	2,230E-2	-2,417E-2	3,289E-2
1,803	8,966E-2	0,380	2,813E-2	-7,416E-3	2,910E-2	2,775E-2	-3,409E-2	4,396E-2
1,903	9,278E-2	0,380	3,069E-2	-1,120E-2	3,267E-2	1,687E-2	-8,719E-3	1,899E-2
2,003	9,580E-2	0,378	3,087E-2	-1,144E-2	3,292E-2	-2,413E-2	2,452E-2	3,440E-2
2,103	9,895E-2	0,377	2,677E-2	-4,530E-3	2,715E-2	1,759E-2	4,023E-2	4,391E-2
2,203	0,101	0,377	3,159E-2	-3,322E-3	3,177E-2	2,637E-2	4,137E-3	2,670E-2
2,303	0,105	0,377	3,616E-2	-4,280E-3	3,641E-2	3,812E-2	-3,533E-2	5,198E-2
2,403	0,108	0,376	3,578E-2	-9,510E-3	3,702E-2	-9,962E-3	-1,504E-2	1,804E-2
2,503	0,112	0,375	3,671E-2	-9,522E-3	3,793E-2	1,339E-2	-2,250E-2	2,618E-2
2,603	0,116	0,374	3,629E-2	-1,084E-2	3,788E-2	-1,036E-2	4,354E-3	1,124E-2
2,703	0,120	0,372	3,652E-2	-1,203E-2	3,845E-2	1,090E-3	1,339E-2	1,344E-2
2,803	0,123	0,372	3,497E-2	-5,826E-3	3,545E-2	3,629E-2	9,043E-3	3,740E-2
2,903	0,127	0,371	4,360E-2	-1,002E-2	4,474E-2	3,035E-2	-6,403E-3	3,102E-2

Fonte: Próprio autor, 2018.

Usando a tabela fornecida dada na *Figura 22*, foram construídos os gráficos apresentados na *Figura 23*, que são X em função do tempo, T, e Y em função do tempo, T.

Figura 23 - Gráficos de Y versus T e X versus T respectivamente, gerado a partir da tabela da Figura 22. Estes gráficos são gerados pelo software TRACKER.

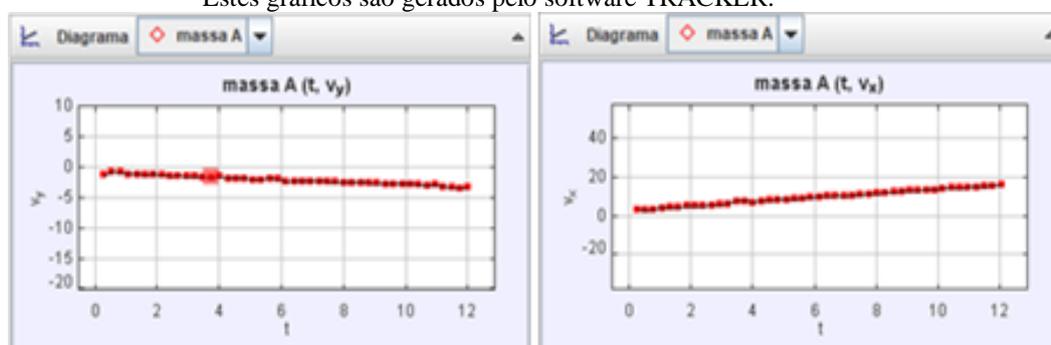


Fonte: Próprio autor, 2018.

Inicialmente enfatizamos o fato de a partícula ter deslocamentos maiores em iguais intervalos de tempo e que essa característica caracteriza o movimento variado. No gráfico Y x T , que é projeção do deslocamento da partícula no eixo Y , definimos para os alunos o movimento acelerado, aquele com uma aceleração negativa, pois temos a concavidade da parábola voltada para baixo e o gráfico X x T , projeção do deslocamento da partícula no eixo X , definimos o movimento acelerado, aquele com uma aceleração positiva, pois temos a concavidade da parábola voltada para cima.

Através da mesma tabela, da Figura 22, ao abordarmos a ideia de velocidade através dos gráficos V_y x T e V_x x T , estes são apresentados na Figura 24. Através destes gráficos observamos que a inclinação é praticamente constante mostrando que a aceleração é aproximadamente constante, tanto na direção Y como na direção X .

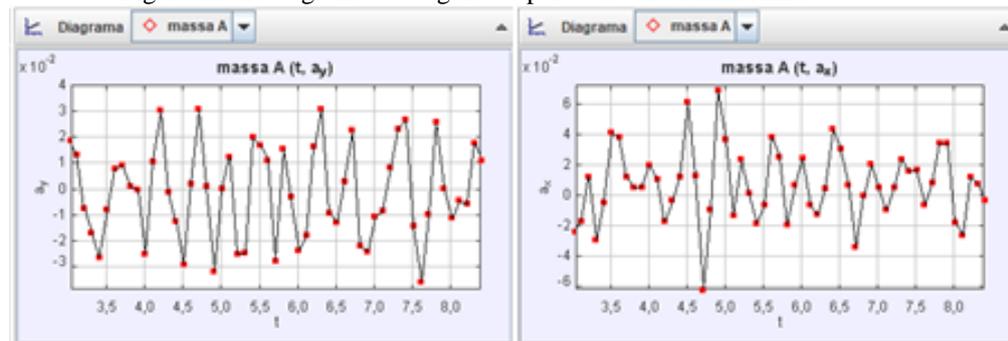
Figura 24 - Esta figura mostra os gráficos de V_y versus T e V_x versus T , gerado a partir da tabela da Figura 22. Estes gráficos são gerados pelo software TRACKER.



Fonte: Próprio autor, 2018.

E, ainda analisando o movimento do plano inclinado, observamos uma variação na aceleração a partir do estudo do gráfico da aceleração em função do tempo, ver gráficos a_y versus T e a_x versus T , construídos a partir da tabela da Figura 25.

Figura 25 - Esta figura mostra os gráficos de a_y versus T e, a_x versus T , gerado a partir da tabela da Figura 22. Estes gráficos são gerados pelo software TRACKER.



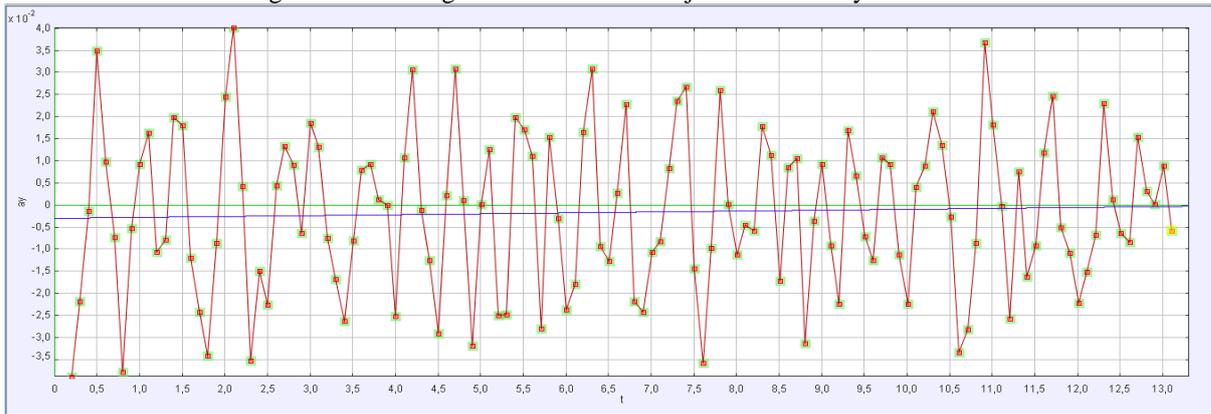
Fonte: Próprio autor, 2018.

Percebemos uma grande dificuldade dos alunos em compreender os gráficos gerados pelo TRACKER, principalmente os gráficos de posição e velocidade. Por isso, esses gráficos foram objeto de discussão que por serem gerados a partir do fenômeno em análise e visualizados no vídeo no mesmo instante em que são plotados facilitaram a compreensão dos alunos e a explicação do discente.

A todo momento em que discutíamos e explicávamos os conceitos de movimento variado fazíamos a análise qualitativa do fenômeno através dos gráficos e discutimos os conceitos físicos e os modelos matemáticos, usados para descrever o movimento da partícula, usando os dados da tabela da Figura 22.

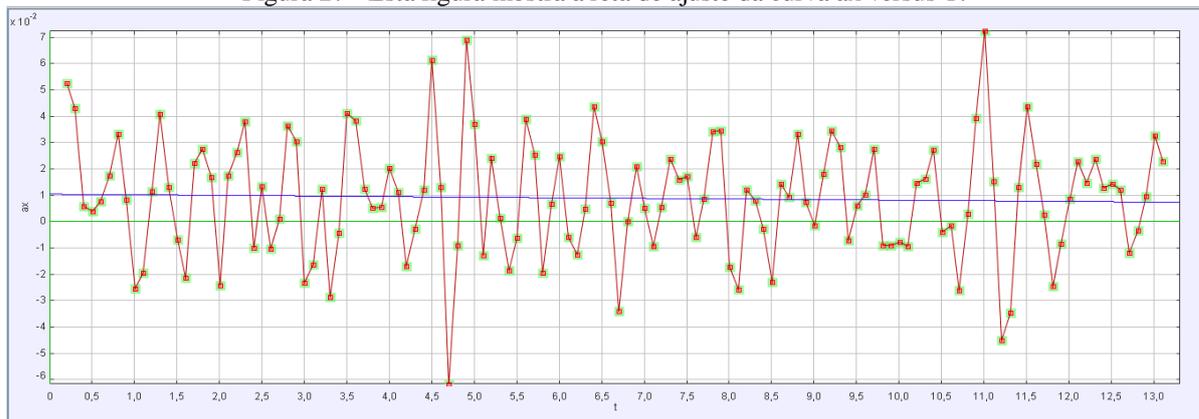
Foi necessário explicar que em um sistema ideal, em uma superfície sem resistência ao movimento, obteríamos resultados de acordo com a teoria discutida em sala onde descrevemos matematicamente o movimento uniforme variado. Pois, o que de fato observamos nos gráficos da Figura 25 foi um movimento com a aceleração variando. Isso devido a precisão na captura da imagem onde oscilações milimétricas, da ordem de 10^{-2} , causadas pela não uniformidade da partícula ou da superfície sob a qual ela se desloca serem detectadas. Para corrigir esse desvio usamos a função ajuste, e ajustamos as curvas de a_y e a_x . Assim, obtemos as curvas que representam uma variação constante da aceleração dessa partícula, que estão destacadas em azul Figura 26 e Figura 27.

Figura 26 - Esta figura mostra a reta de ajuste da curva ay versus T .



Fonte: Próprio autor, 2018.

Figura 27 - Esta figura mostra a reta de ajuste da curva ax versus T .



Fonte: Próprio autor, 2018.

E ainda temos as equações de ajuste da curva que nos fornece a aceleração instantânea da partícula em relação ao eixo y , (ver Figura 28).

Figura 28 - Esta figura mostra os dados fornecidos pelo TRACKER relativos a curva de ajuste ay versus T .

Nome do Ajuste: Linear	Construtor de Ajuste...	Parâmetro	Valor
Equação de Ajuste: $ay = A \cdot t + B$		A	2,035E-4
<input checked="" type="checkbox"/> Ajuste Automático desv. rms: 1,793E-2		B	-3,036E-3

Fonte: Próprio autor, 2018.

E também a equação de ajuste da curva da aceleração instantânea da partícula em relação ao eixo x , (ver Figura 29).

Figura 29 - Esta figura mostra os dados fornecidos pelo TRACKER relativos a curva de ajuste ax versus T .

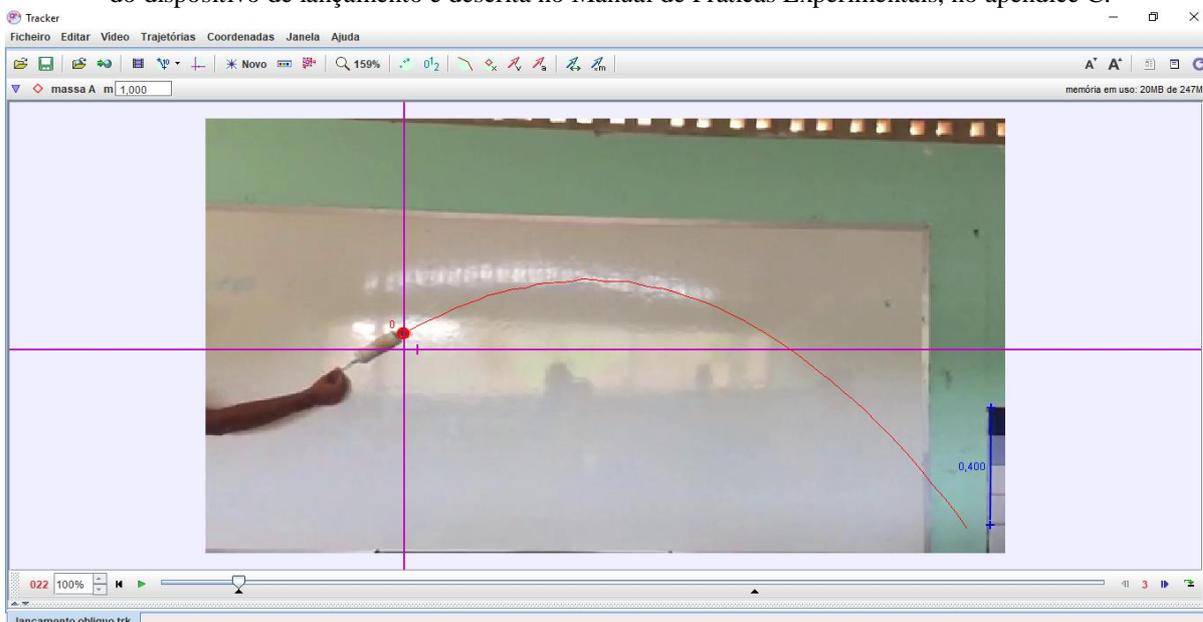
Nome do Ajuste: Linear	Construtor de Ajuste...	Parâmetro	Valor
Equação de Ajuste: $ax = A \cdot t + B$		A	-2,297E-4
<input checked="" type="checkbox"/> Ajuste Automático desv. rms: 2,242E-2		B	1,041E-2

Fonte: Próprio autor, 2018.

Usamos essas equações para calcular a aceleração instantânea da partícula e confrontar os resultados com os dados disponibilizados na Tabela da Figura 22.

O terceiro e último experimento foi o lançamento oblíquo que é constituído do lançamento de uma partícula com o auxílio de um dispositivo, como podemos ver na *Figura 30*.

Figura 30 - Esta figura descreve o experimento de uma partícula sendo lançada como um projétil. A construção do dispositivo de lançamento é descrita no Manual de Práticas Experimentais, no apêndice C.



Fonte: Próprio autor, 2018.

Começamos a aplicação do TRACKER e a explicação teórica desse experimento executando lançamentos com ângulos respectivamente de 30° , 45° e 60° . E, para efeito de análise escolhemos um desses lançamentos para analisarmos as características do movimento dessa partícula. Os dados desse movimento são apresentados na tabela da Figura 31.

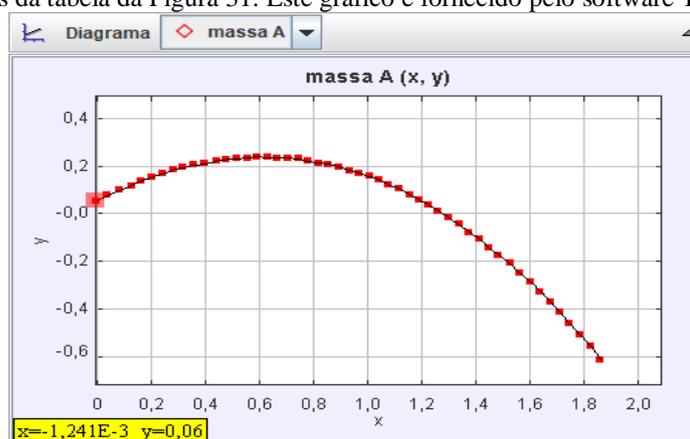
Figura 31 - Esta figura mostra a tabela de dados, do movimento oblíquo da partícula, gerado pelo software TRACKER. Nesta tabela é apresentada as grandezas dinâmicas X, Y, Vx, Vy em função do tempo, T.

t	x	y	v _x	v _y
0,000	3,020E...	0,124		
0,200	0,115	0,168	0,409	0,204
0,400	0,194	0,206	0,396	0,175
0,600	0,273	0,238	0,397	0,144
0,800	0,353	0,263	0,398	0,118
1,000	0,432	0,285	0,397	9,059E-2
1,200	0,511	0,300	0,393	5,233E-2
1,400	0,589	0,306	0,388	2,234E-2
1,600	0,667	0,309	0,382	-4,447E-3
1,800	0,742	0,305	0,378	-3,339E-2
2,000	0,818	0,295	0,380	-6,791E-2
2,200	0,894	0,277	0,382	-0,104
2,400	0,971	0,254	0,386	-0,132
2,600	1,049	0,224	0,382	-0,160
2,800	1,124	0,190	0,374	-0,189
3,000	1,199	0,149	0,377	-0,219
3,200	1,274	0,102	0,378	-0,249
3,400	1,350	4,900...	0,377	-0,285
3,600	1,425	-1,170...	0,379	-0,310
3,800	1,501	-7,502...	0,378	-0,336
4,000	1,576	-0,146	0,380	-0,372
4,200	1,653	-0,224	0,382	-0,405
4,400	1,729	-0,308		

Fonte: Próprio autor, 2018.

Assim como nos outros experimentos analisamos a trajetória da partícula, ver o gráfico da Figura 32, onde constatamos tratar-se de uma parábola.

Figura 32 - Esta figura descreve o gráfico de Y versus X, que é a trajetória descrita pela partícula, gerado a partir dos dados da tabela da Figura 31. Este gráfico é fornecido pelo software TRACKER.

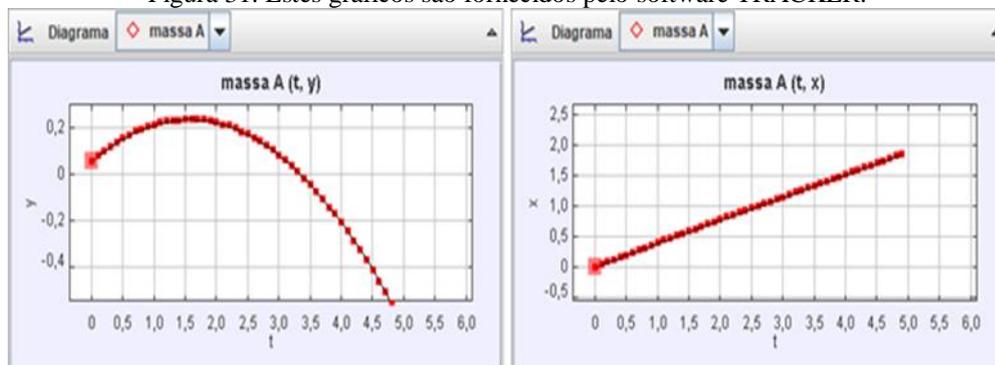


Fonte: Próprio autor, 2018.

Procedemos ao longo da aula com a explanação teórica e conceitual desse tipo de movimento explorando os recursos do software de rastreamento, TRACKER, que nos forneceu, além dos dados da Figura 31, que descreve a trajetória da partícula, os gráficos da Figura 33, que descrevem as coordenadas X e Y, da partícula, em função do tempo, T, como os gráficos da Figura 34, que descrevem a velocidade na direção x (Vx) e a velocidade na direção y (Vy), da

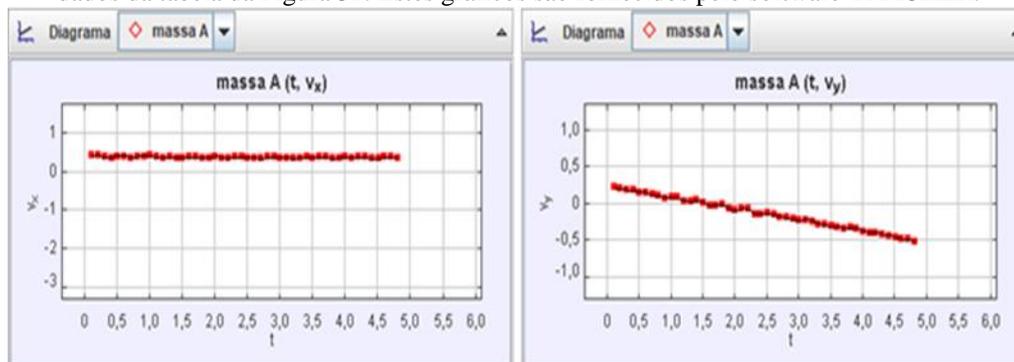
partícula, em função do tempo. Estes gráficos foram determinantes para um melhor entendimento do conteúdo teórico.

Figura 33 - Esta figura apresenta os gráficos Y versus T e X versus T, gerado a partir dos dados da tabela da Figura 31. Estes gráficos são fornecidos pelo software TRACKER.



Fonte: Próprio autor, 2018.

Figura 34 - Esta figura apresenta os gráficos V_x versus T e V_y versus T, respectivamente, gerado a partir dos dados da tabela da Figura 31. Estes gráficos são fornecidos pelo software TRACKER.



Fonte: Próprio autor, 2018.

Mostramos para os alunos, com o auxílio dos gráficos das Figura 32, Figura 33 e Figura 34, obtidos a partir da tabela da *Figura 31*, que o movimento oblíquo da partícula, quando projetado na direção X e Y , descreve na direção X um movimento uniforme e na direção Y a partícula descreve um movimento uniformemente variado. Logo concluímos, dessa análise, para os alunos que podemos estudar o movimento dessa partícula considerando que seu movimento é composto de outros dois, um que ocorre na horizontal, movimento uniforme, e o outro que ocorre na vertical, movimento uniforme variado.

6.3 Etapa 03

Na terceira etapa, nas três aulas do dia 24 de outubro, procuramos fazer com que os alunos aplicassem os conhecimentos adquiridos, na segunda etapa, na descrição de fenômenos que lhes fossem familiares, nesse sentido, escolhemos vídeos de modalidades olímpicas que foram analisados e discutidos em sala com a orientação do discente. Na Figura 35 apresentamos

uma imagem dos alunos assistindo aos Vídeos para Discussão Conceituais 02, denominados por VDC02.

Figura 35 - Alunos assistindo aos VDC02.



Fonte: Próprio autor, 2018.

Com os dados extraídos dos vídeos, os alunos foram instruídos a construir gráficos de posição e velocidade em função do tempo. Para tanto, foi necessário que conhecessem os modelos matemáticos adequados a cada caso e a fazerem observações quando não fosse possível aplicá-las, também quais aproximações deveriam ser feitas, em cada tipo de movimento, para fazerem uso desses modelos matemáticos.

Auxiliamos os alunos a fazerem a leitura contextual da física presente em algumas modalidades esportivas, como podemos observar nos VDC02 (Vídeos para Discussões Conceituais 02). E, os alunos prosseguiram com a construção dos gráficos no Excel.

O objetivo foi estudar a Física presente contextualmente em cada vídeo dos VDC02 através das grandezas físicas identificadas nas modalidades olímpicas. A partir da análise destes vídeos extraímos os dados que constituem os objetos conceituais de discussão de nossa prática que são necessários para a elaboração dos gráficos e que estão explicitados na Tabela 7.

Adotando-se uma perspectiva com foco na exploração dos conceitos físicos a partir do contexto dos jogos olímpicos, para termos uma visão prática da Física nas Olimpíadas, os vídeos (V) selecionados para a Discussão Conceitual, foram os seguintes:

- V1 Usain Bolt New World Record 100m In 9. 58 Seconds In Berlin;
- V2 200m final Usain Bolt world record 19.19 seconds;
- V3 Rio Replay- Men's 100m Butterfly Final;
- V4 Rio Replay- Men's 200m Individual Medley;
- V5 Rio Replay- Women's 800m Freestyle Final;
- V6 Rio Replay- Men's Single Sculls Final Race;

- V7 Rio Replay- Women's 3m Springboard Diving Final;
 V8 Rio Replay- Men's Long Jump Final;
 V9 Rio 2016 - Men's javelin throw final – Highlights.

Tabela 7 - Nessa tabela apresentamos as grandezas físicas a serem discutidas conceitualmente e os dados necessários para a construção dos gráficos que se encontram nos vídeos editados.

Vídeos	Objeto de discussão conceitual observados nos VDC02										Dados necessários para construção dos gráficos	
	MRU	MRUV	V _M	V _i	V _f	t _i	t _f	d _i	d _f	g (m/s ²)	Δd (m)	ΔT
V1	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	100	9, 58s
V2	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	200	19,19s
V3	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	50	50,39s
V4	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	50	1min 54,66s
V5	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	50	8min 04,79s
V6	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	2000	6min 41s
V7	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	3	?
V8	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	8,2	0,8s
V9	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	87,07	3,12s

Fonte: Próprio autor, 2018.

V – Vídeos; 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9 – Enumeração;

MRU – Movimento Retilíneo Uniforme;

MRUV – Movimento Retilíneo Uniforme Variado;

V_M – Velocidade Média;

V_f, V_i – Velocidade inicial e final;

t_i, t_f – Tempo inicial e final;

d_i, d_f – Posição inicial e final;

g (m/s²) – Aceleração da Gravidade;

Δd - Variação da posição;

ΔT - Intervalo de tempo;

m – metros;

✓ – analisar; ✗ – não analisar;

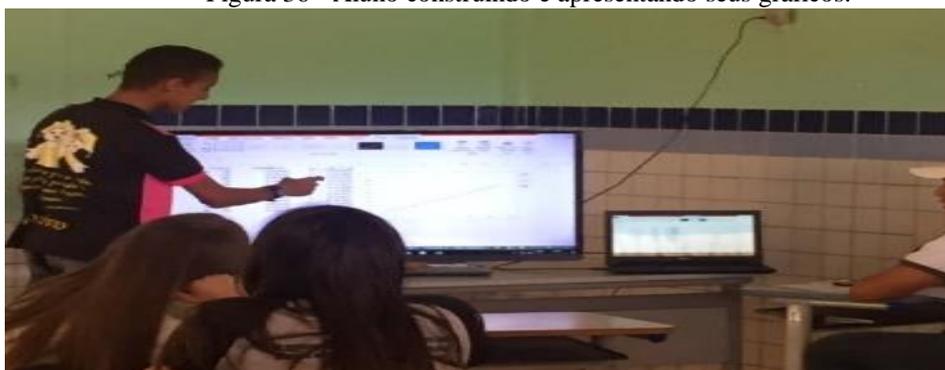
? – Valor a ser encontrado no problema dado.

Quando da aplicação dessa estratégia, no momento da prática de ensino no laboratório de informática, julgamos relevante a escolha de quatro desses vídeos para compor o objeto de investigação, para verificarmos a compreensão dos discentes, na forma do pós-teste. Logo, dos

vídeos apresentados na tabela acima, os vídeos V1, V3, V5, V6 e V8, foram trabalhados como uma atividade de laboratório de informática, como pretendido. Para isso foram elaborados questionamentos para cada vídeo, ver apêndice C. E os vídeos V2, V4, V7 e V9 constituíram o pós-teste, ver Apêndice B.

Não foi proposto a turma que apresentassem seus gráficos, mas um dos alunos se dispôs a apresentar a turma seus resultados, uma imagem do aluno expondo seus gráficos é apresentada na Figura 36. Fica como uma proposta alternativa ao docente explorar esse momento como uma maneira de analisar os conhecimentos adquiridos pelos alunos.

Figura 36 - Aluno construindo e apresentando seus gráficos.



Fonte: Próprio autor, 2018.

6.4 Etapa 04

Na última etapa de nossa sequência didática, nas duas aulas do dia 31 de outubro, os discentes foram divididos em quatro equipes e apresentaram um seminário em que realizaram a vídeo análise, com o software TRACKER, de curiosidades do seu dia a dia e de fenômenos tratados em práticas realizadas ao longo da disciplina de física que eles julgaram interessante.

6.4.1 Apresentação da equipe A

No mês de junho de 2017, nessa mesma turma, fizemos uma competição de lançamento de foguetes de garrafas PET. Os alunos da equipe A tinha um vídeo de um dos lançamentos, ver Figura 37, e escolheram analisá-lo.

Figura 37 - Análise do movimento do foguete, feito de garrafa PET, ao ser lançado fazendo uso do software



Fonte: Próprio autor, 2018.

Durante a apresentação desse experimento (ver Figura 38) os alunos demonstraram e discutiram a forma da trajetória do foguete e também a projeção de sua velocidade no eixo x.

Figura 38 - Apresentação da análise do vídeo de lançamento do um foguete, feito de garrafa PET. Análise feita pela equipe A usando o software TRACKER.

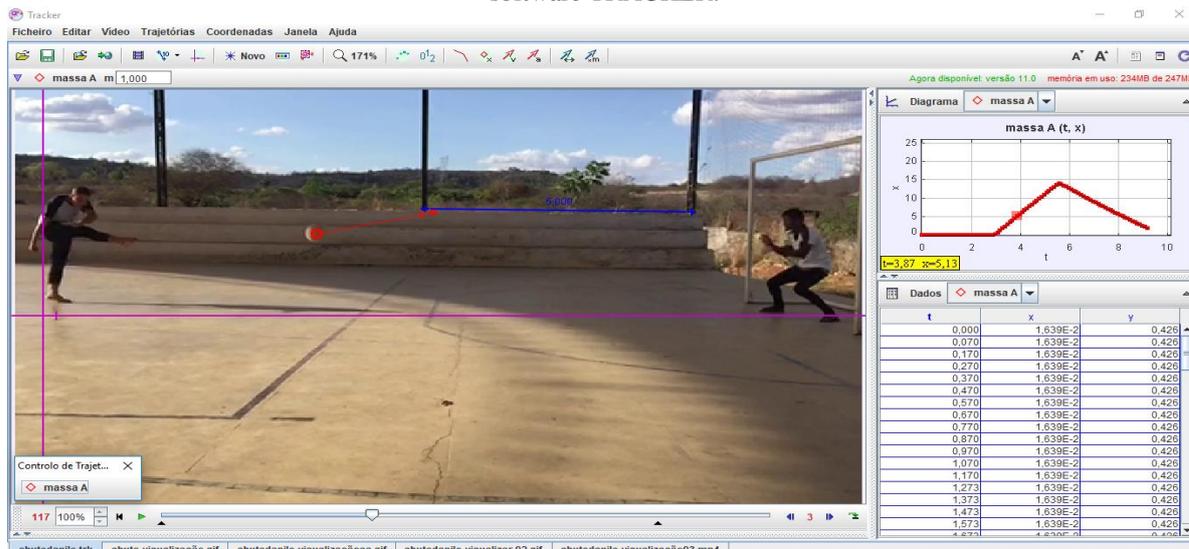


Fonte: Próprio autor, 2018.

6.4.2 Apresentação da equipe B

Os componentes da equipe B propuseram verificar a forma dos gráficos ao rastrear uma bola de futebol sendo chutada em direção ao gol, ver *Figura 39*.

Figura 39 - Análise do movimento da bola ao ser chutada em direção ao gol, cobrança de pênalti, usando o software TRACKER.



Fonte: Próprio autor, 2018.

Desse experimento, sugerido pelos alunos, podemos destacar um fato que ocorreu, que não foi planejado, e que enriqueceu a análise gráfica realizada pelos alunos dessa equipe. O fato foi que ao chutar a bola ao gol, um pênalti, ela acertou a trave e retornou em direção ao aluno que a chutou, esse acontecimento favoreceu a discussão de como ficaria o movimento que seria representado graficamente ao analisarem o gráfico da posição em função do tempo.

Durante essa apresentação (ver Figura 40) os alunos se revezaram na discussão dos conceitos de posição, trajetória, referencial e velocidade.

Figura 40 - Apresentação da análise da cobrança de pênalti, o vídeo foi construído e analisado pelos alunos. Análise feita pela equipe B, fazendo uso do software TRACKER.

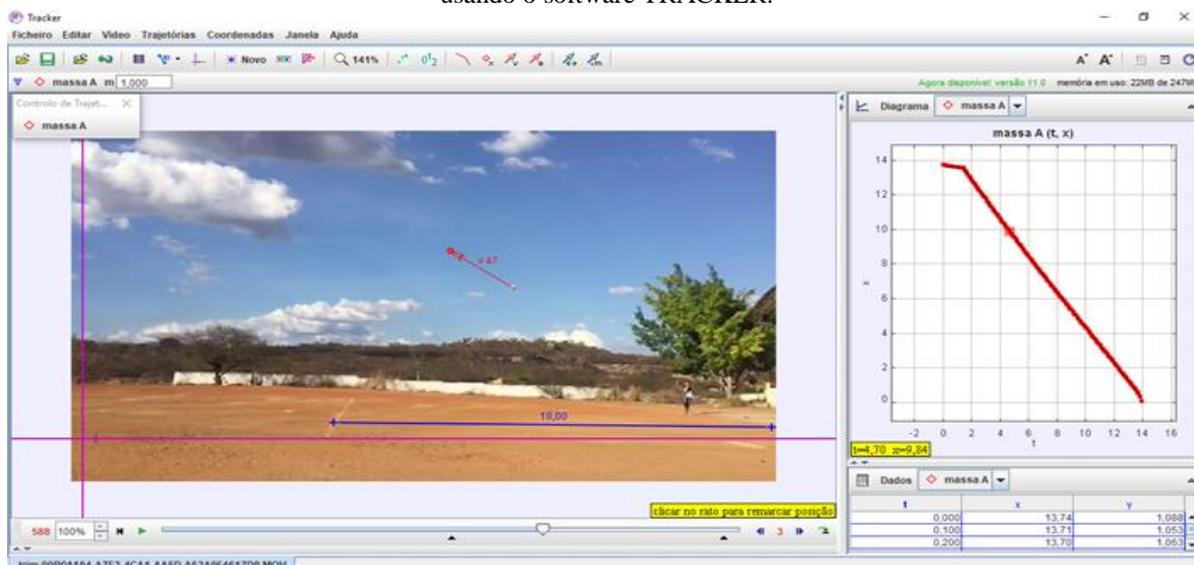


Fonte: Próprio autor, 2018.

6.4.3 Apresentação da equipe C

A equipe C mostrou o interesse em analisar o lançamento oblíquo em alguma situação corriqueira do dia a dia. Nesse sentido propuseram o estudo do chute de um goleiro ao repor uma bola de futebol em jogo, ver Figura 41.

Figura 41 - Análise do movimento da bola ao ser chutada pelo goleiro para repor a bola em jogo, usando o software TRACKER.



Fonte: Próprio autor, 2018.

A apresentação da equipe C (ver Figura 42) cumpriu o objetivo de analisar detalhadamente os gráficos de posição e velocidade em função do tempo, enfatizando a peculiaridade desse movimento que é o fato de seu estudo ser feito estudando-se sua projeção nos eixos x e y .

Figura 42 - Apresentação da análise do movimento da bola ao ser chutada pelo goleiro, para repor a bola em jogo. O vídeo foi construído e analisado pelos alunos. Análise feita pela equipe C, fazendo uso do software TRACKER.

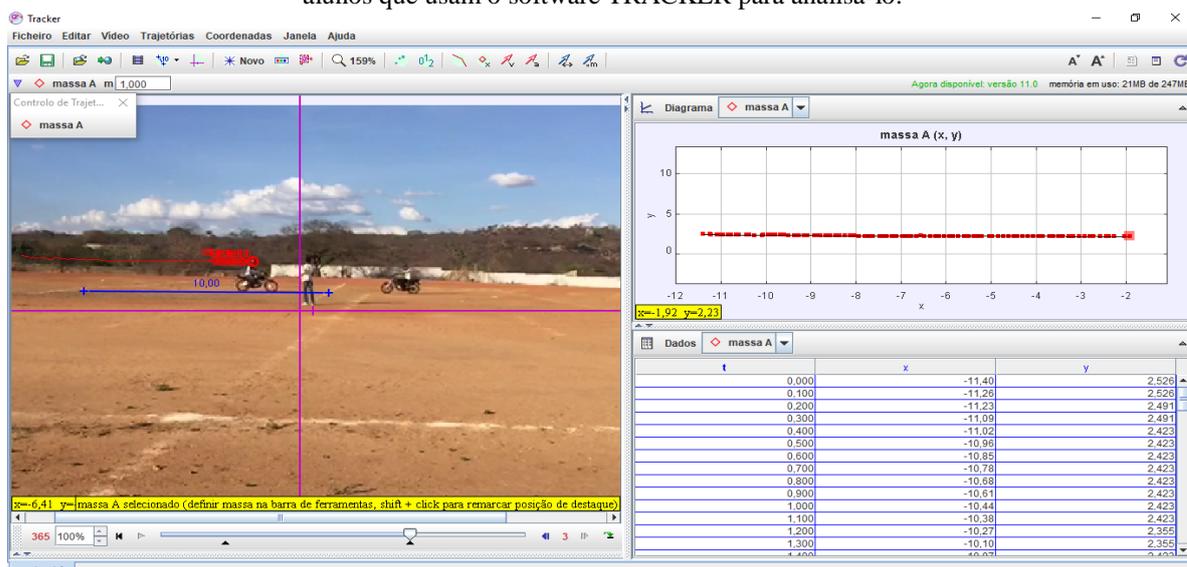


Fonte: Próprio autor, 2018.

6.4.4 Apresentação da equipe D

Motivados pelo fato de em sua região existir competição de motocross a equipe D propôs a realização de um experimento em que analisassem os deslocamentos das motos. Nesse sentido, analisaram o movimento de duas motos (ver Figura 43) deslocando-se em uma mesma direção, mas em sentido oposto, onde o sistema de referencial está ligado ao aluno que observa.

Figura 43 - Análise do movimento de duas motos movendo-se na mesma direção, mas em sentidos opostos. O movimento é estudado do ponto de vista de um aluno, em repouso, que os observa. O vídeo é produzido pelos alunos que usam o software TRACKER para analisá-lo.



Fonte: Próprio autor, 2018.

Durante sua apresentação, a equipe D, procurou mostrar que a velocidade da partícula depende do referencial escolhido. Para isso, executou o rastreamento das motos de maneira sistemática para confirmar a finalidade do sistema de referencial.

Primeiramente eles mostraram o movimento de cada moto em relação ao referencial ligado a um aluno, em repouso, que observa o deslocamento das duas motos e depois analisaram o mesmo movimento usando um referencial ligado a uma das motos. A apresentação dos alunos da equipe D é mostrada na Figura 44.

Figura 44 - Apresentação da análise, a partir de dois referenciais diferentes, do movimento de duas motos que se movimentam na mesma direção, mas em sentidos opostos. O vídeo foi construído e analisado pelos alunos da

equipe D fazendo-se uso do software TRACKER.



Fonte: Próprio autor, 2018.

Os alunos analisaram, exclusivamente, os gráficos da posição e velocidade em função de tempo.

Por fim, no dia primeiro de novembro de 2017, procedemos com a aplicação do pós-teste que será objeto de discussão no capítulo a seguir para verificarmos se houve uma aprendizagem significativa. Mas é importante destacar que cada etapa da sequência didática se tornou parte do processo de avaliação qualitativa dessa metodologia de ensino através da observação das reações dos discentes a cada atividade trabalhada.

Capítulo 7

Análise qualitativa dos dados e discussões

A proposta desenvolvida nessa dissertação, com base em uma teoria construtivista e desenvolvida em sala de aula teve como objetivo fim obter uma avaliação metódica de sua

potencialidade como uma ferramenta didática alternativa como objeto de reflexão investigativa vislumbrando a melhoria das aprendizagens.

Nesse capítulo avaliamos a metodologia proposta através da descrição dos resultados obtidos ao analisarmos as atividades realizadas pelos alunos e do que foi observado durante as aulas em relação as situações de busca da aprendizagem.

Nessa perspectiva, a partir da análise dos dados obtidos durante a aplicação desse material fizemos uma descrição sistemática e simultânea da prática com a capacidade de assimilação do conteúdo por parte do discente. Pois essa relação dialética da prática com a recepção do aluno do que essa prática lhe pretende ensinar e de como lhe pretendeu ensinar torna imprescindível uma atenção particular aos conhecimentos prévios dos discentes e sua evolução conceitual a partir de uma discussão da forma de sua escrita e o tipo de instrumento utilizado para transmitir os conceitos físicos aos alunos, e que foram levados em consideração ao classificar os resultados dessa prática como significativos.

Podemos observar também, que quando se pretende julgar a eficácia de uma metodologia através da observação do modo de escrever do discente sobre os conteúdos discutidos deve-se levar em consideração o nível, ou melhor, a forma do conteúdo a ser ensinado e o que foi assimilado pelo discente observado em sua escrita. Ou seja, a transposição didática é fundamental para o sucesso do processo de ensino aprendizagem. E pode ser definida como cita Machado:

Relacionando os termos transposição e didática, a transposição didática é compreendida como o conjunto das transformações que um determinado corpo de conhecimentos científicos invariavelmente sofre, com o objetivo de ser ensinado, implicando, necessariamente, determinados deslocamentos, rupturas e transformações diversas nesse conjunto de conhecimentos, e não como uma mera aplicação de uma teoria de referência qualquer (Machado, 2000, p.2)

Esse diálogo harmônico entre os instrumentos da prática, metodologia, transposição didática do conteúdo e a capacidade do discente em assimilar o conteúdo ministrado é necessário para uma aprendizagem satisfatória. Refletimos como esses elementos, importantes para uma atividade docente satisfatória, se relacionaram durante nossa prática.

Os materiais utilizados para a introdução de conteúdos de difícil visualização e manipulação matemática possuem recursos que tornam sua compreensão teórica mais acessível. Assim, percebemos que a interação com elementos experimentais com o fim de elucidar ideias conceituais de difícil compreensão, norteadas por uma metodologia específica, se mostraram muito eficientes em cumprir esse papel. Logo, podemos fazer essa afirmação a partir do que foi

observado durante a aplicação da sequência didática, como podemos ver na descrição e discussão qualitativa dos resultados que faremos a seguir.

Ao analisarmos o pré-teste percebemos que o discente conseguiu identificar algumas grandezas físicas presentes e necessárias para a descrição dos fenômenos visualizados nos VDC01. Mas, em sua maioria percebemos uma dificuldade em descrever o fenômeno a partir das variáveis envolvidas no fenômeno em discussão. Vejamos algumas respostas dos pré-teste no apêndice G.

Tendo em vista as dificuldades apresentadas pelos discentes, em entender alguns conceitos como por exemplo: A ideia de movimento relativo e a relação de proporcionalidade entre as grandezas físicas, qualificamos a escolha dos experimentos como adequados. Pois, sua eficiência em estabelecer uma linguagem apropriada associando conceitos e imagens objetivas do que se discutia se mostrou uma ferramenta poderosa.

Ou seja, esses experimentos foram fundamentais em cumprir o objetivo de elevar a compreensão dos discentes dos conceitos físicos. Esse fato é claro e identificado durante a execução dos experimentos, onde os alunos interagiram constantemente com as práticas e entre si tentando sempre entender a relação dos conceitos físicos e dos modelos matemáticos com os experimentos explorados durante as práticas.

Quando discutimos os conceitos de referencial e trajetória em aulas tradicionais, sem o uso de recursos alternativos para uma melhor visualização de situações que requerem elementos táteis, é notório uma dificuldade na compreensão do significado destes conceitos. Ao abordarmos esse conteúdo com uma prática experimental feito com material de fácil acesso sem aplicar o TRACKER verificamos que as dificuldades em identificar as trajetórias das partículas persistiram, ver atividade extra apêndice F. Com isso percebemos a importância dessa ferramenta para a investigação científica didática para a formação do aluno crítico e metódico na busca do conhecimento sendo capaz de fazer hipóteses e testar. Que foi exatamente o que observamos nessa prática, ver Capítulo 5, etapa 02.

Os vídeos escolhidos na etapa 03 para compor uma prática desenvolvida com objetivo de verificar a habilidade de interpretação e a aplicação de modelos matemáticos no entendimento de fenômenos físicos foi conceitualmente proveitoso. Pois ao mesmo tempo que praticaram a aplicação dos modelos matemáticos com a utilização dos dados fornecidos nos VDC02, os discentes foram induzidos a realizarem uma prática ainda não experimentada por eles que foi a atividade de construir gráficos utilizando o software EXCEL.

O que foi praticado e discutido até esse momento serviu de base para a atividade proposta com o objetivo de verificar como o aluno expressa verbalmente seu entendimento conceitual dos conteúdos tratados nas aulas anteriores que foi através da apresentação de uma prática de vídeo análise escolhida por cada equipe.

Durante suas apresentações, da análise do vídeo que escolheram, percebemos uma evolução na capacidade de associação da teoria com os dados da prática onde conseguiram discutir as grandezas físicas e descreveram o fenômeno a partir dessas grandezas.

Portanto, através da observação e análise de seu entendimento em suas apresentações foi possível concluir nossa avaliação do potencial de nossa prática metodológica concebida com o fim de atingir uma aprendizagem significativa na concepção ausubeliana.

Os resultados obtidos da análise do pós-teste revelou um aproveitamento satisfatório quando percebemos que o discente conseguiu utilizar conceitualmente as grandezas físicas e os objetos físicos conceituais²⁹ de maneira adequada na resolução de problemas de cinemática. Ver Apêndice H.

Acrescentamos, ainda, que no pós-teste verificamos que os discentes assimilaram os conceitos de posição, instante de tempo, velocidade e aceleração. Pois, conseguiram diferenciá-las nas situações analisadas nesse teste, mas evidenciamos que ainda apresentaram dificuldades em aplicar conceitos matemáticos, por não dominarem e nosso objetivo não foi praticar algebrismo matemático e sim que os alunos conseguissem identificar e diferenciar as grandezas físicas necessárias para estudarmos o movimento, ver questionamento 4 do pós-teste no apêndice H onde não plotaram o gráfico da trajetória do dardo demonstrando os valores. Apesar de não calcularem os valores da projeção das posições no eixo X e Y , os discentes identificaram que o estudo do movimento, nesse caso, é feito a partir da projeção do movimento da partícula no eixo X e Y , e que a projeção do movimento no eixo X se dava sob a forma do movimento uniforme e que no eixo Y se tratava de um movimento uniforme variado.

O esperado é que a partir da motivação proporcionada por nossa prática os discentes procurem suprir suas dificuldades que procuramos identificar nessas atividades e que possa, todas essas experiências, servi de motivação para esses estudantes investirem em sua formação científica.

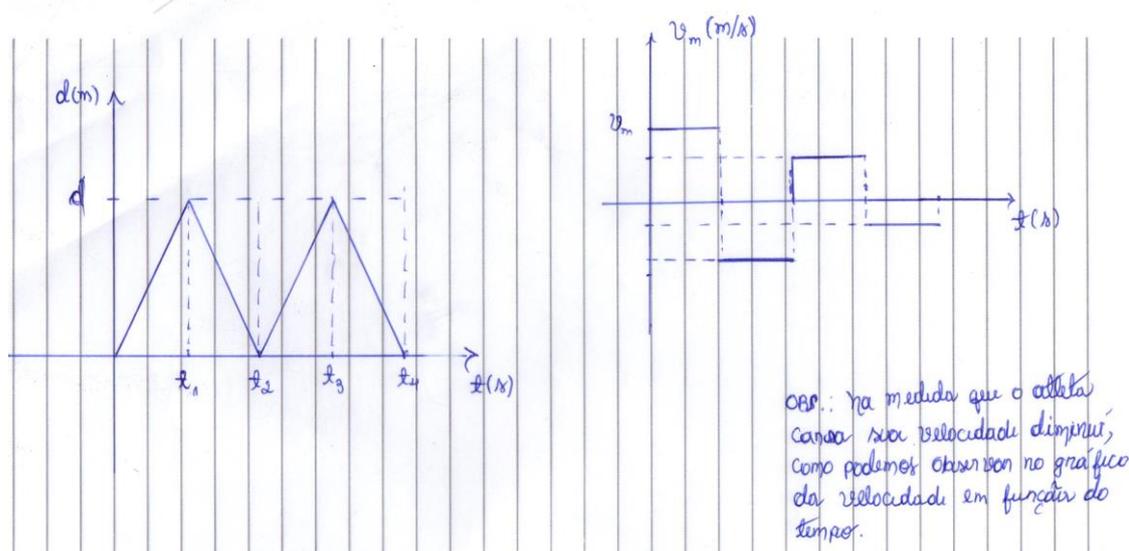
Em se tratando de construir gráficos das relações $X \times T$, $V \times T$, tivemos resultados interessantes como podemos ver na resposta de um dos alunos, ver Figura 45, quando lhe foi

²⁹ Sistema de referencial, trajetória e gráfico. Estes conceitos são definidos através das grandezas físicas: posição, tempo, velocidade e aceleração.

solicitado que representasse graficamente de forma qualitativa, sem especificar valores, a posição e a velocidade em função do tempo dos atletas na competição olímpica de natação, onde ele afirma que a velocidade do atleta diminuiu porque ele está cansando e representa o gráfico da V_m versus o T de maneira ainda incompleta, pois a pesar de ter sido correto ao dispor no gráfico a curva da velocidade em cada volta do atleta, ele não representou os intervalos de tempo maiores à medida que o atleta cansa. E, ainda ao representar a relação X versus T o mesmo não associou sua ideia ao aumento do tempo no percurso do atleta, cometendo o mesmo erro como no caso da velocidade. Assim, percebemos uma falta de entendimento e domínio conceitual, pois o discente não atentou para o conceito de velocidade, equação 1. Ver essa resposta de um dos alunos ao problema 2 do pós-teste a seguir.

2) Construa os gráficos qualitativo, sem especificar valores, X x t e V_m x t do atleta mais rápido observado no vídeo 04 – Natação 200mts (Rio Replay- Men's 200m Individual Medley).

Figura 45 - Resposta de um aluno ao questionamento 2 do pós-teste.



Fonte: Próprio autor, 2018.

Podemos observar mais resultados de outros discentes, que foram mais precisos que esse na resolução desse problema, no apêndice H. Destacamos esse caso devido ao fato de o aluno não perceber que velocidade e tempo estão relacionados mesmo ele tendo tido sucesso em outros questionamentos onde esse entendimento se fez necessário. Ou seja, pode ter sido a falta de atenção devido a comodidade de não ter que usar a matemática.

E ainda, verificamos que os discentes compreenderam a ideia de construir uma tabela com os valores Y e t , e em seguida construir o gráfico da posição em função do tempo, Y x t , no movimento uniforme variado. (Ver apêndice H.)

Capítulo 8

Considerações finais

Nossa proposta de metodologia de ensino teve como principal objetivo oferecer a comunidade docente uma alternativa a prática tradicional comumente praticada nas instituições de ensino médio e que estabelecesse uma oportunidade de aprendizagem significativa, na concepção de Ausubel, no campo de estudo da cinemática. Para isso, construímos uma

sequência didática composta de etapas aonde utilizávamos um software de rastreamento de vídeo quadro-a-quadro e experimentos construídos com materiais de fácil acesso.

Esse método se mostrou eficiente quando durante sua aplicação, elementos como: os experimentos construídos com materiais de fácil acesso, a sequência didática, a linguagem usada e o nível do discente se apresentaram relacionados. Ou seja, a sequência didática foi construída de maneira que se adequasse ao tipo de experimento utilizado e de acordo com o nível do discente, assim como também tivemos que abordar inicialmente alguns conceitos de uma forma que o discente entendesse e em seguida prosseguíssemos com uma explicação mais científica na medida do possível.

Durante todo o processo de aplicação pedagógica desse instrumento instrucional percebemos que em alguns pontos tínhamos elementos importante a serem discutidos novas formas de abordagens, isso em grande parte, devido a potencialidade das ferramentas utilizadas, os questionamentos levantados pelos alunos e a percepção dos envolvidos no desenvolvimento desse trabalho.

Logo, concluímos que para termos uma ideia mais próxima do ideal de uma sequência didática no contexto conceitual da cinemática e utilizando essa ferramenta computacional com foco na aprendizagem do significado de conceitos físicos é necessário que analisemos, sistematicamente, os resultados aqui obtidos. A partir dos resultados dessa análise traçarmos novas estratégias de aplicação. Uma hipótese a ser testada seria estabelecer um tempo maior entre as aulas para que o discente tenha tempo para maturar as ideias discutidas.

Ou seja, para termos uma ideia conclusiva, o que se mostra como um elemento relevante é a importância do tempo de aplicação dessa proposta. Portanto, temos que ter outras oportunidades de aplicação desse trabalho e a cada situação fazer as devidas observações e ajustes na sequência. Logo, para que possamos evoluir nossa prática é necessária uma pesquisa constante, e assim ao longo de cada oportunidade de intervenção termos uma visão geral da completude de sua eficiência.

Referências bibliográficas

Ausubel, David P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva.** Plátano Edições Técnicas Lisboa, 2000.

AUSUBEL, D. P; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional.** Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

Barbosa, Joaquim de Oliveira; Paulo, Sérgio Roberto e Rinaldi, Carlos. **Investigação do papel da experimentação na construção de conceitos em eletricidade no ensino médio**. Cuiabá – MT. Cad. Cat. Ens.Fís., v. 16, n. 1: p. 105-122, abr. 1999.

BARRETO, Raquel Golart (org.); PRETTO, Nelson de Lucas... [et. al.], **Tecnologias educacionais e educação a distância: Avaliação política e prática**, 2ª ed., Rio de Janeiro RJ: Quartel, 2003.

Brasil no PISA 2015, **Análises e reflexões sobre o desempenho dos estudantes brasileiros**. Disponível em: http://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/resultados/2015/pisa2015_completo_final_baixa.pdf >. Acesso em: 25 de agosto de 2017.

Bem-Dov, Yoav. **Convite à Física**. /Yoav Bem-Dov; tradução, Maria Luiza X. de A. Borges; revisão técnica, Henrique Lins de Barros. Rio de Janeiro-RJ. Jorge Zahar Ed., 1996.

Brennan, Richard P. **Gigantes da física: Uma história da física moderna através de oito biografias**. / Richard P. Brennan; tradução, Maria Luiza X. de A. Borges; revisão técnica, Henrique Lins de Barros. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed.,1998.

Coher, I. Bernard. **O nascimento de uma nova física**. 1ª Edição. São Paulo: EDART, 1967.

Campos, Alexandre e Ricardo, Elio Carlos. **A complexidade do movimento local na Física aristotélica**, Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo-SP, v. 34, n. 3, 3601 (2012)
Peduzzi, Luiz O. Q. **Física aristotélica: Por que não considera-la no ensino da mecânica?** Cad.Cat.Ens.Fis. Florianópolis - SC, v.13, n1: p.48-63, abr.1996.

Fuzer, W. B. & Dohms, E. P. (2008). **Ensinar a pensar em Física – dois exemplos de aplicação das operações de pensamento de Louis Raths**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, 5(2), 61–73.

Fiolhais, C. **A Ciência em Portugal. Ensaio da Fundação**. Lisboa: Fundação Francisco Manuel dos Santos. 2011.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila

FONSECA, Aline Corrêa de Souza; Gerhardt, Tatiana Engel. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002.

FRANKLIN, A. **Principle of inertia in the middle ages**. American Journal of Physics, v. 44, n. 6, p. 529-545, 1976.

Gil, Antônio Carlos, 1946- **Como elaborar projetos de pesquisa**/Antônio Carlos Gil. - 4. ed. - São Paulo: Atlas, 2002

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GOMES, Angel Pérez. **O pensamento prático do professor: a formação do professor como professor reflexivo**. In: Nóvoa, António. Os professores e a sua formação. Portugal: Porto, 1997.

Gerhardt, Tatiana Engel; Souza, Aline Corrêa; Minayo, M. C. S.; MINAYO-GOMÉZ, C. **Difíceis e possíveis relações entre métodos quantitativos e qualitativos nos estudos de problemas de saúde.** In: GOLDENBERG, P.; MARSIGLIA, R. M. G.; GOMES, M. H. A. (Orgs.). O clássico e o novo: tendências, objetos e abordagens em ciências sociais e saúde. Rio de Janeiro: Fiocruz, p.117-42, 2003.

Hewitt, Paul G. **Física conceitual.** 9ª Edição. Porto Alegre: Bookman. 2002.

Halliday, D.; Resnick, R.; Walker, J. **Fundamentos de Física. Volume 1.** 9ª ed. Trad. Biadi, R. S. de. IME. Rio de Janeiro, editora LTC, 2012.

KOYRÉ, A. **Estudos galilaicos.** Lisboa, Publicações Dom Quixote, p.22-23, 1986.

KOYRÉ, A. **Estudos de história do pensamento científico.** Brasília: Universidade de Brasília, 1982.

Lara, Anna Elisa e Sousa, Célia Maria Soares Gomes. **O processo de construção e de uso de um material potencialmente significativo visando a aprendizagem significativa em tópicos de colisões: apresentações de slides e um ambiente virtual de aprendizagem.** Revista Experiências em Ensino de Ciências – V4(2), pp.61-82, Brasília – DF, 2009.

LE BOTERF, Guy. **Pesquisa participante: Propostas e reflexões metodológicas.** In: BRANDÃO, Carlos Henrique. et al., Repensando a pesquisa participante. São Paulo: Brasiliense, 1984.

MACHADO, Anna Rachel. **Uma experiência de assessoria docente e de elaboração de material didático para o ensino de produção de textos na Universidade.** D.E.L.T.A., v. 16, n. 1, p. 1-26. 2000.

Moreira, Marco Antônio. **Aprendizagem significativa: um conceito subjacente.** Aprendizagem Significativa em Revista, V1(3), pp. 25-46, 2011.

Moreira, Marco Antônio. **O que é afinal aprendizagem significativa.** Instituto de Física – UFRGS, Porto Alegre – RS, 2012.

Moreira, Marco Antônio. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa.** Instituto de Física – UFRGS, Porto Alegre - RS, 2012.

Moran, José Manuel. **Mudar a forma de ensinar e de aprender: transformar as aulas em pesquisa e comunicação presencial-virtual.** Revista Interações. vol. V, p.57-72, 2000.

MORAN, José Manuel, MASETTO, Marcos T., BEHRENS, Marilda Aparecida, **Novas Tecnologias e mediação pedagógica,** 12ª ed., Campinas SP: Papirus, 2000.

Morais, José Uibson Pereira; Junior, Romualdo S. Silva. **Experimentos Didáticos no Ensino de Física com Foco na Aprendizagem Significativa.** Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review – V4(3), p. 61-67, 2014.

MASETTO, Marcos Tarciso. **Didática: a aula como centro.** 4ª ed. São Paulo: FTD, 1997.

MASETTO, M. T. In MORAN, J.M; BEHRENS, M.A; **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. 3 ed. Campinas, SP: Papirus, 2009, p.143-173.

Métodos de pesquisa / [organizado por] Tatiana Engel Gerhardt e Denise Tolfo Silveira; coordenado pela Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. – Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

Métodos de pesquisa / [organizado por] Tatiana Engel Gerhardt e Denise Tolfo Silveira; coordenado pela Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica – **Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS**. – Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

Moreira, M.A.; Caballero, M.C. e Rodríguez, M.L. (orgs.). **Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo**. Burgos, España, p. 19-44, 1997

Nussenzveig, H. M., **Curso de Física Básica**. Editora Edgard Blucher, 2ª ed., São Paulo, 1981.

Pifer, Anderson e Siervo, Juliano S. Di. **Estudo do lançamento oblíquo assistido por computador**. TV escola, acessado em 05/10/2016. Link: https://www.google.com.br/url?sa=t&rc=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjbrvnB5sTPAhUIQZAKHSjPBOwQFggpMAA&url=http%3A%2F%2Fcdnbi.tvescola.org.br%2Fresources%2FVMSResources%2Fcontents%2Fdocument%2Fpublications%2F1415989117815.pdf&usg=AFQjCNGX_LDKJgoKYeJIYVxP6-1iQukL2Q&sig2=CdP6h0Hz1uhT401UKqbI0w&bvm=bv.134495766,d.Y2I.

PALFREY, John; GASSER, Urs. **Nascidos na era digital: entendendo a primeira geração dos nativos digitais**. Porto Alegre: Artmed, 2011.

Porto, C.M. e Porto, M.B.D.S.M. **Galileu, Descartes e a elaboração do princípio da inércia**. Revista Brasileira de Ensino de Física, Rio de Janeiro-RJ, v. 31, n. 4, 4601 (2009)

PALFREY, John Gorham; GASSER, Urs. **Nascidos na era digital: entendendo a primeira geração de nativos digitais**. Artmed, 2011.

Palandi, Jociir; Figueiredo, Dartanhan Baldez; Denardin, João Carlos; Magnago, Paulo Roberto. **Cinemática e Dinâmica**. Universidade federal de Santa Maria – RS, Departamento de física – Grupo de ensino de física, 2010.

Peduzzi, Luiz O.Q. **Evolução dos Conceitos da Física-Força e movimento: de Thales a Galileu**. Departamento de Física, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, 2008.

Vaz, C. Rodrigues; Fagundes, A. Borges e Pinheiro, N. A. Maciel. **O Surgimento da Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) na Educação: Uma Revisão I Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia – 2009** ISBN: 978-85-7014-048-7

Vasconcelos, Júlio Celso Ribeiro. **Galileu contra a inércia circular**. Scienti e studia, São Paulo-SP, v. 3, n. 3, p. 395-414, 2005

VIEIRA, Rosângela Souza. **O papel das tecnologias da informação e comunicação na educação: um estudo sobre a percepção do professor/aluno.** Formoso - BA: Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF). v. 10, p.66-72, 2011.

Zylbersztajn, Arden. **Galileu – um cientista e várias versões.** Cad. Cat. Ens. Fís., Depto. de Física - Florianópolis, 5 (Número Especial): 36-48, jun. 1988.

Apêndice A – Pré-Teste

Instituição de ensino:		
Aluno(a):	n.º:	Turma:
Professor(a):	Turno:	Data:

QUESTIONAMENTOS

- 1) O homem e seu fascínio pelo voo.

Figura A.1: Americano salta sem paraquedas a mais de 7,5 mil metros de altura



Fonte: <https://youtu.be/nvybvBSQPZE>

O espírito aventureiro do homem o leva a realizar façanhas inacreditáveis, como o que está ilustrado na figura A.1, do vídeo que assistimos, com o título “Americano salta sem paraquedas a mais de 7,5 mil metros de altura”. Identifique nesse vídeo elementos da ciência física e explique-os. E tente fazer uma descrição do que você observa.

- 2) Grandes velocidades do mundo animal.

Figura A.2: Animal mais rápido do mundo



Fonte: https://youtu.be/_44eqY-ZAsw

O mundo animal e suas curiosidades, dentre elas podemos destacar a máxima velocidade atingida pelo guepardo, ilustrado na figura acima, que podemos deslumbrar no vídeo com o Título “Animal mais rápido do mundo”. Da análise do vídeo o que identificamos como elementos necessários para se estudar o movimento desse guepardo? E tente fazer uma descrição do que você observa.

- 3) Alta velocidade nas pistas de automobilismo.

Figura A.3: Corrida de formula 1



Fonte: <https://youtu.be/WEToG7F1GAs>

Um carro de fórmula 1 pode atingir a velocidade de 378 km/h. Ao assistir o vídeo com o título “Maldonado-Grosjean-Senna battle in Índia”, enumere as quantidades, grandezas físicas, importantes para determinar quem será o campeão. E tente fazer uma descrição do que você observa.

- 4) Armamentos bélicos e a Física.

Figura A.4: Lançamento de míssil



Fonte: <https://youtu.be/mg859nrpmRc>

Ao assistir o vídeo com o título “Aspide Spada Missile”, como você explicaria o lançamento do míssil? E tente fazer uma descrição do que você observa.

- 5) A aventura de voar.

Figura A.5: Homem pula de helicóptero sem paraquedas



Fonte: https://youtu.be/nMISR4-_Go

Como planar como um pássaro? O homem conseguiu essa resposta com a invenção do avião. Mas, ainda se aventura em saltos onde dispensa essa tecnologia necessária para o voo, como pudermos assistir no vídeo com o título “homem pula de helicóptero sem paraquedas”. Da análise desse vídeo enumere as grandezas físicas que tornam esse feito possível. E tente fazer uma descrição do que você observa.

Apêndice B – Pós-Teste

Instituição de ensino:		
Aluno(a):	n.º:	Turma:
Professor(a):	Turno:	Data:

QUESTIONAMENTOS

- 1) Com os dados observados no Vídeo 02 - Corrida de velocidade (200m final Usain Bolt world record 19.19 seconds) Responda:

Figura B.1: Vídeo 02 - Corrida de velocidade 200mts



Fonte: <https://youtu.be/V7g68kErF3Q>

- Calcule a velocidade média que o atleta Usain Bolt desenvolveu nessa competição;
 - Construa as tabelas e o gráficos $X \times t$ e $V_m \times t$ de seu movimento;
 - Mostre, sem especificar valores, qual é o procedimento necessário para se obter o valor da distância entre o primeiro e o segundo colocado no instante em que o primeiro colocado ultrapassa a linha de chegada.
- 2) Construa os gráficos qualitativo, sem especificar valores, $X \times t$ e $V_m \times t$ do atleta mais rápido observado no vídeo 04 – Natação 200mts (Rio Replay- Men's 200m Individual Medley).

Figura B.2: Vídeo 04 – Natação 200mts



Fonte: <https://youtu.be/0xQUmH4zUgI>

- 3) A partir da observação do vídeo 7 (Rio Replay- Women's 3m Springboard Diving Final) calcule:

Figura B.3: Vídeo 07 – Mergulho



Fonte: <https://youtu.be/OKGeffMVVXA>

- O tempo de queda da atleta;
- A velocidade com que o atleta atinge a superfície da água;
- Construa o gráfico $Y \times t$ e $V \times t$.

4) Com os dados observados no vídeo 09 - Lançamento de dardo (Rio 2016 - Men's javelin throw final – Highlights), responda aos seguintes questionamentos:

Figura B.4: Vídeo 09 - Lançamento de dardo



Fonte: <https://youtu.be/MV6cj74AadQ>

- Qual é a trajetória do dardo considerando um referencial fixado no ponto de lançamento? Mostre em um gráfico $X \times Y$.
- Considerando que o ângulo de lançamento do dardo é igual a 45° e com os dados apresentados no vídeo calcule a velocidade (V_0) com que o atleta lançou o dardo.

Apêndice C – Atividade de Laboratório

Instituição de ensino:		
Aluno(a):	n.º:	Turma:
Professor(a):	Turno:	Data:

QUESTIONAMENTOS

- 1) Com os dados apresentados no Vídeo 01 - Corrida de velocidade 100mts (Usain Bolt New World Record 100m In 9. 58 Seconds In Berlin) calcule a velocidade média desenvolvida pelo atleta nessa competição e em seguida construa as tabelas e os gráficos $X \times t$ e $V_m \times t$ no Excel.

Figura C.1: Vídeo 01 - Corrida de velocidade 100mts



Fonte: <https://youtu.be/qRgrr8276fo>

- 2) Observe os dados da prova olímpica de natação no Vídeo 03 - natação 100mts (Natação - Rio Replay - Men's 100m Butterfly Final) e:

Figura C.2: vídeo 03 - natação 100mts



Fonte: <https://youtu.be/IJroT6GWfbE>

- a) Informe qual foi o deslocamento e o caminho percorrido do atleta;
b) Calcule a velocidade escalar média do atleta;
c) Construa os gráficos $X \times t$ e $V_m \times t$ do atleta que terminou a prova em um menor tempo utilizando o Excel.
- 3) Construa os gráficos qualitativos, sem especificar valores, $X \times t$ e $V_m \times t$ do atleta mais rápido observado no Vídeo 05 – Natação 800mts (Rio Replay- Women's 800m Freestyle Final).

Figura C.3: Vídeo 05 – Natação 800mts



Fonte: <https://youtu.be/ERMxeGrNeFg>

- 4) Com os dados expostos no Vídeo 06 - Remo 2.000mts (Rio Replay- Men's Single Sculls Final Race),

Figura C.4: Vídeo 06 - Remo 2.000 mts



Fonte: <https://youtu.be/-YvovvVNvhc>

- a) Calcule a velocidade média do atleta mais rápido;
b) Plote o gráfico $V_m \times t$ no Excel;
c) Plote o gráfico $X \times t$ no Excel.
- 5) Com os dados apresentados no Vídeo 08 - Salto de distância (Rio Replay- Men's Long Jump Final) e considerando que o vetor velocidade do atleta tem um ângulo de inclinação de 45° construa as tabelas e plote os gráficos $X \times t$, $Y \times t$, $V_x \times t$ e $V_y \times t$ no Excel.

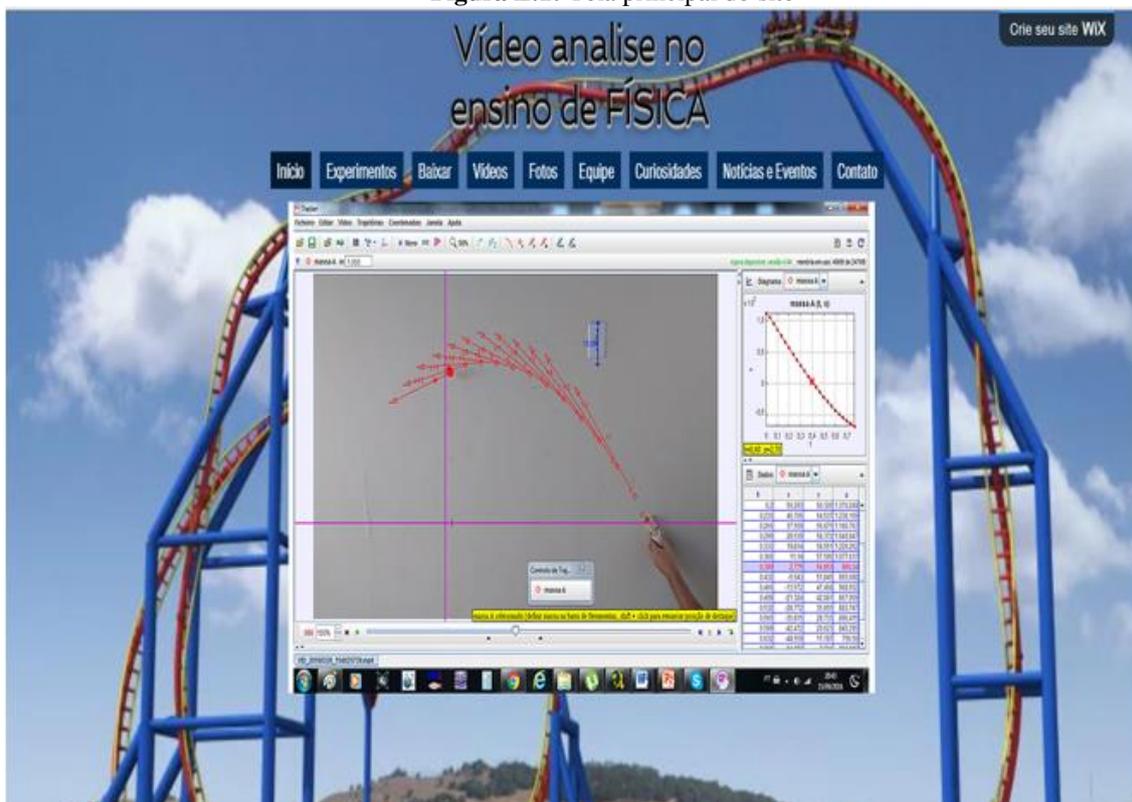
Figura C.5: Vídeo 08 - Salto de distância



Fonte: <https://youtu.be/FTLQqcdSTdQ>

Apêndice D – Site: vídeo análise no ensino de Física

Figura E.1: Tela principal do site



Fonte: <http://videoanalisenosenfisa/fisica>

Neste site disponibilizamos:

A Dissertação;

O Manual de práticas experimentais;

Os vídeos para discussões conceituais;

Os vídeos de execução dos experimentos;

Aulas do conteúdo de cinemática.

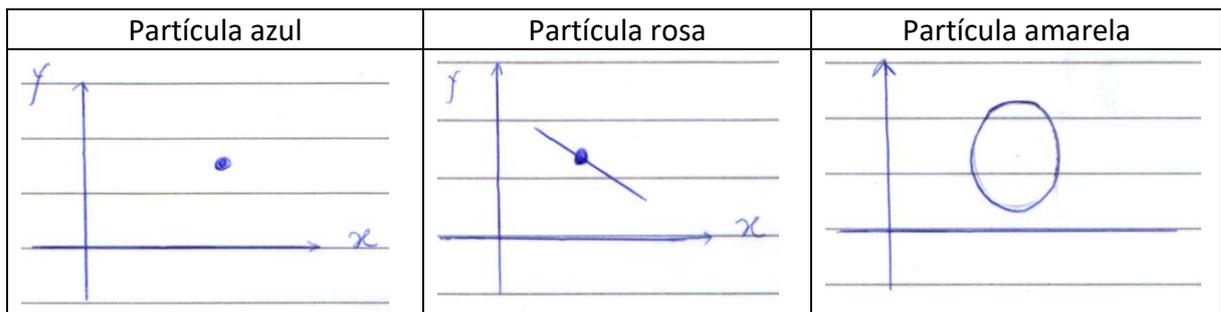
Apêndice E – Respostas da atividade extra

Represente em um gráfico, $Y \times X$, a trajetória das partículas presas ao aro nos seguintes experimentos:

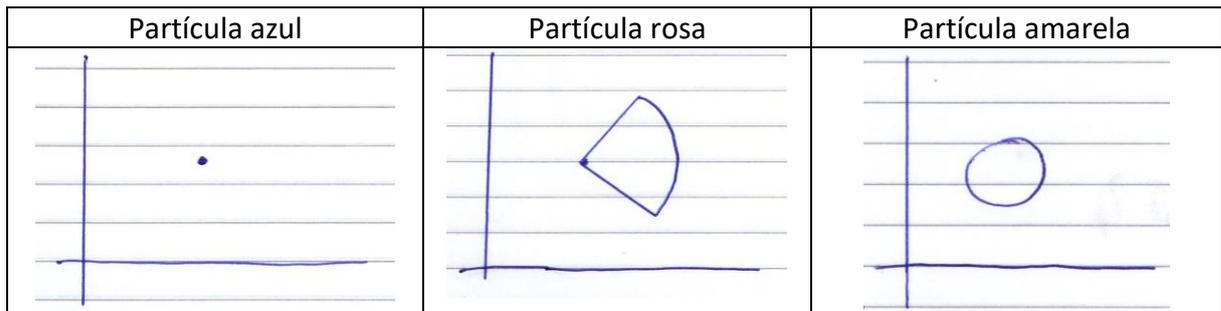
Experimento I: Aro em repouso em relação ao sistema de referencial

Trajетórias

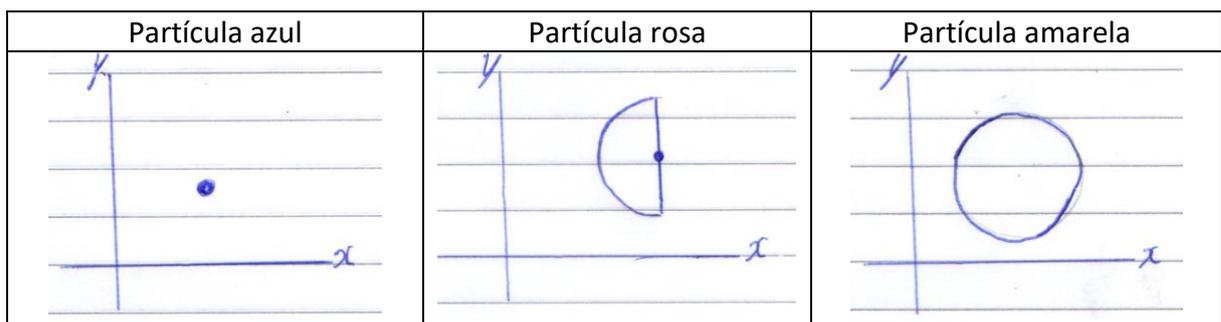
Aluno A



Aluno B



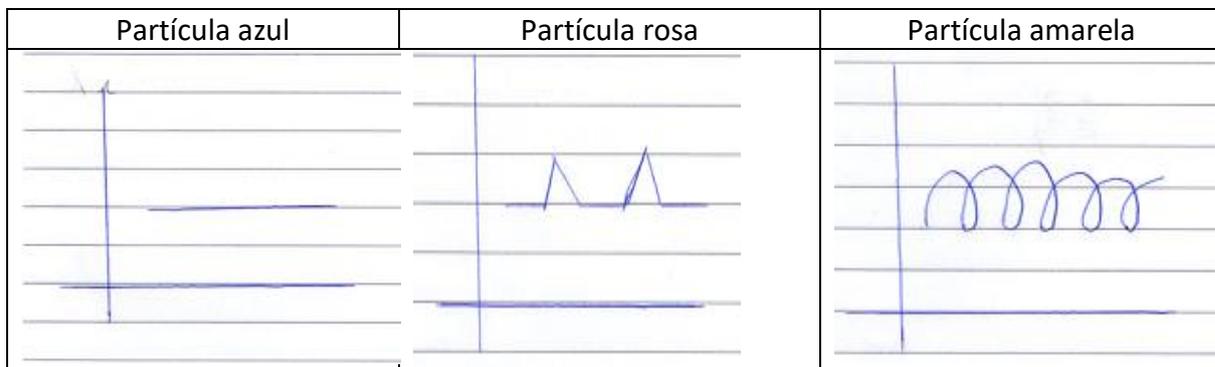
Aluno C



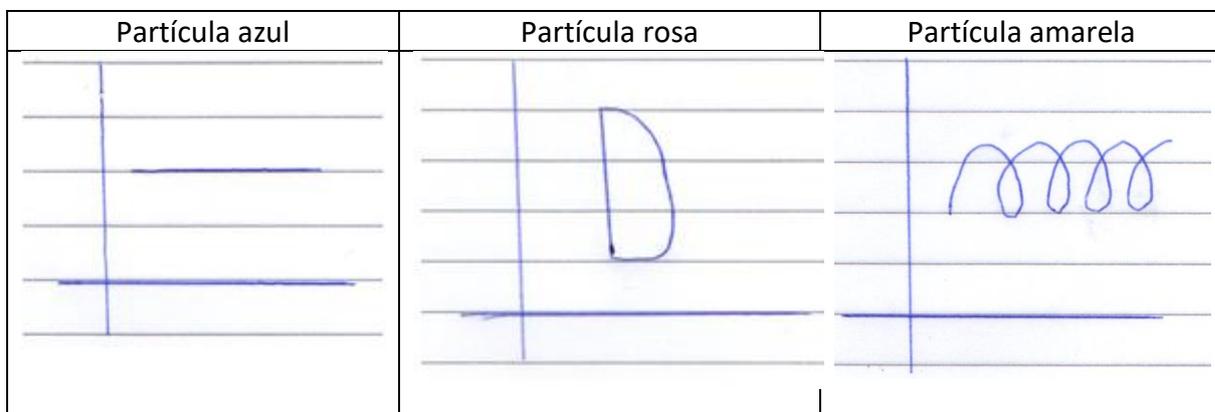
Experimento II: Aro em movimento em relação ao sistema de referencial

Trajetórias

Aluno D



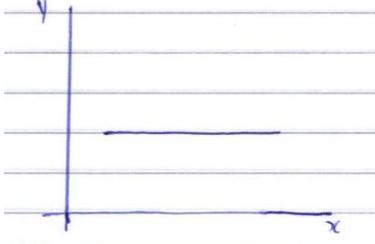
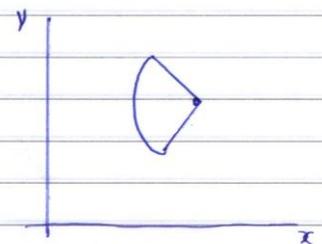
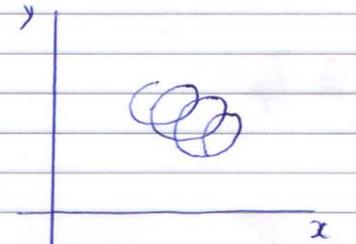
Aluno E



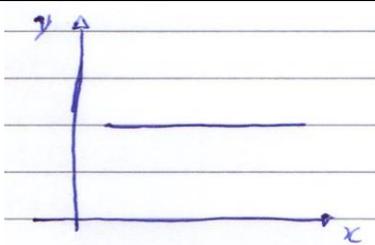
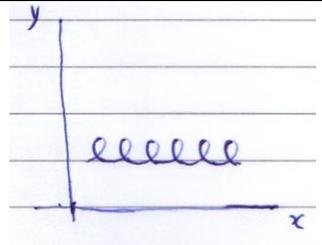
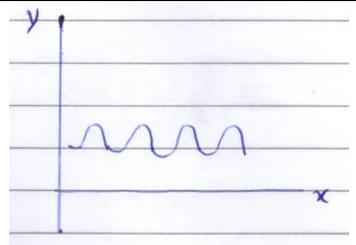
Aluno F



Aluno G

Partícula azul	Partícula rosa	Partícula amarela
		

Aluno H

Partícula azul	Partícula rosa	Partícula amarela
		

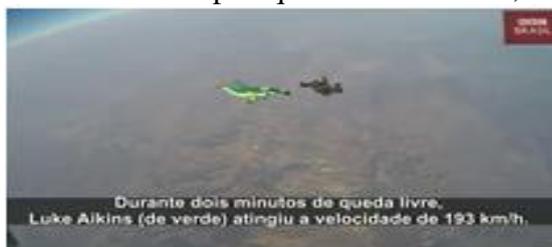
Apêndice F – Respostas de alunos ao Pré-Teste

Instituição de ensino:		
Aluno(a): A	n.º:	Turma: 1ª ano
Professor(a): Ramon Marcelo	Turno: Tarde	Data:

QUESTIONAMENTOS

- 1) O homem e seu fascínio pelo voo.

Figura A.1: Americano salta sem paraquedas a mais de 7,5 mil metros de altura



Fonte: <https://youtu.be/BGsJB1p8ODQ>

O espírito aventureiro do homem o leva a realizar façanhas inacreditáveis, como o que está ilustrado na figura A.1, do vídeo que assistirmos, com o título “Americano salta sem paraquedas a mais de 7,5 mil metros de altura”. Identifique nesse vídeo elementos da ciência física e explique-os. E tente fazer uma descrição do que você observa.

posição, tempo que leva para mudar de posição, a altura que ele saltou (7,5 mil metros), a velocidade com que ele cai, a força da gravidade, o tempo que durou a queda (2 minutos), a resistência do ar.

- 2) Grandes velocidades do mundo animal.

Figura A.2: Animal mais rápido do mundo



Fonte: <https://youtu.be/9iYgkTMgPB4>

O mundo animal e suas curiosidades, dentre elas podemos destacar a máxima velocidade atingida pelo guepardo, ilustrado na figura acima, que pudemos deslumbrar no vídeo com o

Título “Animal mais rápido do mundo”. Da análise do vídeo o que identificamos como elementos necessários para se estudar o movimento desse guepardo? E tente fazer uma descrição do que você observa.

na velocidade, o tempo. Para estudar o movimento do guepardo a pessoa que filmar deve estar numa velocidade superior ou igual a dele para que seus movimentos sejam filmados com maior precisão.

3) Alta velocidade nas pistas de automobilismo.

Figura A.3: Corrida de formula 1



Fonte: <https://youtu.be/Cu2Zu0VGqNc>

Um carro de fórmula 1 pode atingir a velocidade de 378 km/h. Ao assistir o vídeo com o título “Maldonado-Grosjean-Senna battle in Índia”, enumere as quantidades, grandezas físicas, importantes para determinar quem será o campeão. E tente fazer uma descrição do que você observa.

será campeão aquele que manter a maior velocidade durante o percurso. Nas curvas diminui-se a velocidade, numa reta, aumenta, para que chegue em primeiro lugar.

4) Armamentos bélicos e a Física.

Figura A.4: Lançamento de míssil



Fonte: https://youtu.be/_T_nakxi9h8

Ao assistir o vídeo com o título “Aspide Spada Missile”, como você explicaria o lançamento do míssil? E tente fazer uma descrição do que você observa.

Ele sofre uma força de propulsão que “empurrou” ele para frente em um movimento oblíquo, quando essa força se acabar, ele se movimentará mais devagar.

5) A aventura de voar.

Figura A.5: Homem pula de helicóptero sem paraquedas



Fonte: <https://youtu.be/E9Ja7yFGdZY>

Como planar como um pássaro? O homem conseguiu essa resposta com a invenção do avião. Mas, ainda se aventura em saltos onde dispensa essa tecnologia necessária para o voo, como pudermos assistir no vídeo com o título “homem pula de helicóptero sem paraquedas”. Da análise desse vídeo enumere as grandezas físicas que tornam esse feito possível. E tente fazer uma descrição do que você observa.

Quando ele pula, a velocidade vai aumentando, até certo ponto. Nesse ponto a velocidade se estabilizará e ficará constante, ele sofrerá resistência do ar, mas se ele se equilibrar conseguirá pousar com segurança.

Instituição de ensino:		
Aluno(a): B	n.º:	Turma: 1º ano
Professor(a): Ramon Marcelo	Turno: Tarde	Data:

QUESTIONAMENTOS

1) O homem e seu fascínio pelo voo.

Figura A.1: Americano salta sem paraquedas a mais de 7,5 mil metros de altura



Fonte: <https://youtu.be/BGsJB1p8ODQ>

O espírito aventureiro do homem o leva a realizar façanhas inacreditáveis, como o que está ilustrado na figura A.1, do vídeo que assistirmos, com o título “Americano salta sem paraquedas a mais de 7,5 mil metros de altura”. Identifique nesse vídeo elementos da ciência física e explique-os. E tente fazer uma descrição do que você observa.

Os elementos da ciência física é a velocidade de o ar e a pressão atmosférica sem paraquedas ele atinge 193 km/h e mata e fica em varios pontos e o passo dele e em cima de uma rede protecao.

2) Grandes velocidades do mundo animal.

Figura A.2: Animal mais rápido do mundo



Fonte: <https://youtu.be/9iYgkTMgPB4>

O mundo animal e suas curiosidades, dentre elas podemos destacar a máxima velocidade atingida pelo guepardo, ilustrado na figura acima, que pudemos deslumbrar no vídeo com o Título “Animal mais rápido do mundo”. Da análise do vídeo o que identificamos como elementos necessários para se estudar o movimento desse guepardo? E tente fazer uma descrição do que você observa.

O guepardo ele atinge 102 km/h nos elementos são a velocidade o tempo quando ele se desloca a velocidade dele aumenta

3) Alta velocidade nas pistas de automobilismo.

Figura A.3: Corrida de formula 1



Fonte: <https://youtu.be/Cu2Zu0VGqNc>

Um carro de fórmula 1 pode atingir a velocidade de 378 km/h. Ao assistir o vídeo com o título “Maldonado-Grosjean-Senna battle in Índia”, enumere as quantidades, grandezas físicas, importantes para determinar quem será o campeão. E tente fazer uma descrição do que você observa.

Quando é dada a partida o carro já atinge uma velocidade antes de sair do lugar quando é dada a largada quem tiver mais impulso a velocidade aumenta e quem atinge a velocidade

4) Armamentos bélicos e a Física.

Figura A.4: Lançamento de míssil



Fonte: https://youtu.be/_T_nakxi9h8

Ao assistir o vídeo com o título “Aspide Spada Missile”, como você explicaria o lançamento do míssil? E tente fazer uma descrição do que você observa.

O míssil já atinge a pressão antes de ser lançado e a velocidade quando ele é lançado.

5) A aventura de voar.

Figura A.5: Homem pula de helicóptero sem paraquedas



Fonte: <https://youtu.be/E9Ja7yFGdZY>

Como planar como um pássaro? O homem conseguiu essa resposta com a invenção do avião. Mas, ainda se aventura em saltos onde dispensa essa tecnologia necessária para o voo, como pudermos assistir no vídeo com o título “homem pula de helicóptero sem paraquedas”. Da análise desse vídeo enumere as grandezas físicas que tornam esse feito possível. E tente fazer uma descrição do que você observa.

Os elementos são o ar, o tempo, a velocidade e a pressão, quando ele atinge a pressão atmosférica, e ele muda de posição várias vezes até chegar na rede de proteção.

Instituição de ensino:		
Aluno(a): C	n.º:	Turma: 1ª ano
Professor(a): Ramon Marcelo	Turno: Tarde	Data:

QUESTIONAMENTOS

- 1) O homem e seu fascínio pelo voo.

Figura A.1: Americano salta sem paraquedas a mais de 7,5 mil metros de altura



Fonte: <https://youtu.be/BGsJB1p8ODQ>

O espírito aventureiro do homem o leva a realizar façanhas inacreditáveis, como o que está ilustrado na figura A.1, do vídeo que assistirmos, com o título “Americano salta sem paraquedas a mais de 7,5 mil metros de altura”. Identifique nesse vídeo elementos da ciência física e explique-os. E tente fazer uma descrição do que você observa.

Na medida em que ele salta sem paraquedas, a medida em que vai se aproximando da rede a sua velocidade vai aumentando, que no caso vai aumentando a sua velocidade que é variável.

- 2) Grandes velocidades do mundo animal.

Figura A.2: Animal mais rápido do mundo



Fonte: <https://youtu.be/9iYgkTMgPB4>

O mundo animal e suas curiosidades, dentre elas podemos destacar a máxima velocidade atingida pelo guepardo, ilustrado na figura acima, que pudemos deslumbrar no vídeo com o

Título “Animal mais rápido do mundo”. Da análise do vídeo o que identificamos como elementos necessários para se estudar o movimento desse guepardo? E tente fazer uma descrição do que você observa.

Observamos que a sua velocidade está variando em uma direção de sentido, onde se desloca de um lugar para outro em quilômetros por hora km/h.

3) Alta velocidade nas pistas de automobilismo.

Figura A.3: Corrida de formula 1



Fonte: <https://youtu.be/Cu2Zu0VGqNc>

Um carro de fórmula 1 pode atingir a velocidade de 378 km/h. Ao assistir o vídeo com o título “Maldonado-Grosjean-Senna battle in Índia”, enumere as quantidades, grandezas físicas, importantes para determinar quem será o campeão. E tente fazer uma descrição do que você observa.

Observamos que a sua velocidade está mudando, ou seja, ela está variando. E vai vencer quem tiver a sua velocidade

4) Armamentos bélicos e a Física.

Figura A.4: Lançamento de míssil



Fonte: https://youtu.be/_T_nakxi9h8

Ao assistir o vídeo com o título “Aspide Spada Missile”, como você explicaria o lançamento do míssil? E tente fazer uma descrição do que você observa.

Nesse caso a velocidade não é constante, pois ela está variando porque no começo ele estava mais lento e depois a sua velocidade foi aumentando.

5) A aventura de voar.

Figura A.5: Homem pula de helicóptero sem paraquedas



Fonte: <https://youtu.be/E9Ja7yFGdZY>

Como planar como um pássaro? O homem conseguiu essa resposta com a invenção do avião. Mas, ainda se aventura em saltos onde dispensa essa tecnologia necessária para o voo, como pudermos assistir no vídeo com o título “homem pula de helicóptero sem paraquedas”. Da análise desse vídeo enumere as grandezas físicas que tornam esse feito possível. E tente fazer uma descrição do que você observa.

A velocidade nem sempre está constante assim como nem sempre está variável.

Instituição de ensino:		
Aluno(a):	n.º:	Turma: 1ª ano
Professor(a): Ramon Marcelo	Turno: Tarde	Data:

QUESTIONAMENTOS

- 1) O homem e seu fascínio pelo voo.

Figura A.1: Americano salta sem paraquedas a mais de 7,5 mil metros de altura



Fonte: <https://youtu.be/BGsJB1p8ODQ>

O espírito aventureiro do homem o leva a realizar façanhas inacreditáveis, como o que está ilustrado na figura A.1, do vídeo que assistirmos, com o título “Americano salta sem paraquedas a mais de 7,5 mil metros de altura”. Identifique nesse vídeo elementos da ciência física e explique-os. E tente fazer uma descrição do que você observa.

Cada vez mais que ele aumenta a altura, a velocidade vai aumentando, que no caso é a velocidade Variável.

- 2) Grandes velocidades do mundo animal.

Figura A.2: Animal mais rápido do mundo



Fonte: <https://youtu.be/9iYgkTMgPB4>

O mundo animal e suas curiosidades, dentre elas podemos destacar a máxima velocidade atingida pelo guepardo, ilustrado na figura acima, que pudemos deslumbrar no vídeo com o Título “Animal mais rápido do mundo”. Da análise do vídeo o que identificamos como

elementos necessários para se estudar o movimento desse guepardo? E tente fazer uma descrição do que você observa.

Observamos, a velocidade variavel, numa direçao de sentido, onde ele se desloca muito rapido em Quilômetros por hora Km/h.

3) Alta velocidade nas pistas de automobilismo.

Figura A.3: Corrida de formula 1



Fonte: <https://youtu.be/Cu2Zu0VGqNc>

Um carro de fórmula 1 pode atingir a velocidade de 378 km/h. Ao assistir o vídeo com o título “Maldonado-Grosjean-Senna battle in Índia”, enumere as quantidades, grandezas físicas, importantes para determinar quem será o campeão. E tente fazer uma descrição do que você observa.

Observamos, velocidade por hora, ela dá movimento, como ela. Também é variavel, o campeão será o que desenvolver velocidade.

4) Armamentos bélicos e a Física.

Figura A.4: Lançamento de míssil



Fonte: https://youtu.be/_T_nakxi9h8

Ao assistir o vídeo com o título “Aspide Spada Missile”, como você explicaria o lançamento do míssil? E tente fazer uma descrição do que você observa.

A velocidade não é constante e sim variável, pois quando ele vai saindo é de vagar, mais quando pega certa velocidade vai mais rápido.

5) A aventura de voar.

Figura A.5: Homem pula de helicóptero sem paraquedas



Fonte: <https://youtu.be/E9Ja7yFGdZY>

Como planar como um pássaro? O homem conseguiu essa resposta com a invenção do avião. Mas, ainda se aventura em saltos onde dispensa essa tecnologia necessária para o voo, como pudermos assistir no vídeo com o título “homem pula de helicóptero sem paraquedas”. Da análise desse vídeo enumere as grandezas físicas que tornam esse feito possível. E tente fazer uma descrição do que você observa.

A velocidade não é nem sempre constante e nem sempre ela é variável.

Apêndice G – Respostas de alunos ao Pós-Teste

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



Universidade Regional
do Cariri - URCA

Instituição de ensino:		
Aluno(a): A	n.º:	Turma: 1ª ano
Professor(a): Ramon Marcelo	Turno: Tarde	Data:

QUESTIONAMENTOS

1) Com os dados observados no Vídeo 02 - Corrida de velocidade (200m final Usain Bolt world record 19.19 seconds)
Responda:

Figura B.1: Vídeo 02 - Corrida de velocidade
200mts



Fonte: <https://youtu.be/LWZQAVtkMBo>

- Calcule a velocidade média que o atleta Usain Bolt desenvolveu nessa competição;
- Construa as tabelas e o gráficos $X \times t$ e $V_m \times t$ de seu movimento;
- Mostre, sem especificar valores, qual é o procedimento necessário para se obter o valor da distância entre o primeiro e o segundo colocado no instante em que o primeiro colocado ultrapassa a linha de chegada.

Resposta:

Resposta:

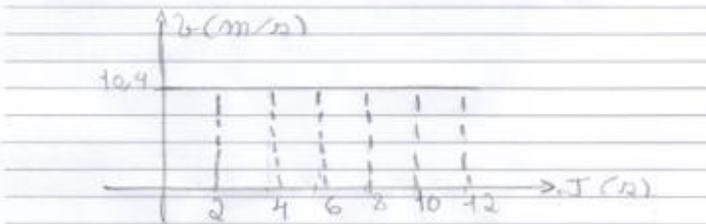
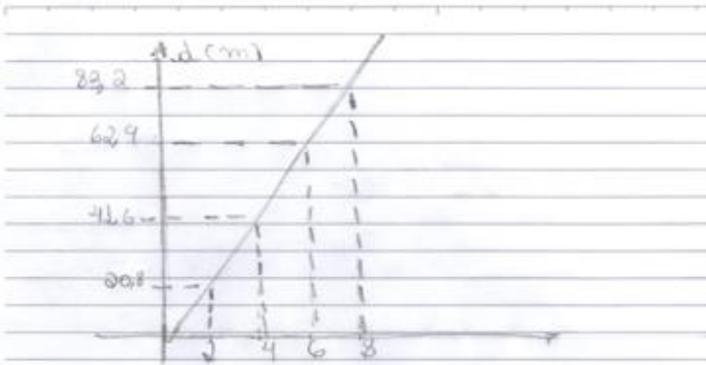
Resposta:

d :
 dado
 $\Delta d = 200\text{ m}$ $v_m = \Delta d = 200\text{ m} = 10,4\text{ m/s}$
 $\Delta t = 19,19\text{ s}$ $\Delta t = 19,19\text{ s}$
 $v_m = ?$
 b. $\Delta d = 10,4 \cdot t$

$\Delta d(\text{m})$	20,8	41,6	62,4	83,2	104	124,8	145,6	166,4		
$t(\text{s})$	2	4	6	8	10	12	14	16		

$v_m(\text{m/s})$	20,8	41,6	62,4	83,2	104	124,8	145,6	166,4		
$t(\text{s})$	2	4	6	8	10	12	14	16		

/



c) ?

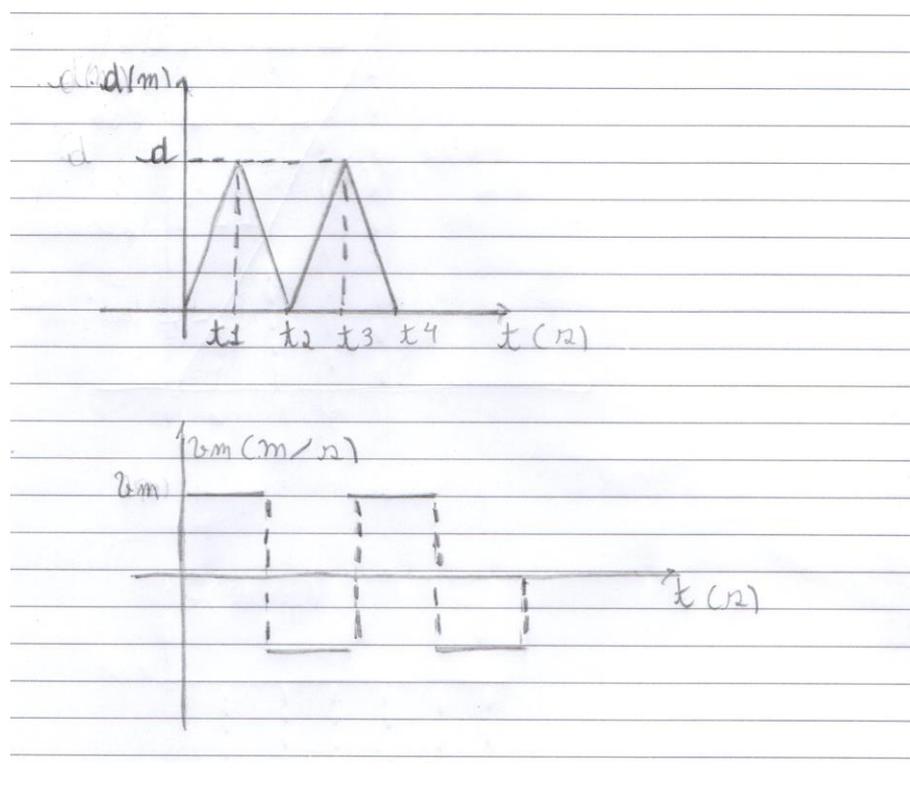
2) Construa os gráficos qualitativo, sem especificar valores, $X \times t$ e $V_m \times t$ do atleta mais rápido observado no vídeo 04 – Natação 200mts (Rio Replay- Men's 200m Individual Medley).

Figura B.2: Vídeo 04 – Natação 200mts



Fonte: <https://youtu.be/e-XGSYnhUjg>

Resposta:



3) A partir da observação do vídeo 7 (Rio Replay- Women's 3m Springboard Diving Final) calcule:

Figura B.3: Vídeo 07 – Mergulho



Fonte: <https://youtu.be/JU5j3dgc2WE>

- O tempo de queda da atleta;
- A velocidade com que o atleta atinge a superfície da água;
- Construa o gráfico $Y \times t$ e $V \times t$.

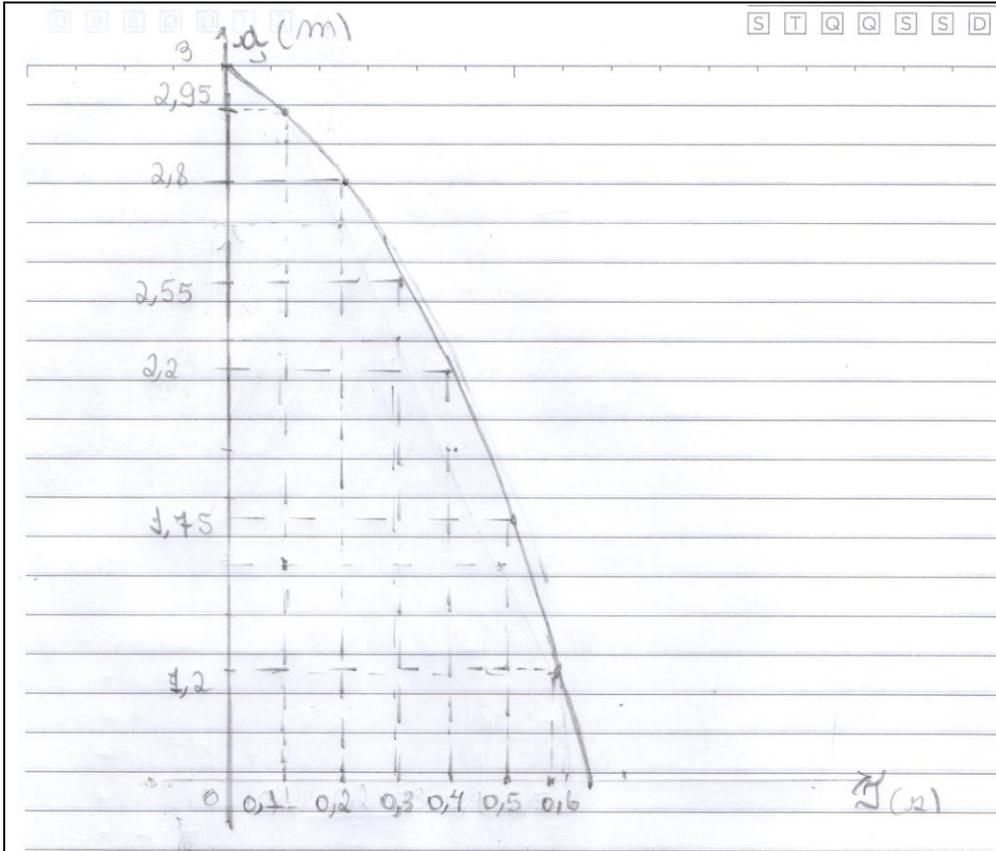
Resposta:

dado

$$\begin{aligned} y_0 &= 3 \text{ m} & y &= y_0 + v_0 t + \frac{1}{2} g t^2 \\ y_0 &= 0 \text{ m} & 0 &= 3 + \frac{1}{2} (-10) \cdot t^2 \\ t \cdot g &=? & 0 &= 3 - 5 \cdot t^2 \\ & & 3 &= 5 t^2 \\ & & t^2 &= \frac{3}{5} = 0,6 \\ & & t^0 &= \sqrt{0,6} \text{ s} \\ & & t &= 0,774 \text{ s} \\ g &= -10 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

tabela

$y = 3 - 5t^2$	$t \text{ (s)}$	$t^2 \text{ (s}^2\text{)}$
+2,95	0,1	0,01
+2,8	0,2	0,04
+2,55	0,3	0,09
+2,2	0,4	0,16
+1,75	0,5	0,25
+1,2	0,6	0,36
+0,55	0,7	0,49



$$y = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$$

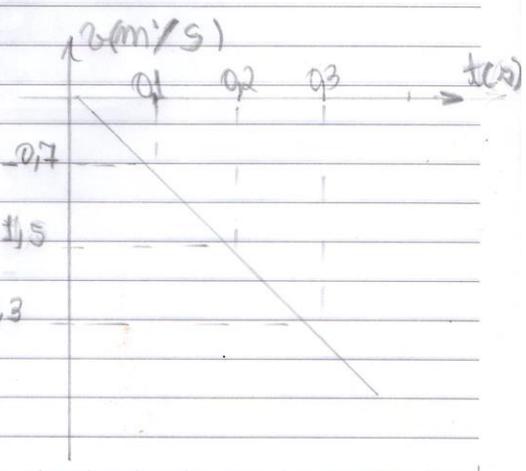
$$2.95 = 0 - 10 \cdot 0.1^2$$

$$2.95 = -1.0 \text{ m/s}^2$$

$$v_0 = -1.774 \cdot t$$

table

$v \text{ (m/s)}$	0.7	1.5	2.3	3.0	4.5
$t \text{ (s)}$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.6



4) Com os dados observados no vídeo 09 - Lançamento de dardo (Rio 2016 - Men's javelin throw final – Highlights), responda aos seguintes questionamentos:

Figura B.4: Vídeo 09 - Lançamento de dardo



Fonte: <https://youtu.be/sivEi3NV04A>

- a) Qual é a trajetória do dardo considerando um referencial fixado no ponto de lançamento? Mostre em um gráfico $X \times Y$.
- b) Considerando que o ângulo de lançamento do dardo é igual a 45° e com os dados apresentados no vídeo calcule a velocidade (V_0) com que o atleta lançou o dardo.

Resposta:

?

Instituição de ensino:		
Aluno(a): B	n.º:	Turma: 1º ano
Professor(a): Ramon Marcelo	Turno: Tarde	Data:

QUESTIONAMENTOS

1) Com os dados observados no Vídeo 02 - Corrida de velocidade (200m final Usain Bolt world record 19.19 seconds)
Responda:

Figura B.1: Vídeo 02 - Corrida de velocidade 200mts



Fonte: <https://youtu.be/LWZQAVtkMBo>

- Calcule a velocidade média que o atleta Usain Bolt desenvolveu nessa competição;
- Construa as tabelas e o gráficos $X \times t$ e $V_m \times t$ de seu movimento;
- Mostre, sem especificar valores, qual é o procedimento necessário para se obter o valor da distância entre o primeiro e o segundo colocado no instante em que o primeiro colocado ultrapassa a linha de chegada.

Resposta:

a.

dados:

$$\Delta d = 200 \text{ m}$$

$$\Delta t = 19,19 \text{ s}$$

$$v_m = ?$$

$$v_m = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{200 \text{ m}}{19,19 \text{ s}} = 10,4 \text{ m/s}$$

b.

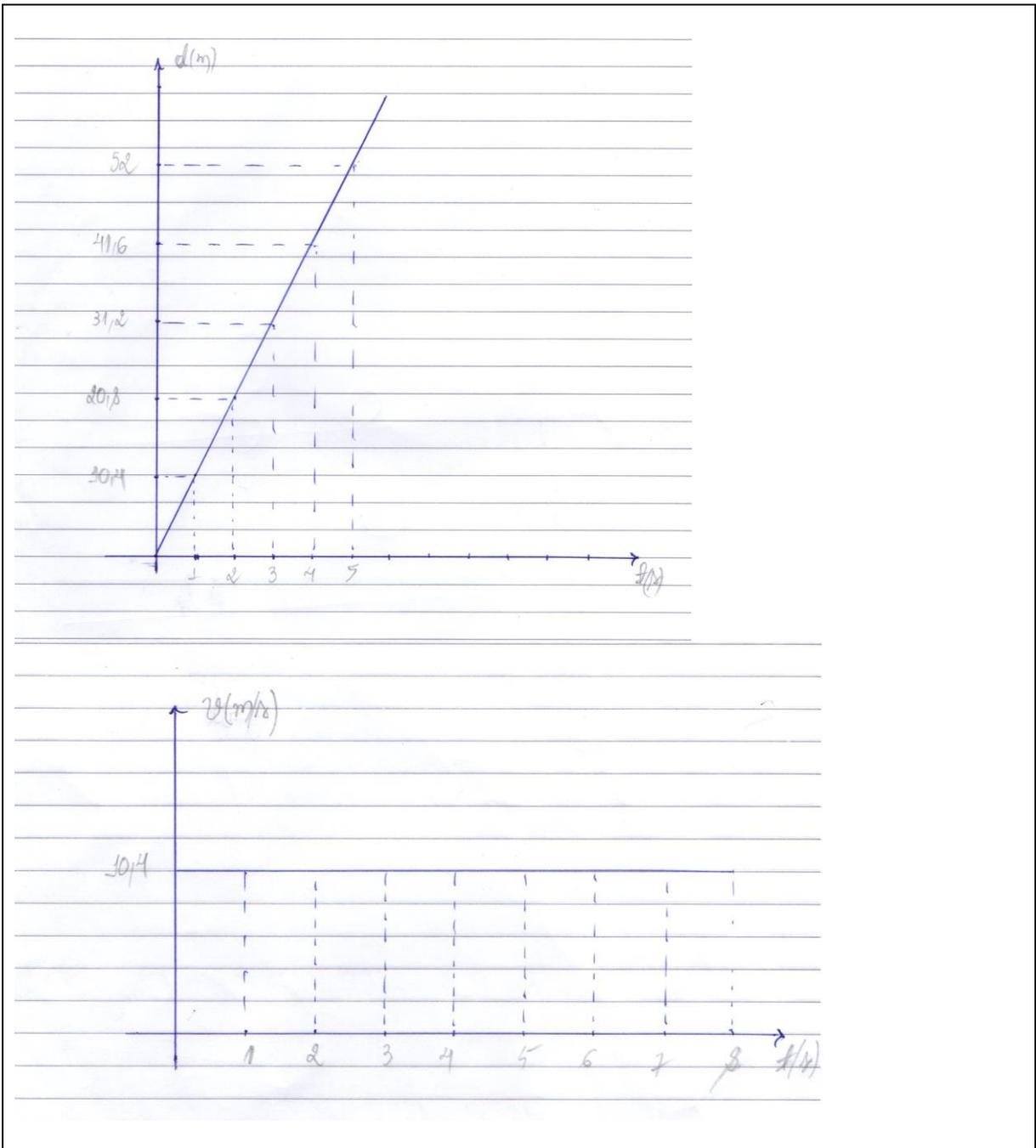
$$\Delta d = 10,4 \cdot t$$

d(m)	10,4	20,8	31,2	41,6	52	62,4	72,8	83,2
------	------	------	------	------	----	------	------	------

t(s)	1	2	3	4	5	6	7	8
------	---	---	---	---	---	---	---	---

v(m/s)	10,4	10,4	10,4	10,4
--------	------	------	------	------

t(s)	1	2	3	4
------	---	---	---	---



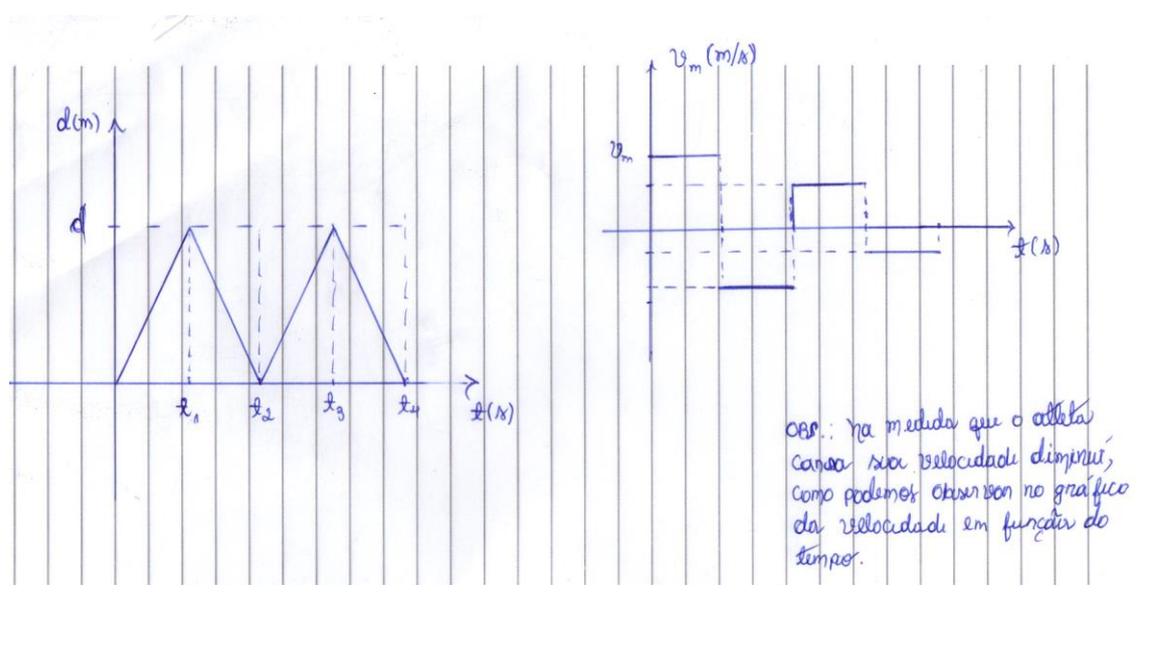
2) Construa os gráficos qualitativo, sem especificar valores, $X \times t$ e $V_m \times t$ do atleta mais rápido observado no vídeo 04 – Natação 200mts (Rio Replay- Men's 200m Individual Medley).

Figura B.2: Vídeo 04 – Natação 200mts



Fonte: <https://youtu.be/e-XGSYnhUjg>

Resposta:



3) A partir da observação do vídeo 7 (Rio Replay- Women's 3m Springboard Diving Final) calcule:

Figura B.3: Vídeo 07 – Mergulho



Fonte: <https://youtu.be/JU5j3dgk2WE>

- O tempo de queda da atleta;
- A velocidade com que o atleta atinge a superfície da água;
- Construa o gráfico $Y \times t$ e $V \times t$.

Resposta:

dados

$$h = 0 \text{ m}$$

$$h_0 = 3 \text{ m}$$

$$t_g = ?$$

$$v_{0y} = 0 \text{ m/s}$$

$$v_y = ?$$

$$g = -10 \text{ m/s}^2$$

$$h = h_0 + v_{0y}t + \frac{1}{2}gt^2$$

$$0 = 3 + \frac{1}{2}(-10)t^2$$

$$0 = 3 - 5t^2$$

$$5t^2 = 3$$

$$t^2 = \frac{3}{5}$$

$$t^2 = 0,6$$

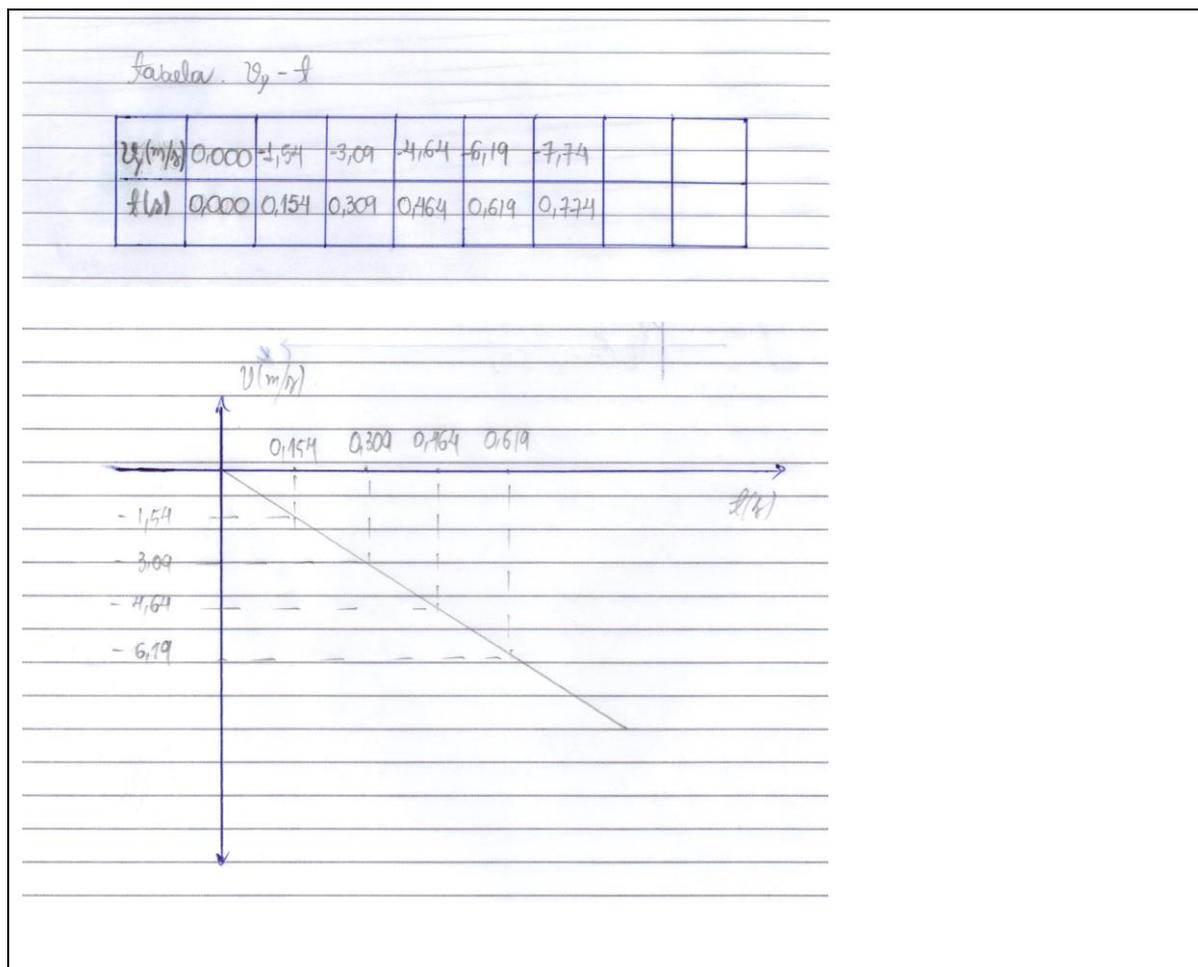
GRÁFICO $h(\text{m})$ x $t(\text{s})$

TABELA

$$t = \sqrt{0,6} \text{ s}$$

$h = 3 - 5t^2$	$t(\text{s})$	$t^2(\text{s}^2)$	$v_y = v_{0y} + g \cdot t_g$
3,00	0,000	0,000	
2,88	0,154	0,024	
2,52	0,309	0,095	$v_y = 0 - 10 \cdot \sqrt{6}$
1,92	0,464	0,215	$v_y = -10 \cdot 0,774$
1,41	0,619	0,318	$v_y = -7,74 \text{ m/s}$
0	0,774	0,6	





- 4) Com os dados observados no vídeo 09 - Lançamento de dardo (Rio 2016 - Men's javelin throw final – Highlights), responda aos seguintes questionamentos:

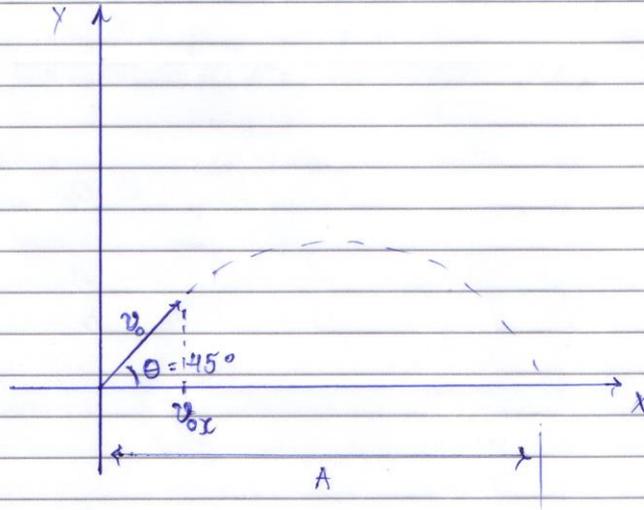
Figura B.4: Vídeo 09 - Lançamento de dardo



Fonte: <https://youtu.be/sivEi3NV04A>

- Qual é a trajetória do dardo considerando um referencial fixado no ponto de lançamento? Mostre em um gráfico X x Y.
- Considerando que o ângulo de lançamento do dardo é igual a 45° e com os dados apresentados no vídeo calcule a velocidade (V_0) com que o atleta lançou o dardo.

Resposta:



dados:

$$\Delta d = 87,7 \text{ m}$$

$$\Delta t = 3,12 \text{ s}$$

$$v_m = \frac{87,7 \text{ m}}{3,12 \text{ s}} = 27,9 \text{ m/s}$$

$$v_{0x} = v_y = v_m, \text{ Assim } v_x = 27,9 \text{ m/s}$$

?