

SUMÁRIO

<i>Apresentação</i>	5
---------------------------	---

PARTE 1

<i>1. Os Três Pilares da Estruturação da Sequência Didática Ativa</i>	9
---	---

<i>1.1. Entremeando o Ensino Ativo ao Tradicional</i>	9
---	---

<i>1.2. Contextualização no Ensino da Física</i>	11
--	----

<i>1.2.1. Esportes: Uma Possibilidade de Ensinar Mecânica</i>	11
---	----

<i>1.2.2. Esportes Catalogados nos Livros Didáticos de Física</i>	13
---	----

<i>1.2.3. Esportes Catalogados em Artigos de Ensino de Física</i>	17
---	----

<i>1.3. Tecnologias de Ensino e Contextualização no Ensino da Mecânica</i>	25
--	----

PARTE 2

<i>2. Conteúdos de Mecânica Abordados na SDA</i>	31
--	----

<i>2.1. Referencial, trajetória, posição, deslocamento, velocidade média, velocidade escalar média e velocidade instantânea</i>	31
---	----

<i>2.2. Aceleração média, aceleração instantânea, movimento retilíneo uniforme e uniformemente variado</i>	
--	--

.....	35
-------	----

2.3. <i>Força Resultante, Leis de Newton, Força da Gravidade (peso) e Equações do M.R.U.V. em movimentos sob ação de g</i>	36
2.4. <i>Energia Cinética, Energia Potencial Gravitacional, Força Elástica e Energia Potencial Elástica</i>	43
2.5. <i>Energia Mecânica, Conservação da Energia, Trabalho Mecânico e Teorema Trabalho-Energia Cinética</i>	46
2.6. <i>Centro de Massa, Torque e Centro de Gravidade</i>	47

PARTE 3

3. <i>A Sequência Didática Ativa</i>	54
3.1. <i>A Física dos Esportes Radicais</i>	54
3.2. <i>Medindo Velocidade Média do Usain Bolt</i>	56
3.3. <i>Medindo a Velocidade Escalar Média com o Google Maps</i>	59
3.4. <i>Medindo a Velocidade Média em Movimentos Muito Rápidos</i>	61
3.5. <i>Discutindo Conceitos Físicos com Ilustrações de Esportes</i>	65
3.6. <i>Discutindo Física com um Texto sobre Esportes</i>	72
3.7. <i>Biomecânica nos Esportes</i>	80
3.8. <i>Pensando o Equilíbrio</i>	90
3.9. <i>Lançamento Obliquo Através do Basquete</i>	98

PARTE 4

<i>4.1. Considerações Finais</i>	<i>103</i>
<i>4.2. Apêndices</i>	<i>104</i>
<i>4.2.1. Instrumento de Avaliação sobre Lançamento Obliquo</i>	<i>104</i>
<i>4.2.2. Instrumento de Avaliação sobre conceitos diversificados da Mecânica</i>	<i>107</i>
<i>4.2.3. Grandezas Físicas Obtidas pelo Programa Tracker</i>	<i>112</i>
<i>4.2.4. Algumas Grandezas Físicas no Sistema Internacional de Unidades</i>	<i>115</i>
<i>Referências</i>	<i>116</i>

Apresentação

Como resultado de um trabalho desenvolvido em sala de aula, este produto educacional se configura como uma espécie de norteador que conduz a aplicação de atividades didáticas para o professor que se propõe a ensinar a Mecânica, contextualizando com o tema dos esportes. No momento que antecedeu e no decorrer da implementação de todas as atividades, as reflexões pedagógicas a elas atreladas, despertadas pelas autoras no processo de orientação, sempre estiveram presentes, desde a escolha do tema, as dificuldades inerentes ao contexto escolar que teriam de ser enfrentadas, a elaboração de cada atividade em uma perspectiva de um ensino pautado na Metodologia Ativa de Ensino e, principalmente, a preocupação de como a aprendizagem nessa área da Física, poderia apontar resultados mais satisfatórios.

Nesse sentido, este produto apresenta-se como uma proposta didática, através do detalhamento de uma sequência didática composta por nove atividades sobre a Mecânica, cujo ensino foi contextualizado a partir da prática desportiva, onde relacionamos, por exemplo, com questões como desempenho biomecânico, especificidades técnicas de cada modalidade esportiva e tecnologias esportivas, com os conceitos físicos associados à Mecânica. A sequência didática é direcionada ao 1o. ano do Ensino Médio. Entre as atividades implementadas, aborda-se através do atletismo a construção dos conceitos de distância percorrida, deslocamento, intervalo de tempo, velocidade escalar média e velocidade média; através do futebol e a natação discutimos a compreensão das Leis de Newton; no paraquedismo, a compreensão da força gravitacional, força de resistência do ar e força resultante; na prática do burgee jumping, a abordagem de força elástica e energia potencial elástica; no polidance, trabalhamos a compreensão da força de atrito; com o

surfe e o skate, a abordagem dos conceitos de equilíbrio e transformação de energia; no salto, a compreensão de energia potencial gravitacional; no vôlei, em que determinados movimentos e posturas foram relacionados à compreensão do conceito de centro de massa e, como última modalidade, o basquete, na análise do lançamento oblíquo e horizontal.

Os conceitos físicos abordados não foram tratados em separado por cada modalidade esportiva, mas explorados em alternância, de acordo com a necessidade de se ampliar a percepção e compreensão dos conceitos mecânicos presentes nos esportes. Para exemplificar esse argumento, cita-se o basquete, em que a ênfase esteve na compreensão dos conceitos relacionados ao estudo do lançamento oblíquo, sendo abordados também os conceitos de energia cinética e potencial gravitacional, força da gravidade e representação vetorial. No paraquedismo, a ênfase esteve no conceito de força da gravidade, mas correlacionou-se os conceitos vetor, força de resistência do ar, força resultante, velocidade constante e assim se sucedeu com todas as outras atividades, na intenção de reelaborar equívocos de aprendizagem, tanto a nível de ideias intuitivas, como as que estavam sendo ensinadas pela primeira vez pela professora mediadora.

Na intenção concomitante de reelaboração de conceitos físicos e de mudança comportamental na ação de aprender, a execução deste trabalho, está fundamentada na adoção da metodologia Aprendizagem Ativa, que, segundo Veit et al. (2017), reúne aspectos que definem a promoção de um aluno mais ativo na aquisição de conhecimentos, gerando modificações no ambiente de sala de aula e dinamizando novas posturas na aprendizagem. Por isso, adotou-se a terminologia da proposta das atividades de Sequência Didática Ativa (SDA).

Por fim, serão mostradas quais atividades e como foram aplicadas, com as respectivas finalidades de aprendizagem de cada uma, que conceitos físicos foram explorados e em que suporte teórico estiveram alicerçadas para que fossem aplicadas em sala de aula.

PARTE 1

1. Os Três Pilares da Estruturação da Sequência Didática Ativa

Toda proposta acadêmica que vem a compor o acervo de contribuições ao ensino da Física, passa por um processo que podemos chamar de "triagem didática", até chegar na efetiva implementação das atividades de ensino em sala de aula. Essa triagem didática, um termo criado aqui para traduzir a composição e formatação estrutural deste trabalho, remete-se às etapas de seleção e análise de documentos bibliográficos para traçar as metodologias de ensino relacionadas a cada atividade da sequência didática. Na tónica de definir as ideias de aplicabilidade das atividades, buscou-se os três pilares que deram sustentação ao escopo da proposta de ensino da Mecânica através dos esportes: as reflexões sobre o ensino da Física; a contextualização dos esportes no ensino da Mecânica; e os recursos tecnológicos usados como ferramentas pedagógicas.

1.1. Entremeando o Ensino Ativo ao Tradicional

Através do levantamento bibliográfico sobre ensino de Física, em que se observa uma tendência do ensino tradicional aliar-se a outras metodologias de ensino, buscou-se, neste trabalho desenvolvido para uma turma do 1o. ano do Ensino Médio, encaminhar um ensino que transcendesse as limitações do processo de ensino estritamente tradicional. Nessa perspectiva, optou-se pela adoção da Metodologia de Aprendizagem Ativa, onde centraliza-se o aluno, despertando-o como detentor responsável pela aquisição de seu conhecimento, em que o professor fomenta esse processo através de uma postura mediadora de atividades de aprendizagem de conteúdos, a serem executadas dentro e fora da sala de aula.

O que se coloca aqui como reflexão é que o ensino tradicional, no viés da exposição e transmissão da informação, não deve ser considerado como ultrapassado e que não promove uma aprendizagem com qualidade, mas que, se aliado a outras formas de ensino complementares, pode trazer benefícios ao aluno, o qual, além de ouvinte de informações, assume também posturas críticas em sala, vivenciando ações que o coloquem como protagonista no seu processo de aprendizagem. Ressalta-se novamente, que mesmo quando o aluno passa a adquirir comportamentos mais proativos, a figura do professor não perde a importância de sua função em sala, mas passa a atuar em diferentes papéis que se complementam no processo de ensino e aprendizagem, que é o de informante e de mediador do conhecimento, quando planeja, elabora e gerencia atividades, direcionando seus alunos para executá-las.

Existem várias formas em que a abordagem ativa no ensino pode se configurar, cada uma com suas peculiaridades, mas todas convergem no sentido de que o aluno seja incentivado a apresentar uma postura cognitivamente ativa na busca de sua aprendizagem diante do objeto de estudo, que é apresentado pelo professor. De modo geral, os métodos ativos de ensino são caracterizados pelos seguintes aspectos, conforme Veit et al. (2017):

- ❖ Promove o engajamento cognitivo e a autonomia dos alunos.*
- ❖ Os alunos refletem sobre o que estão fazendo.*
- ❖ A avaliação acontece ao longo de todo processo de ensino.*
- ❖ Estabelece atividades prévias às aulas.*

❖ *Utiliza recursos computacionais e de multimídia.*

❖ *Ressignifica a atuação do professor.*

Nos métodos ativos o ambiente de aprendizagem vai além da sala de aula e as atividades de ensino não necessariamente iniciam na mesma, podendo ser adotadas atividades prévias que permitam ao professor dar sequência em sala de aula, explorando pontualmente as possíveis dificuldades apresentadas pelos alunos na compreensão do conteúdo que está sendo objeto de estudo.

A finalidade aqui não é estender a argumentação sobre as diferenças existentes na prática do ensino tradicional e a metodologia ativa de ensino, mas defender a proposta de que se pode encontrar um ponto de ação didática em sala de aula, em que ambas as formas de ensinar ocorram, no contexto do professor mediador, como fonte de informações e que também e, principalmente, projeta o aluno capaz de ter autonomia para buscar seus próprios conhecimentos.

1.2. Contextualização no Ensino da Física

1.2.1. Esportes: Uma Possibilidade de Ensinar Mecânica

O papel do professor em sala de aula tem diversas finalidades na formação do aprendiz, e, entre elas, há o aspecto da aquisição de conhecimentos específicos, e que no caso da Física pode-se dizer que o elemento da contextualização é imprescindível no processo de planejamento das estratégias de ensino, pois fomentam a percepção e a compreensão utilitária dos mecanismos

da Natureza, que são traduzidos por essa ciência, através de signos e códigos, princípios, leis e teorias científicas.

Então, considerando a importância da contextualização no ensino, escolheu-se conteúdos de Mecânica sob uma perspectiva da análise e prática de esportes, devido o tema dos esportes está intrinsecamente relacionado a fenômenos mecânicos, ou seja, na perspectiva da Física, a prática de esportes está atrelada a situações de equilíbrio ou de não equilíbrio mecânico, a atuação de forças e torques e ao dispêndio de energia mecânica, que são conceitos fundamentais da Mecânica. Portanto, abordar os esportes no ensino da Física é muito adequado como contextualização dos conceitos, promovendo ainda a compreensão de que só possível a execução de um determinado esporte devido ao próprio domínio da Física, enquanto área de conhecimento, como é o caso do wingsuit, e dos esportes paraolímpicos, onde se pode enfatizar a aplicação de tecnologias oriundas da Física, como ilustra a Figura 1.1, dada a seguir.

Figura 1.1 - Ilustração dos esportes wingsuit (à esquerda) e o esqui paraolímpico (à direita).



Fonte: [https://www.tecmundo.com.br/como-funciona/29656-wingsuit-como-funciona-a-roupa-que-transforma-voce-em-um-passaro-ilustracao-](https://www.tecmundo.com.br/como-funciona/29656-wingsuit-como-funciona-a-roupa-que-transforma-voce-em-um-passaro-ilustracao)

[.htm](#)

1.2.2. Esportes Catalogados nos Livros Didáticos de Física

A maioria dos livros didáticos de Física, voltados ao 1o. ano do Ensino Médio, que abordam os conteúdos de Mecânica, usam a contextualização dos esportes, como forma de ilustrar os fenômenos físicos e a aplicação dos conteúdos. Por exemplo, o livro de Pietrocola et al. (2016), contextualiza o conceito de velocidade média analisando o desempenho do campeão olímpico Usain Bolt na prova dos 100 metros rasos, na Olimpíada de Pequim, China em 2008, ilustrado aqui na Figura 2.1, fornecendo os dados aproximados de tempo a cada 10 metros percorridos pelo atleta. Utilizamos esta proposta na segunda atividade que compõe a SDA (Sequência Didática Ativa).

Figura 2.1 - Ilustração da prova de corrida dos 100 metros rasos na Olimpíada de Pequim em 2008, para abordar o conceito de velocidade média.



Fonte: Pietrocola et al. 2016.

Ainda em Física em Contextos, além das ilustrações, tem-se mais informações interessantes, as quais podem suscitar o debate em sala e promover a compreensão do conceito, como é o caso da situação dada na Figura 1.3 abaixo, que fornece valores reais da velocidade em “queda” do

ser humano, na prática de esportes aéreos, como se pode perceber no texto que acompanha as imagens dadas, tratando do paraquedismo e do wingsuit.

Figura 1.3 – Contextualização com esportes através das imagens e valores da velocidade em esportes aéreos.



Fonte: Pietrocola et al. 2016.

O livro de Gaspar (2013), por exemplo, trabalha os esportes através de imagens colocadas na abertura de capítulos, como na Figura 1.4 a seguir, que mostra uma esquiadora descendo uma encosta na neve para abrir o capítulo sobre plano inclinado e atrito, e também em termos de exercícios, mostrando como os conceitos físicos envolvidos são imprescindíveis na análise do desempenho dos atletas, como é o caso da Figura 1.5, que ilustra os gráficos da velocidade e da potência em função do tempo, em competições internacionais de barco com um único remador (*single skiff*).

Figura 1.4 - Ilustração do movimento em um plano inclinado através da descida de esqui em uma encosta.

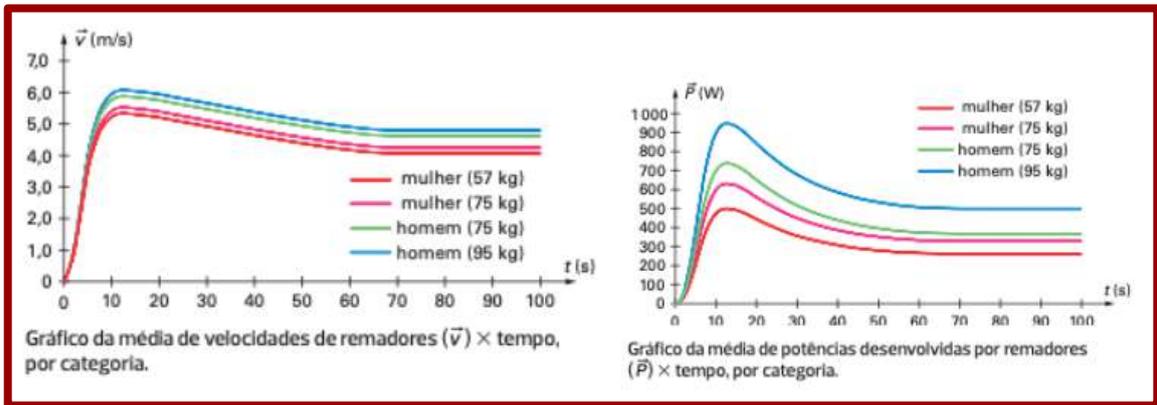


Fonte: Gaspar, 2013.

Figura 1.5 - Ilustração para um exercício de Física sobre os conceitos de potência, velocidade e força contextualizado com o esporte de remo. Na sequência, temos a imagem do esportista, seguida dos gráficos da velocidade e da potência em função do tempo, de acordo com o peso e gênero dos atletas.



Fonte: Gaspar, 2013.



Fonte: Gaspar, 2013.

No livro *Compreendendo a Física - Mecânica* encontramos ainda um texto curto, mas muito didático sobre a interpretação do conceito de energia em situações fora do âmbito da Física, e em situações físicas, através do contexto dos esportes, como se pode observar através da Figura 1.6. O texto ainda destaca que o significado do conceito de energia é o mesmo para a Física, a Biologia e a Química.

Figura 1.6 - Ilustração de esportes que evidenciam a troca de energia entre o atleta e os objetos envolvidos na realização do esporte.



Fonte: Gaspar, 2013.

Para finalizar esta seção, indica-se a leitura de um artigo, cujo título é ilustrado na Figura 1.7, dada a seguir, que faz uma reflexão sobre as imagens de esportes nos livros didáticos indicados ao ensino da Mecânica, aprovados no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) de 2015, elencando aspectos positivos, entretanto, indicando a falta de um delineamento didático mais direcionado ao uso efetivo desta contextualização.

Figura 1.7: Ilustração do título de capa do artigo acadêmico sobre a contextualização dos esportes nos livros didáticos de Física do Ensino Médio.



Fonte: Revista Investigações em Ensino de Ciências.

1.2.3. Esportes Catalogados em Artigos de Ensino de Física

Alguns trechos são mostrados em artigos acadêmicos da área de Ensino de Física, que abordam a Mecânica através do esporte. Destaca-se a importância destes textos como recurso didático para o professor da escola básica, de modo que alguns deles serviram de base para a composição de algumas das atividades de nossa sequência didática.

Por exemplo, o artigo de Gomes et al. (2001), destaca-se seu título e resumo, o qual mostra o enfoque dado ao tema, como ilustra a Figura 1.8 a seguir.

Figura 1.8 – Ilustração do artigo acadêmico que relaciona atividades esportivas simples do ser humano com conceitos físicos básicos de Mecânica.



Fonte: Revista Brasileira de Ensino de Física.

Na sétima atividade da SDA utiliza-se este artigo de forma adaptada, onde inclui-se uma tabela relacionando diversas modalidades esportivas com o conceito físico da potência, que é um fator de relevância no desempenho dos atletas durante as competições esportivas, e que serve de recurso didático para explorar esse conceito e suas relações com os conceitos de energia, trabalho e intervalo de tempo.

O artigo de Micha et al. (2013), aborda a Mecânica através da análise dos movimentos do corpo humano, a partir do conceito de centro de massa, como ilustrado na Figura 1.9, dada a seguir.

Figura 1.9 - Ilustração do artigo acadêmico que relaciona o conceito do centro de massa associado ao ser humano em situações que envolvem atividades esportivas.



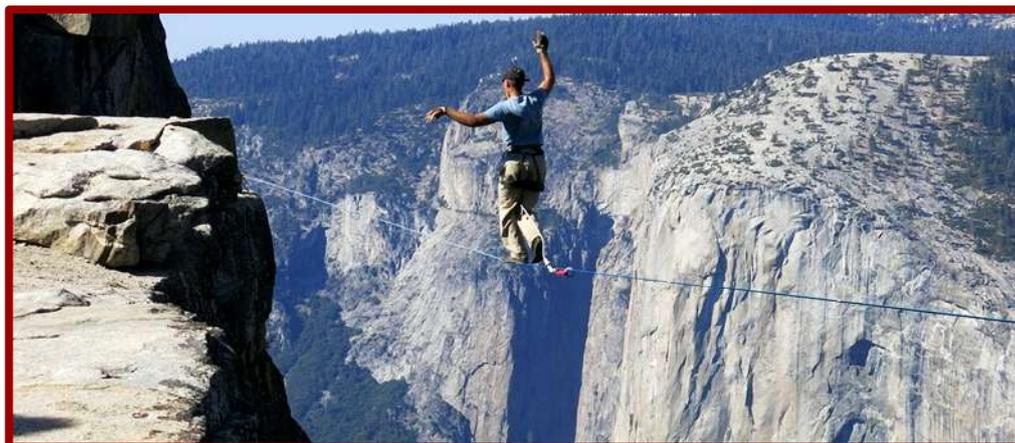
Fonte: Revista Brasileira de Ensino de Física.

A finalidade deste artigo foi analisar movimentos do corpo humano, como os saltos que são realizados em alguns esportes, com o intuito de investigar didaticamente como as posições do centro de massa interferem na realização desses movimentos. Nessa perspectiva, ao final da sequência didática relacionamos este conceito abordando o voleibol, como veremos posteriormente, ao propormos o cálculo do centro de massa do sistema definido pelas jogadoras de vôlei.

Outro aspecto também abordado no artigo, podendo se desdobrar em uma sugestão de atividade que contextualize esportes no ensino da Mecânica dos corpos rígidos, foi sobre as relações

entre os conceitos de equilíbrio, centro de gravidade, centro de massa e rotações. Entre esses conceitos, evoca-se também a lei fundamental da Dinâmica e o conceito de momento de uma força, pois em sistemas que configuram situações de equilíbrio, temos duas condições: a resultante das forças aplicadas no centro de gravidade de um corpo deve ser nula e a resultante dos momentos das forças que atuam sobre o corpo deve também ser nulo. Então, satisfeitas essas condições, entende-se que um corpo não apresenta giro ou rotação. Por exemplo, o esporte *slackline*, ilustrado na Figura 1.10 abaixo, e experimentos com objetos em situação de equilíbrio, como o mostrado na Figura 1.11, sugerem uma possibilidade de se fazer essa contextualização no estudo destes conceitos. O experimento faz parte da oitava atividade da SEA.

Figura 1.10 - Ilustração do esporte slackline o qual é apropriado para discutir os conceitos de equilíbrio, torque, centro de gravidade e centro de massa.



Fonte: <https://desviantes.com.br/blog/post/conheca-o-highline/>

Figura 1.11 - Ilustração de um experimento que pode ser realizado em sala para discutir os conceitos de equilíbrio, torque, centro de gravidade e centro de massa.

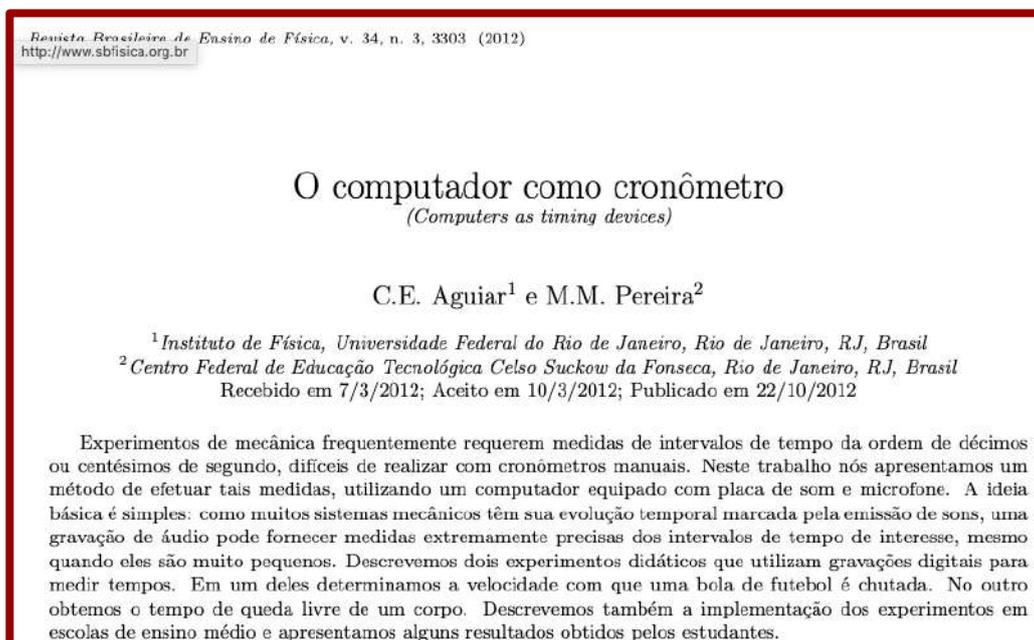


Fonte: Autora, 2020.

A associação desse experimento com a prática do slackline se justifica pelo fato de o praticante, intuitivamente, buscar arranjos corporais para se obter equilíbrio, movimentando os braços, conseguindo realizar a caminhada sobre a fita. Comparativamente à situação observada no experimento da vela, pode se obter também a condição de equilíbrio, desde que a vela seja consumida igualmente dos dois lados, não apresentando rotação. Porém, havendo maior consumo de um lado do que do outro, a resultante dos momentos das forças peso sobre ela, não será nula, o que propiciará seu movimento de rotação. Evitar esse movimento é o desafio que ocorre na prática desse esporte, logo, esta atividade, concomitantemente à realização do experimento, pode ser apresentada em uma aula expositiva em forma de slide contendo a imagem do slackline, associada aos conceitos físicos de força da gravidade, torque, centro de gravidade, centro de massa e condições de equilíbrio, para serem discutidos e propiciar a construção do conhecimento.

Indica-se também o artigo de Aguiar et al. (2012), ilustrado na Figura 1.12, dado a seguir.

Figura 1.12 - Ilustração de um artigo acadêmico que apresenta uma proposta de determinar a velocidade média para o movimento de uma bola, determinando o tempo através da captação do áudio.



Fonte: Revista Brasileira de Ensino de Física.

Fez-se ainda o seguinte destaque no texto:

A Física dos esportes costuma despertar bastante interesse e curiosidade entre os estudantes. Em particular, medidas de desempenho esportivo individual sempre atraem muita atenção. Descreveremos nesta seção uma forma de medir a velocidade com que uma bola de futebol é chutada pelos alunos.

A proposta apresentada no artigo leva a solicitar dos alunos a seleção de materiais e ao uso de um recurso computacional, que, no caso, sugere o programa de edição de áudio Audacity¹, permitindo, assim, colocar em prática características da metodologia ativa de ensino, já que suscita o trabalho colaborativo dos alunos em equipes, o uso de recursos tecnológicos, e o envolvimento dos alunos em tomadas de decisão. Utilizamos a referida proposta na composição da quarta atividade da sequência. A Figura 1.13 ilustra o material utilizado na atividade.

Figura 1.13 - Material utilizado na realização da atividade da velocidade média no movimento de uma bola: um notebook com o programa Audacity instalado, uma bola e uma trena.

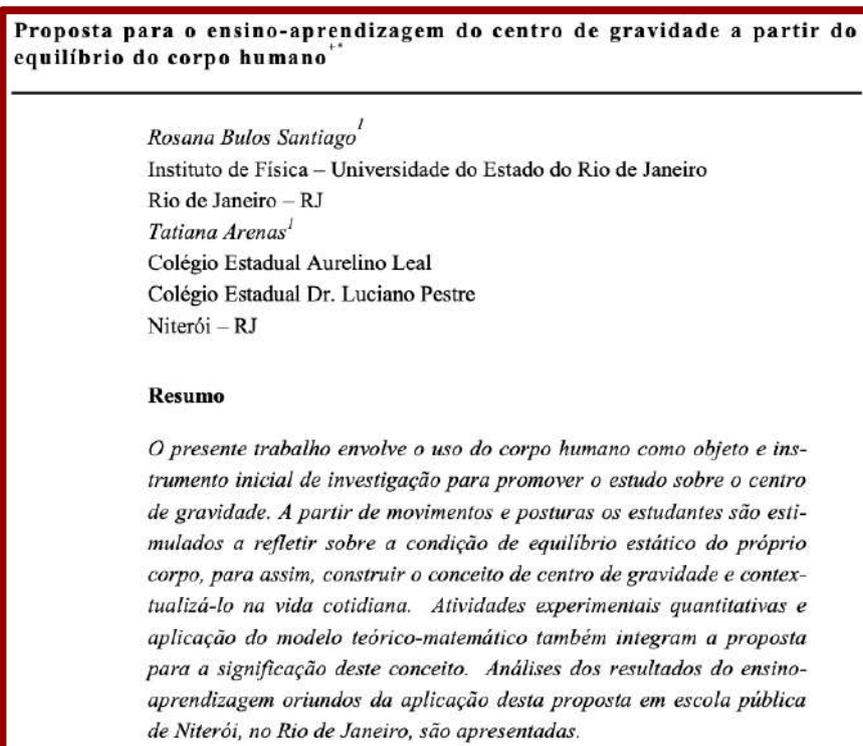


Fonte: Autora, 2020.

Outro texto sugerido aqui como referência de trabalho é o artigo de Santiago et al. (2018), que trabalha os conceitos de equilíbrio e centro de gravidade, através da análise de posições do corpo humano, ou seja, através de situações em que apresenta o corpo humano como um objeto submetido às leis da Mecânica, como explicam as autoras no resumo do artigo, ilustrado na Figura 1.14, dada a seguir.

¹ "Audacity 2.4.2 para Windows - Download." <https://audacity.br.uptodown.com/windows>. Acessado em 8 fev., 2021.

Figura 1.14 – Ilustração do artigo acadêmico que apresenta uma proposta de atividade prática para a análise do centro de gravidade do ser humano em situações de equilíbrio.



Fonte: Autora, 2020.

O ensino do conceito de centro de gravidade não é considerado comum no ensino da Mecânica, sendo proposto por esse artigo de uma forma acessível para o professor, em que o próprio aluno, experimentando a Física, assume a função de recurso instrumental na percepção do referido conceito. Também se utilizou parte das atividades propostas no artigo em nossa sequência didática. Abaixo, na Figura 1.15, apresenta-se um registro dos nossos alunos realizando a atividade no laboratório Multidisciplinar de Ciências da escola.

Figura 1.15 - Alunos do 10. ano do Ensino Médio realizando a atividade que analisa posições de equilíbrio mecânico do corpo humano.



Fonte: Autora, 2020.

1.3. Tecnologias de Ensino e Contextualização no Ensino da Mecânica

Adotar os esportes como contextualização no ensino da Mecânica é uma estratégia que promove um significado mais concreto aos conceitos físicos que fazem parte desta área da Física. Através das observações dos movimentos presentes nas modalidades esportivas, pode-se construir na mente dos alunos uma leitura dos fenômenos mecânicos baseada em eventos (os esportes) que fazem parte de nossa cultura e, portanto, estão presentes em nosso dia-dia. Abarcando ainda uma função social na vida do estudante, seja como cuidados com a saúde, como entretenimento, e também de relações com a economia e com a política, a finalidade aqui, a nível de contribuições no ensino da Física, é extrair o potencial que o esporte apresenta como ponte para ensinar conceitos físicos, em específico, os que compõem a Mecânica. As propostas metodológicas têm a premissa de melhorar o ensino, de tornar a aprendizagem mais satisfatória, diminuindo o grau de dificuldade imposto na aquisição de conhecimentos acerca da Física. Nesse sentido, a

importância das ferramentas tecnológicas de ensino também se faz presente, em que algumas dessas, podem se adaptar à observação da prática de atividades físicas, viabilizando a análise dos fenômenos mecânicos por meio da manipulação de equações, da leitura de dados e tabelas, e da geração e análise de gráficos.

Em especial, assim como acompanha-se a evolução dos computadores e dos mais diversos programas computacionais, chegando aos dias atuais aos chamados dispositivos móveis (tablets e smartphones) e de seus programas associados chamados de aplicativos, da mesma forma, também houve uma evolução surpreendente nos recursos tecnológicos computacionais que realizam registros (medidas) de grandezas físicas e, portanto, podem ser direcionados ao ensino da Física, promovendo ainda a realização de atividades práticas de cunho científico. Com este objetivo, apresentamos brevemente três recursos tecnológicos que utilizamos na sequência didática, que são o Google Maps, o programa Audacity e o programa Tracker.

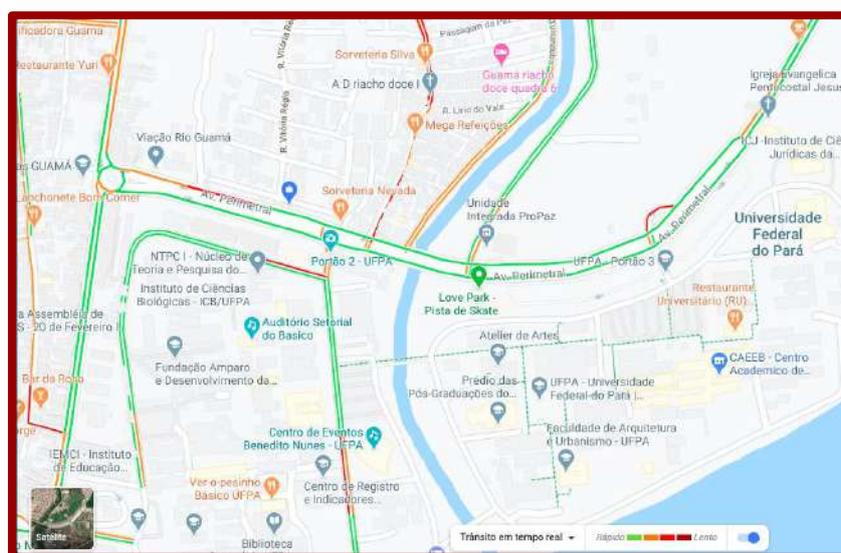
❖ Google Maps

O Google Maps² consiste em um aplicativo concebido pela empresa estadunidense Google, que fornece informações de localização de objetos e lugares no globo terrestre por meio do recurso denominado *Global Positioning System (GPS)*, permitindo o acesso a rotas e mapas de localização em cidades de todos os continentes. Como o aplicativo envolve informações sobre formas de locomoção no dia-dia, o mesmo pode ser utilizado pedagogicamente, como recurso no ensino do tema do movimento. A Figura 1.16, mostra um mapa das vias urbanas de acesso, em torno da Universidade Federal do Pará, fornecido pelo Google Maps, com os percursos em

² "Google Maps." <https://www.google.com/maps/?hl=pt-br>. Acessado em 10 set., 2020.

verde sendo as vias de trânsito. Por exemplo, caso solicitássemos o deslocamento a partir de um ponto específico da cidade de Belém para o percurso até a universidade, o aplicativo forneceria o tempo gasto em média, dependendo do meio de transporte utilizado para tal objetivo. Como é fornecido também a distância a ser percorrida até o local pretendido, pode-se estimar a velocidade escalar média referente ao movimento analisado.

Figura 1.16 – Mapa de rotas em torno da UFPA, fornecido pelo Google Maps.



Fonte: Autora, 2020.

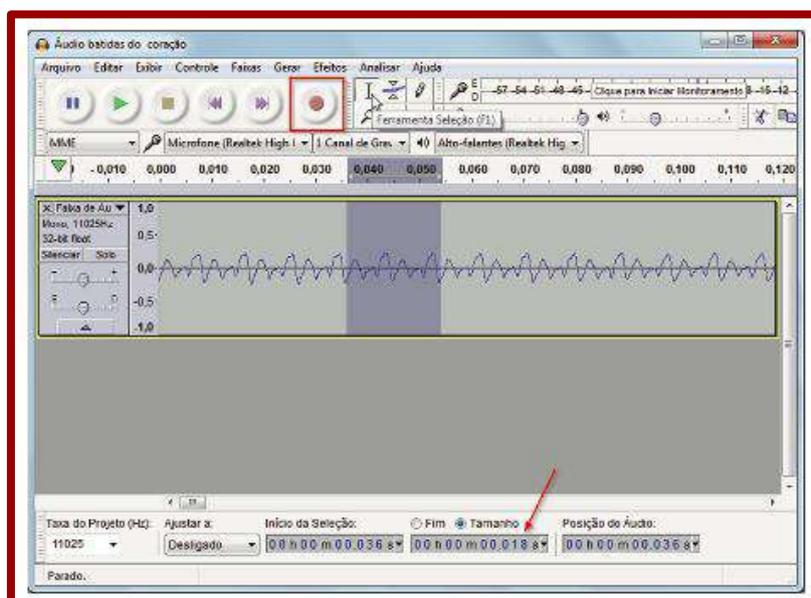
❖ Audacity

O Audacity³ é um programa computacional disponível gratuitamente na internet, de edição digital de áudio, que realiza o registro e análise de sinais sonoros, criado pela organização estadunidense Free Software Foundation. O artigo *Utilização do software Audacity como recurso didático no ensino de ondas*, de Ribeiro et al. (2018), apresenta uma proposta de atividade sobre a

³ "Audacity (®) | Free, open source, cross-platform audio software" <https://www.audacityteam.org/>. Acessado em 10 set., 2020.

abordagem do conteúdo de ondas sonoras. A Figura 1.17, dada a seguir, apresenta o ambiente de funções do Audacity, exemplificando o pulso sonoro gerado por uma corda de violão, permitindo a delimitação de um trecho da onda sonora, para obtenção e análise de medidas físicas, como tempo, frequência, período, amplitude, entre outras. Portanto, pode-se usar o Audacity para qualquer finalidade didática, e no caso da sequência, utilizamos para captar o áudio no movimento de uma bola, como forma indireta de medir o tempo do movimento.

Figura 1.17 – Mapa de rotas em torno da UFPA, fornecido pelo Google Maps.



Fonte: Ribeiro et al. 2018.

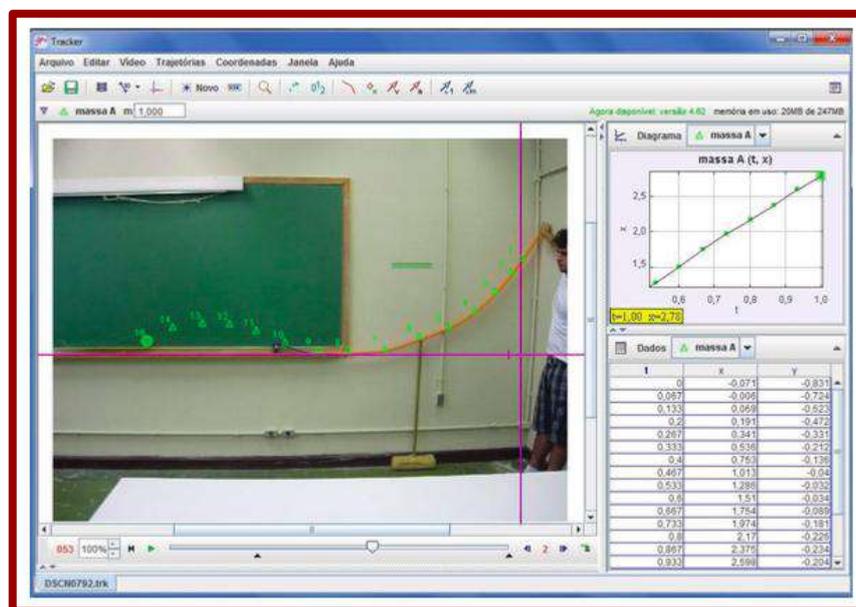
❖ Tracker

O Tracker⁴ é um programa computacional que faz análise quantitativa de parâmetros físicos a partir de vídeos, manipulando recursos numéricos, como a geração de gráficos e o ajuste analítico de curvas para fenômenos físicos em estudo. Também é disponibilizado gratuitamente e foi criado pela organização estadunidense Open Source Physics. A Figura 1.18, obtida no

⁴ "Tracker Video Analysis and Modeling Tool for Physics Education." <https://physlets.org/tracker/>. Acessado em 10 set., 2020.

artigo *Videanálise com o Software Livre Tracker no Laboratório Didático de Física: Movimento Parabólico e Segunda Lei de Newton*, de Bezerra Jr. et al. (2012), mostrada em seguida, apresenta o ambiente do Tracker exemplificando a análise física para o lançamento oblíquo de um objeto, onde se observa as marcações dos quadros sucessivos do movimento extraídos pelo vídeo do experimento, mostrando ainda dois ambientes, à direita: uma tabela de dados associados ao tempo e posição (x, y) do objeto, e o gráfico da posição horizontal contra o tempo. Em nossa sequência, utiliza-se o Tracker para analisar o movimento associado ao lançamento de uma bola de basquete à cesta.

Figura 1.18 - Ambiente da videanálise para o lançamento oblíquo gerada no Tracker.



Fonte: Bezerra Jr. et al. , 2012..

PARTE 2

2. Conteúdos de Mecânica Abordados na SDA

Basicamente, a sequência didática desenvolvida engloba os conceitos básicos de Cinemática, as Leis de Newton da Dinâmica, e os conceitos de trabalho e energia mecânica. Será visto que algumas atividades da sequência são direcionadas especificamente para alguns conceitos, como é o caso da velocidade média e da velocidade escalar média, e outras trabalham a compreensão geral de vários conceitos, como é o caso da identificação de forças envolvidas em determinadas práticas esportivas, e as possíveis transformações de energia na realização de uma modalidade esportiva. Portanto, com o intento de aplicar a sequência didática, o professor pode utilizar qualquer livro didático do 1o. ano do Ensino Médio que ache adequado para a abordagem conceitual dos assuntos. Entretanto, como forma de orientar a sequência dos conteúdos abordados na SDA, será apresentado no que segue os assuntos envolvidos, mostrando algumas relações destes com atividades esportistas.

2.1. Referencial, trajetória, posição, deslocamento, velocidade média, velocidade escalar média e velocidade instantânea

❖ *Referencial ou sistema de referência é um elemento físico utilizado para se analisar, avaliar ou quantificar grandezas físicas. Qualquer corpo pode ser tomado como referência para análise de um fenômeno físico, como uma placa quilométrica, a faixa de uma linha de chegada de atletismo, o árbitro de uma partida de futebol, um poste, um observador no solo, entre tantos outros. Para efeito de ilustração e compreensão dos conceitos acima, na Figura 2.1 a seguir, consideremos uma ciclista que se movimenta para a esquerda ao longo de um eixo horizontal, e uma pequena mancha de tinta que foi feita em uma parte do pneu.*

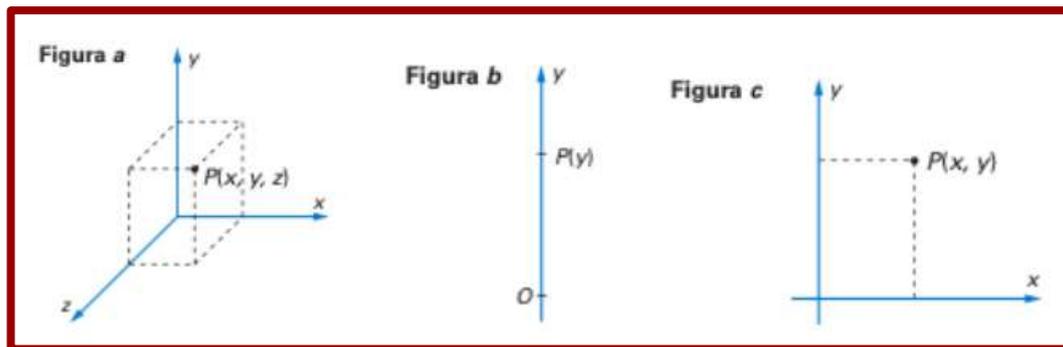
Figura 2.1 - Ilustração do ciclismo para abordagem descritiva dos movimentos.



Fonte: Ferrar, 2003.

Ao se fazer a seguinte pergunta: Qual a trajetória da mancha de tinta no pneu? Este questionamento só tem sentido se for especificado o referencial adotado. Para um observador no solo ou até mesmo a você que está lendo esse texto, pode-se dizer que a mancha de tinta realiza dois movimentos simultâneos, pois, ao mesmo tempo que avança (translada) na horizontal, também realiza um movimento circular, gerando a observação de uma trajetória que recebe o nome de cicloide, denominação não tão comum entre as que são atribuídas a outros movimentos conhecidos. Mas para a ciclista, que vê somente um movimento, a mancha é vista sob uma trajetória circular. Na análise dos movimentos, comumente se estabelece como referencial o sistema de eixos cartesianos, como ilustra a Figura 2.2, conforme o movimento seja tridimensional, unidimensional e bidimensional.

Figura 2.2 - Ilustração do sistema de coordenadas cartesianas usado para localização de posições.



Fonte: Gaspar, 2013.

Em atividades didáticas experimentais de Ciência, muitas vezes é possível usar instrumentos simples de medida de comprimento, como réguas e trenas, fazendo o papel do eixo de coordenadas, como ilustrado na Figura 2.3 abaixo.

Figura 2.3 - Ilustração de um sistema de referência representado por uma fita métrica para análise escalar do movimento.



Fonte: Autora, 2021.

Para facilitar a abordagem, serão usadas para as definições das grandezas físicas vetoriais sua forma escalar, e considerando situações de movimento retilíneo, tomando por base o livro didático *Compreendendo a Física - Mecânica*, de Gaspar (2013).

❖ O deslocamento em notação escalar unidimensional Δx de um objeto (partícula ou ponto material) é expresso pela variação das posições do objeto:

$$\Delta x = (x_2 - x_1) \quad (2.1)$$

❖ Quando um objeto se desloca da posição x_1 para a posição x_2 , em um intervalo de tempo Δt , a velocidade média associada a este deslocamento é definida por:

$$v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (2.2)$$

sendo medida em m/s, no Sistema Internacional de Unidades (S.I.).

❖ A velocidade escalar média v_m associada ao movimento do objeto em um intervalo de tempo Δt é definida por:

$$v_m = \frac{\text{distancia total}}{\Delta t} \quad (2.3)$$

A velocidade escalar média é uma forma diferente de descrever "com que rapidez" uma partícula está se movendo. Enquanto a velocidade média envolve o vetor deslocamento da partícula, a velocidade escalar média é definida em termos da distância total percorrida (o número de metros percorridos, por exemplo), independentemente da direção do movimento.

❖ A velocidade instantânea, em um dado instante, é obtida a partir da velocidade média reduzindo o intervalo de tempo Δt até torná-lo próximo de zero. Quando Δt diminui, a velocidade média se aproxima cada vez mais de um valor limite que é a velocidade instantânea.

2.2. Aceleração média, aceleração instantânea, movimento retilíneo uniforme e uniformemente variado

❖ Se a velocidade de um objeto varia de v_1 para v_2 em um intervalo de tempo $\Delta t = (t_2 - t_1)$, a aceleração média é definida pela razão entre a variação de velocidade e o intervalo de tempo durante o qual a variação ocorre:

$$a_m = \frac{(v_2 - v_1)}{(t_2 - t_1)} \quad (2.4)$$

No SI a aceleração média é medida em metros por segundo ao quadrado (m/s^2). O sinal algébrico indica o sentido da a_m , se os sinais da velocidade e da aceleração de uma partícula são iguais, a velocidade escalar da partícula aumenta. Se os sinais são opostos a velocidade escalar diminui.

❖ Aceleração instantânea (ou, simplesmente, aceleração) é obtida da aceleração média quando o intervalo de tempo tende a zero.

❖ Quando a aceleração é constante, a aceleração média e a aceleração instantânea são iguais.

Neste caso, temos o movimento retilíneo uniformemente variado, descrito pelas equações:

$$v = v_0 + a t \quad (2.5)$$

$$v^2 = v_0^2 + 2 a \Delta x \quad (2.6)$$

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad (2.7)$$

❖ No movimento retilíneo uniforme temos a velocidade constante, devido a aceleração ser nula, sendo descrito pela equação:

$$x = x_0 + v t \quad (2.8)$$

A Figura 2.4 ilustra o movimento do carro de corrida chamado dragster, o qual é capaz de desenvolver acelerações altíssimas, comparado com um carro comum, por exemplo, pode atingir em 4,5 s a velocidade de 150 m/s a partir do repouso, ou seja, desenvolver uma aceleração de 33,3 m/s².

Figura 2.4 - Carro de corrida dragster, conhecido por desenvolver altas acelerações.



Fonte: Gaspar, 2013.

2.3. Força Resultante, Leis de Newton, Força da Gravidade (peso) e Equações do M.R.U.V. em movimentos sob ação de g

❖ A partir do ciclismo e do automobilismo extraímos significados da Mecânica sob uma perspectiva puramente descritiva, ou seja, não levamos em consideração nas análises, os agentes causadores desses movimentos, que são as forças. Estas são as responsáveis por iniciar um movimento, provocar deformações físicas em um corpo e ainda, modificar as características, como valor numérico, direção e sentido da velocidade do corpo. A massa (m) de um corpo é a

propriedade de resistência às variações que a ação de uma força (\vec{F}) pode provocar e, nesse sentido, temos a 2ª Lei de Newton, dada pela equação (2.9) abaixo, que permite compreender um movimento a partir de suas relações de causa e efeito.

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad (2.9)$$

ou seja, é uma equação vetorial, que implica em três equações escalares nas coordenadas x , y e z . Por exemplo, na coordenada horizontal x , temos:

$$F_x = m a_x \quad (2.10)$$

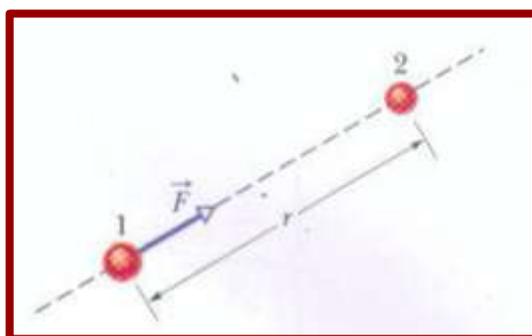
❖ Esta lei implica na ação de uma Força Resultante sobre um corpo, que é responsável em provocar no mesmo uma aceleração. Logo, essa lei, apresentada de forma vetorial e escalar, expressa a relação de proporcionalidade inversa entre massa e aceleração adquirida pelo corpo em razão da ação da força resultante.

❖ Por definição, uma força que produz uma aceleração de 1 m/s^2 , em um quilograma-padrão, tem módulo de 1 Newton (1 N). A orientação da força é a mesma que a orientação da aceleração produzida pela força. As forças são combinadas de acordo com as regras da álgebra vetorial. A força resultante que age sobre um corpo é a soma vetorial de todas as forças que agem sobre um corpo.

❖ Por exemplo, no paraquedismo, se as forças da gravidade e de resistência do ar forem iguais e opostas, temos a força resultante nula, portanto não modificando a velocidade do paraquedista. Mas se em um dado momento da queda, a força da gravidade se sobrepõe à magnitude da força resistiva do ar, o paraquedista cairá apresentando uma variação em sua velocidade.

❖ Ainda sobre a abordagem causal do movimento, a força da gravidade é um tipo de força de natureza atrativa, que permite a interação entre dois corpos por meio das massas que possuem, estando eles em contato direto ou à distância. A força gravitacional tem direção de uma reta imaginária que passa pelo centro dos dois corpos envolvidos. Seu sentido é sempre direcionado para o centro do corpo que exerce a força sobre o outro corpo, como exemplificado na Figura 2.5, onde temos dois corpos 1 e 2 a uma distância r representando esse tipo de interação.

Figura 2.5 - Representação do vetor força gravitacional exercida pela partícula 2 sobre a partícula 1.



Fonte: Halliday et al, 2009.

Em notação escalar, o módulo desse tipo de interação é expresso pela seguinte equação:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (2.11)$$

sendo $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$, denominada Constante Universal da Gravitação.

❖ Um dos corpos da interação gravitacional pode ser a Terra ou outro astro interagindo com um objeto de interesse. Considerando a interação gravitacional com a Terra, para um corpo de massa m , encontramos a expressão para a força peso:

$$p = m g \quad (2.12)$$

sendo g o módulo da aceleração da gravidade a qual o corpo é submetido, devido a força gravitacional atrativa da Terra, considerada com o valor $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

❖ Como exemplo dessa interação, tomamos a prática do Bungee Jumping representado pela Figura 2.6 abaixo, em que o sistema aqui é formado pela massa da Terra e a massa do praticante desse esporte. Nessa interação, as forças que cada corpo exerce sobre o outro são iguais em módulo e têm sentidos opostos (Terceira Lei de Newton).

Figura 2.6 - O bungee jump pode servir para abordar a 3ª Lei de Newton na interação homem-Terra e também o movimento de queda-livre.



Fonte: <https://www.magaribla.com/bloukrans-bridge-bungy-o-bungee-jumping-mais-alto-do-mundo/>.

Ao cair em queda livre, sem que o cabo esteja esticado, a velocidade do esportista varia como efeito apenas da interação gravitacional com a Terra.

❖ As equações descritivas do movimento de um corpo em queda livre são as mesmas do movimento uniformemente variado (equações 2.5 a 2.7), sendo conveniente fazermos mudanças de notação nas mesmas, pois o movimento de queda é convenientemente descrito em relação a um eixo de referência y , com o sentido positivo do eixo y para cima e a aceleração é tomada por

$-g$, em que g é o módulo da aceleração da gravidade. Logo, o conjunto de equações para a queda livre ficam expressas por:

$$v_y = v_{0y} - g t \quad (2.13)$$

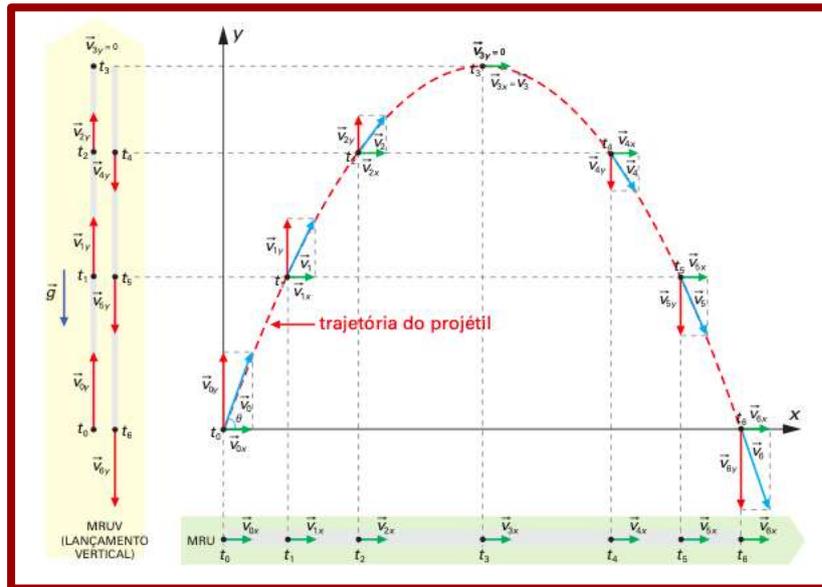
$$y = y_0 + v_{0y} t - \frac{1}{2} g t^2 \quad (2.14)$$

$$v_y^2 = v_{0y}^2 - 2 g \Delta y \quad (2.15)$$

Na equação (2.15), Δy pode ser substituído pela altura de referência em relação a superfície da Terra, dada como h .

❖ Outro exemplo de movimento de queda livre é o lançamento oblíquo, entendido como um movimento que ocorre simultaneamente ao longo de duas direções dadas por x e y , cuja trajetória observada é uma parábola. Caracterizado como um movimento uniformemente variado ao longo de y , pela ação do peso, e como uniforme (aceleração nula) ao longo do eixo x , é descrito por meio de uma análise de decomposição vetorial da velocidade, conforme é ilustrado na Figura 2.7 abaixo:

Figura 2.7 - Ilustração do movimento oblíquo, com a representação da velocidade e suas componentes vertical e horizontal ao longo da trajetória parabólica.



Fonte: Gaspar, 2013.

❖ Analisa-se o lançamento oblíquo ao longo das direções x e y , em que a velocidade inicial de lançamento é apresentada em termos de suas componentes pelas equações:

$$v_{0x} = v_0 \cos \theta_0 \quad (2.16)$$

$$v_{0y} = v_0 \sin \theta_0 \quad (2.17)$$

em que $v_{0x} = v_x$ e θ_0 é o ângulo inicial de lançamento.

❖ Como ao longo da direção horizontal o movimento é realizado com velocidade constante, a equação (2.8) para a posição horizontal do projétil assume a seguinte forma:

$$x = v_0 \cos \theta_0 t \quad (2.18)$$

considerando $x_0 = 0$.

❖ Na direção vertical tem-se o movimento uniformemente variado, então o conjunto de equações (2.13 a 2.15) assumem as seguintes formas:

$$v_y = v_0 \sin \theta_0 - g t \quad (2.19)$$

$$y = v_0 \sin \theta_0 t - \frac{1}{2} g t^2 \quad (2.20)$$

$$v_y^2 = (v_0 \sin \theta_0)^2 - 2 g \Delta y \quad (2.21)$$

considerando $y_0 = 0$.

❖ O módulo do vetor velocidade em cada ponto da trajetória é obtido em termos das componentes:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \quad (2.22)$$

Temos também a equação da trajetória que relaciona as coordenadas (x, y) do vetor posição do projétil:

$$y = (\tan \theta_0) x - \frac{g}{2(v_0 \cos \theta_0)^2} x^2 \quad (2.23)$$

Pode-se contextualizar o assunto do lançamento oblíquo com vários esportes que envolvam a situação de lançamento livre de objetos e artefatos, como é o caso de bolas, discos, flechas, projéteis, e até mesmo o ser humano. Na Figura 2.8, a seguir, temos o lançamento de uma bola de basquete até uma cesta, cuja trajetória é uma parábola. Na última atividade da SDA propomos analisar este movimento da bola de basquete e verificar se se comporta como um lançamento oblíquo.

Figura 2.8 - O movimento livre de uma bola de basquete, após ser lançada, pode ser considerado um movimento oblíquo.



Fonte: Luz et al., 2016.

2.4. Energia Cinética, Energia Potencial Gravitacional, Força Elástica e Energia Potencial Elástica

No basquete ocorrem variações de velocidade e de altura nos movimentos de subida e de descida da bola, e aproveitamos então a oportunidade para abordar os significados sobre as transformações de energia que ocorrem ao longo da trajetória.

❖ *A energia cinética é a energia associada à velocidade da bola em cada ponto da trajetória, expressa pela equação abaixo, considerando que a velocidade é muito menor que a da luz e m é a massa da bola.*

$$K = \frac{1}{2} m v^2 \quad (2.24)$$

Se o movimento analisado aqui é o oblíquo, o termo é obtido pela equação (2.22).

❖ *A Energia potencial gravitacional é a energia associada à posição vertical y (altura h) da bola em relação a um sistema de referência. No caso do referencial Terra-bola, temos a Energia Potencial Gravitacional expressa como:*

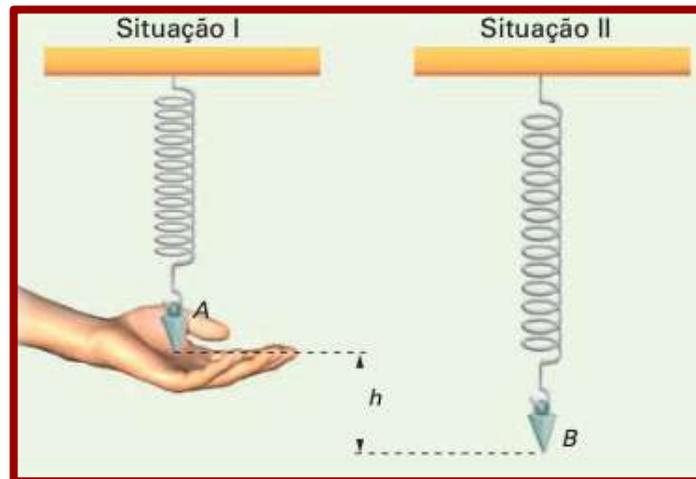
$$U_g = m g y \quad (2.25)$$

❖ *O bungee jumping pode ser retomado com a finalidade de abordar o conceito de energia potencial elástica. A Energia Potencial Elástica é a energia associada ao estado de compressão ou extensão de um objeto ou meio elástico. Então, justifica-se o conceito de energia potencial elástica ser abordado aqui, pelo fato de que, na essência do fenômeno, uma deformação elástica ocorre no cabo do praticante desse esporte. Se por suposição, o cabo se comportasse tal qual uma mola, dada pela Figura 2.9 abaixo, de constante elástica k , a força exercida sobre o esportista, estando o cabo esticado de um valor y , poderia ser obtida através da equação dada abaixo:*

$$F_{el} = -k y \quad (2.26)$$

Esta equação é relacionada à chamada Lei de Hooke, e molas que apresentam este comportamento são chamadas de molas ideais.

Fig. 2.9 - Ilustração de uma mola distendida verticalmente para modelar o comportamento do cabo do bungee jumping.



Fonte: Gaspar, 2013.

❖ *Devido o cabo do bungee jumping estar esticado, armazena-se no sistema cabo-homem uma quantidade de energia potencial elástica que, na condição de comparação do cabo com a mola, esta energia é expressa pela equação:*

$$U_{el} = \frac{1}{2} k x^2 \quad (2.27)$$

2.5. Energia Mecânica, Conservação da Energia, Trabalho Mecânico e Teorema Trabalho-Energia Cinética

❖ A Energia Mecânica de um sistema é definida como a soma da energia cinética e da energia potencial que estiver presente no sistema em análise, sendo expressa por:

$$E_M = K + U \quad (2.28)$$

❖ Na prática do bungee jumping, temos a energia potencial gravitacional (homem no ponto do salto), a cinética (durante a queda) e a elástica (cabo esticado). Na prática do basquete, temos a energia cinética (bola em movimento) e a potencial gravitacional (bola a uma altura do solo). Um sistema é dito conservativo, quando não há a atuação de forças dissipativas de energia, como é o caso do atrito e, assim, a energia mecânica do sistema é conservada, ou seja, apresenta o mesmo valor em duas quaisquer configurações ou posições do sistema:

$$\begin{aligned} E_{M1} &= E_{M2} \\ K_1 + U_1 &= K_2 + U_2 \quad (2.29) \end{aligned}$$

Há também outra relação obedecida pelos sistemas conservativos, equivalente à equação (2.30), que relaciona respectivamente as variações de energia cinética e potencial:

$$\Delta K = -\Delta U \quad (2.30)$$

Pode ser que em situações reais da prática de esportes, como o bungee jumping, o basquete, o salto com vara, entre outros, possamos considerar os sistemas envolvidos como conservativos.

❖ Tendo uma força constante F que atua em um corpo, e sendo associado um deslocamento, por exemplo, horizontal Δx , define-se o trabalho mecânico como uma grandeza escalar, resultante da ação desta força, como:

$$W = F\Delta x \cos \theta \quad (2.31)$$

Onde F é o módulo da força, Δx o módulo do vetor deslocamento e θ ângulo entre estes dois vetores.

❖ O Teorema Trabalho-Energia Cinética declara que a variação da energia cinética de um corpo entre dois pontos de uma trajetória, equivale ao trabalho mecânico desenvolvido pela força associada a esta variação de energia, sendo expresso como:

$$W = \Delta K = \frac{1}{2} m (v_f^2 - v_i^2) \quad (2.32)$$

sendo v_i e v_f as velocidades inicial e final do sistema, associadas à variação da energia cinética.

2.6. Centro de Massa, Torque e Centro de Gravidade

❖ Na abordagem cinemática de um movimento, descrevemo-lo por meio de equações que possuem um carácter de se prever em que posição da trajetória e com que velocidade um corpo estará, decorrido um certo intervalo de tempo. Nessa abordagem, considera-se que um corpo relativamente grande, seja concebido como um ponto material, desde que suas dimensões possam ser desprezadas. Para corpos extensos, cujas dimensões não podem ser desprezadas, adequamos a análise por meio do conceito de centro de massa. Para atribuir-lhe significado, adotamos a situação dada na Figura 2.10 abaixo, em que a trajetória do corpo da atleta como um todo,

corresponde à trajetória do centro de massa representado por um ponto representativo desse corpo.

Figura 2.10 - Ilustração da trajetória de um salto em que o corpo do atleta pode ser representado por um único ponto, denominado centro de massa.



Fonte: Luz et al., 2016.

❖ Entende-se centro de massa de um corpo extenso ou de um sistema de massas, como um ponto que se comporta como se toda a massa do corpo estivesse concentrada nele, de modo que a resultante das forças externas atua nesse ponto. Em um sistema de coordenadas cartesianas, o vetor posição do centro de massa é definido da seguinte maneira:

$$\vec{r}_{CM} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^n m_i \vec{r}_i \quad (2.33)$$

sendo m_i as massas, e \vec{r}_i as posições dos corpos do sistema, M é a massa total do sistema. Temos uma expressão equivalente para as coordenadas de posição do centro de massa. Por exemplo, a coordenada horizontal é expressa como:

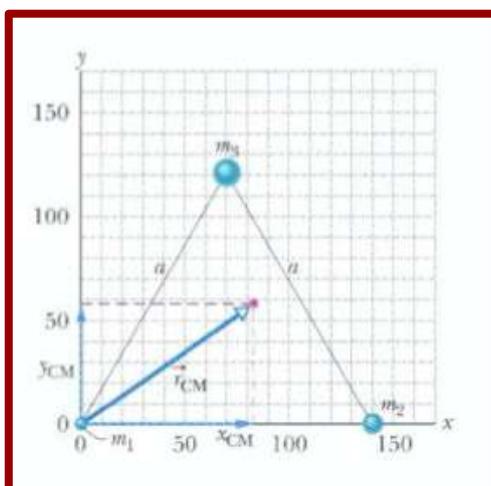
$$x_{CM} = 1/M [\sum_{i=1}^n m_i x_i] \quad (2.34)$$

❖ Por exemplo, para um sistema formado por três partículas, de massas m_1 , m_2 , m_3 , distribuídas no plano cartesiano de coordenadas xy , conforme ilustra a Figura 2.11 abaixo, a equação (2.33) em termos das componentes fica da seguinte forma:

$$x_{CM} = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2 + m_3 x_3}{M} \quad (2.35)$$

$$y_{CM} = \frac{m_1 y_1 + m_2 y_2 + m_3 y_3}{M} \quad (2.36)$$

Figura 2.11 - Ilustração do vetor posição do centro de massa para o sistema composto por três partículas no plano xy .



Fonte: Halliday et al. 2009.

❖ A Segunda Lei de Newton, descrita para um sistema de partículas de massa total M , é expressa através da aceleração do centro de massa associado ao sistema:

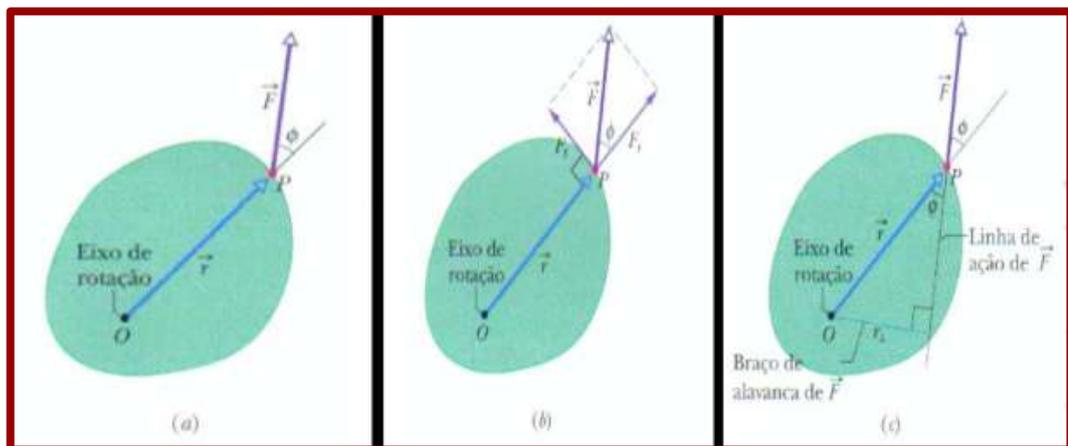
$$\vec{F}_{RES} = m \vec{a}_{cm} \quad (2.37)$$

❖ Em movimentos de rotação de corpos rígidos e extensos, a análise é feita através da grandeza vetorial Torque, que também é denominada de momento de uma força. Seu significado

está relacionado com a rotação que um corpo sofre por ação de uma força aplicada em um ponto, a uma certa distância de um eixo de rotação. A distância do ponto de aplicação da força ao eixo de rotação denomina-se braço. Na figura 2.12 a seguir, temos um corpo em movimento de rotação visto por uma seção reta, a localização do ponto P de aplicação da força, dado pelo vetor posição \vec{r} , o vetor força \vec{F} , e o ângulo ϕ entre \vec{r} e \vec{F} , sendo o eixo de rotação localizado no ponto O perpendicular ao plano da seção reta. O torque é definido como:

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} \quad (2.38)$$

Figura 2.12 - Ilustração da aplicação de uma força, localizada pelo vetor posição em relação a um eixo de rotação localizado em O , sendo o eixo perpendicular ao plano da figura, na composição do torque causado pela força, ocasionando o giro do corpo, o qual é representado pela área em verde.



Fonte: Halliday et al., 2009.

❖ O módulo do torque é expresso como:

$$\tau = r F \sin \phi \quad (2.39)$$

podendo ser interpretado como $\tau = (r F_t)$, sendo F_t a componente tangencial da força, ilustrada na Figura 2.12 (b), ou, equivalentemente, $\tau = (r_{\perp} F)$, sendo r_{\perp} a distância

perpendicular entre o eixo de rotação localizado no ponto O e a reta que representa a linha de ação da força \vec{F} , como ilustra a Figura 2.12 (c). Temos que r_{\perp} é chamado de braço de alavanca de \vec{F} . No S.I. o torque é dado em Newton metro (Nm).

❖ A Figura 2.13 a seguir, exemplificando um experimento sobre condição de equilíbrio, é utilizada aqui para esclarecer o significado do conceito de centro de gravidade e como este relaciona-se com o significado de torque ou momento de uma força.

Figura 2.13 - Vassoura em equilíbrio estático, sendo suspensa pelo seu centro de gravidade.



Fonte: Autora, 2020.

❖ O centro de gravidade do corpo rígido dado pela vassoura, foi encontrado quando ela não apresentou rotação em torno do eixo vertical que passa pelo ponto comum entre o barbante e a vassoura. Isso significa que temos uma situação de condição de equilíbrio em que a força da gravidade não está gerando um torque na vassoura. Portanto, o centro de gravidade é associado a um ponto tal que, se o corpo for suspenso por este ponto e com liberdade para girar em torno dele, o corpo permanecerá em repouso e mantendo sua posição original. Para corpos homogêneos e com simetria, o centro de gravidade coincide com o centro geométrico.

❖ A posição do centro de gravidade, na coordenada horizontal x é expressa como:

$$x_{CG} = 1/P [\sum_{i=1}^n p_i x_i] \quad (2.40)$$

Em que P é o peso dado pelo somatório dos pesos p_i das partículas que constituem o corpo. Portanto, o centro de gravidade é o ponto em que atua o peso total do corpo, sendo que seu torque é equivalente a soma dos torques dos pesos das partículas individuais, constituintes do corpo. A condição de equilíbrio estático devido ao peso, é aquela em que a soma destes torques se anula e, portanto, basta pendurar o corpo no seu centro de gravidade, como é o caso do exemplo da vassoura. Se a aceleração da gravidade não varia sobre o corpo, ou seja, tem-se um campo gravitacional uniforme, o centro de gravidade coincide com o centro de massa, ou seja, $x_{CG} = x_{CM}$.

PARTE 3

3. Sequência Didática Ativa

Estratégias Didáticas para Aplicação das Atividades da Sequência Didática Ativa

Apresenta-se, a seguir, as atividades que compõem a sequência didática deste produto educacional. Relaciona-se os conceitos físicos que foram explorados, as estratégias didáticas presentes na aplicação de cada uma delas e os objetivos pretendidos.

3.1. A Física dos Esportes Radicais

Identificação da Atividade: exposição e debate de um vídeo⁵ apresentando esportes radicais de várias modalidades, encontrado na plataforma YouTube, para discutir conceitos físicos. O professor pode utilizar outros vídeos, a livre escolha.

Conceitos Físicos: trajetória, posição, deslocamento, velocidade, aceleração, equilíbrio, sincronismo, movimento oblíquo, movimento de rotação, força peso, força muscular, força de resistência do ar, força elástica, energia cinética, energia potencial gravitacional, energia mecânica.

Estratégia 1: iniciar a aula de Mecânica com a apresentação do vídeo.

Estratégia 2: solicitar que os alunos preencham a tabela da atividade para relacionar as situações do vídeo com modalidades esportivas e com conceitos físicos que possuem sobre movimento.

⁵ "Melhor vídeo de Esportes Radicais de Todos os tempos - YouTube." 4 dez., 2013, <https://www.youtube.com/watch?v=zEPZL336Tw4>. Acessado em 20 nov., 2020.

Objetivo Didático: fomentar as discussões e argumentações para iniciar a construção de significados acerca de conceitos da Mecânica.

Ficha da Atividade 1: A Física dos Esportes Radicais

Escola: _____

Professor: _____

Aluno (a): _____

ATIVIDADE: CONTEXTUALIZANDO A MECÂNICA COM ESPORTES RADICAIS

Assista ao vídeo sobre esportes radicais e tente relacionar as diversas situações apresentadas aos conceitos de Mecânica, sugeridos no quadro abaixo, preenchendo posteriormente a tabela:

REFERENCIAL REPOUSO DESLOCAMENTO TRAJETÓRIA
VELOCIDADE ACELERAÇÃO INÉRCIA MOVIMENTO
EQUILÍBRIO MOVIMENTO CIRCULAR MOVIMENTO RETILÍNEO
ACELERAÇÃO CENTRÍPETA FORÇA DE ATRITO AÇÃO E REAÇÃO
FORÇA DA GRAVIDADE FORÇA ELÁSTICA PESO
FORÇA DE TRAÇÃO FORÇA DE RESISTÊNCIA DO AR
MOVIMENTO PERIÓDICO QUEDA-LIVRE FREQUÊNCIA
CENTRO DE MASSA POTÊNCIA IMPULSO
ENERGIA CINÉTICA ENERGIA POTENCIAL TRABALHO MECÂNICO

ESPORTE	SITUAÇÃO ASSOCIADA	CONCEITO FÍSICO

3.2. Medindo Velocidade Média do Usain Bolt

Identificação da Atividade: exposição de um vídeo⁶ da prova olímpica dos 100 metros rasos, vencida por Usain Bolt, em 2008, Pequim, e análise de sua velocidade média.

Conceitos Físicos: movimento unidimensional, posição, deslocamento, intervalo de tempo, velocidade média e velocidade instantânea.

Estratégia 1: Iniciar aula expositiva referente aos conceitos citados acima, dando exemplos de velocidades médias apresentadas em diversos esportes.

Estratégia 2: Apresentar o vídeo que narra a prova de atletismo dos 100 m de Usain Bolt, na Olimpíada de Pequim, 2008.

Estratégia 3: Fornecer uma tabela com os intervalos de tempo marcados por Usain Bolt a cada 10 metros da prova, e pedir para determinarem a velocidade média associada a estes intervalos.

Estratégia 4: Solicitar a transformação destes dados em um gráfico que relaciona os valores de velocidade média encontrados a partir das distâncias percorridas e dos respectivos intervalos de tempo a cada 10 m, para analisar a característica do gráfico obtido. Propõe-se, novamente, encontrar uma curva média aumentando o número de pontos, dividindo o percurso a cada 5 m para dobrar o número de pontos encontrados.

⁶ "Usain Bolt 100m Pequim 2008 - YouTube." 28 ago.. 2016, <https://www.youtube.com/watch?v=k4TJPOzsj8c>. Acessado em 11 fev.. 2021.

Objetivo Didático: trabalhar a compreensão dos conceitos de velocidade média e velocidade instantânea e também a elaboração de gráficos. Em especial, pode-se trabalhar a ideia de que quanto menor o intervalo de tempo de percurso, a velocidade média se aproxima cada vez mais da velocidade instantânea.

Sugestão: Esta atividade foi elaborada a partir do livro *Física em Contextos* (Pietrocola et al., 2010). No entanto, pode ser adaptada a outros esportes, utilizando outra fonte de medidas de desempenho esportivo.

Ficha da Atividade 2: Medindo Velocidade Média do Usain Bolt

Escola: _____

Professor: _____

Aluno (a): _____

ATIVIDADE: Análise da Velocidade Média do Usain Bolt

A tabela, a seguir, mostra os dados aproximados do vencedor da prova de corrida, conhecida como 100 m rasos, na Olimpíada de Pequim, na China, em 2008. O jamaicano Usain Bolt bateu o recorde mundial ao terminar a prova em 9,69 segundos. Na tabela, foi anotado o tempo de Bolt a cada marca de 10 m.

x(m)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
t(s)	0	1,85	2,87	3,78	4,65	5,50	6,32	7,14	7,96	8,79	9,69

A partir destes dados, calcule as velocidades médias de Usain Bolt a cada 10 metros percorridos, e também no percurso total da prova dos 100 m. Após efetuar todos os cálculos, comente o que foi acontecendo com a velocidade média do atleta em cada trecho do percurso, comparando os resultados encontrados.

Determinação da Velocidade Média

Δx (m)											
Δt (s)											
V_m											

3.3. Medindo a Velocidade Escalar Média com o Google Maps

Identificação da Atividade: Propõem medir a velocidade escalar média, utilizando o Google Maps⁷ na análise do percurso do movimento.

Conceitos Físicos: movimento bidimensional, trajetória, distância percorrida, intervalo de tempo e velocidade escalar média.

Estratégia 1: Solicitar para cada aluno, como atividade prévia que antecede a aula, acionar o aplicativo Google Maps de seus smartphones, para registrar a rota casa-escola de cada um.

Estratégia 2: Extrair os dados de distância e intervalo de tempo apresentados nas rotas fornecidas pelo aplicativo, para que cada aluno calcule sua própria velocidade escalar média do seu trajeto, de acordo com o meio de transporte escolhido para a realização do percurso.

Objetivo Didático: Promover um ambiente de discussão para análise dos valores encontrados, por cada aluno, da velocidade escalar média, compatíveis com uma caminhada ou através de outras formas de deslocamento presentes no aplicativo.

Sugestão: Posteriormente, o professor pode solicitar para os alunos avaliarem rotas entre outros lugares de interesse, e com o fornecimento do tempo estimado pelo Google Maps, determinarem as velocidades escalares médias.

⁷ "Google Maps." <https://maps.google.com/>. Acessado em 3 dez., 2020.

Ficha da Atividade 3: Medindo a Velocidade Escalar Média com o Google

Maps

Escola: _____

Professor: _____

Aluno (a): _____

ATIVIDADE: Determinando a Velocidade Escalar Média Através do Google Maps



Adotando o aplicativo Google Maps do seu celular, verifique a distância que você percorreria da sua casa até a escola, caminhando ou de outra maneira de se locomover, presentes no aplicativo. De posse de um cronômetro, que pode ser o do seu celular, percorra o referido trajeto, e registre o intervalo de tempo gasto. Finalmente, a partir das medidas da distância e do intervalo de tempo, calcule a velocidade escalar média em m/s e em km/h no percurso feito por vc.

3.4. Medindo a Velocidade Média em Movimentos Muito Rápidos

Identificação da Atividade: estimar a velocidade média para o movimento de uma bola de futebol a partir de um chute, usando um medidor de áudio como cronômetro.

Conceitos Físicos: movimento unidimensional, intervalo de tempo, deslocamento, velocidade média, valor médio, pulso sonoro.

Estratégia 1: Perguntar aos alunos como podem fazer para medir a velocidade média em um movimento de uma bola, a partir do chute até um anteparo. Discutir como medir o intervalo de tempo e o deslocamento.

Estratégia 2: Apresentar o programa Audacity⁸ para a turma, de forma a descrever sua finalidade na atividade, que é a de registrar áudios.

Estratégia 3: Dividir a turma em equipes de 5 a 6 alunos, para realizarem chutes em uma bola, a uma distância pré-definida de um anteparo, por exemplo 3 m, em que usem uma trena para aferição dessa medida.

Estratégia 4: Na tabela disposta na atividade, anotar as medidas do deslocamento (distância), e do intervalo de tempo do movimento, fornecido pelo programa Audacity a partir do pulso sonoro do chute e da batida da bola no anteparo, em cada chute realizado e, finalmente, calcular a velocidade média da bola.

⁸ "Audacity (®) | Free, open source, cross-platform audio software for" <https://www.audacityteam.org/>. Acessado em 5 dez. 2020.

Objetivo Didático: Discutir a medida do tempo em movimentos muito rápidos e instigar em sala, a socialização dos resultados encontrados por cada equipe, representados por meio do cálculo da média das velocidades médias, estabelecendo comparações entre as velocidades das equipes, definidas por alunos e alunas, levando em consideração fatores biomecânicos.

Sugestão: Esta atividade foi baseada no artigo denominado *O Computador como Cronômetro*, de Aguiar e Pereira (2012).

Ficha da Atividade 4: Medindo a Velocidade Média em Movimentos Muito

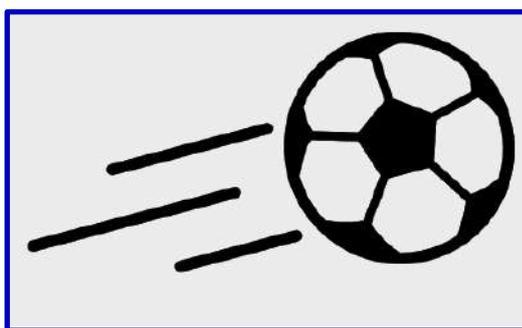
Rápidos

Escola: _____

Professor: _____

Aluno (a): _____

ATIVIDADE: Determinando a Velocidade Média em Movimentos Muito Rápidos



Fonte: Ver nota de rodapé⁹.

Nesta atividade, cada grupo, composto por cinco a seis alunos, terá que calcular a velocidade média de uma bola a ser chutada, que se encontra a uma distância pré-definida de um determinado anteparo. Então, responda as perguntas abaixo:

1. Como medir o deslocamento da bola até o anteparo?
2. Como registrar o tempo gasto no trajeto da bola até o anteparo?
3. Qual foi a velocidade média da bola?
4. Depois de calcular as velocidades médias, preencha a tabela abaixo e determine a média das velocidades médias encontradas, através da seguinte expressão:

$$v_m = \frac{(v_{m1} + v_{m2} + v_{m3} + v_{m4} + v_{m5})}{5}$$

⁹ "Desenhos Para Colorir - Ultra Coloring Pages." <http://www.ultracoloringpages.com/pt/>. Acessado em 9 nov.. 2020.

Equipe	Deslocamento	Intervalo Tempo	Vel. Média
aluno 1			
aluno 2			
aluno 3			
aluno 4			
aluno 5			

3.5. Discutindo Conceitos Físicos com Ilustrações de Esportes

Identificação da Atividade: Promover a compreensão de diversos conceitos físicos ligados à Mecânica, por meio da apresentação de slides ilustrando modalidades esportivas.

Conceitos Físicos: Conceitos trabalhados pelos alunos na atividade 1 e outros que surgirem por sugestão dos alunos no debate em sala.

Estratégia 1: Apresentar cada slide com um esporte e, ao lado de cada imagem, os conceitos físicos dados pelos alunos na atividade 1.

Estratégia 2: Instigar reflexões, por meio de argumentos e exemplos sobre as possíveis associações errôneas entre esportes/conceitos físicos, para se buscar a associação correta.

Objetivo Didático: Fomentar a compreensão correta dos conceitos da Mecânica por meio dos esportes, viabilizando a reelaboração de concepções intuitivas errôneas apresentadas na atividade 1.

Sugestão: Ao adotar esta atividade, fica a critério do professor usar outros esportes com a finalidade de explorar diferentes conceitos da Mecânica.

Ficha da Atividade 5: Discutindo Conceitos Físicos com Ilustrações de Esportes

Imagem usada para discutir a prática do futebol, e os conceitos físicos discutidos.

<p>FUTEBOL</p>	 <p>Fonte: Ver a nota de rodapé¹⁰.</p>
<p>Quais conceitos físicos podem ser corretamente relacionados ao futebol?</p>	<p>trajetória e movimento; velocidade; movimento retilíneo; movimento periódico (embaixadinha); força da gravidade; aceleração centrípeta</p>

¹⁰ "Contra o Paraguai, Neymar desencanta e Brasil fica mais"
<http://portalregiaoeste.com.br/contra-o-paraguai-neymar-desencanta-e-brasil-fica-mais-perto-da-copa/>. Acessado em 9 nov.. 2020.

Imagem usada para discutir a prática do skate, e os conceitos físicos discutidos.

<p>SKATE</p>	 <p>Fonte: Ver a nota de rodapé¹¹.</p>
<p>Quais conceitos físicos podem ser corretamente relacionados ao skate?</p>	<p>movimento e equilíbrio; velocidade; impulso; frequência; potência; força elástica; força de resistência do ar; movimento circular; sincronia</p>

¹¹ "Dora Varella é a grande campeã do Oi STU Qualifying Series" 25 jan.. 2020, <https://www.cadernoinformativo.com.br/dora-varella-e-a-grande-campea-do-oi-stu-qualifying-series-etapa-santa-catarina/>. Acessado em 9 nov.. 2020.

Imagem usada para discutir a prática do paraquedismo, e os conceitos físicos discutidos.

<p>PARAQUEDISMO</p>	 <p>Fonte: Ver a nota de rodapé¹².</p>
<p>Quais conceitos físicos podem ser corretamente relacionados ao paraquedismo?</p>	<p>movimento; força da gravidade; peso; força de resistência do ar; impulso; energia potencial gravitacional</p>

¹² "Esportes radicais atraem busca de superação e ... - iG Esporte." 2 jan.. 2017, <https://esporte.ig.com.br/maisesportes/radicais/2017-01-02/esportes-radicais-terapia.html>. Acessado em 9 nov.. 2020.

Imagem usada para discutir a prática do bungee jumping, e os conceitos físicos discutidos.

<p>BUNGEE JUMPING</p>	 <p>Fonte: Ver a nota de rodapé¹³.</p>
<p>Quais conceitos físicos podem ser corretamente relacionados ao bungee jumping?</p>	<p>força da gravidade; força de resistência do ar; energia potencial gravitacional; energia potencial elástica; energia cinética; energia mecânica</p>

¹³ "Bloukrans Bridge Bungy: o bungee jumping mais alto do mundo." 17 mar.. 2014, <https://www.maganiblu.com/bloukrans-bridge-bungy-o-bungee-jumping-mais-alto-do-mundo/>. Acessado em 9 nov.. 2020.

Imagem usada para discutir a prática do surf, e os conceitos físicos discutidos

<p>SURF</p>	 <p>Fonte: Ver a nota de rodapé¹⁴.</p>
<p>Quais conceitos físicos podem ser corretamente relacionados ao surf?</p>	<p>referencial; equilíbrio; velocidade; ação e reação; impulso; sincronismo, força normal; força de empuxo</p>

¹⁴ "Entenda as lesões no ombro que podem ocorrer no Surf | Dr" 26 fev.. 2019, <https://ortopediaeombro.com.br/surf-e-lesoes-no-ombro/>. Acessado em 9 nov.. 2020.

Imagem usada para discutir a prática do pole dance, e os conceitos físicos discutidos

<p>POLE DANCE</p>	 <p>Fonte: Ver a nota de rodapé¹⁵.</p>
<p>Quais conceitos físicos podem ser corretamente relacionados ao pole dance?</p>	<p>força da gravidade; peso; força de atrito; força elástica; movimento circular; força de resistência do ar; rotação</p>

¹⁵ "BH sedia I Campeonato Mineiro de Pole Dance - Edição do" 1 nov.. 2017, <http://edicaodobrasil.com.br/2017/11/01/bh-sedia-campeonato-mineiro-de-pole-dance/>. Acessado em 9 nov.. 2020.

3.6. Discutindo Física com um Texto sobre Esportes

Identificação da Atividade: Discutir conceitos físicos utilizando um texto que aborda técnicas e situações específicas de algumas modalidades esportivas.

Conceitos Físicos: Referencial, posição, trajetória, velocidade constante, velocidade escalar média, aceleração, força da gravidade, força de resistência do ar, força resultante e 2ª. Lei de Newton.

Estratégia 1: Instigar a leitura do texto *Uma Sútil Viagem pelo Mundo dos Esportes*, que leve a compreensão dos conceitos físicos apresentados através dos lances esportivos presentes no futebol, basquete, atletismo e paraquedismo.

Objetivo Didático: Debater conceitos físicos e solicitar a resolução de questões que retratam a compreensão dos fenômenos mecânicos através dos eventos esportivos, presentes no final do texto.

Sugestão: Utilizamos um texto autoral, mas para este tipo de atividade, pode se usar textos de reportagens sobre esportes, que abordem aspectos físicos.

Ficha da Atividade 6: Discutindo Física com um Texto sobre

Esportes

Escola: _____

Professor: _____

Aluno (a): _____

Uma Sutil Viagem pelo Mundo dos Esportes

Difícilmente um jovem, em algum momento da vida, não assistiu ou realizou a prática de alguma modalidade esportiva, seja em transmissões de televisão ou em situações do seu dia-dia, como, nas aulas de Educação Física, por exemplo: caminhada, corrida e o futebol, o qual é o esporte mais apreciado no país, conhecido como paixão nacional.

Mas, além do futebol, existem muitos outros esportes praticados por atletas que se dedicam com uma disciplina exemplar, para fazer o melhor nos eventos esportivos. Dentre esses esportes encontram-se o basquete, o vôlei, o handebol, a natação, o atletismo, entre outros, onde cada um tem suas próprias regras de execução.

No futebol, uma dessas regras, muitas vezes deixando times e torcedores contrariados, por não ter sido aplicada e também por ter sido aplicada, é a regra de impedimento, em que o atacante de um time, participando de uma jogada de lançamento da bola, não pode estar mais adiantado do que o zagueiro e o goleiro do time adversário. Se isto ocorrer, o "bandeirinha" auxilia o juiz acenando com a bandeira para impedir a jogada. Para alguns, de tão perigosa, a linha de impedimento é chamada de "linha burra".

Figura 1: Esquema da regra de impedimento no futebol.



Figura 1 - Situação típica de impedimento. Observe que tanto o jogador que realiza o passe como aquele que recebe o lançamento estão, neste caso, localizados dentro do campo de visão do árbitro auxiliar.

Figura 2: Ilustração de uma jogada de futebol implicando em impedimento.



Fonte: Ver referência [2].

Na modalidade dos gigantes, das partidas da NBA (associação nacional de basquete dos Estados Unidos e Canadá), encontra-se o basquete, que em alguns segundos, pode mudar o placar de uma partida através de uma cesta de três pontos de uma quadra para outra. BUZZER BEATERS é o ponto marcado no estouro do cronômetro, dando vitória à equipe. Outro termo técnico no basquete denomina-

se "toco", que é o ato de impedir a progressão da bola à cesta, desviando sua trajetória e impedindo que o adversário conclua a jogada.

Figura 3: Ilustração do lançamento de três pontos no basquete.



Fonte: Ver referência [3].

Figura 4: Ilustração do toco no basquete.



Fonte: Ver referência [4].

Nas provas olímpicas de corrida, em que a maior mudança de velocidade (rapidez ou aceleração) é o objetivo a ser alcançado, destaca-se o atleta jamaicano Usain Bolt, com vários títulos comemorados. Foi três vezes campeão olímpico na prova de 100 m livres, que é a de maior prestígio: em Pequim, na China, em 2008, percorrendo a prova em 9,69s. Nas Olimpíadas de Londres, em 2012, percorreu em um intervalo de tempo de apenas 9,63s. Já nas olimpíadas do Rio de Janeiro, em 2016, o cronômetro registrou um tempo de 9,81s nas provas.

Figura 5: Velocista Usain Bolt.



Fonte: Ver referência [5].

Dentre os esportes considerados radicais, temos o bungee jumping, o surf, o mountain bike, o parkour e vários outros. O paraquedismo é praticado por um público que experimenta no céu, as sensações provocadas pela aceleração gravitacional "g" que, aproximadamente, tem o valor $9,8 \text{ m/s}^2$. O indivíduo salta de um pequeno avião em queda livre, caindo com uma velocidade entre 200 km/h e 350 km/h e, em determinado momento, abre um paraquedas que diminui a velocidade, possibilitando o "pouso".

Figura 6: Momento do salto de um paraquedista.



Fonte: Ver referência [6].

Figura 7: Movimento de descida com o paraquedas aberto.



Fonte: Ver referência [7].

Essa foi uma sucinta abordagem sobre o mundo dos esportes, que, inevitavelmente, nos faz perceber o talento, a astúcia e a coragem presentes entre os praticantes que desafiam as leis da natureza.

Autoras: Adriana Meireles e Maria Lúcia Costa.

Após a leitura do texto, responda algumas questões relacionadas com os conhecimentos da Mecânica:

1. Considerando a Figura 4, que ilustra a situação do toco no basquete, podemos inferir sobre o movimento da bola, afirmando que a mesma está:
 - (a) Sofrendo aumento de velocidade.
 - (b) Em movimento ascendente e aumentando de velocidade.
 - (c) Em movimento descendente e diminuindo a velocidade.
 - (d) Em movimento ascendente e diminuindo a velocidade.
 - (e) Em movimento ascendente com velocidade constante.
2. O paraquedas é o instrumento utilizado no movimento de queda dos desportistas que experimentam as sensações provocadas pelas variações de velocidade que ocorrem sob ação de "g". Numa dada altura da queda, a força de resistência do ar

que atua no paraquedas, pode se equilibrar à força gravitacional. Nesse momento, o paraquedista em queda:

- (a) Sofre ação de duas forças de mesmo sentido.
- (b) Sofre diminuição em sua velocidade.
- (c) Continua no movimento de queda, sendo sua velocidade constante.
- (d) Sofre ação de duas forças orientadas para baixo.
- (e) Sofre aumento e depois diminuição de velocidade.

3. Em unidades do Sistema Internacional (S.I), no sexto parágrafo do texto, a menor velocidade citada no salto do paraquedista tem valor, aproximadamente, igual a:

- (a) 100 m/s
- (b) 80m/s
- (c) 70m/s
- (d) 60m/s
- (e) 40m/s

4. A corrida é uma modalidade esportiva em que o desafio é alcançar a maior rapidez com que se realiza uma prova. Considerando os tempos na prova dos 100 m rasos, realizados por Usain Bolt, dados no texto, e se determinarmos as velocidades médias de cada prova, como elas estariam relacionadas entre si?

5. A Figura 2, dada no texto, retrata uma situação típica em partidas de futebol, conhecida como impedimento. Nela, o atacante encontra-se mais adiantado que o zagueiro no momento do lançamento da bola. Analisando a imagem e fazendo associações com os conceitos básicos da Mecânica, podemos atribuir corretamente os seguintes conceitos à condição de impedimento do futebol:

- (a) Referencial, posição e deslocamento.

- (b) Repouso, velocidade constante e aceleração.
- (c) Trajetória, deslocamento e velocidade constante.
- (d) Referencial, deslocamento e aceleração centrípeta.
- (e) Referencial, intervalo de tempo e velocidade constante.

Referências:

- [1] T. F. Delfim, V. L. B. de Jesus. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 33, n. 4, 4308 (2011).
- [2]<https://coisasquetodamulherdeveriasabersobrefutebol.wordpress.com/2014/04/05/o-temido-e-famoso-impedimento/> Acesso: 4/06/2019.
- [3]<http://www.dicionarioolimpico.com.br/basquetebol/cenario/toco>.
Acesso: 5/06/2019.
- [4]<https://www.outsideonline.com/2197701/there-will-never-be-another-usain-bolt>. Acesso: 5/06/2019.
- [5]<http://www.curtamais.com.br/uberlandia/fas-de-adrenalina-podem-saltar-de-paraquedas-em-tupaciguara-proximo-a-uberlandia>. Acesso: 5/06/2019.
- [6]<http://www.qualviagem.com.br/boituva-nas-alturas-paraquedismo-e-balao-no-interior-de-sp/>.
Acesso: 5/06/2019.

3.7. Biomecânica nos Esportes

Identificação da Atividade: Utilização de um texto adaptado do artigo *Física nos Esportes*¹⁶, que aborda aspectos físicos e biológicos relacionados ao desempenho esportivo e na realização de movimentos do corpo humano, como andar, correr e nadar.

Conceitos Físicos: Velocidade, força, trabalho mecânico, potência mecânica, leis de escala, dissipação de energia e calor.

Estratégia 1: Instigar a leitura do texto que leve à compreensão dos conceitos da Mecânica através da análise de desempenhos dos atletas e de elementos biomecânicos.

Estratégia 2: A tabela dada na ficha da atividade sugere dividir o texto para 5 grupos da turma para fomentar discussões em sala sobre os tópicos identificados.

Estratégia 3: Explorar valores de velocidade de diferentes mamíferos, comparando com a desenvolvida pelo homem no atletismo.

Estratégia 4: Analisar conceitos físicos, como acelerações e potência, por meio de dados do texto.

Objetivo Didático: Trabalhar as definições de velocidade, aceleração, potência, trabalho e energia cinética através dos esportes presentes no texto.

¹⁶ "Revista Brasileira de Ensino de Física [RBEF] - Sociedade Brasileira"
<http://www.sbfisica.org.br/rbef/index.php?vol=23&num=1>. Acessado em 9 nov.. 2020.

Ficha da Atividade 7: Biomecânica nos Esportes

Escola: _____

Professor: _____

Aluno (a): _____

Muita Física nos Esportes

O presente texto relata o exame de diversas atividades esportivas, fazendo uma identificação com alguns conceitos básicos da Mecânica, como velocidade, força, trabalho, potência, entre outros. Movimentos como andar, correr, pular e nadar serviram de análise para identificação dos conceitos citados, buscando-se uma argumentação e discussão sobre o desempenho dos atletas nas referidas modalidades em função de sua altura, de sua massa e também aspectos de sua fisiologia, comparada com a de outros mamíferos.

Alguns questionamentos estão presentes na busca da compreensão física e conceitual relacionada ao desempenho dos atletas, tais como: "Por que os nadadores olímpicos são de altura cada vez mais levada?"; "Por que o mesmo não pode ser dito dos corredores olímpicos ou dos jogadores de futebol?". As possíveis respostas a essas perguntas puderam viabilizar a compreensão do conceito de potência relacionada a características fisiológicas dos animais, que será detalhada na sequência do texto.

A Dissipação de Energia nos Seres Humanos

Um jogador de futebol consome cerca de 750 cal de energia numa partida, isso significa que ele deve dispor de uma potência ($P = E/\Delta t$) máxima, em média, de 0,75HP, correspondendo a aproximadamente a 40% da energia requerida para assegurar o funcionamento do corpo humano ao nível basal (1800 cal/dia).

Figura 1: Ilustração da largada em uma prova de corrida.



Uma das constantes fisiológicas mais importantes é potência específica máxima disponível a um ser humano; $Pot_{max} = 9,93 \text{ cal/kg.s} = 0,0557 \text{ HP/kg}$, ou seja, 3,9 HP para um indivíduo de 70 kg. Essa potência-limite empregada usualmente na largada das corridas de

100 m e 200 m rasos, e no momento do arranque.

Fonte: Ver referência [1].

É oportuno dizer que a perda de 0,0001 kg de gordura do corpo através de oxidação requer 10 cal de trabalho muscular. Se uma pessoa deseja perder m (kg) de gordura, a uma potência média de 700 W (0,93 HP), ela deverá gastar cerca de 17h de malhação para cada kg de gordura a diminuir. Isso leva a concluir que a melhor forma de se livrar de gordura no corpo é controlar a ingestão de alimentos.

Na dinâmica da realização de qualquer movimento, e durante a prática de qualquer modalidade esportiva, seus praticantes necessitam e consomem determinadas quantidades de energia provenientes dos alimentos que ingerem. Levando em consideração as transformações energéticas que ocorrem no processo metabólico, de realização de trabalho mecânico pelos músculos, entende-se esse consumo como gasto calórico ou potência consumida, que é mostrado logo abaixo na tabela, relacionando algumas modalidades esportivas com os respectivos valores da razão entre energia consumida e o tempo no qual ocorreu o consumo energético.

Tabela 1: Gasto calórico ou potência consumida em diversas modalidades esportivas.

MODALIDADE	GASTO CALÓRICO
BASQUETE	10 KCal/min
BOXE	11 kcal/min
CAMINHADA	5,5 kcal/min
CAMINHANDO RÁPIDO	320 kcal/h
CAMINHAR DEVAGAR	240 kcal/h
CAPOEIRA	12 kcal/ min
CICLISMO	6 kcal/min
CORRIDA	10 kcal/min
CORRIDA RÁPIDA	500 a 900 kcal/h
FUTEBOL	9 kcal/min
GINÁSTICA AERÓBICA	6 kcal/min
MUSCULAÇÃO	5 kcal/min
NATAÇÃO	9 kcal/min
NATAÇÃO RÁPIDA	500 kcal/h

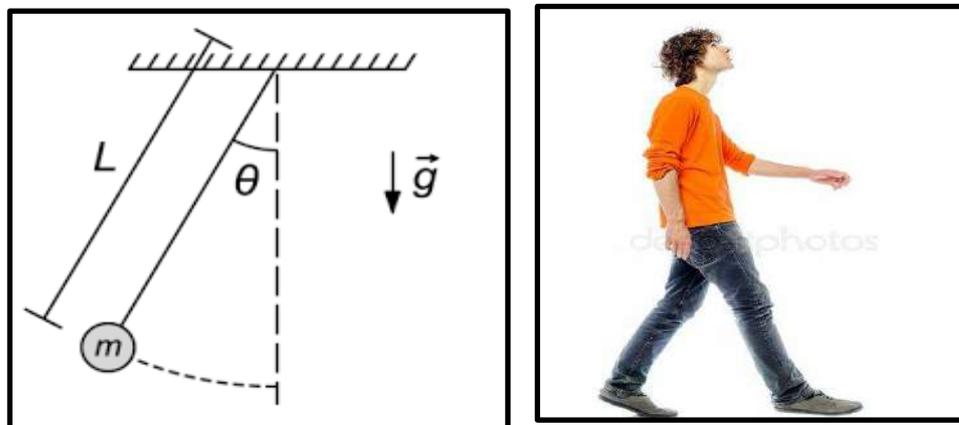
Fonte: Ver referência [2].

1. Atividade de Andar

Durante muitos anos percebeu-se que a importante atividade de andar consegue uma grande economia de energia se as pernas oscilam sob ação da gravidade, como se as pernas fossem pêndulos simples de comprimento L . Então, quanto maior a altura da pessoa, maior a velocidade no andar. Considerando que as pernas de um adulto correspondem a cerca de 35% de seu peso total ($p = 686 \text{ N}$, para uma pessoa com 70 kg de massa) e adotando

uma velocidade no andar de 4 km/h (1,1 m/s), temos que a potência exigida para andar deve ser próxima a $(0,35 \times 686\text{N} \times 1,1\text{m/s}) = 264 \text{ W}$. Este valor aproxima-se do valor tabelado de referência (290 W).

Figura 2: Representação de um pêndulo simples oscilando, a esquerda, e de uma pessoa dando um passo ao andar, a direita.



Fonte: Ver referências [3] e [4].

2. Atividade da Corrida

O comprimento do passo é bem maior na corrida do que no andar, alcançando em média 2,4 m para corredores no regime de velocidade máxima (da ordem de 10 m/s). A velocidade máxima na corrida não depende da altura ou do tamanho do animal e é possível constatar então que os melhores corredores olímpicos são de baixa estatura. A Tabela 2, mostrada a seguir, apresenta as velocidades máximas de diversos mamíferos:

Tabela 2: Apresentação de alguns mamíferos e suas velocidades alcançadas em unidades m/s e km/h.

Animal	Velocidade	
Avestruz	23 m/s	83 km/h
Cachorro	16,6 m/s	60 km/h
Cavalo	19 m/s	68 km/h
Chita	30,5 m/s	110 km/h
Coelho	18 m/s	65 km/h
elefante	11,1 m/s	40 km/h

Gazela	28 m/s	101 km/h
Girafa	13,8 m/s	50 km/h
Homem	11,5 m/s	41 km/h
Leão	22,2 m/s	80 km/h
Lobo	18 m/s	65 km/h
Raposa	20 m/s	72 km/h
Zebra	18 m/s	65 km/h

Fonte: Ver referência [5].

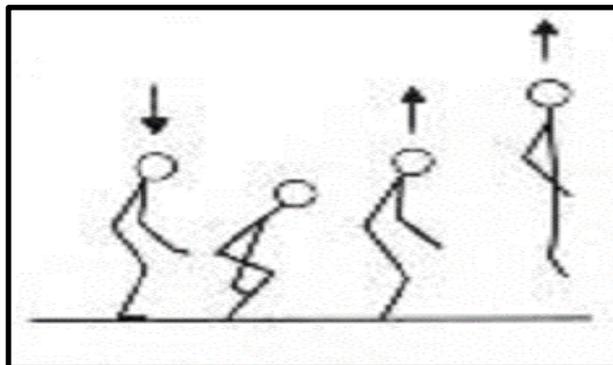
Observa-se nessa tabela a forte correlação existente entre as velocidades máximas de presas e predadores tradicionais (coelho/raposa, gazela/chitá, raposa/lobo) imposta pela evolução: presas e predadores tradicionais têm velocidades máximas muito próximas. Ao longo da evolução, os avestruzes, bem como todos os grandes corredores como os chitás e as gazelas, transferiram para os respectivos troncos muito da massa muscular necessária para a corrida, deixando suas pernas proporcionalmente muito mais leves do que as pernas humanas. Animais com pernas pesadas, como o homem, tem que pagar um alto custo energético para simplesmente colocá-las e mantê-las em movimento acelerado. Os preparadores físicos dos corredores olímpicos de 100 a 200m, têm realizado um verdadeiro trabalho nos músculos, com o resultado de fortalecer muito a massa muscular do tronco e os ligamentos perna-tronco desses atletas. Para os especialistas, a barreira para os melhores atletas alcançarem maiores velocidades e poderem, teoricamente, correrem como os avestruzes nas provas olímpicas, é mais psicológica do que fisiológica, pois consideram que os atletas não continuam se esforçando para diminuir os seus tempos, após alcançarem novos recordes.

ACELERAÇÃO

Muitos mamíferos, como os gatos, têm pernas muito musculosas, que privilegiam a aceleração no momento do bote, em detrimento da velocidade. Já as gazelas têm pernas muito leves, as quais privilegiam a manutenção de velocidades altas durante muito tempo, em detrimento simplesmente da aceleração. O chitá, o rei das corridas, também não consegue manter a sua grande velocidade máxima por muito tempo; vai de 0 a 108 km/h em apenas 3 s, o que corresponde a uma aceleração de 10 m/s^2 , pouco maior que a da gravidade, e maior do que a de carros de corrida, em geral. Comparando com a pulga, que alcança 2 m/s em apenas 0,0015 s, com uma aceleração de 136 g, o chitá tem uma aceleração insignificante.

3. ATIVIDADE DO PULO

Figura 3: Representação das etapas para a execução de um pulo.



Fonte: Ver referência [6].

De grande importância nos esportes, no caso do homem, e na sobrevivência, no caso de outros animais, no pulo vertical, o animal retrai suas pernas de forma que o seu centro de massa (CM) se abaixa de uma distância h . Na hora do pulo, uma força muscular F age ao longo dessa mesma distância e produz um trabalho $W = F \times h$, que faz com que o CM alcance, com velocidade final igual a zero (ponto de retorno), uma altura $H > h$ acima da posição relaxada normal, ou seja, quando o CM está a uma altura $(h + H)$ acima da posição mais retraída. A altura do pulo independe da altura do

animal, como ocorre também com a velocidade máxima nas corridas. Esta é a razão pela qual muitos jogadores de futebol, apesar de baixos, são excelentes na hora de pular para cabecear ou cortar uma bola.

RESISTÊNCIA DOS OSSOS HUMANOS NOS SALTOS

Vamos agora examinar os limites físicos impostos pela resistência dos ossos no caso de um salto ou queda, a partir de uma altura H . Por exemplo, nas competições de salto com varas, onde as alturas alcançadas excedem os 6 m acima do nível do solo. O osso humano mais vulnerável numa queda vertical é o tíbia, o qual possui num adulto, uma área transversal A , de cerca de 3 cm^2 no seu ponto de maior estreitamento. Um tíbia tenderá a fraturar-se quando submetido a forças maiores que 51.000 N. Duas tíbias, portanto, suportarão um esforço de 105 N, aproximadamente, 130 vezes o peso de um ser humano de 75 kgf. Equivalentemente, as duas tíbias suportarão no impacto vertical com o piso, uma desaceleração de até 130 g. Se uma pessoa em queda de uma altura H amortecer o impacto, diluindo a desaceleração ao longo de uma distância h (por exemplo, flexionando as pernas), deveremos ter $H \leq (F \times h)/\text{peso} = 130 h$, para não haver a fratura dos tíbias. Assim, se $h = 1 \text{ cm}$, como se um impacto com o chão se processasse com as pernas essencialmente rígidas, uma altura $H = 130 \text{ cm}$ já implicaria o risco de quebra dos tíbias.

4. ATIVIDADE DE NADAR

Figura 4: Atividade da prática esportiva de natação.



Ver referência [7].

Diferentemente das corridas, a natação privilegia os atletas de maior estatura, pois a velocidade máxima V do nadador escala (depende) com a altura L , como: $V \sim L^{1/2}$. Por esta razão, os nadadores olímpicos são cada vez mais altos. Analogamente, peixes maiores também nadam mais rápido. Um nadador com 2 m de altura tem, em média, uma velocidade máxima maior do que a de um nadador de 1,94 m, por um fator de $(2,00/1,94)^{1/2} = 1,015$ (1,5% maior), assumindo-se que ambos estejam igualmente preparados. As provas olímpicas de natação mais rápidas são as de nado livre, em cinco distâncias, a saber: 50 m, 100 m, 200 m, 400 m e 1500 m. A velocidade média recorde nessas provas é de 2,282 m/s, nos 50 m, ou seja, pouco mais do dobro da velocidade média no andar de um adulto.

Referências

[1] <https://www.arboldemujeres.com/2016/07/26/hacerlo-tu-misma/>

Acessado em 18/09/2019.

[2] <https://www.folhavoria.com.br/esportes/blogs/corridaderua/2017/03/21/dicas-da-nutri-que-corre-saiba-como-calculas-quantas-calorias-voce-gasta-correndo/>
Acessado em 22/09/2019.

[3] <https://brainly.com.br/tarefa/30870519>. Acessado em 14/09/2019.

[4] <https://br.depositphotos.com/stock-photos/pessoa-caminhando.html?qview=33977531>. Acessado em 14/09/2019.

[5] M. A. F. Gomes, E. J. R. Parteli. A Física nos Esportes, Rev. Bras. Ens. Fís., v. 23, n. 1, 2001.

[6] <https://www.efdeportes.com/efd131/prescricao-de-treinamento->

pliométrico.htm?links=false. Acessado em 18/09/2019.

[7] <https://www.ativo.com/natacao/treinamento-natacao/tecnicas-de-natacao-a-bracada-perfeita/> . Acessado em 18/09/2019.

3.8. Pensando o Equilíbrio

Identificação da Atividade: Realização de atividades experimentais com o corpo humano e com materiais alternativos para o ensino do equilíbrio, abordando os conceitos de centro de gravidade, centro de massa e torque.

Conceitos Físicos: força e torque resultantes, equilíbrio mecânico, distribuição de massa, força da gravidade (peso), centro de gravidade e centro de massa.

Estratégia 1: Encaminhar os alunos ao laboratório de Ciências para realizarem atividades experimentais orientadas na guia desta atividade.

Estratégia 2: Solicitar que os alunos respondam os questionários presentes nas guias com a finalidade de investigar concepções intuitivas sobre os conceitos acima.

Estratégia 3: Solicitar que os alunos construam experimentos com materiais alternativos proposto na ficha de atividades.

Estratégia 4: Abordar os conceitos de centro de gravidade e centro de massa e apresentar as equações que determinam estes pontos nos sistemas físicos.

Objetivo Didático: Instigar os alunos para a percepção de que, assim como nas posturas que configuram estados de equilíbrio do corpo humano, através de uma distribuição de massa das partes corporais, ocorre também com a distribuição da massa dos objetos chamados de corpos extensos, trabalhados nos experimentos, levando ao entendimento que justifica as expressões

para cálculo do centro de massa e do centro de gravidade serem definidas em termos do par das grandezas físicas massa e posição.

Sugestão: A análise realizada sobre as condições de equilíbrio do corpo humano foi baseada na proposta do artigo *Proposta para o ensino-aprendizagem do centro de gravidade a partir do equilíbrio do corpo humano*¹⁷, de Santiago et al. (2018), e os experimentos de equilíbrio com materiais alternativos foi feito através de pesquisa na internet.

¹⁷ "Proposta para o ensino-aprendizagem do centro de gravidade a" 18 dez.. 2018, <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2018v35n3p956>. Acessado em 20 nov.. 2020.

Ficha da Atividade 8: Pensando o Equilíbrio

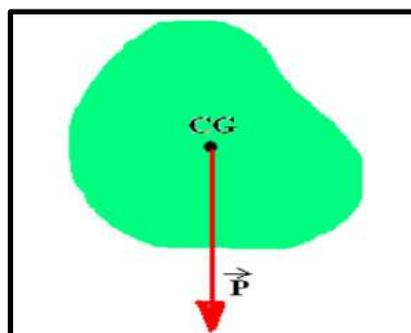
Escola: _____

Professor: _____

Aluno (a): _____

Atividade: Abordando os Conceitos de Centro de Gravidade e de Centro de Massa em Situações de Equilíbrio

Nesta atividade, primeiramente, siga o conjunto de orientações presentes nas figuras que seguem, para você verificar posturas e movimentos que configuram equilíbrio. Faça individualmente, e depois em dupla, respondendo ao questionário para cada situação proposta. Depois disto, construa os experimentos dados no referido material.



Fonte: Ver referência [1].

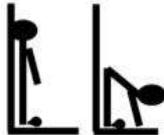
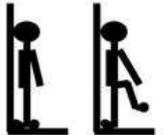
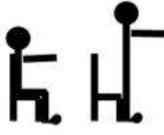
1. Atividades relacionadas à compreensão do conceito de centro de gravidade através de diferentes posturas e movimentações do corpo humano.

Siga as orientações abaixo, correspondentes às posições indicadas na Figura 1, dada a seguir.

a) Em pé de costas e com os calcanhares encostados na parede, tente alcançar o chão com os braços esticados;

- b) Em pé e com apenas um ombro encostado lateralmente na parede, tente levantar lateralmente a perna que está livre;
- c) Sentado com as costas apoiadas no encosto da cadeira e pés chapados no chão, tente levantar sem inclinar o tronco para a frente, nem mover os pés;
- d) Com pernas e braços esticados sustentando o corpo no chão, levante a perna direita e o braço esquerdo esticados, permaneça nesta posição;
- e) Ajoelhado e com braços dobrados.

Figura 1: Ilustração de posturas realizadas individualmente, para que se analise o equilíbrio.

FICHA DE ANOTAÇÕES INDIVIDUAL NOME: _____	a)		É possível fazer o movimento? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim, mas eu quem não consigo
	b)		É possível fazer o movimento? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim, mas eu quem não consigo
	c)		É possível fazer o movimento? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim, mas eu quem não consigo
	d)		É possível permanecer na postura? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim, mas eu quem não consigo
	e)		É possível permanecer na postura? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim, mas eu quem não consigo

Fonte: Ver referência [2].

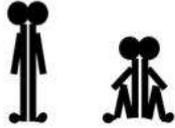
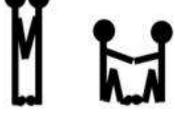
Agora, em dupla com seu colega de classe, siga as orientações abaixo, correspondentes às posições indicadas na Figura 2, dada a seguir.

- a) Em pé, mantendo costas com costas, a dupla deve abaixar até sentar no chão;

- b) De mãos dadas, de frente um para o outro, esticar os braços de tal modo que os corpos fiquem inclinados e sustentados pelos braços do colega (os pés devem estar próximos);
- c) Iniciar o movimento de mãos dadas e pés próximos, descer até sentar no chão sem soltar as mãos;
- d) De frente um para o outro, inicia-se o movimento de mãos dadas, um dos componentes da dupla dobra os joelhos e o outro sobe neles, de tal modo a permanecer em equilíbrio com os braços esticados;
- e) A última consigna tem a mesma proposta da anterior, mas o indivíduo que sobe nos joelhos está de costas, e é sustentado pelos braços do colega segurando-o nas suas pernas esticadas.

Figura 2: Ilustração de posturas realizadas em duplas, para que se analise o equilíbrio.

FICHA DE ANOTAÇÕES DA DUPLA
NOME: _____

a)		É possível fazer o movimento? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
b)		É possível fazer o movimento? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
c)		É possível fazer o movimento? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
d)		É possível fazer o movimento? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
e)		É possível fazer o movimento? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não

Fonte: Ver referência [2].

2. Realizados os movimentos acima, vamos buscar a compreensão do conceito de centro de gravidade por meio do quadro abaixo:

- ✓ Um corpo extenso (um objeto) pode ser considerado como sendo composto por distintos segmentos; sendo que a força peso atua em todas as partes do corpo.
- ✓ O peso resultante deste corpo corresponde ao somatório das forças peso que atuam em cada um desses segmentos;
- ✓ Quando o corpo está em equilíbrio apoiado por um ponto, o peso se comporta como se estivesse concentrado neste ponto, denominado centro de gravidade. Desta forma, associamos o centro de gravidade como o ponto em que atua a resultante das forças peso, sendo nulo o torque gravitacional resultante.
- ✓ Se o campo gravitacional é constante (uniforme), o centro de gravidade coincide com o centro de massa.

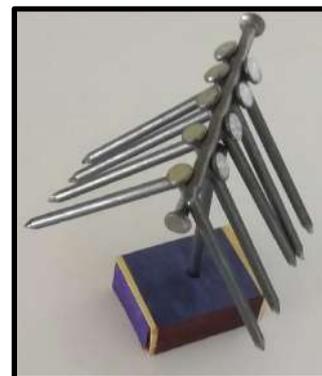
3. Análise experimental do centro de gravidade para um sistema de massas.

Na Figura 3, dada abaixo, utilizando talheres, velas, copos e palitos, temos alguns arranjos experimentais que permitem estudarmos as condições do equilíbrio mecânico destes sistemas de corpos. Sob a orientação da professora, trabalhando em equipe, tente montar estes arranjos e analisar a distribuição de massa desses objetos e comparar com o corpo humano, que distribui sua massa ao realizar alguns movimentos.

Figura 3: Experimentos sobre centro de gravidade e equilíbrio.



Fonte: Autora, 2020.



Fonte: Autora, 2020.



Fonte: Autora, 2020.



Fonte: Autora, 2020.

4. Determinação Algébrica do Centro de Gravidade

Vimos que o centro de gravidade é dado por um ponto espacial associado a atuação da resultante da força gravitacional que atua no corpo, como se toda a massa do corpo estivesse concentrada neste ponto. Podemos determinar matematicamente esse ponto, que também pode ser chamado de centro de massa, quando o corpo está submetido ao campo gravitacional uniforme, com a seguinte expressão:

$$r_{CG} = 1/P [\sum_{i=1}^n p_i r_i]$$

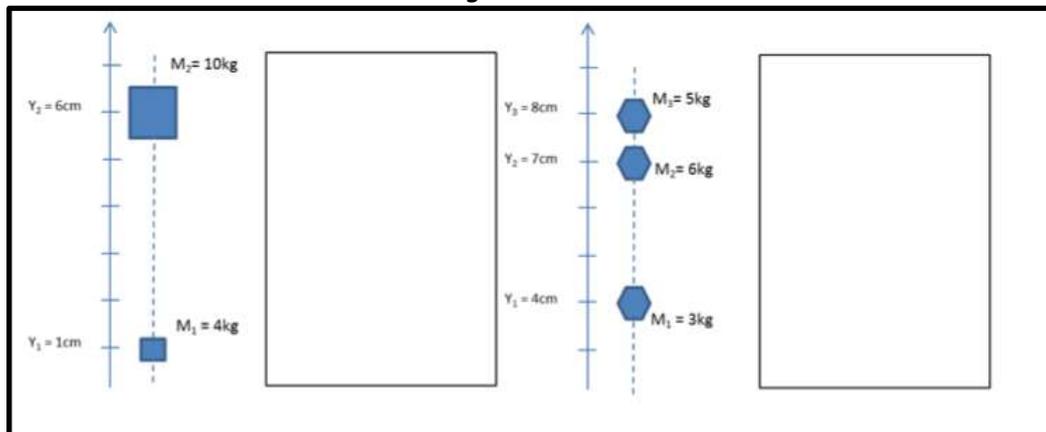
$$r_{CG} = 1/M [\sum_{i=1}^n m_i r_i] = r_{CM}$$

sendo p_i os pesos de cada segmento do corpo, associados respectivamente com suas massas m_i e as posições r_i , e M sendo a massa total do corpo dada como a soma das massas dos segmentos e P o peso total do corpo. Portanto, o centro de gravidade é determinado através de uma grandeza de posição, dada acima como r_{CG} que será igual a posição do centro de massa r_{CM} .

A Figura 4, dada a seguir, apresenta duas situações para calcular o centro de gravidade, relacionadas a dois sistemas mecânicos definidos por um conjunto de partículas, representadas pelas figuras geométricas, mostrando suas respectivas massas. As posições das partículas são dadas

pelo eixo de coordenadas vertical OY . Determine, para cada sistema, a posição do centro de gravidade, o qual equivale também ao centro de massa do sistema.

Figura 4: Ilustração de dois sistemas de partículas para a determinação do centro de gravidade.



Fonte: Ver referência [2].

Referências

[1] <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/centro-gravidade-cg.htm>.

Acesso em 02/11/2019.

[2] Santiago R. B.; Arenas T.. Proposta para o ensino-aprendizagem do centro de gravidade a partir do equilíbrio do corpo humano. *Cad. Bras. Ens. Fís.*, v. 35, n. 3, p. 956-979, 2018.

3.9. Lançamento Obliquo Através do Basquete

Identificação da Atividade: Modelagem do Lançamento Obliquo para o lançamento da bola de basquete, usando o programa computacional de videoanálise Tracker.

Conceitos Físicos: movimento bidimensional, vetores, movimento uniforme, movimento uniformemente variado, queda livre, lançamento obliquo.

Estratégia 1: Abordar o estudo do lançamento obliquo por meio de aula expositiva.

Estratégia 2: Apresentar, como instrumento de contextualização, informações técnicas sobre o basquete, a partir de um vídeo¹⁸ sobre técnicas do basquete que mostre os lançamentos ou regras típicas desse esporte.

Estratégia 3: Levar os alunos para quadra de esportes da escola para realizarem lançamentos até a cesta de basquete, para que sejam registrados em vídeo esses lançamentos, por exemplo, com os smartphones.

Estratégia 3: Posteriormente, o ideal é que os alunos tenham acesso a computadores com o programa Tracker previamente instalado, e se não for possível, que o professor possa disponibilizar de um notebook, e orientar os alunos a implementarem a análise de modelagem do movimento de lançamento da bola de basquete à cesta, seguindo as orientações da ficha da atividade.

¹⁸ "TREINO PARA MELHORAR O ARREMESSO feat KAUE" 31 mar.. 2017, <https://www.youtube.com/watch?v=hP0oi-bmUHI>. Acessado em 28 nov.. 2020.

Objetivo Didático: Analisar, por meio da videoanálise, como o lançamento da bola de basquete pode ser tratado como um lançamento oblíquo, permitindo identificar as grandezas físicas envolvidas e obter os gráficos das funções de posição com o tempo.

Sugestão: Para esta atividade, pode-se trabalhar outras modalidades esportivas, como o vôlei e o ping-pong, que também realizam lançamentos com bolas. Pode-se também trabalhar com outros softwares¹⁹ direcionados à videoanálise e modelagem de fenômenos físicos.

¹⁹ "Técnicas básicas para a videoanálise no Ensino de Física - Meu" 18 abr.. 2017, <http://meuprofessordefisica.com/2017/04/18/tecnicas-basicas-para-videoanalise-no-ensino-de-fisica/>. Acessado em 28 nov.. 2020.

Ficha da Atividade 9: Lançamento Oblíquo Através do Basquete

Escola: _____

Professor: _____

Aluno (a): _____

Atividade: Lançamento Oblíquo e Basquete

- Nesta atividade, após a abordagem do lançamento oblíquo em sala de aula, realizaremos um conjunto de tarefas descritas abaixo, para que você responda posteriormente algumas perguntas relacionadas aos conceitos abordados neste estudo.



Fonte: Ver referência [1].

1. Assista ao vídeo sobre arremessos de uma bola de basquete até uma cesta: "TREINO PARA MELHORAR O ARREMESSO feat KAUÊ", acessando em: <https://www.youtube.com/watch?v=hPUoi-bmUHI>.

2. Agora vamos até a quadra de esportes da escola para praticarmos arremessos com a bola de basquete em direção à cesta. A ideia é que possamos filmar estes arremessos com a câmera do smartphone, para que depois possamos analisar o movimento da bola.

- De posse de uma filmagem selecionada pela professora, utilize o programa Tracker para realizar a videoanálise do arremesso selecionado, onde você terá que caracterizar o movimento da bola de basquete, obtendo os gráficos das coordenadas de posição em função do tempo, e inferir as respectivas equações do movimento.

3. Você observou a trajetória da bola? Como você descreveria o movimento da bola: unidimensional, bidimensional ou tridimensional?

4. Avalie o movimento da bola através da videoanálise, e obtenha os

gráficos das variáveis de posição da bola, ou seja, da coordenada horizontal $x(t)$ e da coordenada vertical $y(t)$. O que você pode falar destes gráficos?

5. Encontre as equações de movimento associadas a estes gráficos da posição da bola. Como podemos classificar o movimento da bola de basquete?

6. Que modalidades de energia você identifica neste movimento?

7. Você faria uma estimativa para a massa da bola? No ponto mais alto da trajetória, que energia ela teria? Tente obter os gráficos das energias associadas ao movimento da bola com o tempo, através do programa Tracker.

8. Além do basquete, que outras situações de movimento você percebe um lançamento oblíquo?

Referências

[1] <https://cursoenemgratuito.com.br/lancamento-obliquo/>. Acessado em: 28/12/2020.

[2] BEZERRA Jr, A. G. et al. Videoanálise com o Software Livre Tracker no Laboratório Didático de Física: Movimento Parabólico e Segunda Lei de Newton. Cad. Bras. Ens. Fís., v. 29, n. Especial 1, p.469-490, 2012.

PARTE 4

4.1. Considerações Finais

Este produto educacional é fruto dos aspectos principais desenvolvidos no corpo da dissertação, denominada Sequência Didática Ativa via Contextualização dos Esportes para o Ensino e Aprendizagem de Conceitos de Mecânica, e que foram apresentados de forma sintetizada sob os quatro capítulos que compõem este material. Dentre esses aspectos, percebeu-se a grande tendência do ensino de Física acontecer sob a lógica da Metodologia Ativa de Aprendizagem, cujo aluno é identificado como o protagonista desse processo.

Como a essência da dissertação e do produto educacional é enfatizada pelo elo da Mecânica com os esportes, pode-se argumentar que o presente trabalho não esgotou as possibilidades de esmiuçar a análise de movimentos pela prática desportiva, por mais que uma considerável gama de conceitos físicos tenha sido explorada através da presente sequência didática. Conceitos como movimento circular, quantidade de movimento, impulso, colisões, e outros conceitos associados a movimentos curvos, como força centrípeta, e aceleração centrípeta, entre outros, são conceitos que podem ser catalogados nos livros didáticos para despertar o pensar sobre de que maneira também estariam presentes nos esportes.

Nesse sentido, não somente os livros, mas também artigos e dissertações foram utilizados aqui para fomentar as análises e contextualizar o ensino da Mecânica, dado o grande potencial que o esporte apresenta para se vislumbrar a natureza observada e descrita pelo estudo dos movimentos.

Deseja-se que os colegas professores de Física façam um ótimo proveito e que continuemos juntos esta história.

4.2. Apêndices

4.2.1. Instrumento de Avaliação sobre Lançamento Obliquo

Escola: _____

Professor: _____

Aluno (a): _____

Leia o poema abaixo:

Poema do Basquete

Que esporte espetacular

Que jogo com minha mão

Pra guiar a bola e mirar

Acertar com tanta precisão

A tabela pode estar quebrada

Que não importa nessa hora

E a quadra toda encharcada

Que não me faz ir embora

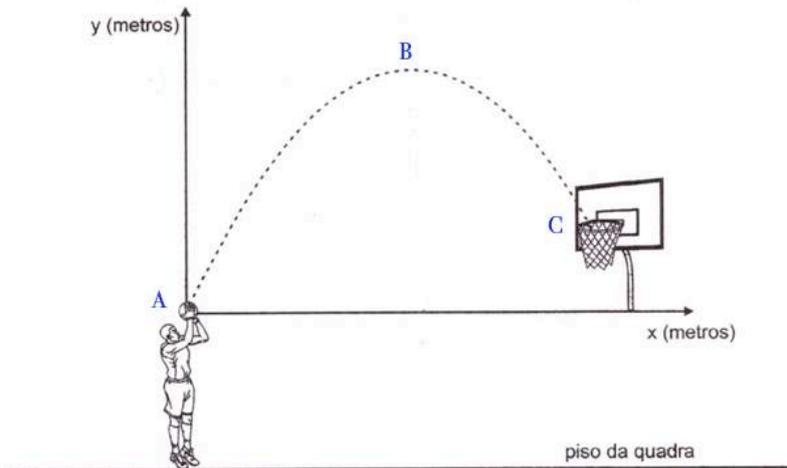
É preciso criatividade

Sem contar na agilidade

Tem

Autor: Douglas Alves Bento

Após a leitura do poema sobre o basquete e considerando os conceitos de Mecânica abordados nas atividades desenvolvidas, imagine que você estivesse lançando uma bola obliquamente em direção a uma cesta, sob um ângulo de 45° com a horizontal e com uma velocidade inicial de $6,9 \text{ m/s}$, sendo dada uma figura para ilustração do lançamento, responda as questões abaixo:



Fonte: <https://www.matematicarlos.com.br/e8552/>. Acessado 15/11/2020.

1. Observando a ilustração acima e considerando que a bola foi lançada de uma posição de 2 pontos, que nome você atribui à trajetória da bola à cesta?

(a) Helicoidal (b) Hiperbólica (c) Parabólica (d) Cilíndrica (e) Retilínea

2. Considerando os pontos presentes na ilustração, que ponto poderia ser considerado como $v_y = 0$?

(a) A (b) B (c) C

3. No ponto mais alto da trajetória da bola, sendo a massa da mesma cerca de 500 g , qual o valor de sua energia cinética aproximadamente?

(a) 0 J (b) $4,5 \text{ J}$ (c) $2,7 \text{ J}$ (d) $5,8 \text{ J}$ (e) 10 J

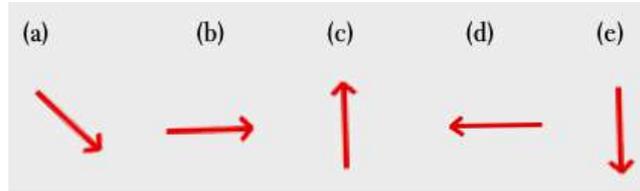
4. Quanto tempo levará para a bola atingir o ponto mais alto de sua trajetória?

(a) 1 s (b) $0,5 \text{ s}$ (c) $0,3 \text{ s}$ (d) $0,8 \text{ s}$ (e) $0,1 \text{ s}$

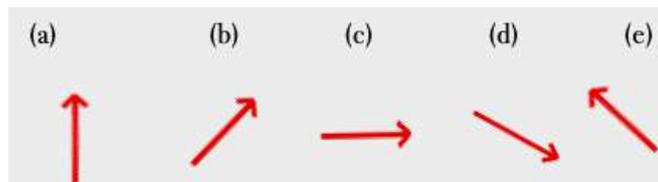
5. Ao longo da projeção horizontal do movimento da bola, que valor representaria o alcance da mesma, sendo que a bola alcança a cesta em $0,8 \text{ s}$?

(a) 5,4 m (b) 3,9 m (c) 11,3 m (d) 9,5 m

6. Se você fosse colocar uma seta (vetor) representando a força gravitacional (peso) sobre a bola, qual seria a seta?



7. E se a seta fosse a da velocidade no ponto mais alto, qual seria?



8. Considerando a massa da bola de basquete igual a 500g, qual o valor da sua energia ao sair das mãos do jogador?

(a) 5,3 J (b) 20 J (c) 15,6 J (d) 11,9 J (e) 13 J

9. Desprezando a resistência do ar, quais os tipos de energia presentes durante o movimento da bola até a cesta?

- (a) Potencial elástica e cinética.
- (b) Cinética e potencial gravitacional.
- (c) Potencial gravitacional e potencial elástica.
- (d) Cinética.

10. Para finalizar nossa atividade, expresse em Joules (J) o valor da energia potencial gravitacional da bola ao chegar na cesta, sabendo que a altura em relação ao piso horizontal é de 3 m e $g = 10 \text{ m/s}^2$.

(a) 10 J (b) 12 J (c) 5 J (d) 15 J (e) 20 J

4.2.2. Instrumento de Avaliação sobre Conceitos Diversificados da Mecânica

Escola: _____

Professor: _____

Aluno (a): _____

AVALIAÇÃO FINAL DE FÍSICA

FÍSICA NOS ESPORTES

1. A imagem abaixo mostra um praticante do bungee jumping em queda. Se desprezarmos a resistência do ar, quais as transformações de energia que, respectivamente, ocorrem desde o início da queda até a altura em que o cabo é totalmente esticado?

Figura 1: Salto de bungee jumping.



Fonte: ver referência [1].

- (a) Potencial elástica, cinética e potencial gravitacional.
- (b) Potencial gravitacional, potencial elástica e cinética.
- (c) Potencial gravitacional, cinética e potencial elástica.
- (d) Cinética, potencial elástica e potencial gravitacional.
- (e) Cinética, potencial gravitacional e potencial elástica.

2. Se a massa do praticante de bungee jumping acima for 72 kg, qual o valor de seu peso na superfície da Terra? E se, hipoteticamente, estivesse saltando na Lua ($g = 1,6 \text{ m/s}^2$), qual seria o valor de seu peso?

- (a) 72 N e 140 N (b) 720 N e 115 N (c) 72 N e 115,2 N
(d) 115 N e 72 N (e) 720 N e 115,2 N

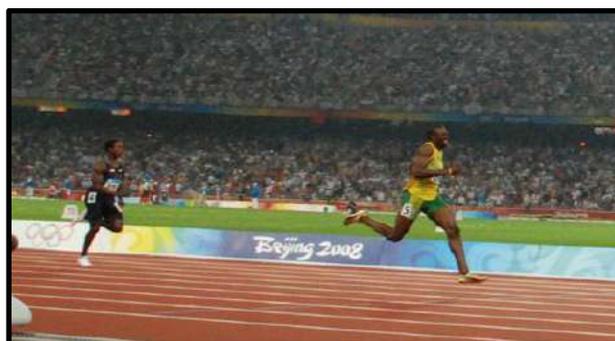
3. Sobre o velocista Usain Bolt, nas Olimpíadas Rio 2016, considere o seguinte texto:

"Após sofrer lesão muscular nas classificatórias jamaicanas, muitas dúvidas foram levantadas a respeito de sua condição física. Incluído na equipe por decisão do Comitê Olímpico da Jamaica, Bolt começou um tratamento imediatamente para poder participar das Olimpíadas Rio 2016. Chegando ao Rio de Janeiro como o maior vendedor de ingressos para o atletismo em seus dias de competição, disputou os 100m rasos, os 200m rasos e o revezamento 4x100m com a equipe jamaicana e venceu em todas as três modalidades, levando ouro nos 100 m - 9.81s - ouro nos 200 m - 19.78s - e ouro no 4x100 m - 37.27s - sem conseguir quebrar novamente nenhum de seus recordes, mas fazendo história ao se tornar o primeiro tricampeão olímpico consecutivo nas três modalidades".

Fonte: ver referência [2].

Após a leitura do texto, que informa, respectivamente, a distância e o tempo de cada prova sobre a magnífica trajetória de conquistas de Usain Bolt, encontre os valores das velocidades escalares médias nas três provas executadas por ele.

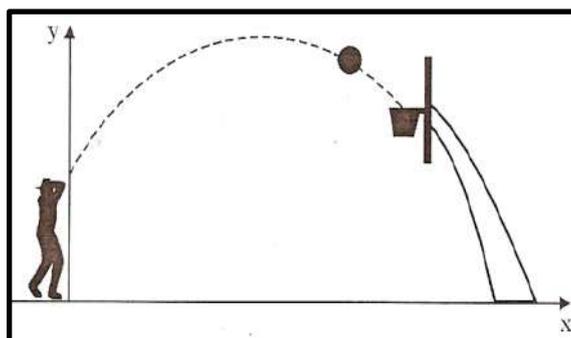
Figura 2: Velocista Usain Bolt.



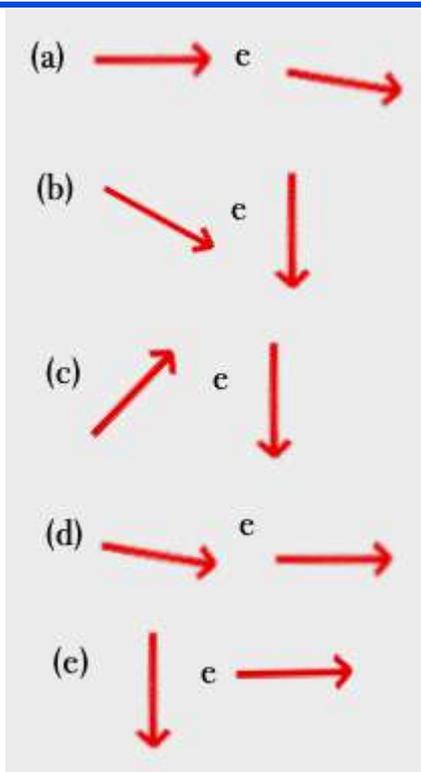
Fonte: ver referência [3].

4. Considere a trajetória de uma bola lançada para uma cesta em uma partida de basquete. Ao se representar os vetores da velocidade (v) da bola e o peso (p), na posição em que se apresenta na figura, que setas representam, respectivamente, esses vetores?

Figura 3: Arremesso de basquete.



Fonte: ver referência [4].



Se a bola da figura acima foi lançada com uma velocidade inicial de 10 m/s, sob um ângulo de 30° , quanto tempo leva para a bola atingir o ponto em que $v_y = 0$?

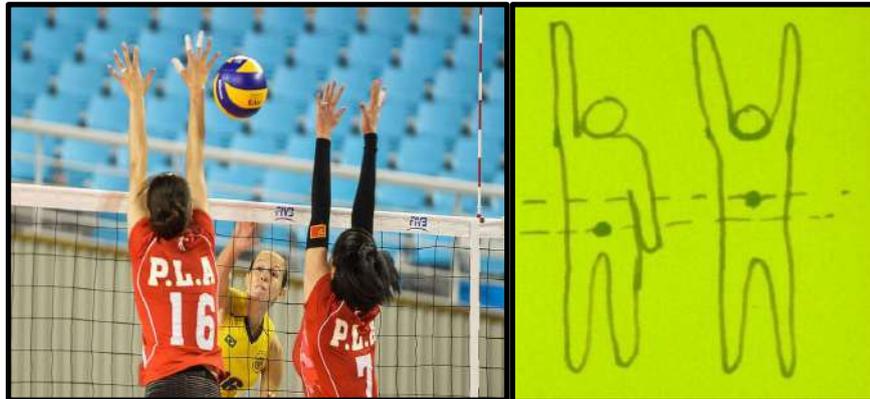
- (a) 0,5 s (b) 1,0 s (c) 1,5 s (d) 2,0 s

6. Espicha, salta, bate, estica, corre, pula e ... espicha novamente! Você já parou para pensar por que alguns dos movimentos que os atletas fazem em certos esportes parecem tão estranhos? A Física tem algumas respostas! Um exemplo do que estamos falando acontece no voleibol. Se você reparar bem no movimento que o atacante faz, verá que ele pula com os dois braços levantados, mas, depois que já está no ar, abaixa um dos braços. Ele faz isso para que seu centro de massa fique um pouco mais baixo. Como já está no ar, o centro de massa dele já vai atingir a altura máxima (determinada pela velocidade com que ele saltou). Abaixar o braço faz, então, com que a parte do corpo que está acima do centro de massa chegue mais alto,

ganhando aí alguns centímetros para tentar superar o bloqueio adversário. O mesmo movimento pode ser observado em jogadores de basquete, quando o jogo se inicia e o juiz lança a bola ao alto para os jogadores disputarem.

Fonte: ver referência [5].

Figura 4: Cena de bloqueio no vôlei, à direita, e esquema do centro de massa no corpo humano, à esquerda.



Fonte: ver referência [5].

Considerando a leitura do texto e o sistema formado pelas jogadoras, com massas M_1 e M_2 , que estão no bloqueio, encontre ao longo de um eixo horizontal X , a coordenada X_{CM} , que representa a posição do centro de massa desse sistema. Adote: $M_1 = 60 \text{ Kg}$ (massa da jogadora 1), com posição $X_1 = 1 \text{ m}$, e $M_2 = 55 \text{ Kg}$ (massa da jogadora 2), com posição $X_2 = 2 \text{ m}$. Utilize a expressão que determina a localização do centro de massa:

$$X_{CM} = \frac{X_1 M_1 + X_2 M_2}{M_1 + M_2}$$

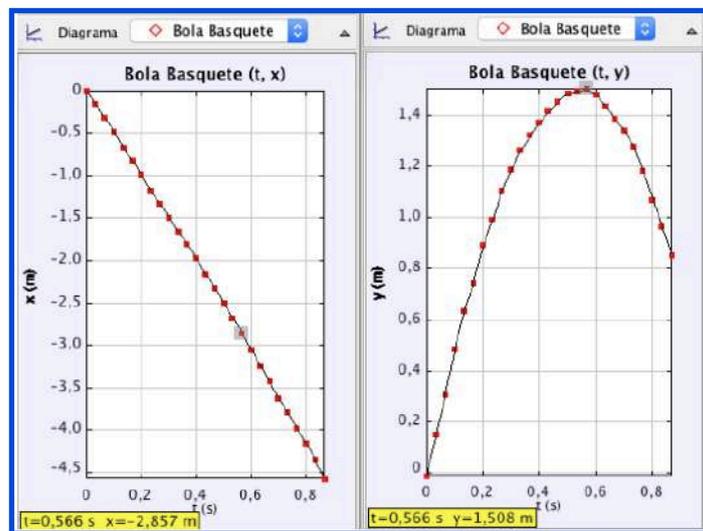
Referências

- [1] <https://br.depositphotos.com/stock-photos/bungee-jump.html?qview=75836879>
- [2] https://pt.wikipedia.org/wiki/Usain_Bolt
- [3] https://pt.wikipedia.org/wiki/Usain_Bolt#/media/Ficheiro:Bolt200.jpg
- [4] <https://brainly.com.br/tarefa/742934>
- [5] <http://chc.org.br/coluna/ciencia-nos-esportes>

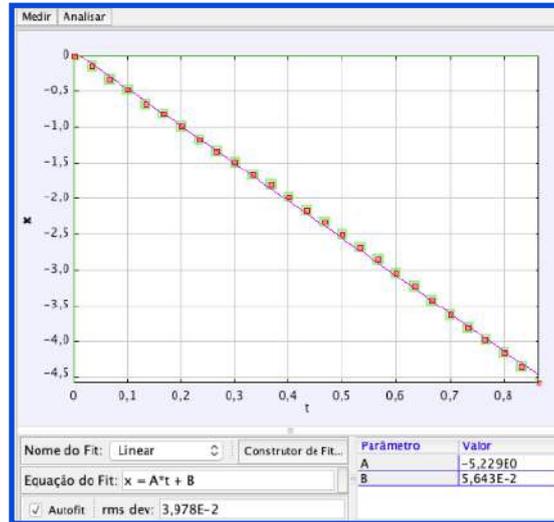
4.2.3. Grandezas Físicas Obtidas pelo Programa Tracker

Como forma de complementar a atividade sobre a modelagem do movimento oblíquo com o lançamento de uma bola de basquete, mostramos abaixo as grandezas físicas associadas a caracterização do movimento da bola que podem ser geradas com o programa Tracker.

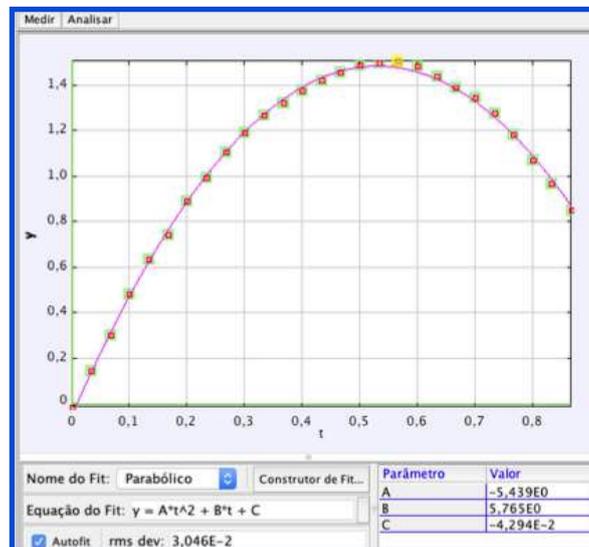
❖ Gráficos da posição horizontal $x(t)$ e da posição vertical $y(t)$ da bola, gerados automaticamente após a marcação das cenas (quadros) do movimento da bola pelo Tracker:



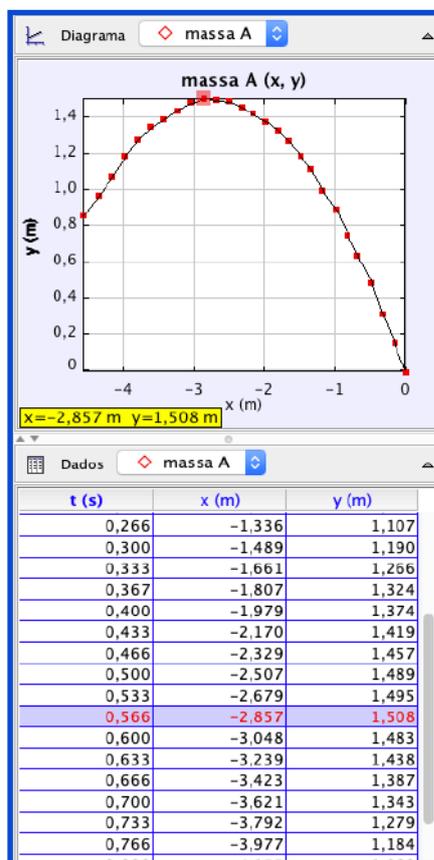
❖ *Ajuste linear para a curva da posição horizontal $x(t)$.*



❖ *Ajuste quadrático para a curva da posição vertical $y(t)$.*



❖ Gráfico da trajetória da bola de basquete, ou seja, o comportamento da posição vertical y em função da posição horizontal x , juntamente com a tabela das posições da bola.



4.2.4. Algumas Grandezas Físicas no Sistema Internacional de Unidades

Para auxiliar o professor na organização de suas atividades didáticas, utilizando a sequência didática aqui proposta, apresentamos, na tabela abaixo, algumas grandezas físicas dadas no Sistema Internacional de Unidades.

Unidades fundamentais do SI		
Grandeza	Unidade	Símbolo*
Comprimento	metro	m
Massa	quilograma	kg
Tempo	segundo	s
Corrente elétrica	ampère	A
Temperatura termodinâmica	kelvin	K
Quantidade de matéria	mol	mol
Intensidade luminosa	candela	cd

* Observação: Os símbolos não são abreviações, por isso não têm ponto.

Algumas unidades derivadas do SI**		
Grandeza	Unidade	Símbolo
Área	metro quadrado	m ²
Volume	metro cúbico	m ³
Densidade	quilograma por metro cúbico	kg/m ³
Velocidade	metro por segundo	m/s
Aceleração	metro por segundo ao quadrado	m/s ²
Força	newton	N
Pressão	pascal	Pa
Trabalho, energia, quantidade de calor	joule	J
Potência	watt	W
Carga elétrica	coulomb	C
Diferença de potencial	volt	V
Resistência elétrica	ohm	Ω

Fonte: Gaspar, 2013.

Referências

AGUIAR, C. E.; PEREIRA, M. M. O Computador como Cronômetro. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 34, n. 3, 2012.

FERRARO, N.G. *Os Movimentos: Pequena Abordagem sobre Mecânica*. São Paulo: Moderna, 2003

FUKUI, A.; MOLINA, M.M.; OLIVEIRA, V.S. *Ser Protagonista*. 1Ed. São Paulo: Edições SM, 2009.

GASPAR, A. *Física, Volume Único*. 1ed. São Paulo: Ática, 2008.

GASPAR, A. *Compreendendo a Física: ensino médio*. 1ed. São Paulo: Ática, 2013.

GOMES, M. A. F.; PARTELLI, E. J. R. A Física nos Esportes. *Rev. Bras. Ens. Fis.*, vol. 23, n. 1 (2001).

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. *Fundamentos de Física, Volume 2: Mecânica*. 10 ed. Rio de Janeiro: LTC 2016

LUIZ, A. M. R.; ALVARES, B. A.; GUIMARÃES, C. DA C. *Física: Contexto e Aplicações: ensino médio*. 2ed. São Paulo: Scipione, 2016.

MICHA, D. N.; FERREIRA, M. *Física no esporte - Parte 1: saltos em esportes coletivos. Uma motivação para o estudo da mecânica através da análise dos movimentos do corpo humano a partir do conceito de centro de massa*. *Rev. Bras. Ens. Fis.*, v. 35, n. 3, 3301 (2013).

OLIVEIRA, T. E.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Sala de Aula Invertida (flipped classroom): Inovando as Aulas de Física. *Física na Escola*, v. 14, n. 2, 2016.

PIETROCOLA, M.P.O.; POÇIBIN, A.; ANDRADE, R.; ROMERO.T.R. Física em Contextos. 1 Ed. São Paulo: FTD, 2010.

SANTIAGO, R. B.; ARENAS, T.; Proposta para o ensino-aprendizagem do centro de gravidade a partir do equilíbrio do corpo humano. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 35, n. 3, p. 956-