

UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA FORÇAS DISSIPATIVAS COM O USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO

A DIDACTIC SEQUENCE PROPOSAL FOR DISSIPATIVE FORCES WITH THE USE OF DIGITAL INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

Luiz Carlos Gomes Filho¹, Adriana da Silva Fontes², Oscar Rodrigues dos Santos³, Michel Corci Batista⁴, Douglas R. Coneglian⁵

¹⁻⁵*Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) - Campo Mourão. Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF). carlosgomesluiz87@gmail.com, asfontesfis@gmail.com, profoscarfisica@gmail.com, profcorci@gmail.com, douglasconeglian@gmail.com*

Nosso trabalho tem por objetivo, verificar o potencial pedagógico de uma Sequência Didática sobre a temática força de atrito e força de arrasto, que foi implementada em um colégio da rede pública de ensino da região centro-oeste do Paraná, com o intuito de perceber a motivação dos alunos pelas aulas de Física. Nossa Sequência Didática se pautou numa perspectiva de ensino alicerçada principalmente pelas Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC), tais como: Simuladores trabalhados no laboratório de Informática, experimento sobre força de arrasto em meio fluido viscoso com a utilização do *Software Tracker*, Editor de planilhas do *Excell* e *Open Câmera* trabalhados no laboratório de Física. Além das TDIC utilizamos também experimentos sobre Força de Atrito no laboratório de Física; análises de figuras e de tirinhas envolvendo o conteúdo abordado; leitura e debate de textos relacionados ao assunto. Nosso trabalho caracteriza-se como qualitativo. Os dados que foram coletados durante a implementação da Sequência Didática por meio de relatos, questionários, desenvolvimento de atividades, participação dos alunos e diário de bordo do professor. Nossos resultados identificam, que houve indícios de aprendizagem e que o material elaborado constitui-se como potencialmente significativo, visto o envolvimento e motivação da turma durante as atividades.

Palavras-chave: Sequência didática. TDIC. Força de Arrasto. Força de atrito.

Our work aims to verify the pedagogical potential of a Didactic Sequence on the thematic force of friction and drag force, which was implemented in a public school in the central-western region of Paraná, in order to understand the students' motivation for Physics classes. Our Didactic Sequence was based on a teaching perspective based mainly on Digital Information and Communication Technologies (TDIC), such as: Simulators worked in the Informatics laboratory, experiment on drag force in viscous fluid using the *Software Tracker*, Editor of *Excell* and *Open Camera* spreadsheets worked in the Physics laboratory. In addition to TDIC, we also use experiments on Friction Force in the Physics laboratory; analysis of figures and comic strips involving the content covered; reading and debate of texts related to the subject. Our work is characterized as qualitative. The data that were collected during the implementation of the Didactic Sequence through reports, questionnaires, development of activities, student participation and the teacher's logbook. Our results identify that there were signs of learning and that the material produced is potentially significant, given the involvement and motivation of the class during the activities.

Keywords: Sequence didactic. DICT. Drag force. Frictional force.

INTRODUÇÃO

Na tentativa de um procedimento eficaz de ensino, professores de diversas áreas, em especial os de Física, muitas vezes, mesclam o ensino tradicional com o moderno, onde buscam envolver as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) aliadas à experimentação na realização de atividades práticas, necessárias à compreensão da disciplina.

A experimentação é uma ferramenta de extrema importância na eficácia do processo ensino-aprendizagem, é o momento no qual os alunos aplicam os conceitos físicos estudados em sala, e podem relacionar com fenômenos do dia a dia desde os mais comuns da natureza (luz, raio, trovão, arco-íris, imagens, entre outros), como também na indústria, na saúde, na confecção e etc.

Nesse sentido, muitos professores estão se tornando adeptos da sequência didática (SD), a qual pode ser entendida como um recurso metodológico para o ensino, pois possui uma série de atividades devidamente planejadas e inter-relacionadas entre si, sustentada por uma teoria de aprendizagem que

permite ao educando a construção dos saberes necessários para uma aprendizagem efetiva. Dessa forma uma SD deve ser organizada de acordo com os objetivos que o professor quer alcançar para a aprendizagem de seus alunos, elas envolvem diversas atividades de aprendizagem e de avaliação (BATISTA; FUSINATO & BATISTA, 2019)

Outro recurso que merece destaque são as tecnologias, pois com sua introdução na sala de aula, possibilitou-se novas formas de ensinar, porém é fundamental realizar um trabalho pedagógico contínuo para capacitar o professor para atuar neste ambiente, em que a tecnologia serve como intercessor do processo ensino-aprendizagem (OLIVEIRA; MOURA & SOUSA, 2015).

Dentre as tecnologias consolidadas e utilizadas para finalidades didáticas para o ensino de física está o *Tracker*¹, que é um *software* gratuito e de fácil manuseio. Sua utilização em ambiente escolar necessita apenas de um computador e de um instrumento para a captação de imagens tal como uma filmadora, *Smartphone* ou máquina digital (ORTIZ, 2015). Desta forma, possibilita a construção de gráficos de alta precisão referentes ao movimento de corpos, bem como auxilia no processo de obtenção das medidas.

Existe na literatura alguns trabalhos relacionadas à Física com o uso do *software Tracker*, citamos o trabalho de SANTOS, BALTHAZAR & HUGUENIN, (2017) os quais trabalharam com SD e utilizaram o *software* para abordar o conteúdo de cinemática, eles identificaram que o envolvimento dos alunos com a aula foi muito acima daquele observado em uma aula tradicional, e que as atividades de vídeo análise confrontaram as respostas dadas na primeira etapa, valorizando o conhecimento prévio do aluno e obtendo resultados com alto índice de aproveitamento.

Nessa perspectiva, decidiu-se aliar à SD e as TDIC para se trabalhar o conteúdo de forças dissipativas (força de atrito e força de arrasto), por ser um assunto largamente presente em nosso cotidiano, porém pouco trabalhado em escolas públicas estaduais, em função do insuficiente conteúdo apresentado nos livros didáticos para força de arrasto.

Do ponto de vista físico, as forças são agentes capazes de alterar o estado de repouso ou movimento de corpo material. Se há mudança na velocidade de um objeto então sobre ele age uma ou mais forças (HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALTER, 2016).

Nesse processo, existem diferentes tipos de forças, entre as quais, podemos citar as forças de contato, geradas no ponto de contato entre os corpos, que são frequentes no dia a dia, como o ato de puxar ou empurrar objetos; Algumas dessas forças são singularmente conhecidas como força de reação normal (N), exercida entre superfícies em contato; força de tração ou tensão (T) transmitida por cordas, cabos ou linhas em contato com um objeto; a força de atrito (F_{at}) que é a força contrária a tendência de escorregamento de um corpo; e a força de arraste que faz resistência ao movimento de um corpo através de um fluido (líquidos ou gasosos). Outros exemplos importantes, são as forças de campo que atuam sem contato direto entre os corpos: força peso (P), força elétrica (F_e), força magnética (F_m), entre outras.

As forças são grandezas vetoriais e por isso devem ser caracterizadas por um módulo (valor numérico e unidade) e uma orientação (direção e sentido), e se combinam de acordo com regras vetoriais. Isso significa que quando duas ou mais forças atuam sobre um corpo podemos calcular a força resultante, somando vetorialmente as forças (HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALTER, 2016).

¹ <http://physlets.org/tracker/>.

A segunda Lei de Newton diz que “a força resultante que age sobre um corpo é igual ao produto da massa do corpo pela sua aceleração”.

Em termos matemáticos,

$$\vec{F}_r = m \cdot \vec{a} \quad (1)$$

onde \vec{F}_r é a força resultante, m é a massa e \vec{a} é a aceleração (HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALTER, 2016).

Seguindo a análise, as forças podem ser classificadas em dois grupos distintos: Forças conservativas, quando o trabalho é independente da trajetória, e o sistema não sofre perdas de energia (força peso, força elétrica, força magnética, etc.)—e oposto a elas estão forças não-conservativas ou dissipativas (força de atrito, força de arrasto, etc.), quando o trabalho depende da trajetória, as quais agem sobre os corpos ocasionando dissipação de energia do sistema nas mais variadas formas—(calor, sons, desgastes entre outros) (NUSSENZVEIG, 2002 p. 142).

Em grande parte dos livros didáticos, utilizados em escolas públicas, não abordam a força de arrasto, e quando debate, faz de forma incompleta, sendo que é um fenômeno presente na vida dos alunos e de extrema importância na sua formação. Na maioria dos movimentos existentes no cotidiano, as forças de atrito e arrasto estão presentes, sendo assim, é relevante ter diferentes ferramentas para estudá-las.

A força de atrito que atua entre superfícies em contato, sempre em oposição a tendência do movimento depende das características das superfícies que podem gerar mais ou menos atrito. Já a força de arrasto que estão presentes em meios fluidos (líquidos e gases) que interferem na velocidade do corpo em estudo, depende do coeficiente de arrasto (característico do meio fluido), densidade do meio e área superficial.

Para minimizar a resistência do meio, indústrias em todos os segmentos procuram inovar-se, por exemplo, na indústria automobilística, os formatos de veículos, os pneus, entre outros são constantemente modificados com o intuito de alcançarem velocidades superiores e minimizar as resistências ao máximo. Foguetes espaciais e aviões são construídos com designer diferentes para superar a resistência do ar atmosférico terrestre. No segmento de vestuário e calçados esportivos, também são confeccionados visando minimizar a influência da resistência do ar ou água.

A força de atrito age em porções muito pequenas, à medida que um corpo desliza sobre uma superfície, ligações microscópicas vão formando-se e rompendo simultaneamente. As forças envolvidas, no caso, a de atrito e a normal, decorrem da interação entre moléculas nos pontos, onde as superfícies de contato do bloco e piso se tocam, conforme a movimentação. Nessa região, que se justapõem, ocorrem fortes adesões superficiais devido as forças interatômicas, caracterizado como a solda. Na ocorrência de movimento, o atrito sobre o material/objeto causa ruptura e reconstrução contínua em novos pontos (GREF, 2006 p. 232).

Em interações entre corpos sólidos, o atrito se divide em três tipos, o primeiro deles é o estático, que surge quando um corpo sofre a ação de uma força (F) paralela ao plano, porém com intensidade insuficiente para deslocá-lo (FIGURA 1), pois o atrito estático exercido pela superfície equilibra-se à força aplicada, aumentando gradativamente a intensidade de F a força de atrito estático aumenta até um valor máximo e quando inicia-se o movimento o atrito diminui, e neste caso, é denominado dinâmico ou cinético; E o atrito

ao rolamento, que é um caso particular dentro do atrito dinâmico, esse tipo de atrito ocorre quando a superfície de um corpo rola sobre a superfície do outro sem escorregar (TIPLER, 2003 p. 130-131).

O atrito apresenta as seguintes propriedades:

- **Propriedade 1.** Se o corpo não se move, então a força de atrito estático $f_{at e}$ e a componente de F paralela à superfície se equilibram. Elas possuem o mesmo módulo e mesma direção, mas com sentido contrário ao da componente,

$$\vec{F} = -\vec{f}_{at e} \quad (2)$$

- **Propriedade 2.** O módulo de $f_{at e}$ possui um valor máximo que é dado por:

$$\vec{f}_{at e, máx} = \mu_e \vec{N} \quad (3)$$

Onde μ_e é o coeficiente de atrito estático (grandeza adimensional), depende da superfície onde se encontra um móvel.

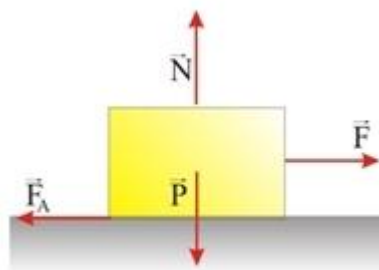
- **Propriedade 3.** Se o corpo começar a deslizar ao longo da superfície, o módulo da força de atrito diminui rapidamente e passa a ser dinâmico (ou cinético) e pode ser determinado por

$$\vec{f}_{at c} = \mu_c \vec{N} \quad (4)$$

onde μ_c é o coeficiente de atrito cinético, que é sempre menor ou igual a μ_e .

Na figura 1 estão representadas forças presentes em um objeto em contato com um piso na presença de atrito.

Figura 1: Forças presentes em um objeto na presença de atrito: Força F , Força de Atrito (F_A), Força normal (N) e força peso (P).



Fonte: <https://www.infoescola.com/mecanica/forcas-de-atrito/>

Integrando a categoria de forças dissipativas, a força de arrasto é outra que atua em oposição aos movimentos. Ou seja, quando um objeto se move através de um fluido (líquido ou um gás), esse meio exerce uma força de arrasto, ou força retardadora, que se opõe ao movimento do objeto, que pode ser determinado matematicamente pela equação (5). Diferentemente do atrito entre superfícies, a força de arrasto aumenta com o aumento da velocidade do objeto. Para meios cuja velocidade é menor, como nos líquidos, $n=1$, ou seja, a força de arrasto é proporcional à rapidez do objeto; para meios em que a velocidade é maior, como o ar, por exemplo, $n=2$, ou seja, a Força de arrasto é proporcional ao quadrado da rapidez (TIPLER & MOSCA, 2009), sendo descrita pela equação:

$$F_a = k \cdot v^n \quad (5)$$

onde:

$$k = \frac{1}{2} \cdot C_a \cdot \rho \cdot A$$

(6)

Logo,

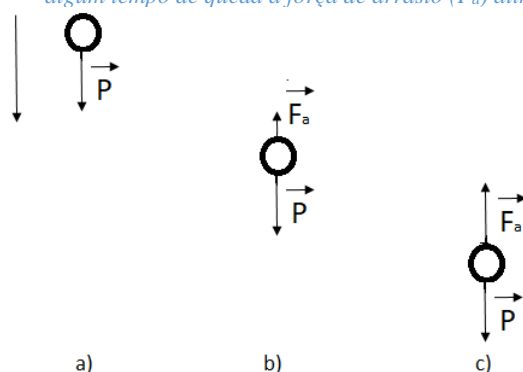
$$F_a = \frac{1}{2} \cdot C_a \cdot \rho \cdot A \cdot v^n$$

(7)

onde F_a é intensidade da força de arrasto no fluido, k é o coeficiente de arrasto que depende da forma do corpo, da densidade do meio e da área de seção reta do corpo perpendicular à direção do movimento, v é a velocidade do objeto no meio, n é a rapidez da esfera no meio considerado, ρ é a densidade do meio, C_a é o coeficiente de arrasto e A é a área frontal do objeto que se movimentava.

Observamos pela equação (5) que quanto maior a velocidade da esfera, maior será a força de arrasto.

Figura 2: Diagrama do corpo livre para força de arrasto em meio gasoso. a) Corpo em queda livre devido a ação da força peso (P); b) Durante a queda surge no corpo uma força de resistência do meio (F_a); c) após algum tempo de queda a força de arrasto (F_a) atinge o mesmo valor da força peso (P).



Fonte: Autores

Um corpo ao cair em queda livre a partir do repouso, está sujeito a uma força de arrasto (F_a) produzida pela resistência do ar, possuindo direção e sentido vertical para cima e cresce gradualmente a partir do zero, à medida que a velocidade do corpo aumenta. Em determinado momento, o módulo das forças de arrasto e peso se igualam, até o corpo não ser mais acelerado e passa a cair com uma velocidade constante, sendo essa identificada por velocidade limite ou terminal (HALLIDAY, 2016 130-131), que pode ser expressa por:

$$v_t = \sqrt{\frac{2P}{C_a \rho A}}$$

(5)

onde:

v_t é a velocidade limite, P é o peso do corpo, ρ é a densidade do meio; C_a é o coeficiente de arrasto e A é a área frontal do objeto que se movimentava.

Na perspectiva de elaborar uma maneira de instigar os professores para trabalhar o conteúdo de forças dissipativas, pois é um conteúdo carente de materiais nas escolas públicas estaduais, o presente trabalho traz um relato de experiência realizado em um colégio da rede pública estadual de ensino. Consta na aplicação de uma SD para abordagem de força de atrito e de força de arrasto em meio viscoso, utilizando-se de textos, tirinhas, experimentos e simuladores, sendo que todos os materiais utilizados são de fácil

acesso e as tecnologias utilizadas possibilitam que experimentos sejam feitos mesmo sem a presença de um laboratório didático convencional (GOMES FILHO; FONTES; SANTOS, 2019).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho objetivou verificar o potencial pedagógico de uma Sequência Didática sobre a temática força de atrito e força de arrasto, que foi implementada em uma turma do 1º. ano do ensino médio, com 36 alunos cuja faixa etária estava compreendida entre 15 e 17 anos. A proposta foi aplicada em uma instituição de ensino pública da cidade de Luiziana-PR.

Nosso trabalho está alicerçado nos pressupostos da pesquisa qualitativa, visto que está preocupada com a descrição e interpretação dos dados coletados e não com a enumeração de dados e tratamentos estatísticos Fontes *et al.* (2019). Os dados foram constituídos a partir da implementação da Sequência Didática por meio de relatos, questionários, desenvolvimento de atividades, participação dos alunos e diário de bordo do professor.

Os questionários segundo Gil (1999, p. 128), podem ser definidos

Como uma técnica de investigação composta por um número mais ou menos elevado de questões apresentadas por escrito às pessoas, tendo por objetivo o conhecimento de opiniões, crenças, sentimentos, interesses, expectativas, situações vivenciadas etc.

Já o diário de bordo, permite ao pesquisador descrever os sujeitos, objetos, lugares, acontecimentos, atividades e debates, ou seja, neste é registrado os relatos dos alunos, a participação dos mesmos nas atividades e nas produções coletivas, bem como as inferências do pesquisador. Nestas descrições o pesquisador poderá registrar as suas ideias, reflexões e estratégias sobre os dados de seu estudo qualitativo (BATISTA, 2016), portanto constitui-se como um instrumento que pode representar todos os dados coletados durante a pesquisa.

Nossa proposta de Sequência Didática (SD) foi estruturada em dois tópicos principais, constituindo duas partes: A primeira parte, foi dedicada ao estudo da força de atrito e suas aplicações no cotidiano; a segunda parte, foi elaborado um método de trabalhar a força de arrasto.

A SD foi aplicada em 10 h/a. Para a aplicação da mesma, a turma foi dividida em pequenos grupos contendo entre 5 e 6 estudantes a fim de facilitar o desenvolvimento das atividades e proporcionar discussões.

Para iniciar o conteúdo de força de atrito, inicialmente foi trabalhado o texto “A física dos pneumáticos” (WERLANG, 2013), o qual discorre sobre a importância de conhecer o funcionamento de um pneu, assunto esse muito presente em nosso dia a dia, seja nas rodas de uma bicicleta, no carrinho de bebê, ou carro entre outros. O texto foi dividido nos grupos para que fossem realizadas leitura, discussões e posterior apresentação. O trabalho com o texto teve como objetivo, inserir o conteúdo fazendo uma ligação entre os conhecimentos prévios, e o conteúdo científico de maneira dinamizada, fomentando o interesse dos alunos pelo conteúdo. Essa atividade foi realizada em 2h/a.

Na 3ª. Aula, para reforçar e concluir a parte conceitual sobre Força de Atrito de forma diferenciada e mostrar aos alunos que este conteúdo está muito presente em nosso cotidiano, trabalhou-se com o vídeo² “Chuva, pneu careca a 120 km/h, nós testamos!”

Na aula seguinte, a fim de explorar a relação entre os tipos de superfícies e a intensidade do atrito gerado entre corpos em contato (4ª aula), foi realizado, em sala de aula, uma atividade prática experimental, para esta atividade utilizamos um plano inclinado confeccionado em madeira, pelo professor regente, com ângulo regulável e vários blocos com diferentes superfícies, entre as quais E.V.A, lixas 50 e 100, madeira, borracha e papel. Determinamos experimentalmente o ângulo crítico para cada corpo de prova, calculamos matematicamente o coeficiente e a força de atrito máxima em cada um dos casos, para poder fazer uma análise das diferenças entre os valores encontrados.

Após essas atividades os alunos responderam a um questionário sobre o assunto com o objetivo de reforçar os conceitos e verificar se houve aprendizagem.

Na 5ª. Aula, foi realizada no laboratório de informática, com simulador free do *Phet Colorado*³ (conteúdo de Força e Movimento). Esse simulador permite explorar diversas situações que ocorrem quando uma pessoa tenta empurrar um armário entre outros objetos. A simulação possibilita mudar as superfícies de contato, o valor do coeficiente de atrito estático e cinético, a massa do objeto, o valor da aceleração da gravidade, o valor das forças e seu sentido de aplicação, e mostra os gráficos e o diagrama de corpo livre. Permitindo comparar situações na presença e na ausência do atrito.

Na 6ª. foram realizados exercícios matemáticos e conceituais, análises e interpretações de figuras e tirinhas.

As aulas 7 a 9 foram utilizadas para o estudo das forças dissipativas em meios viscosos.

Para estudar força de arrasto e introduzir conceitos de Hidrostática foi realizado a um experimento no laboratório de física, no qual uma esfera é solta em queda livre dentro de um recipiente cilíndrico contendo um determinado líquido, todo procedimento foi filmado por uma câmera de um Smartphone contendo o aplicativo *Open Camera*. Os experimentos foram realizados da seguinte forma: Inicialmente preencheu-se três recipientes cilindros de vidro transparente de 23,7 cm de profundidade e 4,62 cm de diâmetro com os líquidos: água, óleo e detergente, respectivamente (fig. 2). Utilizou-se esferas (bolinhas de gude) de 1,6 e 2,5 cm de diâmetro. Nesse experimento, cada uma das bolinhas foi solta na superfície de cada líquido separadamente e foi filmada até atingir a base do recipiente.

² Disponível em: www.youtube.com/watch?v=6WESL-CYz3A

³ Phet Colorado. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/forces-and-motion>.

Figura 2: Materiais utilizados para a realização dos quatro experimentos: Bolinhas de gude e recipientes cilíndricos transparentes contendo: água, óleo e detergente, respectivamente



Fonte: Autores

Após a elaboração dos vídeos pelo *Smartphone*, os mesmos foram transferidos para o *notebook* e abertos no *software Tracker*. Neste as cenas foram ajustadas e analisadas quadro a quadro para a verificação do comportamento da bolinha. Os dados gerados, foram exportados para o editor de planilhas do *Excel*, o qual permitiu identificar o comportamento da esfera nos diferentes meios.

A 10ª. Aula foi utilizada para aplicação de atividade para verificação de aprendizagem, entre os quais questionário e exercícios conceituais e algébricos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O trabalho inicial realizado em pequenos grupos, com auxílio do texto foi pedagogicamente muito produtivo, pois houve a participação de todos os alunos. Todos tiveram que, expressar sua opinião sobre a leitura, e muitos se empolgaram tanto que falaram sobre seus conhecimentos prévios e experiências sobre o assunto.

Os alunos apresentaram contextos históricos sobre os pneus, como a invenção, o descobrimento da borracha e patenteamento. Nesse momento, ocorreu a possibilidade de conhecer e relacionar nomes dos inventores a algumas marcas comerciais atuais, como *Dunlop* e *Goodyear*. Eles demonstraram grande empolgação em aprender sobre a história do surgimento do pneu e perceberam que este assunto contempla diversas disciplinas, ou seja, que é possível trabalhar a interdisciplinaridade.

Outro grupo apresentou sobre a Física contida nos pneus, no qual surgiu explicações importantes sobre adesão a superfícies de contato, como ocorre a locomoção dos veículos e as forças de “ação e reação”. Então, foi possível assimilar a importância da existência do atrito gerado através do contato entre corpos, instante no qual, compreenderam que esse assunto tem muita física envolvida, que antes sequer imaginavam.

O terceiro grupo, trabalhou sobre a produção de sons na derrapagem de veículos, onde constataram que o som pode ser produzido em diversas situações, na dissipação de energia mecânica em ondas sonoras, como por exemplo, quando o fluxo de ar, na a área de contato (as ranhuras), são comprimidas e distorcidas.

Os sistemas de drenagem também foram explorados onde detalharam sobre a importância das ranhuras nos pneus, responsáveis pelo escoamento da água evitando aquaplanagem e perda de controle dos veículos sobre pistas molhadas, passando a perceber a importância de cuidar dos pneus do carro.

Também foi explorado sobre as diferenças de pneus para cada tipo de carro/função, principalmente os pneus utilizados em carros de Formula 1, devido as diversas trocas em uma corrida. Foram discutidos questões como dimensões, temperatura, atrito e o porque da troca em pista seca ou molhada.

A Sexta equipe explorou sobre a diferença nos pneus de bicicletas profissionais (de competição), em relação as dimensões, e a influência da pressão, além da interferência dos fluidos colocados no interior dos pneus, especialmente nos de grandes portes.

Durante as apresentações, observou-se que os alunos estavam muito motivados, pois a cada apresentação, o grupo trazia uma informação nova e relevante, referente ao cotidiano, despertando o prazer em aprender, pois eles possuíam um conhecimento prévio popular e partir deste momento passaram a ter um conhecimento científico.

Finalizando, a última equipe explicou sobre a importância da calibração dos pneus a fim de evitar desgastes, aumentar a vida útil, diminuir o consumo de combustível e proporcionar estabilidade aos veículos e sua segurança.

Com a leitura e debate desse texto, verificamos como conceitos de força de atrito são ligados e contextualizados a algo que os alunos já conheciam, porém não sabiam explicar o porque é daquela forma. A maneira como o conteúdo foi abordado levou os alunos a uma reflexão com objetivo de compreenderem que a Física é está mais presente do que imaginavam. Percebeu-se que os alunos apreciaram o tema, e a diferente abordagem tornou-os mais receptivos a continuar as discussões. Todos tinham algo a contribuir sobre o tema.

No trabalho com o vídeo, foram abordados assuntos discutidos no texto com objetivo de construir bases mais sólidas no ensino e possibilitou reforçar sobre a importância de conhecer sobre as diferenças geradas na frenagem do carro (atrito entre pneu do carro e a pista) ao dirigir numa pista molhada comparada a uma seca e das condições do pneu (condições normais e carecas).

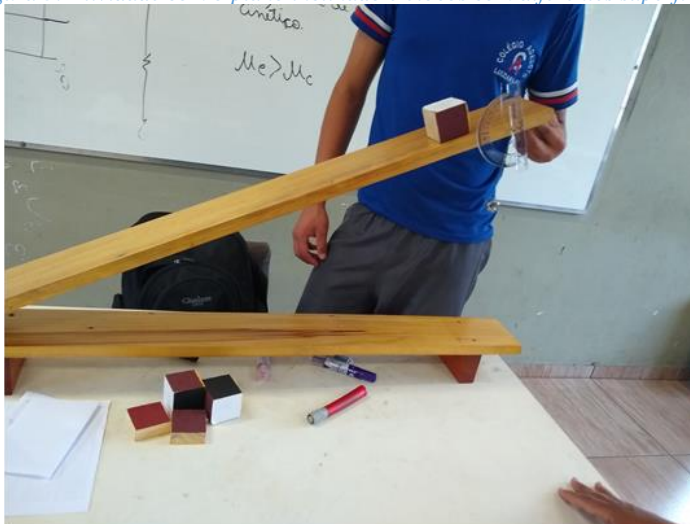
Dessa forma, pudemos alertar aos jovens, no qual já começam a dirigir motos, carro dos Pais e patinetes, sobre a importância de conhecer e respeitar as leis de trânsito.

O trabalho com o texto e com o vídeo conseguiu motivar os alunos para o estudo do conteúdo, pois relacionou o tema com a sua vivência, e pode-se identificar que eles não tinham o conhecimento correto da importância de estar com os pneus em boas condições e nem das diferenças de se dirigir em pista seca ou molhada.

Nessa perspectiva, em consonância com Pelizzari (2002), ao introduzir novos conteúdos são necessários métodos, os quais proporcionem aos estudantes reflexões aprofundadas, se possível relacionar com conhecimentos já existentes, construindo ligações entre o que já sabem e o que deve adquirir, pois, quando as constroem, aumenta-se consideravelmente as chances da aprendizagem ser mais efetiva e duradoura.

Na atividade experimental com o plano inclinado e blocos de madeira com superfícies distintas (Figura 3), foi possível a obtenção dos coeficientes de atrito, do ângulo crítico e da força de atrito, proporcionou aos alunos chegar à conclusão que na condição de iminência $tg \theta = \mu_e$. A atividade também gerou aos alunos a visualização de situações contidas em textos de exercícios nos quais pareciam não haver relação com a realidade.

Figura 3: Atividade com o plano inclinado e blocos com diferentes superfícies.



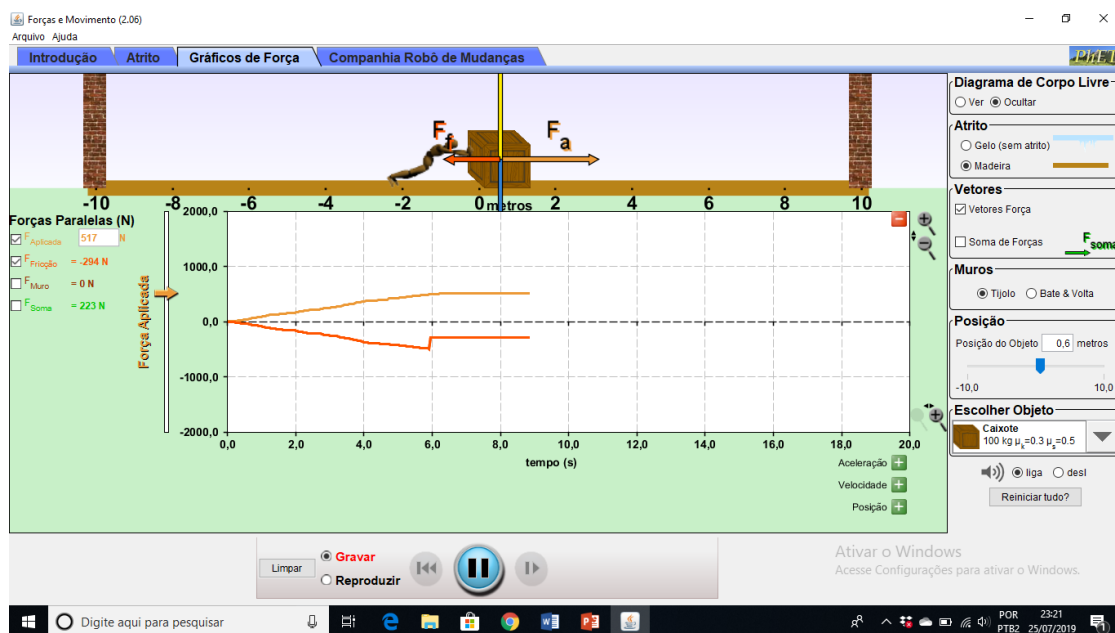
Fonte: Autores.

Comparando os valores encontrados para as diversas superfícies dos blocos na condição de repouso e de movimento, percebeu-se diferenças entre eles, assim aproveitou-se para explicar questões voltadas ao cotidiano, como caminhar, deslizar, uso de antiderrapantes entre outros. Esse experimento é muito interessante, pois é de fácil acesso e manipulação e permite explorar muitas situações e reforçar conceitos.

Com a realização desse experimento, conseguimos instigar a capacidade argumentativa dos estudantes, por meio de estimulação do órgão do sentido, com a manipulação de um material concreto, estando em consonância com Vilatorre (2009).

Ao se trabalhar com simuladores (Figura.4), os alunos ficaram muito motivados, pois a simulação apresentada é rica em situações que permitem explorar bem o conteúdo sobre atrito, além disso, os gráficos gerados simultaneamente ao movimento mostram, as forças, posição, velocidade e aceleração versus tempo. Desta maneira, facilitam a compreensão do conteúdo e possibilitam, situações de aprendizagem através das simulações, no qual em um laboratório comum, não permite tantas variações.

Figura 4: Simulação envolvendo Forças, coeficiente de atrito e gráficos.



Fonte: Print Screen da tela do notebook da simulação de Força e Movimento (Phet Colorado) disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/forces-and-motion.

Segundo Heckler (2004), os simuladores são grandes contribuintes, pois, os fenômenos descritos podem ser reproduzidos com exatidão. Também proporcionam interação com os alunos, por meio de manipulação de alguns comandos mediados, a instigarem e levantarem questionamentos sobre os conteúdos estudados.

Após a aplicação das atividades teóricas/ práticas referentes à força de atrito, foi realizado um momento para verificação de assimilação do conhecimento transmitido. As atividades propostas continham análise de figuras contendo situações do cotidiano; identificação das forças nos corpos; análise de tirinhas; exercícios aritméticos. Com isso, objetivou saber se as atividades diferenciadas proporcionaram evidências de aprendizado e melhoraram a capacidade de abstração dos alunos.

Na primeira pergunta, a atividade constava na análise de situações, que continham um homem empurrando um caixote de madeira e uma pessoa caminhando de tênis sobre o asfalto.

O objetivo ao propor a análise dessas duas imagens, foi a identificação e descrição do atrito, que se manifestava entre os corpos envolvidos por meio de interações.

Ao verificar as respostas obtidas pelos alunos, percebemos algumas dificuldades dos estudantes em compreender, onde ocorre a atuação do atrito. Na primeira figura, a identificação correta seria entre a caixa e a superfície de apoio, porém, parte associou às mãos do homem que a empurrava. Essas respostas não estavam totalmente incorretas, entretanto não atingiu o objetivo principal.

Já na segunda imagem, a maioria das respostas foi satisfatória, identificando a existência da força de atrito entre o tênis da pessoa, que caminhava e o pavimento.

A segunda questão foi a identificação do sentido da força de atrito sobre objetos ao aplicar uma força ao deslizar sobre um plano. Nessa pergunta, a maioria realizou a identificação correta.

A última questão foi exercício algébrico, que para a resolução era necessário a extração de dados, onde 60 % dos estudantes apresentaram dificuldades na resolução, apresentando dificuldades tanto na

matemática quanto na interpretação do problema indicando que ainda precisava trabalhar mais o conteúdo, por isso posteriormente foi trabalhado uma lista de exercícios sobre o assunto.

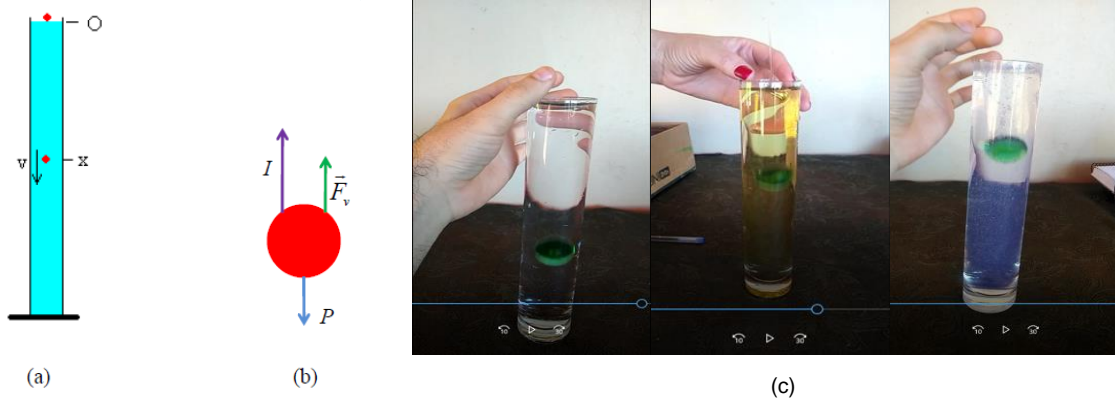
Em relação às tirinhas, 50% das respostas não foram o esperado, talvez porque as tirinhas selecionadas pelo professor não estavam de acordo com o objetivo proposto, ou ainda, porque a questão elaborada pelo professor não estava de acordo com a tirinha, dificultando as respostas dos alunos quanto à interpretação para o uso da força de atrito, se atendo mais na cena, mas sem relacionar a física envolvida.

Segundo Testone (2004), as histórias em quadrinhos e tirinhas também são interessantes, com ou sem texto, por meio das imagens fazem os alunos observar, analisar e compreender melhor as propostas, possibilitando conclusões. Com caráter explicativo, no qual o enredo tem função de explicar fenômenos físicos, ilustrativo, que apresenta representações, elementos motivadores aos estudantes a se interessarem em pesquisas sobre temas estudados, instigando a refletirem sobre o assunto.

Reforçamos que são importantes desde que bem selecionado pelo professor, pois caso contrário, não conseguem atingir o objetivo proposto.

Após a etapa das atividades de força de atrito, iniciou-se as atividades sobre forças de arrasto (Figura 5) associadas ao *Software Tracker*, o qual possibilitou mostrar quadro a quadro, como um objeto se comporta em um meio líquido (tempo de queda, velocidade limite, trajetória). Tendo sido aproveitado também a prática para introduzir alguns conceitos de hidrostática, como o empuxo, viscosidade, densidade, e também as equações, sendo o conteúdo posteriormente retomados no final do 4º. Bimestre.

Figura 5: Objeto solto em meio viscoso. a) Desenho representativo da esfera em movimento em meio viscoso; b) Diagrama do corpo livre indicando as forças que atuam na esfera: força de viscosidade (F_v), força de impulsão (I) também chamada de força de empuxo (F_e) e força peso (P), c) Experimento da esfera nos meios água, óleo e detergente, respectivamente, registradas no software Tracker.




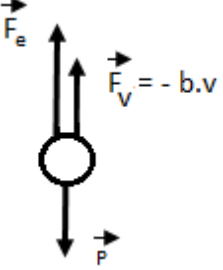
Fonte: a-b) *Noções Básicas de Física – Arquitectura Paisagística Movimento de uma esfera num fluido*⁴; c) *acervo dos autores*.

Aproveitou-se para explicar aos alunos, via diagrama do corpo livre e das equações (resumidas no quadro 1), as diferenças na queda da esfera no meio gasoso e no meio viscoso, tendo identificado previamente, que esta interpretação é ausente nos livros didáticos analisados, e que para meios viscosos a equação sofre variações sendo necessários conhecimentos de Hidrostática.

Com a realização da atividade os alunos puderam entender que o movimento de uma esfera num meio viscoso, em regime laminar (velocidade baixa), é influenciado pelo peso do corpo, pela força de empuxo (força de impulsão) e também pela ação de uma força de viscosidade, que se opõe ao movimento.

⁴Disponível em: http://w3.ualg.pt/~rpotting/AP_Viscosidade.pdf

Quadro 1: Resumo comparativo entre a força de arrasto em meio líquido e gasoso.

Meio	Diagrama do corpo livre
<p>No meio gasoso, a força de arrasto é obtida com a equação</p> $F_a = b \cdot v^n$, onde $n = 2$ para o ar (meio gasoso cuja velocidade é maior) Sendo v a velocidade no meio e b (k) a constante de arrasto, cuja expressão depende de: $b = k = \frac{1}{2} \cdot C_a \cdot \rho \cdot A$ (alguns livros representam com a letra b , outros letra k); e C Coeficiente de arrasto; ρ a densidade do meio, A = área da seção transversal Logo $F_a = \frac{1}{2} \cdot C_a \cdot \rho \cdot A \cdot v^2$ E a equação do movimento é dada pela 2ª. Lei de Newton, por: $\vec{F}_r = m \cdot \vec{a}$ $P - F_a = m \cdot a$, onde $P = m \cdot g$ (m = massa; g = aceleração da gravidade na Terra) Quando a F_a atinge o valor do peso, a esfera deixa de acelerar e atinge a velocidade limite, sendo expressa por: $v_t = \sqrt{\frac{2P}{C_a \rho A}}$	<p>Diagrama do corpo livre</p>  <p>F_a = força de arrasto P = peso</p>
<p>A equação de movimento, para uma pequena esfera que cai em regime laminar, em um meio viscoso, é dada pela segunda Lei de Newton: $\vec{F}_r = m \cdot \vec{a}$ $P - F_e - F_v = m \cdot a$ A velocidade terminal é atingida quando quando o peso (P) for equilibrado pelo empuxo ($F_e = I$) e pela força de arrasto do fluido ($F_v = F_a$), sendo obtida da seguinte forma: $P = F_e + F_v$ Onde, a força de empuxo é obtida através de: $F_e = V \cdot \rho_f \cdot g$ E a força retardadora (força de viscosidade) é obtida por meio do teorema de Stokes $F_v = b \cdot v^n$, onde $n = 1$, pois no meio líquido o corpo se desloca com velocidade menor quando comparado ao meio gasoso. A constante de arrasto (b) é dada por $b = 6\pi\eta R$, logo $F_v = 6\pi\mu R \cdot v$ Onde: R é o raio da esfera, v a sua velocidade instantânea, η viscosidade dinâmica do líquido. ajustando as expressões, chegamos na velocidade limite: $v = \frac{g D^2 (\rho_e - \rho_L)}{18\eta}$ Onde: D = diâmetro da esfera; ρ = densidade; e = esfera; L = líquido. Em função do cilindro ser finito, a equação da velocidade limite, precisará do fator de correção de Ladenburg (VERTCHENKO, L.; VERTCHENKO, 2017). </p>	 <p>F_e = força de empuxo F_v = força de viscosidade P = peso</p>

Fonte: Autores

O quadro 1 mostra as forças que atuam sobre o objeto em meio viscoso. Na direção do movimento temos a força peso (P) e no sentido oposto ao movimento aparece a força de viscosidade (F_v) e a força de

empuxo ou de impulsão (F_e) ambas no sentido oposto ao movimento. É possível observar na equação para força de viscosidade que ela é diretamente proporcional a velocidade, ou seja, quando um corpo cai a partir do repouso, a força de viscosidade (F_v) cresce gradualmente a partir do zero, à medida que a velocidade do corpo aumenta. Em determinado momento essa força (Forças de Arrasto ou força de viscosidade) atingirá um valor igual à diferença entre a força peso e a força de empuxo (ou impulsão), e o corpo não possuirá mais aceleração, atingindo a velocidade limite (terminal).

Observou-se que na primeira etapa da experiência, a esfera de vidro desce mais rápido no líquido menos viscoso (água), por este apresentar menor resistência ao escoamento. Não foi possível visualizar durante a realização do experimento, se a esfera atingiu a velocidade limite na água e no óleo, mas no detergente foi possível, devido ao movimento ser mais lento em função da viscosidade do meio.

A viscosidade está associada a uma espécie de atrito interno que causa fricção entre as camadas do fluido que se movimentam com velocidades diferentes e é explicada, ao nível microscópico, como devendo-se à transferência de momento linear entre as partículas que compõem o fluido. Tecnicamente ela é caracterizada pelo coeficiente de viscosidade dinâmico, η , definido como a razão entre a força de cisalhamento, por unidade de área, à qual o fluido é submetido, e o gradiente de velocidade perpendicular a essa força, que dela decorre. A determinação do coeficiente de viscosidade de fluidos tem enorme importância nas mais diversas áreas, desde a engenharia, caracterizando fluidos lubrificantes de máquinas, dentre muitos exemplos, até a medicina, relacionando-se à secreção de muco do organismo, à circulação sanguínea, à distribuição de partículas de fármacos por meio desta, etc. (VERTCHENKO & VERTCHENKO, 2017).

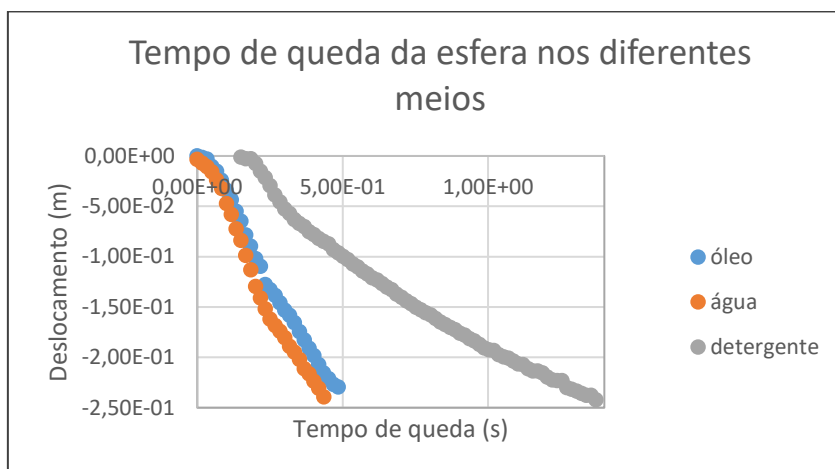
Com os recursos tecnológicos utilizados, foi possível todos observarem quadro a quadro o comportamento da bolinha em câmera lenta e perceber seu movimento dentro dos diferentes líquidos utilizado (água, óleo e detergente). Após seleção e análise do vídeo, os dados coletados foram transferidos e trabalhados no editor de planilhas do Excel, e com base nos gráficos gerados foi possível localizar quando a esfera atingiu a velocidade limite em cada meio.

Com o *software Tracker*, professores e alunos podem criar, filmar e analisar experimentos com câmeras digitais caseiras, reduzindo os custos operacionais e o tempo de preparação dos experimentos. Além disso, os resultados obtidos são inversamente proporcionais ao custo e simplicidade adquiridos com o uso do Tracker. (MARTINS *et al*, 2013).

Aproveitou-se a oportunidade para fazer a interdisciplinaridade com a matemática, reforçando sobre a importância da construção e da interpretação dos gráficos (escala, unidades de medida e comportamento linear ou não); sobre as funções que representam a trajetória de movimento da esfera em queda livre ser de segundo grau e da velocidade ser descrita por uma função de 1º. Grau. Mostrando aos alunos que os gráficos são construídos baseados em informações reais.

Na figura 6 estão apresentados o deslocamento da esfera nos três líquidos. Com essa análise conseguimos identificar que a esfera demorou mais tempo para percorrer a mesma distância no detergente, indicando uma velocidade menor nesse meio, em função de sua viscosidade ser maior. Dessa forma conseguiu-se mostrar aos alunos, como a viscosidade do líquido interfere no deslocamento.

Figura 6: Comportamento da esfera no decorrer do tempo, nos diferentes meios.

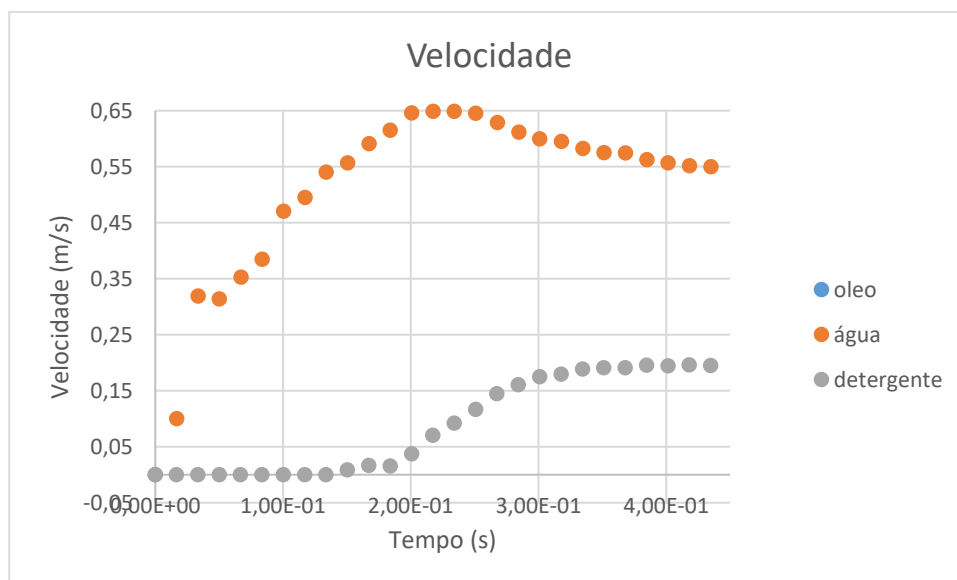


Fonte: Autores

Na figura 6 observa-se que o tempo de queda da esfera no tubo contendo água foi de aproximadamente de 0,44 s seguida do óleo (0,49 s) e por último, no detergente o qual demorou aproximadamente 1,37 s, sendo maior em função de apresentar maior viscosidade.

Na figura 7 estão apresentados as velocidades da esfera nos meios, onde verifica-se que a esfera no detergente atingiu a velocidade limite antes dos outros meios.

Figura 7: Velocidade da esfera x tempo nos diferentes meios



Fonte: Autores

No quadro 2 estão apresentados a velocidade média da esfera nos diferentes meios obtidas através do ajuste linear dos gráficos da $S \times t$. Na falta de conhecimentos de manipulação do Excel, também é possível obter a velocidade média manualmente utilizando o deslocamento total pelo tempo gasto. Os valores obtidos são muito próximos do obtido com o ajuste do Excel.

Quadro 2: Velocidade de deslocamento da esfera

Material	Velocidade média obtida pelo ajuste linear no gráfico (m/s)	V_m obtida utilizando a razão do deslocamento pelo tempo gasto (m/s)
Água	0,59	0,52
Óleo	0,52	0,42
Detergente	0,19	0,10

Fonte: autores

Em função da rapidez no deslocamento, não foi possível perceber a olho nú, diferenças no tempo de deslocamento da esfera na água e no óleo, levando alguns alunos, dizerem que foi o mesmo tempo. A pequena diferença foi identificada após análise dos dados obtidos no *Tracker*, e nos gráficos construídos no editor de planilhas do *Excel*. No detergente, realizou-se os mesmos procedimentos e comparação. Logo, ao assistir ao vídeo, notaram a diferenças de velocidade em relação aos demais, e também ao elaborar o gráfico. Foi possível perceber a mudança do comportamento da posição em relação ao tempo, analisando a quantidade e a distância entre os pontos. Indicou também que a esfera demorou um pouco mais para atingir a velocidade limite em função da viscosidade ser maior no detergente do que nos outros meios.

Foi realizado um segundo experimento, no qual duas esferas de dimensões diferentes foram soltas no mesmo meio para a análise do comportamento, (uma após a outra). As esferas praticamente não apresentaram diferenças de tempo de queda no decorrer do tempo, porém, a esfera maior, várias vezes tendeu a encostar nas paredes do recipiente (desvio de trajetória) em função da sua dimensão, por isso é indicado que se trabalhe com esferas pequenas.

Após a realização dos experimentos, identificamos que é melhor trabalhar com esferas de aço (ao invés das de vidro) pela facilidade em posteriormnte retirá-las do recipiente com o uso de um imã.

Posteriormente a realização do experimento, os alunos responderam a alguns questionamentos do professor, entre as quais:

Com análise do deslocamento da esfera nos diferentes fluidos, que diferenças pode-se identificar?

Segundo as percepções dos estudantes, em seus discursos, “a água é mais rala, detergente é mais grosso e o óleo fica no meio”. A partir dessas afirmações, podemos construir ideias sobre viscosidades e como interferem na velocidade dos corpos, então aproveitou-se o momento para explicar, baseado em VAZ, (2012), que essa é uma característica comum dos líquidos, relacionada com a sua habilidade de fluir, quanto maior ela for, mais difícil será em movimentar-se, por isso, dizemos ser mais “viscoso”. Suas propriedades são inerentes dos líquidos, devido a relação profunda com forças intermoleculares, quanto maiores forem, mais as moléculas permanecem unidas, não permitindo os corpos fluir com facilidade.

Questionados sobre: E quando levamos em consideração a mesma esfera em deslocamento no ar, como seria esse movimento?

Após reflexões, chegaram a algumas conclusões: “como é um meio gasoso, a viscosidade e a resistência são menores, assim a velocidade será superior em comparação aos líquidos. Porém a velocidade limite é alcançada igualmente aos demais”.

Desta maneira, compreenderam melhor como os fluídos interferem no movimento. Essas análises só foram possíveis pela adoção de vídeos e gráficos, na procura de suprimir dificuldades, que a maioria dos alunos possui, em extrair e interpretar informações de gráficos.

Na realização de cada atividade da SD, foram utilizadas diversas ferramentas, pois cada aluno tem uma bagagem e aprende de forma diferente, assim, o uso de ferramentas diferenciadas visa alcançar a aprendizagem de mais alunos e durante essa SD, percebeu-se maior envolvimento dos alunos nas atividades e menos conversas paralelas, levando-nos a crer que a forma como a SD foi planejada serviu para motivar e despertar o interesse dos alunos pela disciplina.

“Um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos (...)” (ZABALA, 1998 P.18).

Mediados por atividades práticas, teóricas e simuladores, os discentes conseguem compreender e observar fenômenos com maior exatidão. Reproduzindo o estudado, e, por isso, tornam-se aliados no processo de ensino-aprendizagem. Utilizando-os alunos e professores podem desenvolver aprendizagens colaborativas, ativas, facilitadas, as quais proporcionam ao aprendiz construir sua própria interpretação acerca do assunto, interiorizando informações e a transformando de forma organizada. Assim, sistematizando-as para construir conhecimentos (HECKLER *et al*, 2004 p. 267).

As ferramentas tecnológicas, assim como os Softwares computacionais e aplicativos para smartphones, trazem muitas atividades de Física e assim colaboram com professores e alunos no processo do ensino, por aproximar os estudantes da disciplina; possibilitar a interação entre alunos e professores; enriquecer as aulas e assim auxiliar na superação das dificuldades (ARAÚJO; MAZUR, 2013 p. 364-366).

Foi observado a participação, interação, entusiasmo, capacidade em argumentação sobre conceitos apresentados, fazendo ligações com a realidade transformando a aprendizagem em significativa (MOREIRA, 2015), percebidas por meio de falas, comportamentos ou descrições constadas em análise de atividades.

É importante destacar que notamos indícios de aprendizagem por meio de comportamentos, entusiasmos e interesse dos discentes, durante a aplicação de conteúdo, atividades práticas, investigativas, reflexivas entre outros estando de acordo com os observados por ZIMMERMANN & EVANGELISTA,(2007).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com essa pesquisa, foi possível identificar que em boa parte dos livros didáticos utilizados nas escolas públicas Estaduais, ao estudar em dinâmica forças dissipativas, os livros apresentam informações sobre um dos tipos, que é a força de atrito, e traz pouca informação sobre a força de arrasto em meio líquido.

Normalmente os livros apresentam exercícios relacionados queda dos corpos no meio fluido gasoso e não apresenta informações sobre a força de arrasto em meios fluidos viscosos. Isso pode ser justificado pelo fato da força de arrasto em meios fluidos necessitar de conceitos de Hidrostática, conteúdo esse trabalhado mais adiante. Porém, ao se estudar Hidrostática, boa parte dos livros também não retomam o conteúdo, por isso faz – se necessário que o professor ao menos trabalhe alguns conceitos básicos que são imprescindíveis na interpretação de fenômenos mais complexos e simbolizam um conteúdo indispensável, embora não apareçam explicitamente relacionados nos conteúdos programáticos dos livros didáticos do ensino médio. É importante que o professor faça uma introdução ao assunto para que o aluno tenha noção

da importância do mesmo. Embora, encontra-se muitas aplicações no cotidiano, esse tipo de força não-conservativa é pouco trabalhada.

Por isso, nesta experiência, optou-se por uma análise qualitativa justamente para facilitar a apreciação do fenômeno.

Para o mestrando, que é um professor iniciante, trabalhar uma SD se mostrou muito interessante, pois é uma forma do professor se organizar e de planejar um conteúdo em sua totalidade (introdução, desenvolvimento e avaliação), utilizando vários recursos e ferramentas, tornando o conteúdo mais atrativo para quem ensina e para quem aprende, pois ele pode observar um maior envolvimento dos alunos na aula quando comparado com a aula tradicional.

Pode-se observar que com o conjunto de atividades apresentadas, onde na maioria, os alunos é que foram os protagonistas das ações, a aula fluiu num ritmo muito bom, de parceiros nas atividades e não havia o distanciamento entre a posição de professor e de aluno.

Também pode-se observar que com o uso de tecnologias acessíveis e precisas, foi possível explorar um simples experimento (queda da esfera em meio viscoso) e obter várias informações, que a olho nú não seriam possíveis.

É importante compartilhar essa experiência, pois a mesma pode ser aplicada por outros professores para trabalhar o mesmo conteúdo, pois ela foi desenvolvida em ambiente comum de uma instituição pública de ensino, ou seja, sala de aula e laboratório pequeno compartilhado, onde os materiais foram obtidos pelo professor e alunos.

A dificuldade encontrada foi devido à instituição não possuir acesso livre à internet para os estudantes, os jogos virtuais não puderam ser aplicados.

Há indícios que os objetivos do presente trabalho, que foi o de aplicar uma SD para ensinar sobre a importância das forças dissipativas (força de atrito e força de arrasto), que são conteúdos pouco trabalhados nas escolas públicas Estaduais, foi alcançado, por isso compartilhamos essa SD que foi realizada de uma maneira simples e clara, por meio de atividades experimentais reais e virtuais, textos e muitas discussões.

Entre as dificuldades normalmente encontradas pelos professores e alunos para realizar experimentos sobre Força de arrasto estão na cronometragem do tempo da queda dos corpos, o qual é relativamente curto; além de problemas comuns e já muito debatidos, como infraestrutura das escolas públicas. Por isso, realizar experimentos com o uso das TDIC, pode ser uma alternativa viável e mais barata, permitindo realizar um experimento com alto rigor de confiabilidade.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, I.S.; MAZUR, E. Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino aprendizagem de Física. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v.30, n. 2: p. 362-384, ago. 2013.
- BATISTA, D. R. R.; FUSINATO, P. A.; BATISTA, M. C. Sequência Didática como possibilidade para um trabalho interdisciplinar. In: Batista, M. C.; Fusinato, P. A.; Batista, D. R. R. **Sequências**

- Didáticas:** Contribuições para o Ensino de Ciências e Matemática. 1ª. Ed. Maringá: Massoni, 2019. p.19-26.
- BATISTA, M. C.; **Um estudo sobre o ensino de astronomia na formação inicial de professores dos anos iniciais**, 2016. Tese (doutorado) – programa de pós-graduação em educação para a Ciência e a Matemática, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2016.
- BEZERRA JR, A. G.; OLIVEIRA, L. P.; LENZ, J. A.; SAAVEDRA, N. Vídeo análise com o software livre Tracker no laboratório didático de Física: movimento parabólico e segunda lei de Newton. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, p. 469-490, ago. 2012. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/21687>>. Acesso em: 07 dez. 2018.
- FONTES, A. S.; BATISTA, M.C.; SCHWERZ, R.C.; RAMOS, F.P. A utilização do smartphone como recurso didático no ensino de física –Uma possibilidade de inclusão. **Revista Formação@Docente** - Belo Horizonte - V. 11, N. 2, julho/dezembro 2019
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- GOMES FILHO, L. C.; FONTES, A. S.; SANTOS, O. R. **Uma proposta de sequência didática para trabalhar forças não-conservativas**. Dissertação. Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. UTFPR, Campo Mourão-PR, 2019, p. 155.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALTER, J. **Fundamentos de Física**, volume 1: mecânica. Tradução Ronaldo Sergio de Biasi. -10. ed.-Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- HECKLER, V.; SARAIVA, M. F. O; OLIVEIRA FILHO, K. S. Uso de simuladores, imagens e animações como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de óptica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, p. 267-273, (2007).
- MARTINS, M. M.; RECCHI, A. M. DUGATO, D. A.; LEDUR, C. M. Tracker – Software de análise de vídeos e imagens para o ensino de física e ciências. **VI Encontro Regional Sul de ensino de Biologia**. 2013. Disponível em: < http://santoangelo.uri.br/erebiosul2013/anais/wp-content/uploads/2013/07/comunicacao/13551_153_Ana_Maria_Spohr_Recchi.pdf> Acesso em 03/04/2018.
- MORÁN, J. O vídeo na sala de aula. **Comunicação & Educação**, (2), 27-35. (1995) Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9125.v0i2p27-35>.
- MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. – 2. Ed. Ampl. – [Reimpr.]. – São Paulo; E. P. U., 2015.

- ORTIZ, J. **Tutoriais Software Tracker**. Mestrado Profissional em Ensino Científico e Tecnológico – URI/Santo Ângelo, 2015. Disponível on line em <http://trackernoensinodafisica.blogspot.com.br/p/tutoriais.html> Acesso em 06/03/2018.
- PELIZZARI, A.; KRIEGL, M. L.; BARON, M. P.; FINCK, N. T. L.; DOROCINSKI, S. I. Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. **Rev. PEC**, Curitiba, v.2, n.1, p.37-42, jul. 2001-jul. 2002.
- SANTOS R.P.; BALTHAZAR W. F.; HUGUENIN J. A. O. Sequência didática para o ensino de cinemática com vídeo análise na perspectiva da teoria de Aprendizagem Significativa. **Revista do Professor de Física** _ Brasília, vol. 1, n. 2, 2017.
- TIPLER, P. A.; MOSCA, G. – **Física para cientistas e engenheiros**, v.1; Mecânica, Oscilações e Ondas, termodinâmica. Tradução Fernando Ribeiro da Silva, Gisele Maria Ribeiro. – Rio de Janeiro: LTC, 2009.
- VAZ, E. L. S.; ACCIARI, H. A.; ASSIS, A.; CODARO, E. N. Uma experiência didática sobre viscosidade e densidade. **Química Nova na Escola**, v. 34, n. 3, p. 155-158, 2012. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/134959>.
- VERTCHENKO, L.; VERTCHENKO, L. Determinação da viscosidade por meio da velocidade terminal: uso da força de arrasto com termo quadrático na velocidade. **Revista Brasileira de Ensino Física**. vol.39 no.4, 2017. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172017000400404 Acesso em 30/07/2019.
- WERLANG, R. B. A física dos pneumáticos. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 30, n. 3, p. 614-627, dez. 2013.