

Fluídos não newtonianos e a solução do problema milenar da armadura – uma proposta para o ensino remoto com enfoque CTEAM

Non-Newtonian fluids and the solution to the millennial problem of armor - a proposal for remote teaching with a STEAM approach

Paulo Victor Santos Souza^{1*}, Eduardo Aquino Lima¹, Rafael de Sousa Dutra² e Marco Adriano Dias³

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, R. Antônio Barreiros 212, CEP 27213-100, Volta Redonda, RJ, Brasil.

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Laboratório de Instrumentação e Computação, Rua Sebastião de Lacerda s/nº, CEP 26600-000, Paracambi, RJ, Brasil.

³Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, R. Cel. Délio Menezes Porto 1045, CEP 26530-060, Nilópolis, RJ, Brasil.

*E-mail: paulo.victor@ifrj.edu.br

Recibido el 15 de junio de 2021 | Aceptado el 1 de septiembre de 2021

Resumo

Neste trabalho apresentamos uma proposta didática para o ensino médio cujo objetivo é investigar as propriedades básicas de fluidos não newtonianos e suas possíveis aplicações tecnológicas. A proposta está alinhada ao enfoque educativo ciência, tecnologia, engenharia, artes e matemática (CTEAM). A caracterização do fluido é realizada mediante um experimento que associa técnicas básicas de experimentação e vídeo-análise para adquirir e analisar dados de uma colisão. A sequência aqui apresentada foi inteiramente pensada para ser aplicada por meio do ensino remoto. Concordemente, atividades síncronas e assíncronas são propostas, ao longo de quatro semanas de atividades, com o intuito adicional de instigar o desenvolvimento por parte dos alunos de uma visão menos estereotipada, acerca da ciência, de seus métodos, e de sua relação com a tecnologia e a solução de problemas sociais, econômicos e ambientais.

Palavras chave: Ensino Remoto; CTEAM; Fluidos não newtonianos

Abstract

In this work we present a didactic proposal for high school whose objective is to investigate the basic properties of non-Newtonian fluids and their possible technological applications. The proposal is aligned with the Science-Technology-Engineering-Arts-Mathematics educational approach (STEAM). The characterization of the fluid is carried out through an experiment that combines basic experimental techniques and video-analysis to acquire and analyze data from a collision. The sequence presented here was entirely designed to be applied through remote learning. Accordingly, synchronous and asynchronous activities are proposed, over four weeks of activities, with the additional aim of instigating the development by students of a less stereotyped view about science, its methods, and its relationship with technology and the solution of social, economic and environmental problems.

Keywords: Remote Teaching; STEAM; Non-Newtonian fluids.

www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF

REVISTA DE ENSEÑANZA DE LA FÍSICA, Vol. 33, no. 2 (2021)

La evaluación del presente artículo estuvo a cargo de la organización de la XIV Conferencia Interamericana de Educación en Física

I. INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico vivido pela sociedade nas últimas duas décadas e o aumento vertiginoso das possibilidades de acesso à informação, demandam uma formação crítica do cidadão do século XXI, que tem sido objeto de investigação e estudo em diferentes áreas do campo educacional (O'Brien, 2008; Teemuangchai e Meesook, 2017). Diante disto se faz necessário a proposição de metodologias e enfoques de ensino que abarquem essas questões, principalmente no contexto do ensino de ciências. Por outro lado, o quadro pandêmico decorrente ao COVID-19, implicou na necessidade de uma migração do ensino presencial para o ensino remoto na maior parte das instituições de ensino do mundo. Essa mudança abrupta não apenas ressignificou o papel das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) nos espaços formais como também trouxe à tona uma série de novos desafios e possibilidades para o ensino (Vianna e Barbosa-Lima, 2020).

Será possível conciliar esses dois mundos? Acreditamos que sim, sobretudo porque o futuro não espera, ainda mais nos países em desenvolvimento que urgem por educação de qualidade visando a formação do cidadão do século XXI, e porque enquanto educadores não temos qualquer controle sobre quando e como retornaremos ao modelo de ensino presencial. Concordemente, apresentamos neste trabalho uma proposta didática para o estudo das propriedades básicas e de possíveis aplicações tecnológicas de fluidos não newtonianos na disciplina de física no ensino médio. A sequência foi ajustada para o ensino remoto e está alinhada com o enfoque educativo “ciência, tecnologia, engenharia, artes e matemática” (CTEAM), uma abordagem de ensino que frequentemente tem sido associada ao ensino integrado e interdisciplinar de ciências com foco na solução de problemas abertos e no desenvolvimento de competências (Brown, 2012; Bacich e Moran, 2018; Casal, 2019; Ortiz-Revilla, 2020).

Este texto está organizado da seguinte maneira. Inicialmente, revisamos alguns fundamentos teóricos nos quais a sequência que propomos é embasada. Em seguida, a sequência didática propriamente dita é apresentada. Por fim, alguns comentários finais que consideramos pertinentes ao leitor são apresentados.

II. MARCO TEÓRICO

A. O enfoque CTEAM

O ensino de ciências no Brasil é tradicionalmente desenvolvido com os seus componentes curriculares fragmentados e de forma linear, como se não houvesse qualquer relação entre os mesmos, sendo reduzido à apresentação de conteúdos e a resolução de exercícios prontos, com uma única resposta, e pouca problematização. Este tipo de abordagem, centrada no professor, hierárquica e depositária, traz uma burocracia excessiva ao ensino de ciências, tornando-o pouco atraente. Em uma sociedade altamente dinâmica, que requer adaptações metodológicas imediatas às mudanças impostas, em diversos setores da sociedade, precisa de um ensino de ciências mais reflexivo e centrado no aluno, com o professor assumindo uma postura questionadora de mediador do processo de ensino e aprendizagem, voltado para a participação ativa dos alunos. As metodologias de aprendizagem ativas têm sido utilizadas como estratégias educacionais para superar os desafios impostos no século XXI pela globalização, com o objetivo de formar pessoas que possam fazer frente aos grandes desafios, permitindo o avanço científico e econômico da sociedade (Bacich e Moran, 2018).

Um sistema de aprendizagem cientificamente ativa, criado nos Estados Unidos, por volta de 2008, baseado na cultura *maker* (Fortunato e Tardin, 2020) e nas disciplinas de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática, vem sendo a sensação em algumas escolas nos Estados Unidos, também conhecido pelo acrônimo de CTEM, ciência, tecnologia, engenharia e matemática (STEM, por seu acrônimo em inglês), onde problemas abertos são utilizados para motivar o processo de aprendizagem ativa (Brown, 2012; Casal, 2019; Ortiz-Revilla, 2020). Neste tipo de abordagem os estudantes têm a oportunidade de aprender metodologias científicas por meio da busca de soluções de problemas tecnológicos, fazendo hipóteses, perguntas e conjecturas, e ao mesmo tempo combinando as metodologias científicas com ferramentas tecnológicas para buscar as soluções para os problemas (Flores, 2019).

Em uma evolução do sistema CTEM, que se concentra no ensino de Ciência Exatas e da Terra, tem sido proposto o CTEAM (ciência, tecnologia, engenharia, artes e matemática.) (Queiroz, 2018), incluindo o componente curricular de Artes no sistema. O CTEAM além de valorizar o desenvolvimento de competências científicas, se preocupa com o desenvolvimento de competências socioemocionais, por meio de temas que promovam e valorizem a formação humanística. Ambos os sistemas propõem oferecer um ensino de ciências centrado no aluno, por meio de projetos e atividades que instiguem a participação do mesmo por meio da resolução de problemas, através do trabalho colaborativo e como protagonista de seu aprendizado, para que uma aprendizagem significativa seja estabelecida. Por meio de algumas etapas, o CTEAM favorece a aprendizagem por experimentação, demonstrando o motivo pelo qual o planejamento do professor é uma etapa de extrema importância no processo.

B. O ensino remoto

O ano de 2020 foi marcante na história recente da humanidade. A pandemia do COVID-19 impôs-nos a necessidade do distanciamento social, o que afetou profundamente a sociedade nos mais diversos níveis em que se organiza. No campo da educação básica, instituições escolares e professores de todo mundo se viram diante da tarefa hercúlea e urgente de adaptar currículos e metodologias tradicionalmente utilizadas no ensino presencial para o formato remoto. Deste processo já emergiram algumas percepções que, ao seu modo, representam algum consenso entre o que é conveniente ou inconveniente no âmbito do ensino remoto. Embora essas percepções coletivas ainda não possam ser consideradas um referencial teórico típico, elas esboçam o caminho a ser trilhado no ensino remoto e nortearam a adaptação desta sequência ao ensino remoto. Discutimos a seguir algumas dessas percepções.

Em um trabalho recente, Dew et al (2021) publicaram recentemente os resultados de um grande levantamento de dados relativo ao ensino remoto de física nos EUA. Os autores entrevistaram 2320 estudantes de duas universidades americanas com o intuito de construir um quadro geral sobre sua percepção em relação ao ensino de física remoto. Boa parte dos alunos indicou que tinha preferência por atividades síncronas em relação às assíncronas. Essa predileção é facilmente justificável: a dinâmica dos encontros síncronos se assemelha a das aulas típicas presenciais, enquanto as atividades assíncronas se assemelham mais ao tempo dedicado ao estudo não supervisionado, como as atividades de casa. Isso sugere, em certa medida, que no contexto do ensino remoto ainda persiste a ideia que o aprendizado se processa principalmente quando os estudantes “recebem instrução” em aula. Outro dado interessante diz respeito às dificuldades apresentadas pelos estudantes para adaptar-se ao modelo de ensino remoto. Cerca de 40% deles indicaram que não tinham um ambiente adequado para desenvolver as atividades (entre síncronas e assíncronas) em suas casas. Esse cenário também se mostra presente em outros países, como o Brasil. Em realidade, em países menos desenvolvidos, o acesso à internet por si só já se constitui em um problema sistêmico e que a Pandemia apenas tornou mais evidente (De Azevedo & Puggian, 2020). Outro dado que merece menção diz respeito ao engajamento dos alunos no desenvolvimento das atividades. De forma geral, os entrevistados identificaram uma queda significativa em sua motivação. O estudo sugere que isso pode ter relação com as preocupações persistentes dos alunos com sua própria saúde, a saúde de seus familiares e a qualidade de sua educação. Outro fator que pode ter influenciado essa queda foi o baixo nível de interação interpessoal. A maioria dos alunos afirmou que raramente trabalhou com outros colegas durante o período inicial das atividades. Os autores também buscaram entender quais, dentre os elementos próprios ao ensino remoto, os alunos gostariam que permanecessem depois do retorno às aulas presenciais, a saber: aulas gravadas, seções de revisão gravadas e material de curso online.

Algo que também merece atenção é a dimensão metodológica no ensino remoto. Os recursos tecnológicos que já por décadas têm municiado a prática docente foram abruptamente alçados a outro patamar, passando a ser indispensáveis em virtude da pandemia. Sem negar a importância, por exemplo, da internet, de aplicativos de vídeo chamada, dos tão populares smartphones e tantos outros aparatos para o ensino remoto, seria ingênuo pensar neles como uma panaceia. Sem uma mudança de postura do professor em relação ao seu papel, o que se obtém é uma potencialização dos já conhecidos problemas do ensino centrado na figura do professor, porém, no ambiente remoto (Victor e Dos Santos, 2020). Portanto, a migração do regime presencial para o remoto parece demandar também uma resignificação do papel do professor no processo. Mais do que nunca, parece fundamental que o processo de ensino aprendizagem seja focado no protagonismo do aluno, levando em consideração o que ele já sabe e o que lhe interessa, estimulando sua curiosidade e sua autonomia (Garcia; Soltau, 2021).

III. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A sequência didática foi proposta para ser aplicada durante um mês. Prevê a realização de quatro encontros síncronos de cerca de 1h e o desenvolvimento de atividades assíncronas de duração proporcional à carga horária da disciplina, tendo em vista os limites impostos pelo regulamento institucional. A tabela I resume as atividades realizadas pelos alunos ao longo das quatro semanas, assim como o valor percentual associado à cada atividade.

TABELA I. Resumo das atividades síncronas e assíncronas nos quatro encontros programados.

	1ª semana	2ª semana	3ª semana	4ª semana
Síncrono	Comentar no chat(5%)	Comentar no chat(5%)	Comentar no chat(5%)	Construir gráfico(10%)
Assíncrono	Pesquisa e preenchimento de formulário(5%)	Vídeo análise e produção dos gráficos(15%)	Obter as tabelas dos coeficientes de restituição(5%)	Produzir um PITCH(35%)/Preencher formulário(15%)

A seguir, descrevemos em mais detalhes as atividades propostas em cada momento. Alguns dos materiais utilizados na sequência, como as imagens e vídeos, estão disponíveis para download¹. As perguntas propostas aos alunos durante os encontros síncronos são apresentadas em itálico no texto para facilitar sua identificação. As atividades realizadas em formato assíncrono são apresentadas sombreadas no texto. Todas estas perguntas são respondidas por meio do chat e ficam registradas junto da gravação para análise posterior do professor.

A. 1º Encontro síncrono

O primeiro encontro é dedicado à problematização. Inicialmente, se apresenta aos alunos o problema milenar das armaduras, que basicamente consiste na busca de armaduras que possam proteger seus portadores sem privá-los da mobilidade. Neste momento, os alunos são provocados com perguntas contra intuitivas e assistem vídeos expositivos, que demonstram a existência de fluidos que se comportam de forma diferente dos fluidos newtonianos usuais.

A pergunta inicial é: *que material vocês usariam para construir um colete a prova de balas?* A seguir o professor contextualiza esta pergunta com a proposição do problema milenar de se construir armaduras de proteção cada vez mais leves e resistentes, para facilitar a mobilidade em situações envolvendo combate corpo a corpo na mesma medida em que protegem o usuário de ataques dos inimigos, sejam eles humanos ou animais. Uma série de imagens ilustra a evolução das diversas armaduras e coletes de proteção ao longo dos séculos, chegando até aos modernos coletes balísticos, composto de camadas de tecidos sintéticos como o “kevlar”, que reúne leveza e resistência, como ilustrado na figura 1.

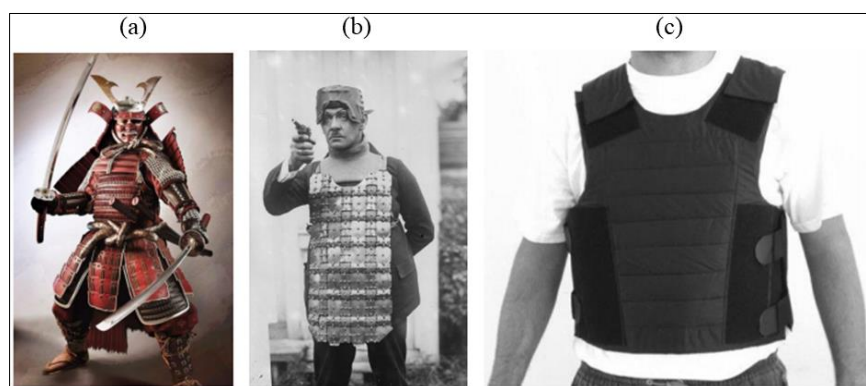


FIGURA 1. Armadura típica dos samurais do Japão Feudal (a), colete à prova de balas utilizados nos anos 40, durante a 2ª Guerra Mundial (b) e colete à prova de balas moderno, feito de “kevlar” (c). As referências específicas a cada figura podem ser encontradas no material suplementar (S1).

Em seguida, o professor apresenta aos alunos diferentes materiais, em diferentes estados físicos, e logo os questiona com uma pergunta, de resposta aparentemente óbvia e frequentemente guiada pelo senso comum, *que materiais, dentre os apresentados, poderiam ser usados na construção de coletes de proteção e como eles poderiam testar essa escolha.* Na sequência, discute-se a constituição da matéria em termos de átomos e moléculas, e como cada um destes são compostos, dando suporte à reflexão dos alunos sobre os questionamentos levantados. Em seguida, os alunos são incentivados a responder mais uma pergunta de reflexão, a saber: *Quais características do material vocês acham mais importante para que ele pudesse ser usado proteção?* Em seguida, o professor promove uma discussão acerca dos estados físicos da matéria e de como eles dependem da temperatura e pressão ambiente. A seguinte pergunta é utilizada para que os fluidos não newtonianos sejam finalmente introduzidos: *Quais dessas características vocês não usariam para construir um colete?* Espera-se que os alunos deem preferência óbvia por materiais sólidos. O problema é que quanto mais rígido o material for, na maioria dos casos, mais pesado ele será, atrapalhando a mobilidade. Neste momento, o professor expõe 2 vídeos (V1) e (V2) em que se exhibe um tipo de fluido que pode se comportar como um sólido, dependendo da pressão a qual é submetido. Logo em seguida, o professor discute o motivo pelo qual alguns escoam com mais facilidade do que outros, introduzindo o conceito de viscosidade. Solicita-se que os alunos *descrevam, em sua opinião, o que é esse líquido (fluido) - visto nos vídeos - ou o que está acontecendo?* O professor então discute as principais características físicas que diferenciam os fluidos não newtonianos dos newtonianos. O objetivo dessa discussão é (a) induzir a conclusão de que a viscosidade pode ser utilizada para caracterizar o estado físico de um material e que nem sempre o estado físico de um corpo é determinado apenas pela temperatura

¹ Link <https://drive.google.com/drive/folders/15X676-jMv-700w8Rt1gxuvgeOE5NCdvU>

e pressão ambientes e (b) confrontar o comportamento exibido pelos fluidos não newtonianos com a pergunta inicial de provocação, na tentativa de usá-lo no material de confecção de coletes a prova de balas, mencionando que existem projetos sendo desenvolvidos na área de ciências dos materiais que buscam desenvolver fluidos não newtonianos para serem usados como lombadas inteligentes, como ilustrado no vídeo (V3). Logo após a exposição das principais características que diferenciam os fluidos newtonianos dos não newtonianos, uma sexta e última pergunta é apresentada aos alunos: *O que torna os fluidos (líquidos) não newtonianos diferentes dos fluidos newtonianos?* Nesta etapa do encontro, são também mencionadas algumas limitações do uso desses fluidos em situações práticas, como dispositivo de proteção, em processos envolvendo explosões. O encontro síncrono se encerra e os alunos recebem uma tarefa assíncrona, a saber: pesquisar pelo menos três aplicações tecnológicas de fluidos não newtonianos e enviar os resultados para o professor até um dia antes do próximo encontro síncrono por meio de um formulário específico.

B. 2º Encontro Síncrono

Neste encontro o professor apresenta a metodologia desenvolvida para a caracterização de fluidos não newtonianos aos alunos através da vídeo-análise da colisão de uma bola de basquete e uma de frescobol contra a superfície livre de uma mistura de amido e água (“Oobleck”), bem como discute o modelo utilizado na interpretação dos resultados. A turma é dividida em grupos de até 5 alunos. Inicialmente o professor expõe a física básica das colisões por meio do coeficiente de restituição e da conservação da energia mecânica, discutindo os diversos tipos de colisões existentes. Essa exposição é importante para dar suporte aos alunos, viabilizando a posterior discussão dos dados coletados. Em seguida os grupos iniciam a caracterização dos fluidos não newtonianos por meio das colisões. É exposto para os alunos como os “Ooblecks” foram confeccionados, com as devidas proporções de amido e água, para se atingir as três seguintes concentrações: 1,3 kg/l, 1,4 kg/l e 1,5 kg/l. Neste encontro o professor exhibe dois vídeos (V4) e (V5), com cada uma das bolas (basquete e frescobol) sendo largadas aproximadamente da mesma altura, para a concentração mais alta de 1,5 kg/l.

A seguir, o procedimento de vídeo-análise com o *Tracker* é descrito (Lima, Dutra e Souza, 2020). Os dados obtidos serão utilizados para que se obtenha o gráfico da altura em função do tempo, para cada uma das bolas. A vídeo-análise demonstra que a bola de basquete atinge uma altura máxima maior, após a colisão, do que a bola de frescobol, como mostrado na figura 1. Se solicita então que os alunos respondam no chat *porque, na opinião deles, para uma mesma concentração de amido de milho, por que a bola de basquete atinge uma altura máxima maior do que a de frescobol, após a colisão?* O encontro síncrono se encerra e os alunos recebem uma tarefa assíncrona, a saber: se solicita que cada grupo de alunos realize o inteiro processo de vídeo-análise em diferentes conjuntos de dados fornecidos pelo professor (C1, C2, C3, C4, C5). Cada conjunto de dados contém seis vídeos, em que se registra a colisão tanto da bola de basquete como da bola de frescobol contra o “Oobleck” preparado com concentrações de 1,3 kg/l, 1,4 kg/l e 1,5 kg/l. Dessa forma, cada grupo obterá seis gráficos de aspecto análogo ao exibido na figura 1C ao final do processo. Os alunos devem enviar ao professor os arquivos do *Tracker* e os gráficos obtidos até um dia antes do próximo encontro síncrono.

C. 3º Encontro Síncrono

No terceiro encontro se discute como é possível estimar a rigidez do “Oobleck”, ou seja, o coeficiente de restituição, associado ao material, por meio dos gráficos da altura em função do tempo, obtidos no último encontro síncrono e também pelos próprios alunos na atividade assíncrona que antecedeu esse encontro síncrono. Os coeficientes estimados a partir do conjunto de dados do professor “para cada bola e para cada concentração” dá origem a uma tabela. Os dados nelas são discutidos e interpretados mediante a introdução de um modelo macroscópico cujo objetivo é explicar o fenômeno (Lima, Dutra e Souza, 2020). Depois da explicação, os alunos são incentivados a usar o chat para responder a seguinte pergunta: *Por que o coeficiente de restituição de uma dada bola colidindo, aumenta com a concentração do “Oobleck”?* Com o intuito de preparar os alunos para o desenvolvimento da atividade assíncrona dessa semana, o professor discute com os alunos o conceito de média e desvio padrão. O encontro síncrono se encerra e os alunos recebem uma tarefa assíncrona, a saber: se solicita que os alunos produzam a mesma tabela que foi construída pelo professor durante o encontro síncrono tendo como base os dados do seu conjunto particular. Os grupos devem compartilhar as tabelas produzidas com o professor e com os outros grupos até dois dias depois do 2º encontro síncrono. De posse dos dados de todos os grupos, cada grupo deve produzir um gráfico do coeficiente de restituição médio estimado para cada bola em função das concentrações. O gráfico deve apresentar a barra de erro. Os gráficos devem ser enviados ao professor até um dia antes do próximo encontro síncrono.

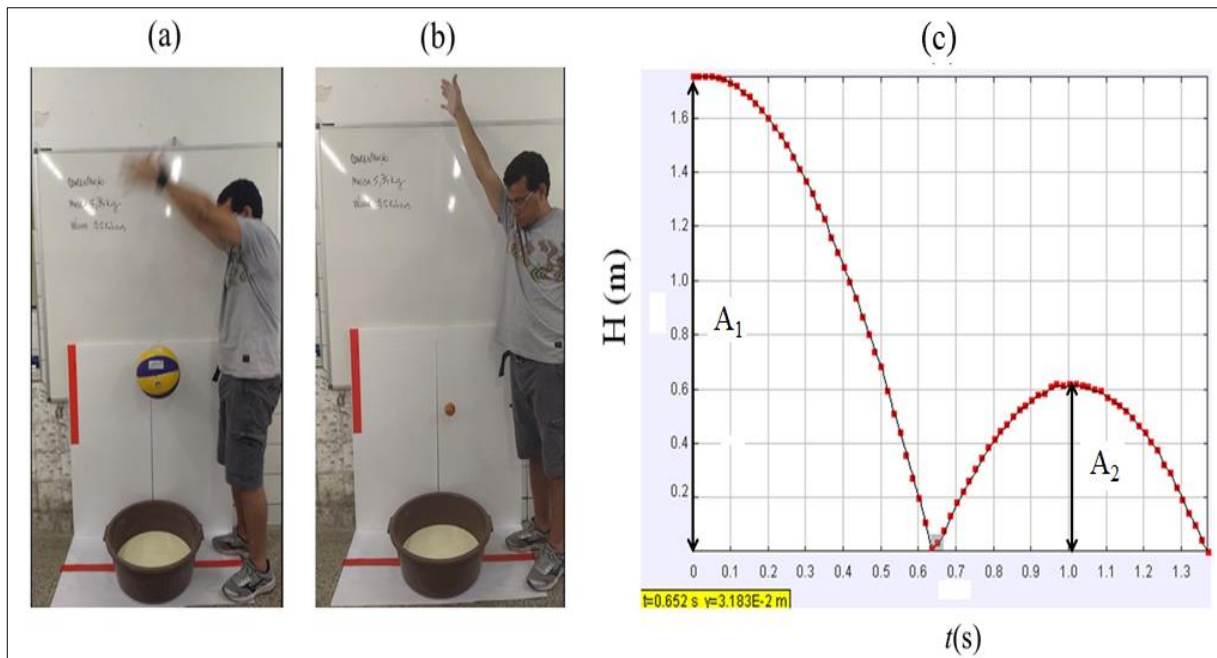


FIGURA 2. Bolas de basquete (a) e de frescobol (b) atingindo a altura máxima após colisão em uma mistura de concentração 1,5 kg/l. Um exemplo de gráfico da altura da bola de basquete em função do tempo é exibido na figura (c) Altura do centro de massa da bola de frescobol obtida por vídeo-análise.

D. 4º Encontro Síncrono

No quarto e último encontro síncrono, o professor explica aos alunos como utilizar um recurso típico de softwares como Excel ou LibreOffice - calc, a linha de tendência, para obter um ajuste para os gráficos obtidos por cada grupo. Por meio da análise do gráfico e de seu ajuste (que se supõe que deve ser melhor ajustado por uma reta), se estima a concentração ideal crítica para que o “Oobleck” ainda se comportasse como uma parede sólida. Nesta etapa, o professor ajuda os alunos a refletirem sobre os casos limite que são sugeridos pelo comportamento dos dados. Depois desta atividade, os alunos são convidados a responder no chat as duas seguintes perguntas: *Qual das duas bolas possui a concentração (mistura) crítica maior? O que você acha sobre a construção de um colete baseado nas concentrações críticas? As respostas dos alunos são comentadas e discutidas por todos.* Para preparar os alunos para o desenvolvimento da última atividade assíncrona, o professor exibe um vídeo (V6) em que se discute como um Pitch é produzido. O professor discute o conteúdo do vídeo ressaltando seus pontos e encerra o encontro explicando quais serão as últimas tarefas assíncronas a serem realizadas pelos alunos, a saber: cada grupo deve produzir um Pitch em formato de vídeo curto, em que identifiquem com clareza os elementos problema e a solução proposta. O Pitch deve ser produzido visando convencer um hipotético comitê de acionistas de uma empresa a escolher investir no “Oobleck” produzido e estudados por eles como possível solução tecnológica para um problema real ou também hipotético. O vídeo não deve exceder 3 min e pode contar com os mais diversos recursos de roteiro e edição. Um elemento fundamental é que o argumento apresentado no Pitch precisa ter alguma interseção com os aspectos científicos estudados pelos alunos nas últimas semanas. O Pitch deve ser enviado ao professor até uma semana após o último encontro síncrono. Ademais, dentro do mesmo prazo, cada aluno deve responder a um formulário (F1) cujo objetivo é estimar o impacto desta sequência na vida e no processo de alfabetização científica dos alunos.

IV. COMENTÁRIOS FINAIS

Apresentamos neste texto uma sequência didática que, segundo pensamos, tenta conciliar o interesse de formar alunos para serem cidadãos do século XXI mediante atividades com enfoque CTEAM e nossas limitações imediatas, as quais nos foram impostas pela pandemia mundial da COVID-19. Tanto quanto possível, esperamos que este texto seja autocontido e que, portanto, a sequência possa ser facilmente replicada/adaptada nas/às mais diferentes realidades escolares. Justamente por isso, os materiais suplementares aos quais o texto faz referência podem ser baixados diretamente do link (nota 1). Apresentamos a seguir alguns comentários concludentes que consideramos pertinentes, especialmente a um eventual interessado em aplicar a sequência didática aqui apresentada.

A formação do cidadão do séc. XXI, tal como mais ou menos bem definida e delineada na literatura (Capraro e Han, 2014; Penprase, 2020), prioriza o desenvolvimento de diversas competências. Este enfoque se faz presente em nossa proposta de diversas formas. Por exemplo, o debate pautado em argumentos racionais e científicos permeia todos os encontros síncronos, onde os alunos são estimulados a opinar acerca do que está sendo discutido. Isso também reflete o alinhamento da proposta com o enfoque CTEAM, onde o ensino é mais dialógico, menos transmissional, mais focado no aluno e menos focado no professor. O estímulo ao desenvolvimento de atividades assíncronas regulares e com prazo de entrega bem definido também reflete o intuito de alçar o aluno à condição de protagonista de seu próprio aprendizado. No desenvolvimento das atividades assíncronas o professor assume uma condição de tutor que orienta e guia os alunos, mas nunca assume a responsabilidade que explicitamente foi delegada a eles.

Outra competência alvo de nossa proposta é o trabalho em equipe. Se, por um lado, o trabalho em equipe já se constitui em um pilar do mundo moderno e se apresenta como uma ferramenta indispensável para o cidadão do séc. XXI, por outro lado, o ensino remoto diminuiu drasticamente o contato e a interação entre os alunos, o que, em parte, é responsável pela redução do engajamento dos mesmos. Concordantemente, nessa sequência o trabalho em equipe é estimulado de modo que o “sucesso” no desenvolvimento das atividades aqui propostas depende fortemente do engajamento do inteiro grupo de alunos. Isso se faz presente, por exemplo, na construção de gráficos, que utilizam dados de todos os alunos, e na construção coletiva dos Pitches. Esses últimos, os Pitches, nos remete a outra competência foco de nosso trabalho, a capacidade de comunicação de ideias das mais diferentes formas. Durante as quatro semanas, os alunos são estimulados a se comunicar de diferentes maneiras - respondendo perguntas no chat, confeccionando tabelas e gráficos, respondendo formulários virtuais e finalmente confeccionando um Pitch, um pequeno vídeo em que se faz a “propaganda” de uma ideia com base em argumentos convincentes e embasados.

Um outro ponto que merece ser ressaltado é a estruturação das atividades, que de forma geral, está alinhada aos pressupostos do enfoque CTEAM. Inicialmente, se realiza uma problematização partindo de um problema contemporâneo, porém com fortes raízes históricas - o problema de se obter armaduras que protejam na mesma medida em que não limitem muito o movimento de seus portadores. Em seguida, se busca estabelecer os elementos de ciência básica relacionados à discussão do tema central. O que se segue é uma investigação protagonizada pelos alunos, que realizam um “tour” científico, adquirindo, tratando e analisando dados experimentais na busca por responder à questão central da sequência. As atividades finais, que consolidam a sequência, estimam o quanto do realizado os alunos “levam para a vida fora da escola” e lhes permite externar seu aprendizado por meio do Pitch.

Finalmente, consideramos importante ressaltar que a inteira proposta foi pensada para ser executada em uma turma de até vinte alunos de modo que ajustes talvez se façam necessários caso a turma de trabalho tenha um número maior de alunos. Além disso, dado que a sequência tem uma estruturação que ainda é incomum para muitos alunos, consideramos que seja de fundamental importância que os critérios de avaliação da sequência sejam absolutamente aclarados antes do desenvolvimento das atividades.

Embora uma análise dos resultados da aplicação desta sequência escape o escopo de trabalho, cabe-nos ressaltar que os primeiros resultados que temos são auspiciosos e, a seu modo, confirmam nossas boas expectativas em relação à possibilidade de oferecer ensino de qualidade ainda que seja no formato remoto.

REFERÊNCIAS

- Bacich, L., & Moran, J. Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática. Penso Editora, 2018
- Brown, J. (2012). The current status of STEM education research. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 13(5).
- Capraro, R. M., & Han, S. (2014). STEM: The education frontier to meet 21st century challenges. *Middle Grades Research Journal*, 9(3), XV.
- Casal, J. D. (2019). STEM: Oportunidades y retos desde la Enseñanza de las Ciencias. *Universitas Tarraconensis. Revista de Ciències de l'Educació*, 1(2), 154-168.
- Costa, V. A., Rizzo, K. A., & Gallego Sagastume, J. I. (2019). Educación STEM: integrar conceptos de fotometría a la clase de matemática usando tecnología. *Revista Enseñanza de la Física*, 31.
- De Azevedo, M. C., & Puggian, C. (2020). Ensino remoto e a pandemia de COVID-19: Reflexões sobre a experiência da rede estadual de educação do Rio de Janeiro. *Revista de Educação, Ciências e Matemática*, 10(3).

- Dew, M., Perry, J., Ford, A., Nodurft, D., & Erukhimova, T. (2021). Student Responses to Changes in Introductory Physics Learning due to COVID-19 Pandemic. *Bulletin of the American Physical Society*.
- García, B. F., & Soltau, S. B. (2021). Física solar: uma experiência de ensino remoto durante a pandemia. *Research, Society and Development*, 10(3).
- Flórez, M. M. (2019). Una propuesta metodológica para orientar el laboratorio de física haciendo uso de tecnologías emergentes y el enfoque STEM. *Revista de enseñanza de la física*, 31(1), 525-530.
- Fortunato, I., & Tardin, M. L. P. Um inventário das teses e dissertações sobre cultura maker. *Ciências em Foco*, v. 13, p. e020016-e020016, 2020.
- Cartagena, Y. G., González, D. S. R., & Oviedo, F. B. (2017). Actividades STEM en la formación inicial de profesores: nuevos enfoques didácticos para los desafíos del siglo XXI. *Diálogos educativos*, (33), 35-46.
- Lima, E. A., Dutra, R. S., & Souza, P. V. S. (2020). Studying the Oobleck with video-analysis. *Physics Education*, 55(4), 045021.
- O'Brien, J. (2008). Are we preparing young people for 21st-century citizenship with 20th-century thinking? Building a case for a virtual laboratory of democracy. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 8(2), 125-157.
- Ortiz-Revilla, J., Adúriz-Bravo, A., & Greca, I. M. (2020). A framework for epistemological discussion on integrated STEM education. *Science & Education*, 29, 857-880.
- Penprase, B. E. (2020). *STEM Education for the 21st Century*. Springer Nature.
- Queiroz, J. As 'STEM' e a arte educação: compreender o que mudou nos últimos 10 anos nos EUA, União Europeia e América Latina. *Arte e Ensino*, p. 163-177, 2018.
- Teemuangasai, S., & Meesook, C. (2017). Thailand's classroom learning practices in secondary level: Are we ready for learning in the 21st-Century? *International Journal of Science and Technology Education Research*, 8(1), 1-12.
- Vianna, D. M., & da Conceição Barbosa-Lima, M. (2020). Mudança de rumo: de aula presencial para ensino remoto. *Ciências em Foco*, 13, e020004-e020004.
- Victor, E. F., & Dos Santos, S. R. M. (2020). O ensino de ciências em momento de pandemia. *Revista de Educação, Ciências e Matemática*, 10(3).