

Uso de simulação em Python para ensinar força de arrasto a uma turma de ensino médio

Clarissa Pires Duarte da Conceição¹ & Tiago Destéffani Admiral²

¹ Licenciatura em Ciências da Natureza, Instituto Federal Fluminense - IFF, Campos dos Goytacazes, Brasil

² MPNEF - IFF, Instituto Federal Fluminense – Núcleo de Pesquisa em Física e Ensino de Física – NPPEC - IFF, Campos dos Goytacazes, Brasil

Correspondência Clarissa Pires Duarte da Conceição, Licenciatura em Ciências da Natureza, Instituto Federal Fluminense - IFF, Campos dos Goytacazes, Brasil. E-mail: clarissapdc@gmail.com

Recebido: Agosto 17, 2022

Aceito: Agosto 30, 2022

Publicado: Outubro 01, 2022

Resumo

Durante o ensino médio os alunos são apresentados a mecânica newtoniana, contudo muitas situações são simplificadas, como por exemplo, a desconsideração da força de arrasto. Essas simplificações, no entanto, quando feitas de forma inadequada podem prejudicar o aprendizado, reforçando conceitos errôneos. A fim de viabilizar a aprendizagem significativa sobre a força de arrasto, elaborou-se uma simulação acerca do fenômeno da queda livre, utilizando a linguagem de programação Python, e sua biblioteca gráfica, Vpython. Os resultados da aplicação remota da sequência didática (SD) embasada na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, apresenta evidências da contribuição positiva do Python no processo de ensino e aprendizagem dos conhecimentos do estudo do movimento, em particular para ensinar força de arrasto.

Palavras-chave: Ensino de física, Força de arrasto, Simuladores, Linguagem Python.

Abstract

During high school students are introduced to Newtonian mechanics, however many situations are simplified, such as the disregard of the drag force. These simplifications, however, when done improperly, can harm learning, reinforcing misconceptions. To enable significant learning about the drag force, a simulation about the phenomenon of free fall was elaborated, using the Python programming language and its graphic library, Vpython. The results of the remote application of the didactic sequence (DS) based on Ausubel's theory of significant learning, present evidence of the positive contribution of Python in the teaching and learning process of the knowledge of the study of movement, to teach drag force.

Keywords: Physics teaching, Drag force, Simulations, Python language.

Resumen

Durante la escuela secundaria, los estudiantes son introducidos a la mecánica newtoniana, sin embargo, muchas situaciones se simplifican, como el desprecio de la fuerza de arrastre. Sin embargo, estas simplificaciones, cuando se realizan de manera incorrecta, pueden dañar el aprendizaje y reforzar los conceptos erróneos. Para posibilitar un aprendizaje significativo sobre la fuerza de arrastre, se elaboró una simulación del fenómeno de caída libre, utilizando el lenguaje de programación Python y su biblioteca gráfica, Vpython. Los resultados de la aplicación remota de la secuencia didáctica (DS) basada en la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel, presentan evidencia de la contribución positiva de Python en el proceso de enseñanza y aprendizaje del conocimiento del estudio del movimiento, en particular para enseñar la fuerza de arrastre.

Palabras clave: Enseñanza de la Física, Fuerza de arrastre, Simuladores, Lenguaje Python.

1. Introdução

O ensino de Física apresenta diversos desafios, conforme descrito por Moreira (2020). Dentre eles, a dificuldade de laboratórios de qualidade para realizar experimentos, ou a desconsideração de conceitos físicos para fins de simplificação Matemática, como a força de arrasto na queda dos corpos de acordo com Fontes et. al (2019).

Além disso, os alunos usualmente externalizam aspectos errôneos dos durante a abordagem da queda dos corpos, como considerar que a resistência do ar não interfere no fenômeno, como abordado por Lomba et al (2016). Parte disso é causada pela negligência ao tratar o tema, considerando as interações de arrasto simplesmente como irrelevantes, sem explicar a real natureza do desprezo dessas forças. Para potencializar, alguns livros didáticos tratam do desprezo da resistência de maneira inadequada, conforme apresentado em estudo de Cunha, Lavor, Oliveira (2021). Isso faz com que os alunos não compreendam as razões dessa aproximação, ou mesmo qual é o impacto causado por ela.

Diante disso, uma possibilidade a fim de melhorar a compreensão sobre a força de arrasto, é utilizar uma simulação, com Linguagem de Programação Python, e seu módulo gráfico, Vpython. Na simulação computacional conseguimos contornar o problema da limitação matemática dos alunos. Essa estratégia é reconhecida por pesquisadores como Aiken (2013), Duncke (2016) e Sima (2019).

A linguagem de programação *Python* vem se estabelecendo como referência no campo da ciência e matemática. Isso porque ela conta com pacotes matemáticos avançados, incluindo funcionalidades gráficas, que auxiliam muito a criação de códigos para, por exemplo, resolver problemas de equações diferenciais de forma numérica.

Convém ressaltar que ao abordar conceitos físicos, apenas a ferramenta tecnológica é insuficiente para a aprendizagem dos alunos, é preciso executar a aprendizagem significativa de acordo com as ideias de Bernardo (2015). Para Araújo (2005), “Usar tecnologias computacionais no Ensino de Física sem, pelo menos, um referencial teórico sobre aprendizagem, sem, no mínimo, uma concepção teórica sobre como o sujeito aprende, pode ser um erro [...]”.

A análise da metodologia aplicada remotamente a uma turma de Ensino Médio de um Instituto Federal, durante 7 semanas e 3 horas-aula, demonstra que a elaboração e execução da Sequência Didática (SD) com o modelo instrucional baseado nas Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), contribuiu positivamente para a aprendizagem significativa da força de arrasto.

Este trabalho se divide em 5 seções, a presente seção introduz o trabalho e as próximas englobam respectivamente: o referencial teórico acerca da queda livre, e a teoria da aprendizagem significativa; a metodologia para elaborar o código e aplicar a Sequência Didática (SD) estruturada; os principais resultados da pesquisa, e discussão acerca desses; e as considerações finais dos autores.

2. Referencial Teórico

2.1. A Física da queda livre

A queda livre de um corpo massivo em movimento vertical, apresenta a força de atrito exercida por um fluido, denominada força de resistência de um fluido, força de arraste ou força de arrasto, e quando o fluido é o ar, força de resistência do ar, Knight (2009) e Young & Freedman (2016).

Um corpo em queda livre, sujeito à resistência do ar diretamente proporcional à velocidade instantânea, possui um diagrama de forças de corpo livre com a equação descrita em (1):

$$mg - kv = m \cdot dv/dt \quad (1)$$

Em que a força de resistência do ar é diretamente proporcional à velocidade v do objeto e uma constante $k > 0$. Dividindo a equação (1) e isolando todos os termos no primeiro membro teremos que:

$$dv/dt + kv/m = g \quad (2)$$

A equação (2) é uma EDO de primeira ordem que pode ser resolvida pelo método do fator integrante. A solução geral dessa EDO é dada pela equação (3):

$$v(t) = mg/k + Ce^{-kt/m} \quad (3)$$

Utilizando como condição inicial $v=0$ m/s para $t=0$ s, temos que a solução específica da equação (3), a equação

dada por (4) (Halliday, 2016; Morin, 2007; Young; Freedman, 2016).

$$v(t) = mg/k[1 - e^{-kt/m}] \quad (4)$$

A equação da velocidade (4) difere muito da equação da velocidade do mesmo tipo de movimento desconsiderando-se a força de arrasto. No caso no qual o atrito com o ar é desprezado a equação da velocidade assume um caráter crescente, já a equação (4) converge para um valor limite com o passar do tempo, tomando-se o limite para t tendendo a infinito a equação (4) se reduz a:

$$v_{limite} = mg/k \quad (5)$$

Após um tempo significativo de queda a velocidade tenderá ao valor limite dado pela equação (5) para o caso de a resistência do ar depender linearmente da velocidade.

A compreensão dessa EDO (2) é crucial para entender o fenômeno do movimento de um corpo sujeito à resistência do ar, entretanto conforme Young e Freedman (2016), na abordagem desse fenômeno no ensino médio, os livros sugerem desprezar a resistência do ar, uma vez que, considerar este parâmetro exige conhecimento de cálculo analítico.

Tendo em vista essa dificuldade, Fontes et al. (2019) apresentam o uso do Python e seu ambiente gráfico como uma estratégia para calcular e visualizar fenômenos com e sem a resistência do ar.

2.2 A teoria da aprendizagem significativa e as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS)

Define-se como teoria da aprendizagem testes em favor da estruturação da aprendizagem, Moreira (1999). David Paul Ausubel, buscou explicar o processo de aprendizagem no âmbito cognitivista com a teoria da aprendizagem significativa (Moreira e Masini, 1982; Huang, Spector e Yang, 2019).

O autor classifica dessa forma, pois afirma que existe aprendizagem mecânica, e significativa. Complementando, Ausubel relatou que essa aprendizagem requer materiais potencialmente significativos e predisposição do discente em aprender.

Partindo da aprendizagem significativa na visão cognitiva clássica Ausubeliana tem-se as UEPS, uma proposta de SD com passos bem estabelecidos e fundamentados, conforme representado no Quadro 1, e que reforça o quanto o meio é uma evidência do aprendizado significativo do aluno, Moreira (2011).

Quadro 1. Aspectos sequenciais da UEPS

I.	Definir o tópico
II.	Criar/propor situação(ções)
III.	Propor situações-problema
IV.	Apresentar o conteúdo
V.	Nova abordagem de forma mais complexa
VI.	Nova apresentação dos significados
VII.	Avaliação somativa individual
VIII.	Analisar o desempenho dos alunos

Fonte: Adaptado de Moreira (2011).

Entretanto, não precisa ser rigorosamente seguida, é permitido adaptações pelo docente dependendo do cenário em que a UEPS será aplicada, Moreira (2011).

3. Metodologia

A metodologia da presente pesquisa qualitativa, classificada como estudo de caso de acordo com Gil (2008) foi uma UEPS aplicada em uma turma de Ensino Médio de um Instituto Federal (IF) com 31 alunos. A SD teve duração de 7 semanas e 3 horas-aula, remotamente assistida pelas plataformas Google Meet, Moodle, correio eletrônico, Youtube e Glowscrip.

Acerca do universo dos estudantes, os 31 cursavam ensino médio integrado, sendo 16 do primeiro ano e 15 do segundo ano. Seus cursos eram: Edificações, Eletrotécnica, Informática, mecânica e automação industrial. Os nomes foram codificados a fim de manter a privacidade dos alunos, portanto as falas e respostas estão representadas por letras e números, por exemplo A16, é o 16º aluno na SD.

A turma fazia parte de um projeto extracurricular, do qual a pesquisadora era monitora, portanto para fins do projeto o nome da SD era "Vivência Virtual: Aprendendo Programação com Aplicações". Os dados coletados foram analisados pela análise de conteúdo de Bardin (2016).

3.1 O código

Os autores escolheram a linguagem Python por permitir a comunicação entre máquinas e seres humanos de forma dinâmica, intuitiva e gratuita (Colpo, Faria e Machado, 2015). Já a escolha do Glowscrip se deve às facilidades ressaltadas por Vidal e Fontoura (2020): não requer nenhuma instalação no dispositivo do usuário; pode ser acessado diretamente pelo navegador; fácil compartilhamento; e possibilita a criação de fenômenos físicos no formato tridimensional.

Previamente a simulação elaborou-se um código dividido em duas partes, no qual as 8 primeiras linhas especificam os valores para o fenômeno da queda livre em si, e criam um cenário para fins didáticos de simular uma gota de chuva caindo (Figura 2).

```

1 Web VPython 3.2
2 gravidade = 9.8
3 altura = 170
4 vgota = vector(0,0,0)
5 gota = sphere(pos = vector(0,altura,0) , radius =10 , color = color.blue)
6 chao = box (pos= vector(0,-9,0), size = vector(800,0.01,800), color = color.green)
7 deltat = 0.01
8 tempo = 0
    
```

Figura 1. Linhas de 1 a 8 do código base.

Fonte: Autores.

A segunda parte do código proporciona a animação da simulação, mostrada na Figura 2. A parte em cinza da figura 2 (a) representa os denominados comentários, são parte do código que não influencia na simulação, já na figura 2 (b) os comentários não estão em cinza, pois deixaram de ser comentários e são comandos fazem parte do código. Portanto, as linhas 12 e 13 em particular, determinam se o fenômeno tem ou não a resistência do ar.

Na figura 2 (a) foi desconsiderada a força de arrasto, enquanto na figura 2 (b) foi considerada. Nota-se a diferença da influência ou não, pelo resultado da velocidade obtido ao final de ambas as imagens.

```

9 while gota.pos.y > 0:
10     rate(200)
11     aceleracao = vector(0,-gravidade,0)
12     #aceleracao2 = -vgota*0.6
13     vgota = vgota + aceleracao*deltat #> aceleracao2*deltat
14     gota.pos = gota.pos + vgota*deltat
15     tempo = tempo + deltat
16 print(vgota)
17 print("fim")
    
```

(a)

```

9 while gota.pos.y > 0:
10     rate(200)
11     aceleracao = vector(0,-gravidade,0)
12     aceleracao2 = -vgota*0.6
13     vgota = vgota + aceleracao*deltat + aceleracao2*deltat
14     gota.pos = gota.pos + vgota*deltat
15     tempo = tempo + deltat
16 print(vgota)
17 print("fim")
    
```

(b)

Figura 2. Linhas de 9 a 17 do código base, com e sem os comentários.

Fonte: Autores.

Inicialmente o valor da constante k foi arbitrado para $0,6 \text{ kg/s}$, portanto, com os demais valores de massa e gravidade podemos estimar o valor da velocidade limite esperada através da equação (5), para qualquer objeto real nessas condições. A facilidade da utilização da simulação consiste, fundamentalmente, na facilidade em mudar os parâmetros desejados e visualizar instantaneamente as mudanças causadas por essas alterações.

O VPython é uma opção interessante para introdução ao conteúdo de mecânica no ensino médio, a visualização 3D permite uma maior compreensão de fenômenos da Física que normalmente são evitados por exigirem uma base teórica mais avançada, como a resistência do ar durante a queda livre (Morgan; English, 2019).

3.2 A aplicação

Os aspectos sequências da UEPS foram elaborados conforme a proposta apresentada por Moreira (2011) e divididos em cinco etapas. O oitavo passo não se encontra em nenhuma etapa específica pois ele abrange todas as etapas da pesquisa, uma vez que o professor Moreira (2012) ressalta que a aprendizagem significativa deve ter ênfase em evidências, não em comportamentos finais.

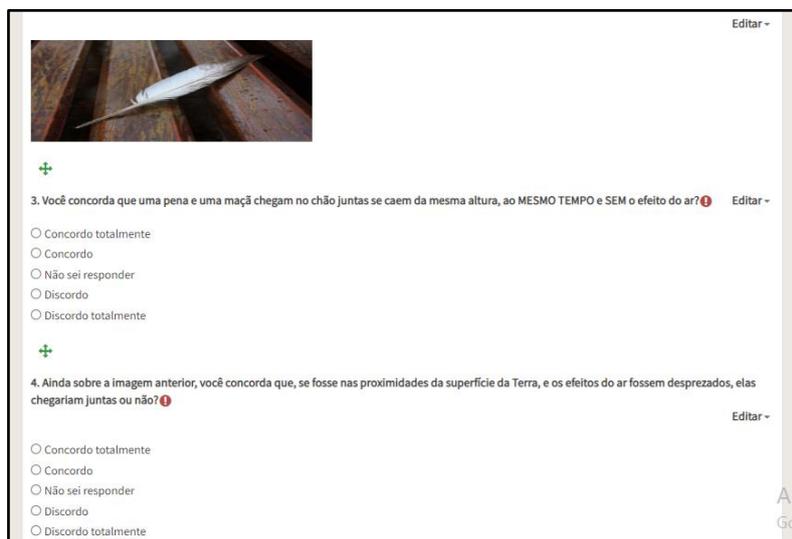
A primeira etapa foi correspondente ao primeiro e segundo passos da UEPS. Antes do primeiro encontro síncrono, foi disponibilizado no Moodle um vídeo assíncrono (Figura 3) com todas as instruções para utilizar a linguagem.



Figura 3. Página do Moodle com vídeo a ser assistido antes do primeiro encontro síncrono.

Fonte: Moodle.

Também foram aplicadas três atividades. A primeira foi um questionário, para averiguar o perfil tecnológico e analisar os conhecimentos prévios da temática abordada, as perguntas foram formuladas como organizadores prévios (Figura 4). A estratégia dos organizadores prévios é recomendada por Ausubel com intuito de facilitar a aprendizagem significativa (Ausubel apud Moreira e Masini, 1982).



Editar -



+

3. Você concorda que uma pena e uma maçã chegam no chão juntas se caem da mesma altura, ao MESMO TEMPO e SEM o efeito do ar?  Editar -

Concordo totalmente

Concordo

Não sei responder

Discordo

Discordo totalmente

+

4. Ainda sobre a imagem anterior, você concorda que, se fosse nas proximidades da superfície da Terra, e os efeitos do ar fossem desprezados, elas chegariam juntas ou não?  Editar -

Concordo totalmente

Concordo

Não sei responder

Discordo

Discordo totalmente

Ac
Go

Figura 4. Questionário aplicado na primeira etapa.

Fonte: Moodle.

Enquanto as outras duas foram para fins de interação e verificar se os alunos estavam conseguindo acessar recursos da linguagem Python e plataforma Glowscript, sendo a segunda atividade no formato de fórum, e a terceira para fazer uma captura de tela e enviar via Moodle.

A segunda etapa foi englobando o terceiro e quarto passo da UEPS, apresentou-se uma situação-problema inicial da queda livre, visando promover a diferenciação progressiva. Nessa etapa foi disponibilizado e posteriormente discutido com mediação da pesquisadora, um vídeo (<https://youtu.be/E43-CfukEgs>) sobre a queda livre.

Conforme o quinto passo da UEPS, na terceira etapa foi realizada uma discussão detalhada do estudo da relação do movimento e suas causas, para retomar os aspectos que efetivamente são o foco do ensino e promover a reconciliação integrativa. Essa etapa ocorreu com uma aula síncrona expositiva-explicativa, contudo em um nível mais avançado do que o exposto na situação-problema inicial.

Referente ao sexto passo da UEPS, para a quarta etapa ocorreu uma breve aula síncrona expositiva-explicativa, nesta foi desenvolvida uma nova situação-problema adaptada de um livro de Física (Halliday e Resnick, 2016), que foi explicada por três aspectos: primeiramente analisou-se a situação sem a ferramenta didática e desprezando o efeito do ar; em seguida analisou-se com a ferramenta didática, Python e desprezando novamente o efeito do ar; e por fim analisou-se a situação com o Python, considerando no problema o efeito do ar, a velocidade limite e força de arrasto.

Na última e quinta etapa da SD, seguindo o sétimo passo da UEPS foi aplicada uma avaliação somativa individual, previamente validada por um professor experiente na disciplina, sendo este o autor da pesquisa. Antes de disponibilizar a atividade, houve um encontro síncrono para recapitular conceitos, e relacionar a animação da simulação com a Física (Figura 5).

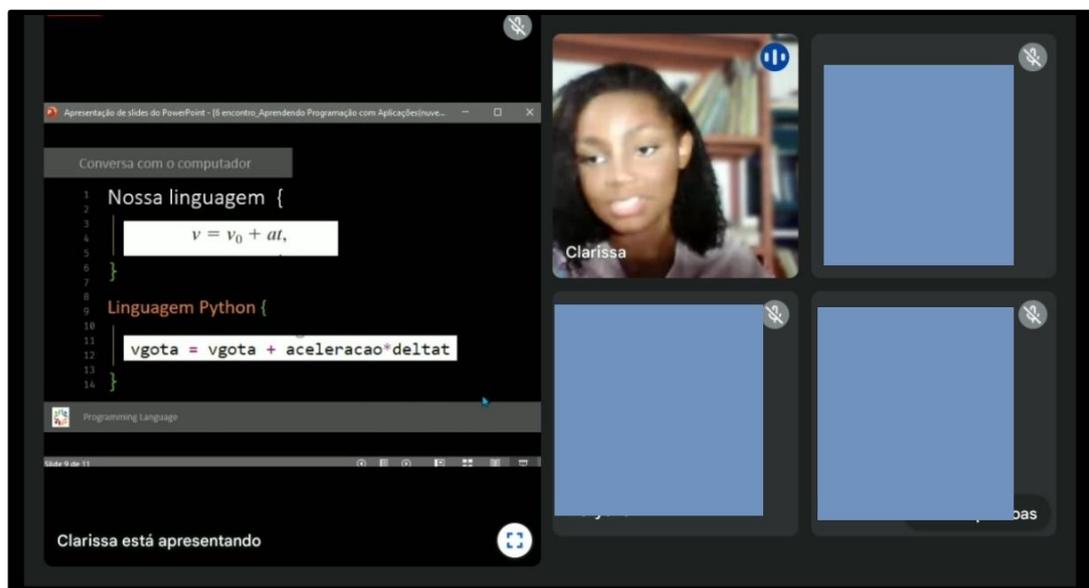


Figura 5. Aula síncrona via Google Meet referente ao 7º passo da UEPS

Fonte: Autores.

Para esta atividade, além de alterar parâmetros no código base, provocando por exemplo, situações do lançamento oblíquo, os alunos elaboraram respostas discursivas para promover a reflexão da prática executada e efetivar os conhecimentos do estudo do movimento a serem desenvolvidos na estrutura cognitiva dos estudantes ao longo de todo o processo de aprendizagem.

4. Resultados e Discussões

O questionário aplicado na primeira etapa demonstrou que mais de 50% dos alunos não souberam identificar que uma maçã e uma pena chegariam ao chão com o mesmo tempo, no vácuo (Gráfico 1).

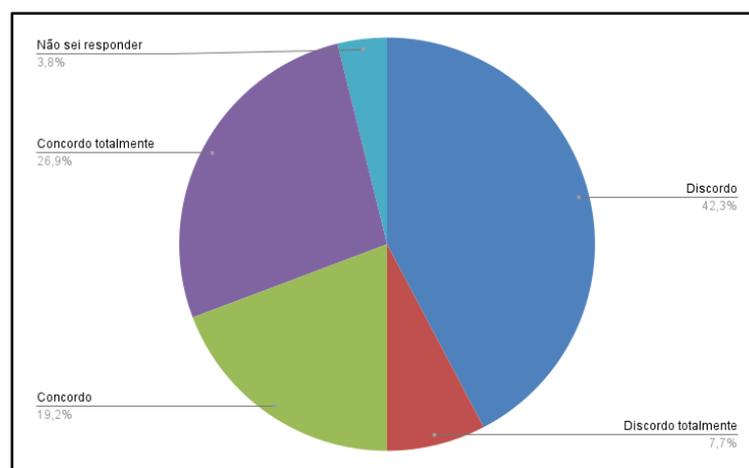


Gráfico 1. Resposta dos alunos ao serem questionados se concordam que uma pena e uma maçã chegam no chão juntas se caem da mesma altura, ao mesmo tempo e sem o efeito do ar.

Fonte: Autores.

A dificuldade em visualizar os conhecimentos do estudo do movimento no fenômeno se repetiu no momento síncrono da terceira etapa. Durante a discussão detalhada do estudo da relação do movimento e suas causas, a pesquisadora questionou aos alunos: "O impacto da gota de chuva no corpo humano tem perigo?", a partir da

análise dos comentários, quatro alunos responderam que sim, três afirmaram que não, e dois alunos declararam que dependeria da situação.

Ambas as situações supracitadas indicam que antes da aplicação completa da metodologia os estudantes além de não terem domínio da força de arrasto, apresentavam conhecimentos errôneos ou mínimos do estudo do movimento. Tal conhecimento pode ter sido origem de uma aprendizagem mecânica, segundo Pozo (2001) uma aprendizagem de viés mecânico, proporciona uma aprendizagem curta e ineficaz.

O Quadro 2, apresenta dados da quarta e quinta etapa, após a explicação da situação-problema adaptada e avaliação somativa individual.

Quadro 2. Comentários dos alunos ao serem solicitados para analisar o código e relacionar com o estudo do movimento.

Fala do Aluno	Unidades de Registro(UR)	Categoria
Ao trocar o número em amarelo (que estava como 170) por um número menor, a gota caiu de uma posição mais baixa, isso acontece porque essa variável representa a altura. Ao trocar o número circulado em verde por outro menor a gota cai em velocidades diferentes, como essa variável representa a gravidade (o número 9.8 é realmente o valor aproximado da intensidade da nossa gravidade) eu tentei colocar o número 0, e realmente, a gota nem se mexeu sem a presença da gravidade. Quando troquei o número zero circulado em azul que faz parte do vetor, a maior diferença estava no resultado da velocidade da gota apresentado no final do programa [...]	eu tentei colocar o número 0, e realmente, a gota nem se mexeu sem a presença da gravidade	Aceleração
Ao aumentar o número circulado em azul, pude perceber que a bolinha caiu horizontalmente, no sentido direito. Como o valor é um vetor, vi que alterando esse número, altero um dos componentes desse vetor que interfere na direção e sentido que a bolinha cai. Ao aumentá-lo ele cai para a direita, e ao diminuí-lo ele cai para a esquerda.	Como o valor é um vetor, vi que alterando esse número, altero um dos componentes desse vetor que interfere na direção e sentido que a bolinha cai	Direção do movimento
A diferença que eu observei foi que o movimento executado pela gota de chuva foi bem mais devagar após a retirada das "#". No segundo código, a gota caiu considerando a resistência do ar (o que acontece no mundo real), o que a fez cair mais lentamente do que quando não foi considerada a resistência do ar. A "aceleracao2..." está relacionada com a força de arrasto, que no código diminui a ação da gota descendo. "+ aceleração 2..." é a influência da aceleração na velocidade.	No segundo código, a gota caiu considerando a resistência do ar (o que acontece no mundo real), o que a fez cair mais lentamente do que quando não foi considerada a resistência do ar.	Resistência do ar\Velocidade
Ao trocar o 9.8 por um número menor a bolinha cai mais lentamente, e ao trocar o 9.8 por um número maior a bolinha cai mais rapidamente. Isso vai ocorrer pois a variável gravidade influencia na aceleração da bolinha.	a variável gravidade influencia na aceleração da bolinha.	Aceleração

<p>Trocando o número circulado em amarelo, mudamos a altura da qual a gota irá cair, se colocarmos em uma altura maior, a gota ganha mais velocidade, se colocarmos em uma altura menor, ganha menos, isso de acordo com o movimento uniformemente variado de queda livre.</p> <p>Trocando o número circulado em verde, mudamos a força de aceleração que a gravidade vai aplicar a gota na fórmula de queda livre, fazendo com que ela caia mais devagar ou mais rapidamente, dependendo do valor que colocarmos.</p> <p>Trocando o número circulado em azul, alteramos o local onde a gota vai cair modificando a aceleração centrípeta. Se colocarmos um valor negativo, a gota fará um movimento curvilíneo para a esquerda, se colocarmos um valor positivo, ela fará um movimento curvilíneo para direita.</p>	<p>mudamos a força de aceleração que a gravidade vai aplicar a gota na fórmula de queda livre, fazendo com que ela caia mais devagar ou mais rapidamente, dependendo do valor que colocarmos.</p>	<p>Aceleração\ Velocidade</p>
--	---	-----------------------------------

Fonte: Autores.

Apesar de alguns alunos manterem nomenclaturas desenvolvidas pelo conhecimento inato durante a formação de conceitos (Moreira e Masini, 1982), é evidente a aprendizagem significativa da força de arrasto, por meio da simulação acerca do fenômeno da queda livre.

A UR acerca da direção do movimento, reforça que a simulação por apresentar o fenômeno de forma tridimensional viabilizou o aluno analisar conceitos do estudo do movimento que não eram o foco do estudo, como o movimento oblíquo.

Conforme enfatizado anteriormente esse fenômeno é evitado por exigir uma base teórica mais avançada. No entanto, como declarado na UR de categoria: resistência do ar\velocidade, foi possível visualizar evidências da contribuição positiva do Python no processo de ensino e aprendizagem dos conhecimentos do estudo do movimento, em particular força de arrasto.

Por fim, na análise dos dados da avaliação somativa apenas um aluno não identificou o conhecimento da resistência do ar na situação-problema. O aluno em questão não esteve em seis encontros síncronos, e realizou somente uma atividade. Os encontros e atividades foram essenciais no desenvolvimento dos conhecimentos na estrutura cognitiva dos discentes durante o processo de diferenciação progressiva

4. Considerações Finais

Conforme os resultados obtidos, a elaboração e execução da SD com o modelo instrucional UEPS contribuiu positivamente para a aprendizagem significativa estudo do movimento. A análise das etapas iniciais evidenciou que muitos alunos não conseguiam identificar um fenômeno com a força de arrasto. Em contrapartida, nas etapas finais, os discentes demonstraram maior domínio da mecânica newtoniana, incluindo força de resistência do ar ou força de arrasto.

Ressalta-se que conforme afirmado por Ausubel (2000), o mediador tem um importante papel na aprendizagem significativa e organização dos conteúdos na estrutura cognitiva do aluno. Diante disso, o uso de recursos computacionais vem a ser somente uma ferramenta, sendo o aluno protagonista do ensino e aprendizagem e o professor mediador.

Como sugestão para futuras pesquisas, propõe-se uma aplicação em turmas de modalidades diferentes e/ou com temáticas diferentes. Espera-se que os resultados fomentem a necessidade por abordagens pedagógicas alternativas, para os desafios existentes no ensino de Física, em especial a ausência da força de arrasto na abordagem da queda dos corpos.

5. Referências

- Aiken, J. M. (2013). *Transforming high school physics with modeling and computation*. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1310.3725>. Acesso em: 09 jul. 2022.
- Araujo, I. S. (2005). *Simulação e modelagem computacionais como recursos auxiliares no ensino de física geral*. Disponível em: lume.ufrgs.br, <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/5771>. Acesso em: 01 ago. 2021.
- Ausubel, D. P. (2000). *Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva*. 1. ed. Lisboa: Paralelo Editora.
- Bardin, L. (2016). *Análise de conteúdo*. 1. ed. São Paulo: Edições 70.
- Bernardo, N. A. R. (2015). *A importância da simulação computacional como material potencialmente significativo para o ensino da Física*.
- Colpo, R. A. M.; Faria, A. U. de, Machado, A. F. (2015). O ensino de física no ensino médio intermediado por programação em linguagem Python. In: *ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*, 10., 2015, Águas de Lindóia. Anais [...] Águas de Lindóia: Abrapec.
- Cunha, A. M. A., Lavor, O. P., Oliveira, E. A. G. (2021). Análise de livros didáticos de física em relação à temática da queda dos corpos. *Anais do VI CONAPESC...* Campina Grande: Realize Editora. Disponível em: <https://www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/77072>. Acesso em: 01 ago. 2021.
- Duncke, R. B. (2016). *Animações computacionais como recursos para o ensino de Física*. 2016. 86 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) - Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário do Araguaia, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Barra do Garças.
- Gil, A. C. (2008). *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 4. ed. São Paulo: Editora Atlas S.A.
- Halliday, D., Resnick, R., Walker, J. (2016). *Fundamentos de física: mecânica*. 10. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda.
- Huang, R., Spector, J. M., Yang, J. (2019). *Educational Technology: A Primer for the 21st Century*. Singapore: Springer Nature Singapore Pte Ltd.
- Knight, R. (2009). *Física: uma abordagem estratégica*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman.
- Lomba, M. C. G. et al. (2016). Uma Proposta Experimental de Estudo da Queda dos Corpos no Ensino Médio. In: *Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*, 16., 2016, Natal.
- Moreira, M. A. & Masini, E. A. F. S. (1982). *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Editora Moraes.
- Moreira, M. A. (1999). *Teorias de aprendizagem*. 5. ed. São Paulo: Editora pedagógica universitária.
- Moreira, M. A. (2011). Unidades de Ensino Potencialmente Significativas -UEPS. *Aprendizagem Significativa em Revista*, 1(2), 43-63.
- Moreira, M. A. (2021). Desafios no Ensino Da Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 43.
- Morgan, W. A., English, L. Q. (2019). *VPython for Introductory Mechanics: Complete Version*. VPython for Introductory Mechanics, 1.
- Morin, D. (2008). *Introduction to Classical Mechanics: With Problems and Solutions*. [United Kingdom]: Cambridge University Press.
- Sima, C. (2019). *Technology in Physics Class: What Is the Impact of Technology and the Implementation of Programming to a Physics Class in Secondary School?*. Disponível em: <https://oda.oslomet.no/oda-xmlui/handle/10642/8737>. Acesso em: 09 jul. 2022.
- Vidal, F. L. de Q. & Fontoura, C. A. R. S. (2020). Glowsript como ferramenta elucidativa de Conceitos de física: explorando o vpython. In: *Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências*, 5., 2020, Campina Grande. Anais [...] Campina Grande: Realize Editora.
- Young, D. H. & Freedman, R. A. (2016). *Física 1: Mecânica*. 14. ed. São Paulo: Pearson.

Copyrights

Copyright for this article is retained by the author(s), with first publication rights granted to the journal.

This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).