

ARISTÓTELES VS GALILEU: UMA ANÁLISE CRITERIOSA SOBRE O MOVIMENTO DOS CORPOS

Emerson Soares da Silva ¹

Lucas da Silva Costa ²

Ádriel Dílan Jacinto Farias ³

Maria Carolayne Ordônio da Silva ⁴

RESUMO

Este trabalho resultou de uma pesquisa realizada com 32 estudantes do 1º ano C da Escola de Referência em Ensino Médio Devaldo Borges na cidade de Gravatá-PE e 24 graduandos do 1º Período do curso de Física-Licenciatura, da Universidade Federal de Pernambuco do Centro Acadêmico do Agreste (CAA). Procuramos analisar as concepções alternativas que esses estudantes têm com respeito ao movimento dos corpos. Para isso, aplicamos um questionário com perguntas abertas e de múltipla escolha. Utilizamos gráficos e estatística para a análise das perguntas de múltipla escolha e o método de categorização de Bardin para as abertas. Os objetivos foram: Verificar se as concepções dos alunos são coerentes de acordo com o conhecimento científico; interpretar o movimento de queda com objetos de massas diferentes; descobrir se os alunos associam que a força aplicada sempre coincide com a direção do movimento; analisar a dependência da força no movimento e investigar a presença do Princípio da Independência dos Movimentos de Galileu. Os resultados apontaram que muitos estudantes do 1º ano C têm concepções alternativas bem marcantes, convergindo com as ideias de Aristóteles, situação essa que também foi encontrada nos estudantes do curso de Física, mostrando que eles resistem às mudanças conceituais.

Palavras-chave: Concepções alternativas, mudanças conceituais, Aristóteles.

INTRODUÇÃO

Há mais de 2000 anos, uma das primeiras pessoas que estudou seriamente o movimento foi Aristóteles. Suas concepções eram lógicas e consistentes de acordo com as observações cotidianas, mas a simples observação dos fenômenos do nosso dia a dia pode ser mascarada por efeitos que fogem a nossa capacidade de observação, levando a conclusões equivocadas.

¹ Graduando do Curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE - CAA, emersonsoares010@hotmail.com;

² Graduando do Curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE - CAA, lucas.sccc@live.com;

³ Graduando do Curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE - CAA, dilanjacinto@gmail.com;

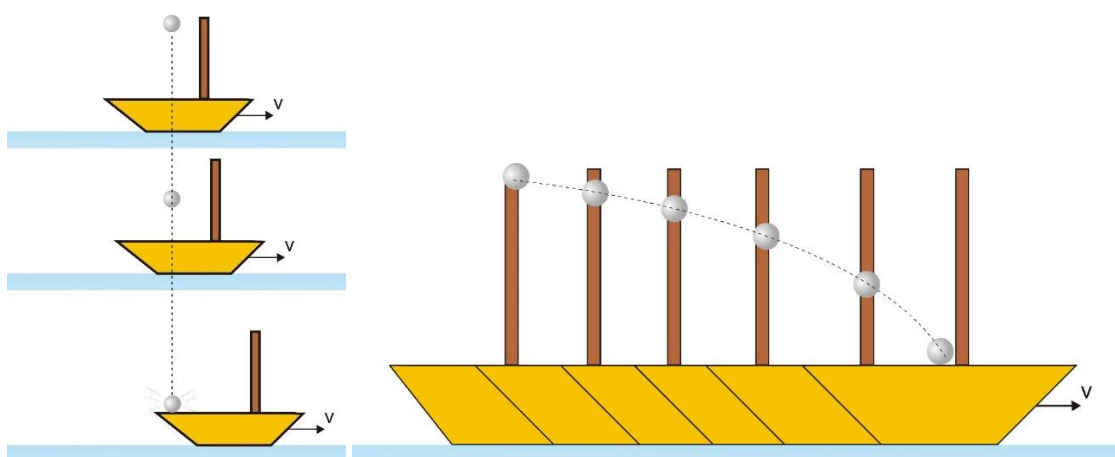
⁴ Graduanda do Curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE - CAA, maria_carolayne@hotmail.com.

Além disso, o pensamento aristotélico perdurou por muitos anos até Galileu – que respeitava o papel da experimentação como forma de obter comprovação que sustentasse suas hipóteses – fornecer refutações definitivas sobre algumas concepções aristotélicas sobre o movimento dos corpos. Ele comprovou que objetos com massas diferentes chegavam ao chão praticamente ao mesmo tempo, diferente de Aristóteles que acreditava que um corpo cairia com maior velocidade quanto maior fosse a sua massa. Galileu mostrou que a resistência do ar tem um papel fundamental durante a queda dos objetos, mas caso fosse desprezado a resistência, as massas dos corpos não interfeririam no movimento de queda.

Segundo o pensamento aristotélico, se uma pessoa que estivesse no mastro de um navio, que está em movimento com velocidade constante, abandona-se uma esfera, por exemplo, acreditava-se que ela ficaria para trás em relação ao navio (Figura 1). Galileu, por sua vez, explicou que os movimentos horizontais e verticais ocorrem de maneira independentes, o que ficou conhecido como Princípio da Independência dos Movimentos de Galileu - um movimento composto por outros dois que ocorrem ao mesmo tempo pode ter cada um deles analisado de forma independente dos demais.

Desse modo, se uma pessoa abandonar a esfera, por inércia, ela cairá ao pé do mastro. Isso decorre do fato de que o movimento de queda vertical é independente do horizontal. Para um outro observador que esteja parado em relação ao navio, veria a esfera descrevendo uma trajetória parabólica.

Figura 1- Posição de queda da esfera de acordo com o pensamento aristotélico à esquerda e galileano à direita



Fonte: Autor

Ademais, outras concepções de Aristóteles estavam equivocadas como o fato de que para um objeto se manter em movimento é necessário que uma força atue sobre ele, caso contrário, o corpo cessaria seu movimento. Galileu deduziu experimentalmente que é possível

um corpo está em movimento, na ausência de forças retardadoras, mesmo se a força resultante sobre ele for nula. Dessa forma, ele definiu o conceito de inércia – a propriedade de um objeto tender a manter-se em movimento numa linha reta – colocando em xeque a teoria de Aristóteles. De acordo com o físico norte-americano Hewitt

O conceito de Galileu de inércia desacreditou a teoria de Aristóteles do movimento. Aristóteles de fato não reconheceu a ideia de inércia, porque deixou de imaginar como seria o movimento sem atrito. Em sua experiência, todo movimento estava sujeito a resistência e ele fez deste o fato central de sua teoria do movimento. (HEWITT, 2015, P. 25).

Na presente pesquisa, objetivávamos analisar a influência das concepções alternativas na aprendizagem dos alunos, que permeiam os principais conceitos de movimentos dos corpos de acordo com as perspectivas de Aristóteles e Galileu. Para isso, iremos discorrer os resultados obtidos através de um questionário aplicado na turma do 1º ano C do Ensino Médio da Escola de Referência em Ensino Médio Devaldo Borges na cidade de Gravatá-PE e no 1º Período do curso de Física Licenciatura da UFPE/CAA. Para a análise das perguntas abertas, iremos utilizar o método de categorização de Bardin (1995), pois é um forte método para análise qualitativa. Faz-se necessário a presente pesquisa, uma vez que as concepções alternativas dos alunos podem sofrer resistência ao ensino de novos conceitos, interferindo, portanto, na aprendizagem.

Através da categorização e dos gráficos produzidos a partir de dados dos problemas de múltipla escolha presentes no questionário, observamos que uma quantidade significativa de estudantes têm concepções aristotélicas bem marcantes.

METODOLOGIA

Foram aplicados questionários em alunos (as) da Escola de Referência em Ensino Médio Devaldo Borges na cidade de Gravatá-PE, na turma do 1º ano C e no 1º Período do curso de Física Licenciatura da UFPE do Centro Acadêmico do Agreste (CAA), com um misto de duas perguntas abertas e duas fechadas, sendo elas as mesmas para os dois níveis de escolaridade analisados. 56 alunos participaram da pesquisa, destes, 32 são do 1º ano C e 24 são do 1º Período do curso de Física. Os alunos participantes foram identificados por números, para preservar suas identidades.

Para a análise das perguntas fechadas, será feito uma abordagem estatística simples e gráficos para auxiliar na visualização da frequência de marcação das alternativas do problema para os dois níveis de instrução: Ensino Médio e Ensino Superior.

Para a análise das perguntas abertas, este artigo apresenta a análise de conteúdo, mas especificamente a categorização, como uma técnica de tratamento de dados em pesquisa qualitativa que está voltado na proposta da professora Laurence Bardin (1995). Segundo ela, a análise de conteúdo aparece como

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações, que utiliza procedimentos sistemáticos e objectivos de descrição do conteúdo das mensagens. A intenção da análise de conteúdo é a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção (ou, eventualmente, de recepção), inferência esta que recorre a indicadores (quantitativos ou não). (BARDIN, 1995, P. 38).

Na análise de conteúdo, buscaremos compreender as características e estruturas que estão por trás dos discursos, criando as principais categorias que englobem todas os tipos de respostas dadas pelos estudantes.

DESENVOLVIMENTO

Há décadas pesquisadores como Viennot (1979) e Solis Villa (1984) vem estudando as concepções alternativas (CAs) dos (as) alunos (as), mostrando que essas ideias não são primitivas, uma vez que representa um sistema de pensamento elaborado e eficaz, apesar de estarem em desacordo com o conhecimento científico. Por esse motivo, utilizaremos o termo CAs, uma vez que outras denominações como ideias intuitivas (DRIVER, 1986) e pré-concepções (GIL PÉREZ, 1986; FREITAS e DUARTE, 1990) podem levar a ideia de um conhecimento errôneo e incompleto. De acordo com Pozo e Crespo

Temos visto que essas concepções alternativas que os alunos mantêm quando se deparam com a maior parte dos conceitos e fenômenos científicos não são o resultado de um erro, de uma irregularidade ou falha de seu sistema cognitivo; ao contrário, são produto de um aprendizado que na maior parte dos casos é informal ou implícito e que tem como objetivo estabelecer regularidades no mundo, torná-lo mais previsível e controlável. (POZO; CRESPO, 2009, P. 95).

Curiosamente, os primeiros trabalhos sobre as concepções alternativas como os de Viennot (1979), Zylberstajn (1981) e Driver (1986) foram centrados no estudo da mecânica, reforçando que nessa área da Física existe muitas concepções alternativas.

As pesquisas realizadas por Viennot (1979) mostram que muitos estudantes utilizaram uma relação linear intuitiva entre força e velocidade, como se a 2ª lei de Newton fosse dada por $F = mv$. Isso mostra que muitos associam que a força aplicada sempre coincide com a direção de movimento, ficando claro que as ideias de Aristóteles continuam presentes em boa parte dessas pessoas analisadas, inclusive daquelas que já passaram por uma instrução, mas não foi suficiente para promover uma mudança conceitual.

Para Peduzzi (1985) as CAs sofrem resistência ao ensino de conceitos e que isso interfere no aprendizado das ciências. Essa resistência à mudança conceitual parece ser uma das principais características das CAs, uma vez que pessoas com diferentes níveis de instruções apresentam o mesmo padrão de CAs.

É de suma importância que as CAs sejam consideradas no processo de ensino e aprendizagem, pois elas têm um papel importante na aprendizagem de conceitos mais sofisticados para a descrição de novas situações em que essas concepções não dão conta. Faz-se necessário o confronto de conceitos novos com as CAs, para que os estudantes possam desenvolver a consciência da limitação das suas concepções, isso, certamente irá tornar a aprendizagem mais eficiente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os problemas 2 e 3 do questionário, serão elencadas categorias, baseadas na categorização de Bardin (1995), separadas de acordo com o nível de instrução: Ensino Médio e 1º Período do curso de Licenciatura em Física. Através das análises de conteúdo, foi possível repetir algumas categorias nos diferentes níveis de instruções.

O problema 2 presente no questionário foi: “Suponha que você está no topo de um prédio e abandone ao mesmo tempo e na mesma altura uma melancia e uma folha de papel aberta. Desconsidere o efeito do vento no movimento de queda. Você acha que a melancia e a folha chegarão ao mesmo tempo ou com tempos diferentes ao chão?”

A seguir, exibiremos as categorias elaboradas a partir das análises das respostas do problema 2 dos estudantes para os dois níveis de instrução.

CATEGORIA A: o peso/massa interfere no tempo de queda;

CATEGORIA B: o vento dificulta o movimento de queda;

CATEGORIA C: o volume interfere no tempo de queda;

CATEGORIA D⁵: os estudantes não atingiram o objetivo;

CATEGORIA E: a massa não influencia na velocidade de queda;

⁵ Nesta categoria enquadram-se respostas em que não foi possível compreender aquilo que o estudante queria dizer, respostas sem justificativas ou que não responderam e respostas corretas cientificamente, mas que não respondia o problema do questionário.

CATEGORIA F: a aerodinâmica dos objetos influencia no tempo de queda;

CATEGORIA G: a resistência do ar interfere na queda.

Categorias presentes no Ensino Médio:

CATEGORIA A - 26 (81,25%) estudantes afirmaram que o peso/massa da melancia e da folha de papel interfere no tempo de queda. Exemplos de alguns recortes:

*“Em tempos diferentes, pois a melancia tem **massa** maior que a folha...” (12)**

*“A melancia vai cair mais rápida por causa do **peso**. A folha vai demorar mais porque é mais leve.” (32)*

CATEGORIA B - Apenas 2 (6,25%) estudantes não desconsideraram o efeito do vento, explicando que o vento irá dificultar o movimento de queda.

*“A melancia chegará primeiro, a folha chegará em segundo porque é fina e o **vento** levará ela a fazer movimentos que dificultará ela chegar.” (3)*

CATEGORIA C - Apenas 1 (3,12%) estudante inferiu que por causa do volume da melancia ela chegará primeiro ao chão.

*“Com tempos diferentes, pois a melancia tem mais **volume** e a folha é leve.” (25)*

CATEGORIA D - Apenas 3 (9,38%) dos estudantes pertencem a essa categoria.

Categorias presentes no 1º Período:

CATEGORIA A - 5 (16,7%) dos estudantes afirmaram que o peso/massa da melancia e da folha de papel interfere no tempo de queda.

*“Com tempos diferentes, pois a melancia é **mais pesada** que a folha de papel.” (49)*

CATEGORIA D - 14 (58,3%) dos estudantes pertencem a essa categoria. Houve um número maior de estudantes nessa categoria, porque muitos confundiram “desconsidere o efeito do vento” como sendo para desconsiderar a resistência do ar.

CATEGORIA E - Apenas 2 (8,3%) dos estudantes afirmaram que a massa não é um fator que influencia na velocidade de queda.

* Os estudantes foram identificados, aleatoriamente, por números como apresentado no recorte.

“...a **massa** não influencia na **velocidade** da queda. No caso de não ter vento e ainda ter resistência do ar, a melancia cai antes...” (50)

CATEGORIA F - Apenas 2 (8,3%) dos estudantes consideraram que o tempo de queda da melancia e da folha de papel é influenciado pela aerodinâmica

“Tempos diferentes, por causa da **aerodinâmica** dos objetos. Se fosse no vácuo chegariam ao mesmo tempo.” (47)

CATEGORIA G - Apenas 2 (8,3%) dos estudantes afirmaram que a resistência do ar é o que faz a melancia e a folha de papel caírem com tempos distintos.

“Chegarão com tempos diferentes, pois a **resistência do ar** irá atrapalhar o movimento do papel...” (53)

Uma grande parte dos estudantes do 1º justificaram de acordo com o conhecimento científico, mas não responderam o problema satisfatoriamente, uma vez que o fato de não haver interferência do vento no movimento da melancia e da pedra não excluí a resistência do ar. Com isso, podemos perceber que muitos estudantes responderam esse problema de maneira automática, não conciliando a justificativa com a problemática exposta pelo problema 2.

A maioria dos estudantes do Ensino Médio (81,25%) foram categorizados na CATEGORIA A, que representa uma concepção alternativa para a queda dos corpos. Concepção essa que está de acordo com o pensamento aristotélico. Da mesma forma, alguns estudantes do 1º Período (16,7%) também resistem a mudança conceitual, afirmando que a massa/peso influencia no tempo de queda da melancia e da folha de papel. As CATEGORIAS B e C também representam as CAs.

O problema 3 presente no questionário foi: “A imagem acima mostra um rapaz que decide subir no alto de um mastro para abandonar uma pedra enquanto o navio está se movendo com velocidade constante. Desprezando o efeito do ar (vento) durante o movimento de queda, essa pedra cairá no pé do mastro, atrás ou à frente dele?”

A seguir, exibiremos as categorias elaboradas a partir das análises das respostas do problema 3 dos estudantes dos dois níveis de instrução.

CATEGORIA J: a pedra não acompanha o movimento do navio;

CATEGORIA K: a pedra cairá ao pé do mastro, porque o navio se movimentará;

CATEGORIA L: a ausência do vento faz com que a pedra caia ao pé do mastro;

CATEGORIA M: a velocidade do navio determina a posição de queda da pedra;

CATEGORIA N⁶: os estudantes não atingiram o objetivo;

CATEGORIA O: a pedra compartilha o mesmo movimento do navio;

CATEGORIA P: a pedra cairá ao pé do mastro devido a ausência de resistência do ar;

CATEGORIA Q: a pedra cairá ao pé do mastro por causa do princípio da inércia.

Categorias presentes no Ensino Médio:

CATEGORIA J - 17 (53,13%) dos estudantes afirmaram que a pedra cairá atrás do mastro porque ela não acompanha o movimento do navio.

“Atrás do mastro, porque durante o tempo de queda da pedra o navio se moverá para frente.” (22)

CATEGORIA K - 2 (6,25%) dos estudantes afirmaram que a pedra cairá ao pé do mastro por causa do movimento do navio.

“A pedra cairá no pé do mastro, porque o barco continuará se movendo.” (3)

CATEGORIA L - Apenas 1 (3,12%) estudante argumentou que a ausência do vento é o que faz com que a pedra caia ao pé do mastro.

“No pé do mastro, pois não haverá vento para levar a pedra para outro lugar.” (2)

CATEGORIA M - Apenas 1 (3,12%) estudante afirmou que posição de queda da pedra depende da velocidade do navio.

“Um pouco atrás, porque o navio estar em um movimento lento.” (17)

CATEGORIA N - 11 (34,38%) dos estudantes pertencem a essa categoria.

Categorias presentes no 1º Período:

CATEGORIA J - 4 (16,67%) dos estudantes afirmaram que a pedra cairá atrás do mastro porque ela não acompanha o movimento do navio.

⁶ Nesta categoria enquadram-se respostas em que não foi possível compreender aquilo que o estudante queria dizer, respostas sem justificativas ou que não responderam.

“Ela cairá atrás do mastro, porque enquanto a pedra está caindo o navio se desloca para frente.” (46)

CATEGORIA N - 8 (33,33%) dos estudantes pertencem a essa categoria.

CATEGORIA O - 10 (41,66%) dos estudantes argumentaram que a pedra cairá ao pé do mastro por compartilhar o mesmo movimento do navio.

*“Cairá no pé do mastro, porque a pedra se **movimentará junto** com o barco.” (38)*

CATEGORIA P - Apenas 1 (4,17%) estudante afirmou que a pedra cairia ao pé do mastro por causa da ausência da resistência do ar.

*“Cairá no pé, pois como não irá ter **resistência do ar** a pedra continua movendo-se dentro do mesmo sistema.” (42)*

CATEGORIA Q - Apenas 1 (4,17%) estudante argumentou que a pedra cairá ao pé do mastro por causa do princípio da inércia.

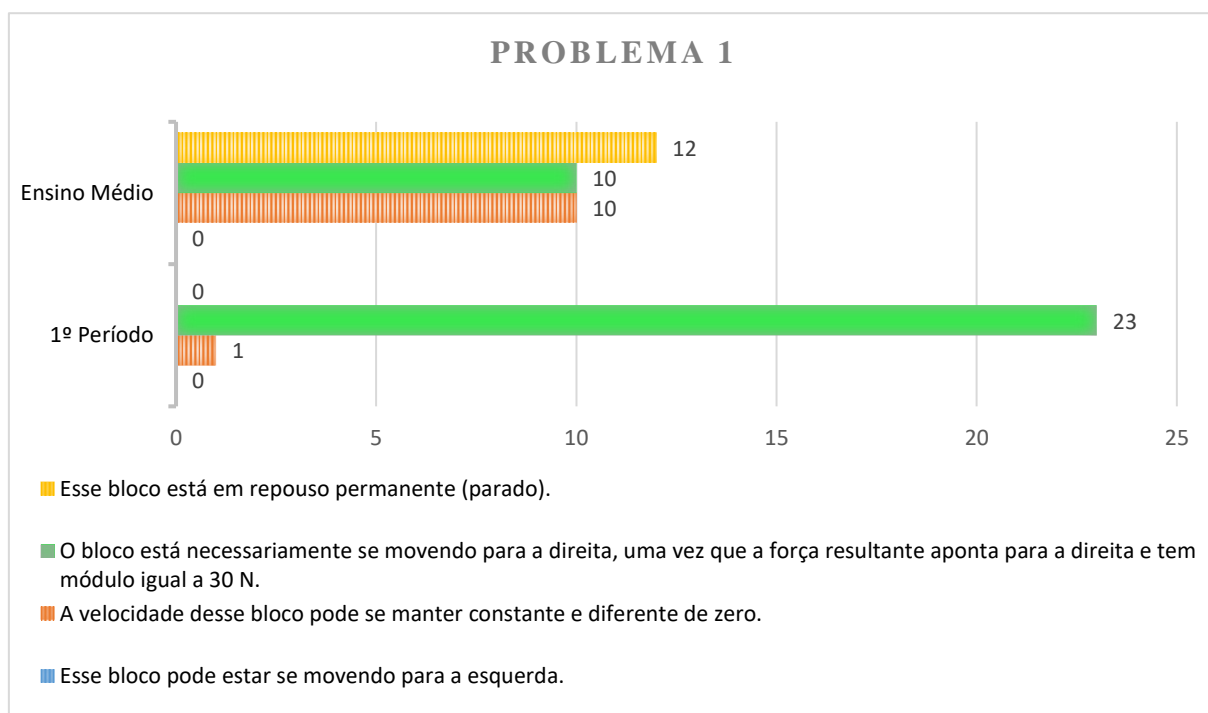
*“Cairá no pé do mastro, porque esta questão parte do **princípio da inércia** que afirma que todo corpo parado permanece parado e todo corpo em movimento permanece em movimento uniforme. Portanto, devido ao movimento do navio, a pedra também estará em movimento.” (48)*

A concepção aristotélica de que a pedra cairá atrás do mastro foi bem marcante nos estudantes do Ensino Médio, representando pouco mais da metade dos respondentes (53,13%), sendo representados pela CATEGORIA J. Por outro lado, na CATEGORIA K, dois estudantes tentaram justificar que a pedra cairá ao pé do mastro porque o navio estará em movimento, mas não justificaram o porquê de isso ocorrer. As demais categorias também se enquadram em CAs.

Para os estudantes do 1º Período de Física, percebemos que a porcentagem de pessoas na CATEGORIA J foi bem menor que do Ensino Médio (16,67%), mas igualmente preocupante. 41,66% dos estudantes foram categorizados na CATEGORIA O, inferindo que a pedra cairá ao pé do mastro por compartilhar o mesmo movimento do navio, entretanto, não justificaram o conceito físico envolvido. Apenas um estudante (CATEGORIA Q) justificou corretamente, afirmando que, por inércia, a pedra cairá ao pé do mastro. Essa concepção está de acordo com o Princípio da Independência dos Movimentos de Galileu.

O problema 1 apresentava um bloco em que duas forças são aplicadas em sentidos opostos e com intensidades diferentes. Queríamos saber se os estudantes utilizaram uma relação linear intuitiva entre força e velocidade. De acordo com o resultado (Figura 2), houve uma divisão quase uniforme em relação as alternativas marcadas pelos estudantes do Ensino Médio, mostrando que muitos têm problemas conceituais em se tratando de movimento dos corpos. Já para os estudantes do 1º Período de Física, observou-se que 95,83% utilizaram uma relação linear intuitiva entre força e velocidade para responder o problema. Acontece que nem sempre a força aplicada coincide com a direção de movimento. Podemos perceber que esse resultado está de acordo com o resultado das pesquisas realizadas por Viennot (1979).

Figura 2- Gráfico desenvolvido a partir dos dados do problema 1



Fonte: Dados do questionário aplicado (2019).

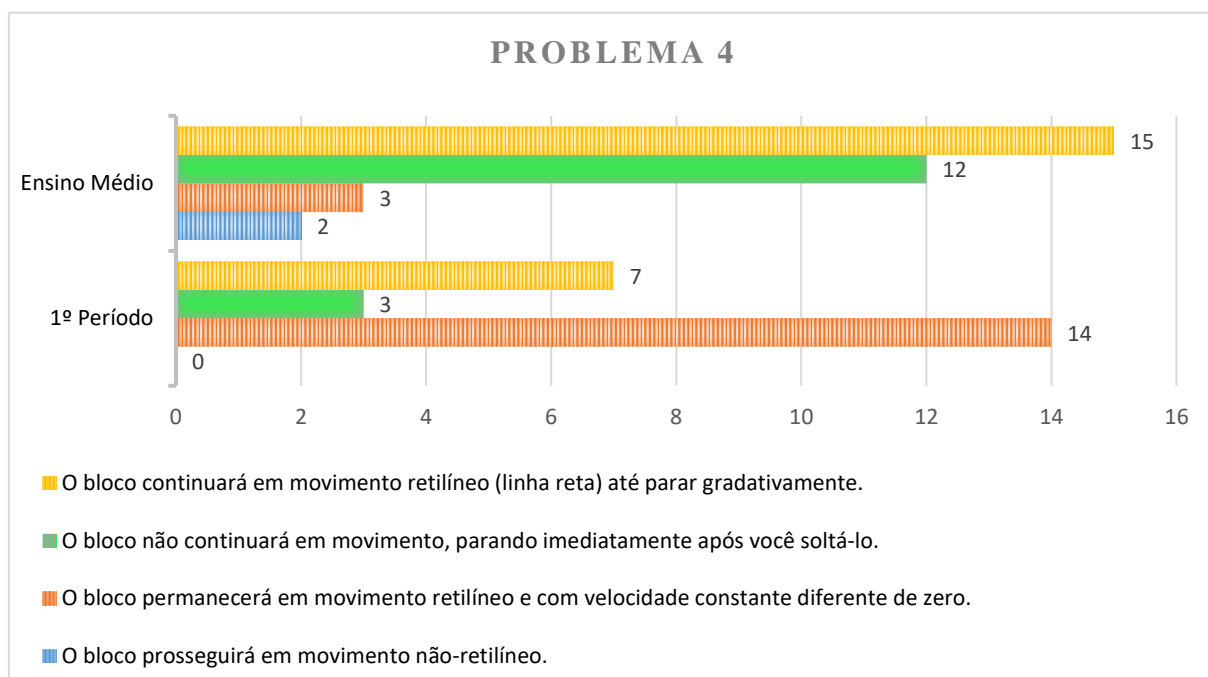
O problema 4 apresentava uma situação em que uma mão empurrava um bloco ao longo de uma superfície lisa e horizontal. Queríamos saber se, de repente, a mão perdesse o contato com o bloco, o que ocorreria com ele.

De acordo com o resultado (Figura 3), vemos que a maioria dos estudantes do ensino médio não conseguiram cogitar que o bloco continuará se movendo com velocidade constante e diferente de zero depois que a força deixou de ser aplicada, uma vez que, por inércia e como não há atrito, o bloco vai tender a manter seu movimento indefinidamente. 12 (37,5%) estudantes do Ensino Médio pensam como Aristóteles. Segundo ele, para um objeto se manter

em movimento é necessário que uma força atue sobre ele, caso contrário, o corpo cessaria seu movimento.

Ocorreu uma diferença significativa nas respostas dadas pelos estudantes do 1º Período de Física em relação aos do Ensino Médio, a maior parte respondeu corretamente, no entanto, ainda houve alguns que responderam utilizando as concepções alternativas para interpretar a situação do problema.

Figura 3- Gráfico desenvolvido a partir dos dados do problema 4



Fonte: Dados do questionário aplicado (2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da pesquisa realizada com os estudantes do Ensino Médio e Superior, obtivemos resultados interessantes. As CAs se mostraram persistentes durante a análise feita a partir do questionário. A maioria dos estudantes do primeiro ano, utilizaram muito as CAs para justificar as suas respostas. Um dos principais fatores para esse acontecimento se dá porque muitos desses estudantes vêm de um ensino fundamental cursado em escolas públicas, marcados pelo ensino tradicionalista, e que se perpetua até o Ensino Superior. Por conta disso, eles encontram dificuldades no momento que chegam ao Ensino Médio de desenvolverem atitudes que colocam em prática a mudança conceitual.

Pouco mais de 80% dos estudantes do Ensino Médio têm concepções alternativas sobre a queda dos corpos com diferentes massas. 95,83% dos estudantes do primeiro Período de Física acreditam que a força aplicada sempre coincide com a direção de movimento, fato esse que comprova uma das principais características das CAs: resistência à mudança conceitual. Vale salientar que essa resistência interfere no aprendizado das ciências (PEDUZZI 1985). É preciso que o professor dê condições para propiciar às mudanças conceituais necessárias aos estudantes para que o processo de ensino e aprendizagem seja mais eficiente. A forma como propiciar essas mudanças deverá ser objeto de novas pesquisas.

REFERÊNCIAS

- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Tradução de Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. Lisboa: Edições 70, 1995. Disponível em: <https://is.gd/0dUUZH>. Acesso em: 04 jun. 2019.
- DRIVER, R. Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 4, f. 1, p. 3-15, 1986.
- FREITAS, M.; DUARTE, M. C. Ensino de biologia: implicações da investigação sobre as concepções alternativas dos alunos. **Revista Internacional**, v. 3, n. 11/12, p.125-137, 1990.
- GIL PÉREZ, D. La metodología científica y la enseñanza de de las ciencias. Unas relaciones controvertidas. **Enseñanza de las Ciencias**, v.4, p.111-121, 1986.
- HEWITT, P. G. **Física conceitual**. Tradução de Trieste Freire Ricci. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- JÚNIOR, J. **Composição dos movimentos**. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/composicao-dos-movimentos.htm>. Acesso em: 08 ago. 2019.
- POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências**. Tradução de Naila Freitas. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- PEDUZZI, L. O. Q.; PEDUZZI, S. S. **O conceito intuitivo de força no movimento e as duas primeiras leis de Newton**. Caderno catarinense de Ensino de Física, v. 2, n. 1, p. 6-15, 1985.
- SOLIS VILLA, R. Ideas intuitivas y aprendizade de las ciencias. **Revistes Catalanes amb Accés Obert**, v. 2, n. 2, p. 83-89, 1984.
- VIENNOT, L. **Spontaneous reasoning in elementary dynamics**. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3403283/mod_resource/content/0/Viennot-elementary-Dynamics.pdf. Acesso em: 02 maio 2019.
- ZYLBERSZTAJN, Arden. **Concepções Espontâneas em Física: exemplos em dinâmica e implicações para o ensino**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 5, n. 2, p. 3-16, 1983. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol05a09.pdf>. Acesso em: 01 maio 2019.