



INSTITUTO FEDERAL DO PIAUÍ - *CAMPUS* PARNAÍBA
COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

Ensino de Física Através de Brinquedos Populares: um Estudo da Mecânica Clássica

Airton José Dias Leal

Parnaíba-PI, Dezembro de 2018

Airton José Dias Leal

Ensino de Física Através de Brinquedos Populares: um Estudo da Mecânica Clássica

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Licenciatura em Física, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Título de Licenciado em Física.

Instituto Federal do Piauí – IFPI

Coordenação do Curso de Licenciatura em Física

Orientador: Me. Alexandro das Chagas de Sousa Nascimento

Parnaíba-PI

Dezembro de 2018

Airton José Dias Leal

Ensino de Física Através de Brinquedos Populares: um Estudo da Mecânica Clássica/ Airton José Dias Leal. – Parnaíba-PI, Dezembro de 2018-
45 p.; 30 cm.

Orientador: Me. Alexandro das Chagas de Sousa Nascimento

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Instituto Federal do Piauí – IFPI
Coordenação do Curso de Licenciatura em Física, Dezembro de 2018.

1. Palavra-chave 1: Ensino de Física. 2. Palavra-chave 2: Lúdico. 3. Palavra-chave 3: Brinquedos. I. Orientador: Me. Alexandro das Chagas de Sousa Nascimento. II. Instituição: Instituto Federal do Piauí – IFPI. III. Título: Ensino de Física Através de Brinquedos Populares: um Estudo da Mecânica Clássica

CDU 02:141:005.7

Airton José Dias Leal

Ensino de Física Através de Brinquedos Populares: um Estudo da Mecânica Clássica

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Licenciatura em Física, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Título de Licenciado em Física.

Trabalho aprovado em:

**Me. Alexandro das Chagas de Sousa
Nascimento** (Orientador)
Instituto Federal do Piauí
Campus Parnaíba

Me. Lucas Izídio de Sousa Sampaio
Instituto Federal do Piauí
Campus Parnaíba

Me. Francisco Ronan Viana Araújo
Instituto Federal do Piauí
Campus São Raimundo Nonato

Parnaíba-PI
Dezembro de 2018

*À minha mãe Ana Amélia Dias Leal,
por tanto ter me ajudado ao longo da minha vida.*

Agradecimentos

Agradeço à minha família, em especial, a minha mãe Ana Amélia, e a minha avó Joana Batista, porque sem elas, com certeza não teria chegado até aqui. Obrigado por todo amor, incentivo e apoio durante a minha vida, a vocês todo o meu amor, obrigado por tudo. A minha vida devo a vocês.

Agradeço à minha noiva, e se Deus quiser, minha futura esposa, Leticia Pereira, por todos os incentivos e conselhos, além do apoio direto e indireto na conclusão desse trabalho, sou extremamente grato a você. Registro também minha gratidão a minha fiel amiga, Gabriela de Assis, por tanto me aturar e ajudar ao longo da minha vida acadêmica.

Agradeço ao meu professor e orientador, Alex Nascimento, por toda a paciência, conselhos, ajuda e enorme contribuição nesse período. Lembro-me quando você me incentivou a assumir uma monitoria, foi um fator determinante na minha escolha de docente. Deixo aqui registrado meus sinceros sentimentos de admiração e respeito por você.

Agradeço também a todos os professores do curso de Lic. em Física do IFPI Parnaíba que colaboraram na minha formação, em especial, ao professor Bruno Sombra, por seu companheirismo e ensinamentos e aos meus amigos que me ajudaram durante essa trajetória.

O espaço não é suficiente para registrar o nome de todos que contribuíram durante essa jornada, mas sou eternamente grato a cada um de vocês, que de formas diferentes, contribuíram para realização desse momento. Obrigado por todos aqueles que de forma direta ou indireta, tornaram essa ocasião possível.

Por fim, sou grato especialmente a Ele. Porque até aqui Sua mão me sustentou.

“Brincar é a mais elevada forma de pesquisa.”
(Albert Einstein)

“A maravilhosa disposição e harmonia do universo só pode ter tido origem segundo o plano de um Ser que tudo sabe e tudo pode.”
(Sir Isaac Newton)

Resumo

A educação, e em particular, o ensino de Física, é quase que, em sua totalidade, restrita a uma metodologia tradicionalista, com a apresentação de conteúdos formalizados em livros e textos, exigindo do aluno a reprodução de métodos para a resolução de atividades. No entanto, esse método não se constitui eficaz, pois traz a percepção de que a Física se restringe à cálculos e fórmulas, o que não é verdade. Essa visão errônea prova muitos problemas evidenciados na compreensão de conceitos físicos, ao passo que, influencia diretamente no desenvolvimento do aluno no decorrer de sua vida estudantil. Nesse contexto, a escolha da metodologia de ensino a ser utilizada deve ter como característica fundamental, buscar sanar as dificuldades enfrentadas pelos alunos, além dos desafios enfrentados pelos próprios professores e, portanto, destacamos a importância que uma metodologia de ensino atrelada ao ensino lúdico traz para o ensino da Física. Por esse motivo, selecionamos alguns brinquedos: autorama, ioiô, spinner, pipa e pião, e analisamos a Física que existe por detrás deles com o objetivo de evidenciar que é possível ensinar Física através dos brinquedos, realçando ainda que o lúdico não está vinculado somente à educação infantil, mas também, pode ser utilizado em todo o ensino básico e até mesmo no ensino superior, demonstrando que a ludicidade perpassa qualquer modalidade de ensino. Concluímos o trabalho destacando que alguns brinquedos podem auxiliar o professor em “sala de aula”, de acordo com algumas características como a atratividade, boa inserção cultural e estética, simplicidade e baixo custo, importância para introduzir questões desafiadoras, além de fenômenos e acontecimentos explicáveis a partir de modelos físicos.

Palavras-chaves: Lúdico. Ensino de Física. Metodologia de ensino. Brinquedos.

Abstract

Education, and in particular, physics teaching, is almost entirely restricted to a traditionalist methodology, with the presentation of formalized content in books and texts, requiring the student to reproduce methods for solving activities. However, this method is not effective because it brings the perception that physics is restricted to calculations and formulas, which is not true. This erroneous view proves many problems evidenced in the understanding of physical concepts, whereas, it directly influences the development of the student in the course of his student life. In this context, the choice of the teaching methodology to be used must have as a fundamental characteristic, seek to remedy the difficulties faced by the students, as well as the challenges faced by the teachers themselves and, therefore, we highlight the importance that a methodology of teaching linked to playful education brings for the teaching of physics. For this reason, we selected some toys: autorama, yoiô, spinner, kite and top, and analyzed the physics that exists behind them in order to show that it is possible to teach physics through toys, noting that play is not only linked to children's education, but also, can be used in all basic education and even higher education, demonstrating that playfulness pervades any form of education. We conclude the work by highlighting that some toys can help the teacher in a "classroom", according to some characteristics such as attractiveness, good cultural and aesthetic insertion, simplicity and low cost, importance to introduce challenging questions, besides phenomena and explainable events from physical models.

Keywords: Ludic. Teaching Physics. Teaching methodology. Toys.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Pista de autorama para carros de brinquedo. Fonte: http://twixar.me/zkq3	16
Figura 2 – Um modelo de Ioiô com corpo em plástico. Fonte: http://twixar.me/Rkq3	17
Figura 3 – Um modelo clássico de <i>spinner</i> . Fonte: http://twixar.me/Vkq3	19
Figura 4 – Modelo de pipa sendo manuseada por um criança. Fonte: http://twixar.me/skq3	20
Figura 5 – Pião de madeira com ponta de aço girando em um modo praticamente estável (modo “dorminhoco”). Fonte: http://twixar.me/xkq3	21
Figura 6 – Trajetória do carrinho durante um percurso em um autorama. Fonte: Elaboração do autor.	23
Figura 7 – Ilustração de um ioiô descendo e desenrolando a corda, mostrando uma posição inicial (1) e o limite do tamanho da corda (2). Fonte: (YOUNG; FREEDMAN, 2008), adaptado pelo o autor.	26
Figura 8 – Ioiô rolando sobre uma superfície a partir a partir da extremidade inferior do eixo central. Fonte: Elaboração do autor.	28
Figura 9 – Ioiô sobre uma superfície sendo puxada pela parte inferior do eixo central. Fonte: Elaboração do autor.	28
Figura 10 – Esquemas atrelados à direção da força aplicada em um ioiô apoiado sobre uma mesa. Fonte: (WALKER, 2008).	30
Figura 11 – Ioiô sobre uma superfície sendo puxado pela parte superior do eixo central. Fonte: Elaboração do autor.	31
Figura 12 – Diagrama de vetores em um <i>Fidget spinner</i> . Fonte: encurtador.com.br/AFHUV , adaptado pelo autor.	33
Figura 13 – Forças atuando sobre uma pipa. Em (a) temos a força de tensão $\vec{T}$ na corda, a força aerodinâmica $\vec{F}_a$ devido ao vento e suas componentes, $\vec{F}_s$ e $\vec{F}_r$ que são as forças de sustentação e arrasto, respectivamente. $\vec{P}$ é a fora peso. Em (b) destacamos as forças nas direções ortogonais, $\vec{T}_v$ e $\vec{T}_h$ são as componentes da força de tração na direção vertical e horizontal, respectivamente. Fonte: (NASA, 2015), adaptado pelo o autor.	36
Figura 14 – Forças e torques atuando sobre uma pipa. Fonte: (NASA, 2015), adaptado pelo o autor.	37
Figura 15 – Pião em um estado de precessão. Fonte: (BAUER; WESTFALL; DIAS, 2012).	39

Sumário

1	INTRODUÇÃO	1
2	PAPEL DO PROFESSOR DE FÍSICA E OS ASPECTOS HISTÓRICOS DO ENSINO CLÁSSICO	4
3	O ENSINO ATRAVÉS DO LÚDICO	9
3.1	A Importância do Ensino Lúdico para a Educação Básica	9
3.2	A Importância dos Brinquedos para o Ensino da Física	13
3.2.1	Os brinquedos populares selecionados	15
3.2.1.1	Carrinhos de brinquedo	15
3.2.1.2	loiôs	17
3.2.1.3	<i>Fidget Spinner</i>	18
3.2.1.4	Pipas	19
3.2.1.5	Pião	20
4	A FÍSICA DOS BRINQUEDOS POPULARES	22
4.1	Estudando a Conservação da Energia Mecânica em Carros de Brinquedo	22
4.2	A Curiosa Física do loiô	24
4.2.1	Movimento do loiô sobre uma superfície plana	27
4.2.1.1	Corda desenrolando a partir da extremidade inferior do eixo central	27
4.2.1.2	Corda desenrolando a partir da extremidade superior do eixo central	31
4.3	A Física do <i>Fidget Spinner</i>	32
4.4	Forças e Torques Atuando em uma Pipa	35
4.5	A Física do Pião	38
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS	41
	REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

A diversificação das metodologias de ensino nas aulas de Física é um dos fatores mais relevantes na instrução da disciplina. Sendo, deste modo, determinante, tanto para alcançar a atenção dos alunos quanto para lhes mostrar as variadas correlações existentes entre determinados conteúdos com o nosso dia a dia, visto que, o que é ensinado nas escolas muitas vezes foge da realidade dos discentes. Por conseguinte, as relações entre o cotidiano e a disciplina de Física não são abordadas em sala de aula, em sua maioria, e por essa razão, existe uma grande probabilidade de os alunos não despertarem interesse pela Física. Em prol disso, se faz necessário realizar uma abordagem mais eficiente de como mostrar aos aprendizes que essa ciência está bem próxima de sua realidade. Portanto, o uso de novos métodos e a utilização de ferramentas educacionais podem ser uma alternativa conveniente. Desta forma, existem diversos mecanismos que atendem a essa nova perspectiva de ensino, no entanto, vamos nos ater somente à atividade lúdica, especificamente às que utilizam brinquedos como forma de ensino-aprendizagem.

No sistema atual de educação, onde predominam conteúdos mais contextualizados e que visam uma conexão com diversas áreas do conhecimento, o papel do professor tem sido questionado. Muito se argumenta sobre as práticas de ensinar, especialmente a separação entre teoria e ação (RAMOS; ROSA, 2016). Deste modo, a ludicidade vem sendo um instrumento educativo bastante promissor no ambiente escolar. Um método que tem sido bastante difundido e utilizado em diversas áreas, em especial, no ensino da Física. Assim, a utilização dessas novas formas de ensinamento tem sido de suma importância para o aprendizado do aluno, pois, acredita-se que a ausência dessas metodologias, acabam deixando um déficit no que diz respeito à compreensão do educando, isto porque, para que o indivíduo construa conceitos de forma coesa e eficaz, se faz necessário a vivência do fato (VYGOTSKY et al., 2008)

Nessa perspectiva, anualmente são publicados inúmeros trabalhos e artigos acadêmicos voltados a área de gamificação, e estes evidenciam que a utilização do lúdico ¹ pode ser uma alternativa eficaz quanto ao ensino-aprendizado. O livro, O Circo Voador da Física (WALKER, 2008), tendo a sua primeira edição publicada em 1975, traduzido em 11 idiomas e publicado no mundo inteiro, classifica-se como um exemplo clássico dessa nova forma de ensinar, isto é, “traduz” a Física à realidade e ao dia-a-dia, quer seja através de brinquedos ou não. Vale ressaltar que esta bibliografia é apenas uma das diversas que podemos encontrar no meio acadêmico ²

¹ Lúdico é um adjetivo masculino com origem no latim, ludos, que remete para jogos e divertimento.

² Dentre as bibliografias que abordam essa forma de ensino, destacamos os artigos: *Toys in physics lectures and demonstrations — a brief review* (GÜÉMEZ; FIOLHAIS; FIOLHAIS, 2009) e Um estado

Os brinquedos têm sido amplamente utilizados para ilustrar e para discutir vários tópicos da Física. Sendo uma alternativa satisfatória para ensinar de forma agradável e conveniente, visto que, vários conceitos podem ser abordados de maneira dinâmica, tornando-se mais eficiente para que, desta maneira, os alunos possam construir novos conhecimentos e motivar-se para uma aprendizagem mais aprazível. No entanto, vamos nos ater somente aos brinquedos que utilizam a mecânica clássica para explicar o seu funcionamento, analisando a Física que cada brinquedo apresenta. A partir disso é evidente que através deles, perguntas aparentemente simples, no entanto não triviais ao ponto de vista dos alunos, podem ser levantadas, e explicadas, como por exemplo: o que mantém uma pipa no ar e por que o seu vôo não é caótico e sim estável? por que as bicicletas não caem enquanto pedalamos? por que os bumerangues voltam? Logo, a utilização desses conceitos em sala de aula ou em forma de oficina através do ensino lúdico pode ser uma escolha eficiente.

A estrutura do trabalho está dividida em cinco capítulos. Introdução, Papel do Professor de Física e os Aspectos Históricos do Ensino Clássico, O Ensino Através do Lúdico, A Física dos Brinquedos Populares, e Conclusão e Perspectivas.

No segundo Capítulo temos uma breve recapitulação a respeito do atual papel do professor de Física, descrevendo um pouco sobre os aspectos históricos do ensino Clássico. Além disso, uma discussão sobre a forma de ensino, a problemática existente e a dificuldade em se aprender, o que suscita em um repensar do ensino desta ciência. E por fim, apresentamos a importância que a ludicidade tem para a educação, com o objetivo de descrever a incorporação deste mecanismo na prática docente e os benefícios para o processo de ensino-aprendizagem.

No terceiro Capítulo elucidamos a importância que o ensino lúdico traz para a educação, apresentando elementos determinantes para uma aprendizagem significativa, além de evidenciarmos a relevância que os brinquedos têm para o ensino da Física, externando os fatores fundamentais para a escolha de cada brinquedo.

No quarto Capítulo buscamos descrever a Física que está por detrás dos brinquedos. Selecionamos os carrinhos de brinquedo, ioiô, *fidget spinner*, pipa, e o pião, onde buscamos descrever o funcionamento, além dos princípios e os conceitos físicos que cada brinquedo traz, de forma que auxilie os alunos a desenvolverem uma compreensão intuitiva do mundo ao seu redor. Inserimos ainda, algumas breves discussões sobre a aplicabilidade de cada brinquedo, elucidando que seu conhecimento é de grande importância científica.

Fechamos nossa argumentação com Considerações Finais. Mostrando que não apenas é possível ensinar Física de forma lúdica, mas também é consideravelmente importante. No entanto, é imprescindível elucidar que este trabalho não tem a intenção de se constituir

uma conclusão, mas sim, de trazer aos futuros leitores, uma outra forma de pensar sobre a Física e o ensino na atualidade, mostrando que a utilização de brinquedos, associada a uma ação dialógica, pode ser uma boa ferramenta instrucional no ensino desta ciência.

2 PAPEL DO PROFESSOR DE FÍSICA E OS ASPECTOS HISTÓRICOS DO ENSINO CLÁSSICO

Cada vez mais se fala da importância da educação para promover um mundo melhor. Se olharmos que todos os processos de desenvolvimento humano passaram por um sistema de educação, torna-se evidente que precisamos desta para desenvolver valores e atitudes fundamentais para a garantia de um futuro promissor da sociedade.

Essa perspectiva de desenvolvimento humano (através do caráter educacional), está atrelada à figura do professor, já que ele, sem dúvidas é um indivíduo fundamental no processo de ensino e aprendizagem. Logo, pensar em ensino sem a figura do professor, seguramente não é favorável, já que, este tem o encargo de transmitir de forma transparente e coerente os conteúdos ministrados, além de “provocar e instigar os alunos a pensarem criticamente e a se colocarem como sujeitos de sua própria aprendizagem” (BULGRAEN, 2010).

A forma de “transmissão” de conteúdo, responsável pelo desenvolvimento do senso crítico do aluno, conhecemos como metodologia de ensino.¹ Logo, entende-se como metodologia de ensino, o estudo das diferentes trajetórias planejadas e vivenciadas pelos educadores para orientar o processo de ensino-aprendizagem em função de certos objetivos ou fins educativos.

O papel do professor nesse processo é, portanto, crucial, pois a ele cabe apresentar os conteúdos e atividades de forma que os alunos compreendam o porquê e o para quê daquilo que aprendem, e assim desenvolvam expectativas positivas em relação à aprendizagem e sintam-se motivados para o trabalho escolar (BRASIL, 1998)

Portanto, torna-se imprescindível que o docente desenvolva metodologias e habilidades capazes de auxiliar o educando. Nesse sentido, tratando-se da educação brasileira, o docente deve contemplar as habilidades previstas pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (DIRETRIZES, 1996) e as Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais para Educação Básica (BRASIL; DICEI, 2013).

As metodologias de ensino são essenciais, elas servem tanto para chamar a atenção

¹ Etimologicamente, considerando a sua origem grega, a palavra metodologia advém de *methodos*, que significa META (objetivo, finalidade) e *hodos* (caminho, intermediação), isto é, caminho para se atingir um objetivo. Por sua vez, *LOGIA* quer dizer conhecimento, estudo. Assim, metodologia significaria o estudo dos métodos, dos caminhos a percorrer, tendo em vista o alcance de uma meta, objetivo ou finalidade (MANFREDI, 1993)

dos alunos quanto para lhes mostrar as variadas correlações existentes entre tais conteúdos com o nosso cotidiano, visto que, o que é ensinado nas escolas muitas vezes foge da realidade dos alunos. Portanto, a diversificação da prática pedagógica torna-se um fator de relevância para o ensino, já que, nem todos os alunos, aprendem de forma específica e igual.

No entanto, no sistema atual de educação, o papel do professor tem sido questionado. Estudos e pesquisas revelam que a metodologia utilizada por uma parcela expressiva dos professores de Física, em geral, é tradicional. Metodologia que, segundo Diesel, Baldez e Martins (2017) constitui-se em um sistema defasado, ao passo que os docentes se mantêm arraigados aos processos de ensino voltados apenas para a informação, sem qualquer vínculo com as concepções modernas de educação.

Esse modelo de educação é baseado apenas na absorção de informações, onde o aprendizado é medido pela apresentação de resultados previsíveis, e de certa forma, automáticos. Assim, muitas vezes, não há a devida preocupação com a assimilação dos conceitos por parte dos alunos, com a motivação ou com o fato de que este aprendizado possa ser agradável.

No ensino da Física em particular, pesquisas revelam que a educação é quase que restrita à essa forma de ensino, com a apresentação de conteúdos formalizados em livros e textos, exigindo do aluno a reprodução de métodos para a resolução de atividades. No entanto, esse método não se constitui eficaz, pois, traz a percepção de que a Física se restringe à cálculos e fórmulas, o que não é verdade. Essa visão errônea prova muitos problemas evidenciados na compreensão de conceitos físicos, ao passo que, influencia diretamente no desenvolvimento do aluno no decorrer de sua vida estudantil.

Contudo, essa metodologia de ensino, utilizada por uma parcela significativa dos docentes de Física, não deve ser atrelada somente à sua possível má formação, ou talvez, a sua displicência no tocante ao ensino, entretanto, deve-se entender as dificuldades enfrentadas pelos professores no ensino da Física ao longo dos anos.

Portanto, no ensino da Física em especial, o professor deve buscar novas formas de ensino, de modo que aja como mediador do aprendizado de forma eficiente, priorizando nesse processo, as experiências de vida trazidas pelos alunos, auxiliando assim, na transposição de um conhecimento de vida para um conhecimento científico, procurando associar aquilo que for mais relevante no método de aprendizagem, além de criar uma estratégia para que esse conteúdo tenha sentido para o educando, ao passo que ele possa se envolver diante da temática abordada.

Para que esse processo de ensino seja eficaz, é evidente que o profissional esteja pautado em formação acadêmica adequada, pois, através das suas competências e habilidades desenvolvidas ao longo de sua formação acadêmica, conseguirá desenvolver em

consonância a teoria com a prática, de maneira que sua metodologia esteja de acordo com os objetivos a serem alcançados, o que auxiliará o educador com a assistência necessária para compreender que as suas aulas precisam estar voltadas à realidade do educando. Além disso, é tarefa essencial do professor despertar a alegria de trabalhar e de conhecer como evidencia [Einstein \(1953\)](#).

As Diretrizes Curriculares Nacionais,² sugerem que haja, para uma aprendizagem significativa por parte dos educandos, uma contextualização dos conteúdos, ou seja, que se estabeleça uma conexão entre as áreas distintas da ciência. Essa ligação, certamente passa pelas relações entre o cotidiano do aluno e os conteúdos abordados nas disciplinas, especialmente na Física. Essas correlações são fatores que há muito tempo são discutidas entre os educandos, pois as ligações entre o ensino da Física e os seus cotidianos, em alguns casos, não se tornam evidentes na metodologia de ensino do docente. Este fator torna-se um significativo desafio para o professor.

Com isso, a crescente disparidade das relações entre os alunos e as abordagens aplicadas em seu dia a dia, não bem delineadas pelo professor, pode ser um fator considerável na afeição dos alunos pela Ciência, o que influencia diretamente no interesse destes pela Física, além de contribuir como fator agravante para a evasão escolar. Essas diretrizes, todavia, destacam vários e importantes aspectos de uma formação que podem ser capazes de associarem-se às novas competências docentes.

No entanto, na era digital, com a difusão de conteúdos em larga proporção, a contextualização de conteúdos é um parâmetro que ainda não está sólido na prática pedagógica de uma parcela considerável de professores. Por conseguinte, além dessas relações não abordadas em sala de aula, frequentemente os assuntos são substituídos e atrelados à ideia de memorização de fórmulas e equações matemáticas, ou conceitos aplicados também na memorização, o que é contrário ao que é proposto nos parâmetros curriculares nacionais [Brasil \(1998\)](#).

“... interdisciplinaridade e da contextualização, que devem ser constantes em todo o currículo, propiciando a interlocução entre os diferentes campos do conhecimento e a transversalidade do conhecimento de diferentes disciplinas, bem como o estudo e o desenvolvimento de projetos referidos a temas concretos da realidade dos estudantes;”. ([BRASIL, 1998](#), pp.34).

O sistema contemporâneo de ensino propõe uma aula dinâmica e divertida, buscando uma interação aluno-professor e aluno-aluno, propiciando uma maior interatividade entre eles. Para tanto, é fundamental que no processo de ensino e aprendizagem, sejam analisadas: a oferta de metodologias capazes de aperfeiçoar a construção de estratégias de verificação e comprovação de hipóteses na construção do conhecimento, como sugere as Diretrizes Curriculares Nacionais ([BRASIL; DICEI, 2013](#)):

² As Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) são responsáveis por orientar e nortear o planejamento curricular das escolas, além de reger as normas obrigatórias para a educação básica no Brasil. Elas sugerem novas experiências de aprendizagens, o que consequentemente, impulsionaria o desenvolvimento dos indivíduos.

Nessa perspectiva, são também importantes, as metodologias de ensino inovadoras, distintas das que se encontram nas salas de aula mais tradicionais e que, ao contrário destas, ofereçam ao estudante a oportunidade de uma atuação ativa, estimulada e comprometida no processo de aprender. Um sistema que inclua não só conhecimentos, mas também, sua contextualização, experimentação, vivências e convivência em tempos e espaços escolares e extraescolares, mediante aulas e situações diversas, inclusive nos campos da cultura, do esporte e do lazer. (BRASIL; DICEI, 2013, pp.181).

Neste sentido, a escolha da metodologia de ensino a ser utilizada deve buscar sanar as dificuldades enfrentadas pelos alunos, além dos desafios enfrentados pelos próprios professores. Quanto às dificuldades enfrentadas pelos docentes, Shinyashiki (2014) destaca em entrevista para a revista Linha Direta, que são muitas as dificuldades enfrentadas pelos professores, e dentre elas, ele destaca, a escassez do tempo diário, e a baixa carga horária.

Nos dias de hoje, mais do que em qualquer outra época, o professor enfrenta desafios na sala de aula que dificultam a realização do seu trabalho. O professor da atualidade precisa ter em sua bagagem uma quantidade enorme de informação e conhecimento, e ainda procurar transformar tudo isso em práticas diárias. Seu tempo é curto: ele precisa preparar aulas, provas, corrigir testes e exercícios, participar de reuniões, atender aos pais e alunos, manter-se informado, fazer cursos de atualização... Ufa! Isso tudo sem contar o tempo que passa dentro da sala de aula. (SHINYASHIKI, 2014, pp.66)

Para esse processo, existem diversas metodologias de ensino contemporâneas que são adequadas para cada ciência, e em alguns casos, acabam tornando-se até mesmo exclusivas. Vale ressaltar que, alguns professores optam por ferramentas educacionais virtuais,³ outros, por ferramentas físicas, como por exemplo, experimentos físicos,⁴ aparelhos eletrônicos,⁵ brinquedos, dentre outros.

Deste modo, quando se trata do ensino da Física especificamente, o professor deve buscar maneiras de promover um ensino contextualizado, além de buscar formas para “driblar” os desafios enfrentados ao longo da trajetória docente, e uma dessas formas eficazes é o ensino através da ludicidade, isto é, o ensino lúdico.

O ensino lúdico busca a contextualização e um aprendizado mais significativo. Através do lúdico, (que pode ser obtido por qualquer ferramenta educacional física), o educando pode aprender através do manuseio, e principalmente de forma não tediosa. Quando optamos por essas atividades, facilitamos para os alunos a tarefa de desenvolver

³ As ferramentas educacionais virtuais, estão em ascensão no ensino brasileiro. Nessa perspectiva, destacamos, os seguintes artigos: (ARANTES; MIRANDA; STUDART, 2010)(MORESCO; BEHAR, 2006) (JUNIOR; FILHO, 2011).

⁴ Quanto aos experimentos físicos, destacamos como bibliografia complementar: (DUARTE, 2012), (SANTOS; PIASSI; FERREIRA, 2004).

⁵ Quanto aos aparelhos eletrônicos para o ensino da Física, como bibliografia complementar: (VALADARES; MOREIRA, 1998).

competências e habilidades previstas para o ensino básico brasileiro (evidenciaremos mais adiante), contrapondo com a tarefa de absorção de conteúdos por meio da repetição, como no ensino tradicional.

A educação básica brasileira busca formas de ensino desenvolvidas através de experiências variadas, com os diversos modos de linguagens, de maneira que ajude os indivíduos a reconhecerem o mundo e a cultura na qual estão inseridos. Em vista disso, este segmento evidencia o que propomos para o desenvolvimento deste trabalho, o ensino lúdico associado às brincadeiras, com o propósito de elucidar que é possível ensinar Física utilizando brinquedos, ao passo que devem ser aplicados como uma proposta facilitadora para um método de ensino diferenciado, mas eficaz, visando principalmente o estímulo ao conhecimento.

3 O ENSINO ATRAVÉS DO LÚDICO

3.1 A Importância do Ensino Lúdico para a Educação Básica

A aplicação da técnica de gamificação, através das brincadeiras ou jogos, como artifício para o ensino começou a ser utilizada desde a antiguidade, sendo um assunto muito estudado pelos antigos filósofos datados a.C., verificando que o homem em suas atividades habituais, como a pesca, caça, plantio e colheita, já desenvolvia forte relação com o lúdico (BARBOSA, 2017).

O lúdico surgiu de forma espontânea, demonstrando que as brincadeiras sempre estão presentes no cotidiano. Cintra (2010) evidencia que na Grécia antiga eram através dos jogos e brincadeiras que se passavam os ensinamentos às crianças. Isto não foi diferente em nossa cultura. Os índios passavam seus conhecimentos e costumes através do lúdico. O mesmo aconteceu no período pré-colonial brasileiro, onde os jesuítas utilizavam as brincadeiras como instrumentos para o ensino. Diante disso, podemos pensar que desde os primórdios do ser humano como civilizado, o ensino lúdico foi um dispositivo eficientemente aplicado para disseminar o aprendizado.

Diversos teóricos contribuíram para essa nova perspectiva de ensino. Platão, por exemplo, realçou a importância dos jogos e brincadeiras para que o aprendizado das crianças pudesse se desenvolver. Platão foi apenas um, de tantos outros teóricos que também contribuíram para que o ensino, envolvendo a ludicidade, se desenvolvesse na educação dentro do processo de ensino e aprendizagem. Dallabona e Mendes (2004) relata:

A ideia do estudo com prazer provém época de Platão e Aristóteles e foi se adaptando às várias concepções de criança e aos interesses e necessidades da sociedade vigente. Desta forma, a brincadeira exerceu papel e funções específicas de acordo com cada momento histórico. Teve funções e papéis irrelevantes, esteve vinculada à educação de forma contextualizada com o objetivo de facilitar a transmissão de conhecimentos, ajudou na educação dos filhos, principalmente das mães operárias e, atualmente, tem um papel relevante, pois é um dos maiores espaços que a criança tem para formar seus conceitos, seus conhecimentos, conhecer o mundo e integrar-se a ele. (DALLABONA; MENDES, 2004, pp.08).

Essa forma de ensinar difundiu-se ao longo da história, entretanto, foi consideravelmente potencializada no início da idade moderna, durante o Renascimento Kishimoto (2017). Isto evidencia que, neste período, houve experiências visando a utilização de atividades lúdicas em substituição aos métodos já empregados na época, na qual descobriu-se que o ensino lúdico, através das brincadeiras, tem um papel fundamental no desenvolvimento psicossocial do indivíduo, bem como de seu aprendizado de forma geral, se aplicando ao

ensino acadêmico (SCHERER, 2013), começando então, a serem vistas como conduta livre que favorecia o desenvolvimento da inteligência e facilitavam o estudo, desta forma, marcando uma profunda transformação no processo de conhecimento, tanto no campo da ciência quanto no meio artístico.

Para Moratori (2003), o lúdico é uma estratégia insubstituível para ser usada como estímulo na construção do conhecimento humano e na progressão das diferentes habilidades operatórias, além disso, é uma importante ferramenta de progresso pessoal e de alcance de objetivos institucionais.

A participação em jogos contribui para a formação de atitudes sociais como respeito mútuo, cooperação, obediência às regras, senso de responsabilidade, senso de justiça, iniciativa pessoal e grupal. O jogo é o vínculo que une a vontade e o prazer durante a realização de uma atividade. O ensino utilizando meios lúdicos permite criar ambientes gratificantes e atraentes servindo como estímulo para o desenvolvimento integral dos usuários. (MORATORI, 2003, pp.25).

O brincar também sempre esteve diretamente ligado ao aprendizado, principalmente no aprendizado de tarefas domésticas ou de trabalhos manuais (SANTANNA; NASCIMENTO, 2011), e com o desenvolvimento das atividades lúdicas¹, a sua importância como ferramenta pedagógica na educação escolar está cada vez mais perceptível.

Hoje, na era da contextualização, o desafio para tornar as aulas atraentes e cativar a atenção dos alunos não é tarefa fácil para os professores, especialmente com o avanço das novas tecnologias. Diante disso, é evidente que a educação atual requer novas técnicas ou até mesmo um aprimoramento das já existentes. Por isto, o lúdico pode tratar-se de um mecanismo útil, visto que, a ludicidade pode trazer consigo uma aula dinâmica e divertida, promovendo uma interação aluno-professor e aluno-aluno, propiciando assim, uma interatividade maior com todos.

Há muito tempo a educação tem se mostrado muito sisuda. Sendo semeado nos primeiros momentos do desenvolvimento humano o conceito de que a escola e as atividades escolares são processos penosos. Estes conceitos estão cada vez mais arraigados em nossa cultura. Nos habituamos desde cedo, a depreender que a escola é algo enfadonho, um dever visto de modo rígido, e não com prazer e satisfação. Dallabona e Mendes (2004) destaca que é muito importante aprender com alegria, neste segmento, faz-se importante, evidenciar que a educação pode ser mais suave, mais leve e mais prazerosa. Este método certamente passa pelo o lúdico, pois é uma das características mais inerentes ao ser humano, a capacidade humana e o ser brincante que existe naturalmente em nós.

¹ Uma atividade lúdica é uma atividade de entretenimento, que dá prazer e diverte as pessoas envolvidas. O conceito de atividades lúdicas está relacionado com o ludismo, ou seja, atividade relacionadas com jogos e com o ato de brincar.

Quando optamos por atividades lúdicas, [Dallabona e Mendes \(2004\)](#) enfatiza que facilitamos a tarefa de desenvolver competências e habilidades, contrapondo com a tarefa de absorção de conteúdos por meio da repetição, o que é uma maneira ideal para combater os métodos tecnicistas obtidos através do ensino tradicional. No modelo de educação baseado apenas na absorção de informações, o aprendizado é medido pela apresentação de resultados previsíveis, e de certa forma, automáticos, sem que haja a preocupação com os conceitos, com a motivação ou com o fato de que este aprendizado possa ser agradável. Deste modo, o aluno deve reproduzir processos em que se acredita ser eficiente na retenção dos conteúdos.

Brincando, o sujeito aumenta a sua independência, estimula a sua sensibilidade, visual e auditiva, valoriza sua cultura popular, desenvolve suas habilidades motoras, exercita a sua imaginação, sua criatividade, socializa-se, interage, reequilibra-se, recicla suas emoções, sua necessidade de conhecer e reinventar e, assim, constrói seus conhecimentos. ([DALLABONA; MENDES, 2004](#), pp.04).

Na literatura é comum associar o ensino lúdico à educação infantil e enfatizar a importância da ludicidade nessa faixa etária, essa vertente é quase que predominante no acervo literário que está ligado ao ensino lúdico. Essa perspectiva é assim associada, devido às brincadeiras serem inerentes ao desenvolvimento da criança. [Vygotsky et al. \(2008\)](#) evidenciam o relevante papel do ato de brincar na constituição do desenvolvimento infantil, ele destaca que, é brincando que a criança revela seu estado cognitivo, visual, auditivo, tátil, motor, seu modo de aprender e de entrar em uma relação cognitiva com um mundo de eventos, pessoas, coisas e símbolos ([DALLABONA; MENDES, 2004](#)). O pensamento de Vygotsky também converge ao de Piaget, onde descreve que uma vez que a criança brinca e desenvolve a capacidade para um determinado tipo de conhecimento, dificilmente ela perderá essa capacidade.

No entanto, apesar das bibliografias em geral serem voltadas ao ensino infantil, essa prática não deve ser predominante apenas para a educação infantil, ou tão somente para a educação básica. Por esse motivo, devemos frisar que as atividades lúdicas devem ser exploradas em todos os âmbitos escolares, e não aplicadas a uma faixa etária específica.

[Oliveira et al. \(2016\)](#) destacam a relevância do ensino lúdico na educação de jovens e adultos (EJA). Acentua ainda, a importância deste método para a modalidade de ensino, enfatizando que, as atividades lúdicas ajudam a envolver os alunos em um processo educativo norteado por práticas que possibilitam a inclusão educacional e social, ajudando na permanência do educando na escola, permitindo o seu desenvolvimento em múltiplas dimensões e fazendo com que este indivíduo se prepare para novos desafios que possam surgir.

[Verissimo e Santos \(2016\)](#) também demonstram que a educação lúdica não está restrita somente a essas modalidades (infantil ou EJA). Pois, destaca a importância que

o lúdico possui também no ensino superior, e salienta a relevância que as brincadeiras têm dentro da universidade, tanto para o aprendizado de conteúdos, quanto para um desenvolvimento psicológico saudável.

O ensino lúdico através das brincadeiras é importante não apenas para educação escolar, mas para o ser humano visto como um ser em desenvolvimento social. O aprender em si deve ser prazeroso, associado a um processo de descobertas como afirma [Vygotsky et al. \(2008\)](#). Nesse sentido, faz-se relevante, o resgate das brincadeiras como forma de conhecer o ser humano, de maneira que amplie seus horizontes, uma vez que o desenvolvimento do lúdico facilita a aprendizagem, o desenvolvimento pessoal, cultural e social. Ao passo que esses mecanismos possam colaborar também com o desenvolvimento de uma boa saúde mental, preparando o indivíduo para um estado interior abundante, facilitando os processos sociais, comunicativos, expressivos e construtivos no âmbito do conhecimento.

No entanto, é importante frisar que por se tratar de uma necessidade do ser humano em qualquer idade, o ensino lúdico não está relacionado com um comportamento displicente. Ele deve ser utilizado para impulsionar as novas ações na busca de um conhecimento mais elaborado e mais dinâmico, com o objetivo de proporcionar motivação ao estudo, independente das necessidades da compreensão imediata dos conteúdos, porém não pode ser visto apenas como uma atividade de diversão, de forma que o educador deixe apenas o indivíduo passar o tempo de modo ocioso e sem objetivo. Pelo contrário, o lúdico é um recurso pedagógico que envolve a brincadeira de maneira séria, e deve ser visto como um fator de aprendizagem significativa para o educando, que possibilite o desenvolvimento motor, cognitivo, afetivo e social.

A educação lúdica demonstra que ao ser aplicada, não está abandonando a seriedade e a importância dos conteúdos a serem apresentados ao indivíduo, pois as atividades lúdicas são indispensáveis para o seu desenvolvimento e para a assimilação dos conhecimentos, uma vez que possibilitam o avanço da percepção, da imaginação, da fantasia e dos sentimentos destes aprendizes.

Por meio das atividades lúdicas, os alunos aprendem e motivam-se a continuar aprendendo, estabelecem diferentes relações sociais, constroem novos conhecimentos, além de desenvolverem-se integralmente. A importância da satisfação no ensino da ciência também é um fator indispensável. Assim, vale ressaltar que muitos alunos sentem dificuldades em apreender conhecimentos através do ensino tradicional, submetendo o professor a buscar novas formas de ensinar e que os favoreçam. Portanto, o valor pedagógico da utilização de brinquedos científicos, como parte de tal posicionamento, tem sido devidamente realçado. No entanto, em alguns casos, é importante destacar que o uso de brinquedos não é recomendado, para evitar dificuldades e confusão, o que pode desalentar os estudantes.

3.2 A Importância dos Brinquedos para o Ensino da Física

Os brinquedos surgiram há muito tempo, entretanto, não se sabe a data precisa do seu surgimento. A importância dos brinquedos está muito além do ato de brincar, através deles, funções essenciais para o progresso do indivíduo podem ser desenvolvidas.

A utilização dos brinquedos ganhou destaque desde os tempos remotos, quando os gregos perceberam a importância deles para o desenvolvimento das crianças, onde estimulavam o pensamento criativo, o desenvolvimento social e emocional (BARBOSA, 2017).

Deste modo, na era da contextualização em que a educação se encontra, como já evidenciado anteriormente, o docente precisa buscar formas de ensino favoráveis ao desenvolvimento do aluno. Já evidenciamos que não existe uma forma específica, entretanto, a metodologia empregada no processo de ensino, deve proporcionar um significado para o aluno (quanto ao assunto abordado),² esse segmento está de acordo com o ensino lúdico, isto porque várias pesquisas convergem quanto à sugestão da necessidade de investimento em atividades lúdicas para favorecer esse tipo de aprendizagem. Nessa perspectiva de ensino, através de brincadeiras ou jogos, considera-se os brinquedos como uma ótima metodologia para um ensino eficaz e significativo.

Quando se trata da educação, quer seja a infantil ou não, os brinquedos caracterizam-se como um excelente mecanismo assistencial para muitos professores. No caso do ensino da Física, utilizam-se os brinquedos para despertarem nos alunos a curiosidade, e assim os ajudar a entender os princípios que regem os conteúdos abordados. Diante disso, os brinquedos devem ser utilizados não apenas como forma de diversão, mas também como ferramenta de aprendizado, como para ilustrar e para discutir vários tópicos de diversas ciências, especialmente a Física.

Como mencionamos anteriormente, atualmente é perceptível que a utilização de uma metodologia exclusivamente tradicional aplicada no ensino básico brasileiro não tem gerado motivação nos alunos, pelo contrário, tem gerado uma aprendizagem insuficiente. No entanto, ela é predominantemente utilizada no ensino da Física. Pimentel (2007) ressalta que dentre as tantas deficiências verificadas nas aulas, principalmente nas de Física, a falta de motivação dos alunos se evidencia como um dos grandes entraves para a melhoria do processo de ensino-aprendizagem. Dentre esses empecilhos enfrentados para a melhoria do ensino básico brasileiro, a utilização dos brinquedos pode ser uma ferramenta eficiente para diminuir, ou até mesmo combater esses obstáculos. A aplicação adequada dos brinquedos no ensino da Física tem sido evidenciada por diversos autores, e é considerada de grande relevância para o meio acadêmico. Ramos e Ferreira (1990) destacam que o uso

² A aprendizagem significativa ocorre quando duas condições são satisfeitas: a vontade de aprender do estudante e o significado que aquele conteúdo tem para ele.

de brinquedos e jogos para o ensino da Física, é uma “ferramenta” pedagógica poderosa, interessante e sedutora para ajudar a construir essa possibilidade educacional, ressaltando também que as experiências com utilização de brinquedos podem levar os alunos a uma nova visão sobre as ciências, em especial sobre a Física.

Nesse segmento, Feynman (2018)³ destaca a importância que os brinquedos possuem para o ensino da Física. Enfatizando ainda que foram eles que o ajudaram, quando criança, a entender a primeira lei de Newton, a qual gerava dúvidas e despertava a curiosidade para entender de forma lúdica, o fenômeno.

Quando eu era bem novo – não sei que idade exatamente – eu tinha uma bola em um carrinho que eu estava puxando e percebi uma coisa, então corri até meu pai para dizer que “Quando eu puxo o carrinho, a bola rola para trás, e quando eu estou correndo e paro, a bola rola para a frente. Por quê?” (FEYNMAN, 2018, pp.06).

A ludicidade criada pelos brinquedos pode despertar nos alunos o interesse em buscar respostas para compreender um determinado conteúdo, de modo que estimule a capacidade de aprendizagem, e a afeição do aluno por um dado fenômeno. Ela pode ser um agente capaz de resgatar às aulas de Física, a curiosidade e a vontade de manusear. Através dela, Pimentel (2007) destaca que o indivíduo vivencia regras sociais, éticas e das ciências naturais. Interage com leis, conceitos e fenômenos físicos, ainda que os desconheçam cientificamente.

Compete ao docente a iniciativa de associar atividades lúdicas e desafiadoras aos conteúdos abordados na aula. O professor é responsável por conciliar a ludicidade dos brinquedos à questionamentos que desafiem os educandos a pensarem sobre determinado fenômeno físico. Entretanto, para a utilização dos brinquedos com o intuito de despertar entre os educandos a curiosidade, faz-se necessário uma pesquisa prévia por parte do docente acerca do “funcionamento do brinquedo”, pois, eles podem exigir conhecimentos desconhecidos pelos docentes, já que são pouco explorados nos livros didáticos.

Pimentel (2007) ressalta também que para a utilização dessa metodologia, o professor deve refletir acerca da tecnologia presente nos brinquedos, identificando os princípios físicos que expliquem seu funcionamento, formulando as perguntas a serem apresentadas aos alunos, além de estimular os seus educandos à recriação dos brinquedos estudados, e a se apropriarem do funcionamento destes. A partir disso, a ludicidade despertada por qualquer que seja o brinquedo, pode ser acompanhada por uma visão crítica, na qual o professor pode debruçar-se em sala de aula para abordar diversos conceitos relacionados à mecânica clássica, buscando explicar o que acontece com aquele brinquedo.

³ Richard Feynman foi um físico norte-americano que deu contribuições importantes para a Física, tanto que em 1965 ganhou o prêmio Nobel de Física graças ao seu trabalho sobre Eletrodinâmica Quântica (GLEICK, 1993).

Na execução desta metodologia o educador tem a oportunidade de rever e atualizar seus próprios conhecimentos.

Existem diversos brinquedos que, através das experiências de manuseio e de sua utilização, podem levar os alunos a um novo entendimento sobre a Física. Muitos brinquedos, além de proporcionarem questionamentos interdisciplinares, servem também como recurso pedagógico na exploração de vários temas da própria Física. [Levinstein \(1982\)](#) destaca que é improvável para os estudantes, na vida real, relacionar as ciências, como é comumente feito nos textos dos livros. No entanto, para ele, um brinquedo pode sanar essas vertentes, visto que os mesmos são uma excelente ferramenta para a contextualização, podendo ilustrar, por exemplo, um princípio de mecânica e simultaneamente, um conceito de eletricidade

Portanto, ao evidenciar conceitos relacionados à Física, o docente pode ressaltar a importância dos brinquedos, apresentando características que podem ser relacionadas com a teoria através do livro didático, de forma que estimule os alunos a levantarem perguntas, e a questionarem a respeito da funcionalidade do brinquedo.

Existem diversos brinquedos que podem auxiliar o professor durante a aula, no entanto, cabe ao professor selecionar brinquedos adequados. Para a seleção dos brinquedos, [Germano e Freire \(2015\)](#) destacam que, devem ser consideradas algumas perguntas básicas: É um brinquedo atraente, lúdico e divertido? É apropriado para introduzir questões desafiadoras? Apresenta boa inserção cultural e estética? É de fácil aquisição ou construção a partir de material simples e de baixo custo? Tem potencial de manuseio e interatividade? Envolve fenômenos e acontecimentos explicáveis a partir de modelos físicos? Portanto, essas características são essenciais para a escolha da aplicação dos brinquedos diante da metodologia de ensino. Nesse segmento, brinquedos “da moda” e corriqueiros, devem ser explorados.

Neste trabalho, selecionamos alguns brinquedos, dentre as inúmeras possibilidades existentes, para explorar a Física em seu funcionamento dentro do contexto da mecânica clássica.

3.2.1 Os brinquedos populares selecionados

A seguir, elencamos alguns brinquedos populares, onde levamos em consideração o ensino da mecânica clássica. No próximo capítulo iremos explorar as propriedades físicas envolvidas em cada um destes brinquedos selecionados.

3.2.1.1 Carrinhos de brinquedo

O carrinho de brinquedo (Fig. 1) é um instrumento muito apreciado e utilizado, principalmente pelas crianças, e a sua utilização é conhecida desde a criação do próprio automóvel. Antes, a sua construção era predominantemente manual, fabricado especialmente

com madeira ou metal. No entanto, na era moderna, passaram a ser confeccionados com plástico. Graças a sua popularidade e à introdução dos veículos automotores no começo do século XX, começaram a construir cópias em miniaturas, mais ou menos realistas, de veículos reais, que podiam até mesmo serem controlados por um controle remoto.



Figura 1 – Pista de autorama para carros de brinquedo. Fonte: <http://twixar.me/zkq3>

Os carrinhos, por exemplo, são uma excelente ferramenta de ajuda para o entendimento de conceitos iniciais de mecânica clássica. Pimentel (2007) discute que os carrinhos de brinquedo são de grande auxílio para simplificar o estudo sobre colisões, quando as tentativas teóricas não apresentam um resultado satisfatório. Além das sugestões destacadas por Pimentel, destacamos que a sua utilização não se detém apenas a este assunto, podendo ser abordado em diversos outros. Desta forma, sugerimos a sua utilização para o estudo da cinemática, das leis de Newton e da conservação da energia mecânica.

Dias (2015) converge seu pensamento a Pimentel, descrevendo que o carrinho de brinquedo é um objeto de diversão que é amplamente utilizado pelas crianças, antes, mais pelos meninos, hoje, indistintamente, o que pode ser um fator determinante para a aprendizagem devido a sua capacidade de contemplar ambos os sexos, além da sua popularidade. Acentua ainda, que ele permite a observação de vários fenômenos físicos ligados à mecânica como: impulsão (força), energia potencial, energia cinética, movimento, velocidade, aceleração, desaceleração, atrito, distância percorrida, tempo, entre outros. Destacamos que existem diversos carrinhos de brinquedos com funcionamentos distintos, como os carrinhos de controle remoto⁴ e fricção.⁵

⁴ Carrinhos de controle remoto também são considerados como um ótimo instrumento para o estudo da Física, no entanto, não está atrelado somente ao estudo da mecânica, mas também, podemos utilizá-los em outras áreas da Física.

⁵ Carrinhos de fricção ou de corda são brinquedos mecânicos que funcionam transformando energia potencial (armazenada na mola durante o instante da fricção) em energia cinética.

Um tipo de brinquedo muito popular é o autorama, composto de uma pista com diversos formatos por onde os carrinhos deslocam-se. Alguns deles se assemelham bastante com uma montanha russa, realizando *looping*, que podem fazer com que, quem o manuseia, divirta-se com as incríveis voltas de até 360 graus, como pode ser visto na Fig. 1. Aqui existe a possibilidade de relacionar a conservação da energia mecânica com o seu funcionamento.

Ao analisarmos o funcionamento do brinquedo, muitas perguntas podem surgir. Perguntas simples, no entanto, importantes de serem discutidas em sala de aula, como por exemplo: como ele consegue realizar um looping sem desprender do autorama? Essa pergunta efetivamente pode despertar a curiosidade do aluno.

3.2.1.2 Ioiôs

Pouco se sabe sobre a exatidão da época em que ocorreu o surgimento do ioiô, no entanto, existem relatos de que eles foram criados na China ou na Grécia, devido aos primeiros registros que foram encontrados nesse último país. Entretanto, não se pode negar que ele é um dos brinquedos mais antigos. O ioiô alcançou uma enorme popularidade na Europa no século XVIII e XIX, onde teve nomes diferentes, como bandelore, quiz e L'emigrette. Ele era utilizado como uma forma de diversão e relaxamento pelo Rei Louis XVII, Napoleão e suas tropas. Os primeiros ioiôs eram feitos de cerâmica (barro), com sua corda diretamente amarrada em seu eixo, no entanto com o avanço da tecnologia, seu processo de confecção evoluiu e hoje existem diversos modelos, com os mais habituais feitos de plástico, madeira ou metal, onde são unidos no centro por um eixo no qual prende-se uma corda, como pode ser visto na Fig. 2.



Figura 2 – Um modelo de Ioiô com corpo em plástico. Fonte: <http://twixar.me/Rkq3>

Existem diversos modelos de ioiôs, mas um dos mais impressionantes foi construído no MIT em 1977. A corda, feita de náilon, tinha 81 metros de comprimento; a estrutura do ioiô consistia em rodas de bicicleta de 66,00 centímetros unidas por um eixo de aço; o ioiô foi lançado de um edifício de 21 andares (WALKER, 2008). Ainda mais incrível foi um ioiô de 116 quilos que Thomas Kuhn jogou do alto de um guindaste, em 1979, para

estabelecer o record do ioiô mais pesado. O ioiô, de 1,3 metro de altura e quase 0,8 metro de largura, tinha as mesmas dimensões relativas de um ioiô comum e foi lançado de uma altura de aproximadamente 30 metros.

Walker et al. (2008) descreve que o ioiô é um laboratório de Física que cabe no bolso. Através dele, podemos elucidar diversos conceitos relacionados à mecânica, em especial, a dinâmica. À vista disso, o seu funcionamento é gerenciado pela conservação de energia mecânica. No entanto, através dele, não somente este princípio pode ser abordado, mas também conceitos como a velocidade angular, aceleração linear e angular, momento de inércia, centro de massa, torque, momento angular. Logo, esses são apenas alguns dos abundantes conceitos que podem ser elucidados pelo professor.

Além disso, Walker (2008) realiza algumas perguntas sobre o brinquedo, e a respeito do funcionamento do brinquedo, essas perguntas podem, de certa forma, gerar curiosidade, como por exemplo: por que a velocidade para baixo aumenta num primeiro momento e depois diminui? Ou porque alguns tipos de ioiô fazem um dorminhoco? (Ou seja, continuam girando no final da corda), ou como se interrompe um dorminhoco para iniciar a subida? Essas perguntas podem parecer simples, no entanto, são de grande importância, pois abordam diversos conceitos físicos que são essenciais para a ministração do conteúdo. Ele também destaca que podemos fazer vários tipos de “truques” com o brinquedo, como a “volta ao mundo” e “cachorrinho passeando”, que abordaremos mais adiante como é o seu funcionamento. Nessa perspectiva, consideramos o ioiô como um ótimo instrumento para o ensino, devido a sua popularidade e a sua capacidade de atrair pessoas de qualquer que seja a idade.

3.2.1.3 *Fidget Spinner*

Fidget Spinner é um brinquedo bastante popular nos dias atuais, classificado como excelente passatempo, capaz de ajudar pessoas com déficit de atenção, ajudando no foco e na concentração, além do controle da ansiedade.

O *spinner*, como é popularmente conhecido, possui um tamanho que varia entre 6 a 8 centímetros de diâmetro, ou seja, é consideravelmente um objeto pequeno, que apresenta um disco central e duas ou três pás agarradas ao disco, como mostra a Fig. 3, e sua função principal é girar. O brinquedo é conhecido como “pião dos tempos modernos”, pois o mesmo entra em rotação quando se segura a parte central e impõe-se um impulso inicial (MACISAAC, 2017).

Considerado como um objeto de diversão, ele é amplamente utilizado pelas crianças, jovens e adultos. Esse brinquedo, assim como os outros sugeridos nesta seção, é visto como um ótimo instrumento educacional, pois também permite ao professor elucidar diversos termos relacionados à Física. Deste modo, podendo evidenciar para os alunos diversos fenômenos físicos ligados à mecânica, como: velocidade linear, velocidade angular,



Figura 3 – Um modelo clássico de *spinner*. Fonte: <http://twixar.me/Vkq3>

aceleração, desaceleração, atrito, distância percorrida, energia cinética, movimento, torque, momento angular, entre outros. No entanto, dentre os diversos conceitos sugeridos, podemos destacar e estudar com clareza, a grandeza física torque e também o momento angular, visto que o seu funcionamento obedece basicamente a essas vertentes. Desta forma, é uma ferramenta que possibilita a construção de uma aprendizagem mais significativa, uma vez que permite o relacionamento dos conhecimentos prévios ao novo conteúdo que se busca dominar.

3.2.1.4 Pipas

A pipa (Fig. 4), também conhecida de papagaio, pandorga ou raia, dependendo da região do país, é um brinquedo existente há milhares de anos e foi responsável por grandes avanços científicos. Em 12 de dezembro de 1921, Marconi utilizou pipas para fazer experiências com a transmissão de rádio, teste que, mais tarde, seria utilizado por Graham Bell em seu invento, o telefone. Em 1752, Benjamim Franklin prendeu uma chave ao fio da pipa e a empinou num dia de tempestade. A eletricidade das nuvens foi captada pela chave e pelo fio molhado, desta forma, descobrindo assim, o para-raio. O inglês Douglas Archibald, em 1883, prendeu um anemômetro (medidor de vento) à linha de uma pipa e mediu a velocidade do vento a 360m de altura. Guglielmo Marconi em 1901 usou uma pipa para erguer uma antena e fez a primeira transmissão de rádio. Ela possui modelos diversos, e comumente é encontrada em diferentes culturas.⁶ A pipa é considerada um instrumento de fácil confecção, que qualquer um pode projetar e construir, e funciona baseando-se nas forças aerodinâmicas devido ao vento e à corda segurada pelo operador, como será discutida no próximo capítulo.

As pipas são consideradas uma excelente ferramenta para o estudo da dinâmica.

⁶ Na China, o dia nove do mês nove é o "Dia do Papagaio". Adultos e crianças do sexo masculino dirigem-se às colinas para empinar suas pipas.



Figura 4 – Modelo de pipa sendo manuseada por um criança. Fonte: <http://twixar.me/skq3>

(YAMAZATO, 2010)⁷ destaca o imenso potencial pedagógico e multidisciplinar que as pipas possuem, principalmente através de oficinas, e após o término, os alunos conseguem internalizar conceitos, tanto da Física, quanto da matemática. Dentre os conceitos abordados, destacamos os conceitos de: força, área, densidade, equilíbrio, princípio de Bernoulli, pressão, calor, temperatura, velocidade, direção, sentido, deformação, centro de gravidade e princípios da óptica geométrica.

Nesse sentido, sugerimos que as pipas sejam apresentadas aos alunos, para que posteriormente, durante a aula, questionamentos sejam levantados tanto por parte dos professores, quanto dos alunos, como por exemplo: como uma pipa consegue se manter no ar? Por que seu movimento não é caótico, de forma que, quando estável, a pipa não gire no ar? E se a estrutura da pipa não fosse simétrica? As respostas poderiam aparecer em consonância com a teoria abordada durante a aula.

3.2.1.5 Pião

Os piões são brinquedos populares que existem há bastante tempo. Possuem formato cônico, e em sua extremidade há uma ponta de metal. Recentemente, eles são construídos de madeira como descrito na Fig. 5, entretanto, existem relatos de que já existiam na Babilônia há cerca de 3 mil anos a.C, feitos de argila e apresentavam as bordas decoradas com formas de animais. No museu Johns Hopkins, em Baltimore (Estados Unidos), existe um vaso grego pintado há aproximadamente 2500 anos, e nele são vistas duas pessoas observando a dança de um grande pião de madeira. Os piões também foram encontrados nas escavações de Pompéia (Itália) (VON, 2001).

Ao analisarmos o funcionamento do brinquedo, sugerimos algumas perguntas que podem nortear o professor para uma aula dinâmica e interativa. Perguntas simples, no

⁷ Yamazato é engenheiro mecânico aposentado e apaixonado por educação e por pipas. Ele percorre o Brasil apresentando sua metodologia, batizada por ele de “pipamodelismo” (PIMENTEL, 2007).

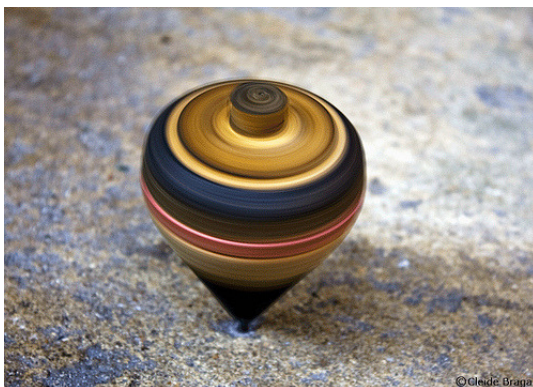


Figura 5 – Pião de madeira com ponta de aço girando em um modo praticamente estável (modo “dorminhoco”). Fonte: <http://twixar.me/xkq3>

entanto, importantes para serem discutidas pelo professor em sala de aula, ao passo que, irá instigar a curiosidade dos alunos, como por exemplo: por que eles não tombam quando estão girando, e enquanto se inclinam apreciavelmente em relação ao eixo vertical? Ou porque alguns piões inicialmente dormem (isto é, permanecem na vertical) enquanto outros giram, e simultaneamente o seu eixo de rotação também rotaciona em torno de um eixo vertical?

4 A FÍSICA DOS BRINQUEDOS POPULARES

Nesta parte do trabalho, iremos apresentar um estudo das grandezas físicas relacionadas aos brinquedos apresentados na seção 3.2.1 do capítulo anterior, apresentando conceitos fundamentais relacionados ao tópico de mecânica clássica vistos nos cursos básicos de Física.

4.1 Estudando a Conservação da Energia Mecânica em Carros de Brinquedo

Ao estudarmos os carrinhos de brinquedo, constatamos que através deles podemos analisar e discutir diversos temas da Física. Como já comentamos, existem diferentes tipos de carrinhos de brinquedo. No entanto, vamos nos ater a estudar um carrinho em uma pista (autorama). Em aulas de cinemática, esse brinquedo pode caracterizar-se como um ótimo instrumento educacional, pois permite ao professor elucidar diversos termos relacionados aos movimentos. Dessa maneira, evidenciando os fenômenos físicos, como por exemplo, a velocidade linear obtida pelo carrinho em um determinado trecho do trajeto, a velocidade angular, aceleração, desaceleração, distância percorrida, energia cinética e potencial, entre outros. Além de temas ligados à dinâmica, como por exemplo, a influência das forças dissipativas no sistema.

À vista disso, existe um leque de situações que podem ser abordadas pelo professor. No entanto, sugerimos abordagens de temas ligados à conservação de energia, visto que alguns desses brinquedos conseguem funcionar integralmente através das transformações de energia cinética e potencial gravitacional. Contudo, para fins didáticos, vamos considerar que no sistema não existe dissipações de energias.

Ao analisarmos o funcionamento do brinquedo, podemos destacar a sua capacidade de realizar voltas completas (*looping*). No entanto, como ele consegue realizar um looping sem desprender do autorama? Essa pergunta pode caracterizar-se particularmente intrigante para o aluno. Para que isso ocorra, uma velocidade mínima deve estar associada ao carrinho quando ele passa pelo pico do círculo. Para entendermos essa situação, imaginaremos a seguinte situação, evidenciando o diagrama de forças na Fig. 6.

Na Fig. 6, demonstramos uma seção do autorama, onde considera-se que o carrinho parte do repouso quando na posição A, e desloca-se até a posição B. Nesse caso, é bastante intuitivo pensar que, quanto maior for a velocidade com a qual o carrinho passa pelo o

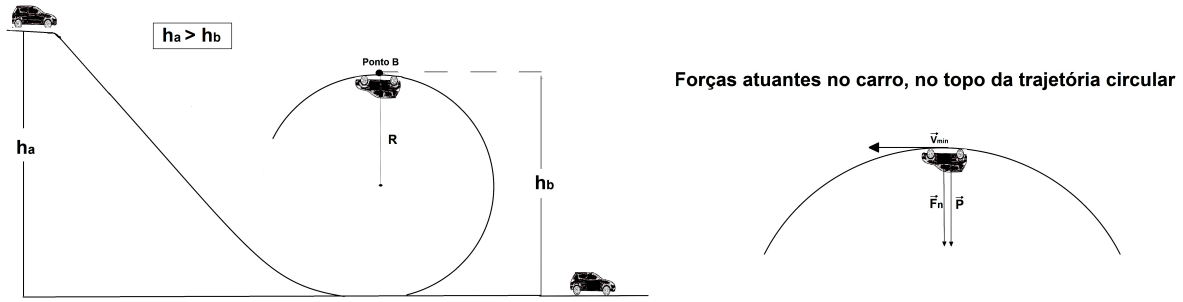


Figura 6 – Trajetória do carrinho durante um percurso em um autorama. Fonte: Elaboração do autor.

ponto B, maior será a compressão exercida por ele sobre o trilho. Diante disso, podemos imaginar que a velocidade é diretamente proporcional à força normal, isto é, quanto menor for a velocidade, menor será a força normal. De modo que na situação limite, onde a velocidade é mínima (para que o carrinho não perca contato com o trilho e consiga efetuar a volta completa) a força normal deve ser nula, portanto, a única força que vai está atuando sobre o carrinho é a força peso.

Portanto, pela segunda Lei de Newton, no ponto B temos:

$$\begin{aligned}\vec{F}_R &= \vec{F}_{cp} = M\vec{a}, \\ Mg + F_N &= Ma_{cp} = M\frac{v_b^2}{R}.\end{aligned}\quad (4.1)$$

Sendo M a massa do carrinho, F_N é a força normal exercida pela trilho e R é o raio da região circular por onde o carrinho realiza o *loop*. Uma vez que o movimento realizado pelo carrinho é circular, a força resultante no sistema vai ser a própria força centrípeta, segundo termo da Eq. (4.1).

Como na situação limite, a velocidade mínima para o carrinho realizar o *loop*, ocorre quando a força normal se anula, ou seja, $F_N = 0N$. Logo:

$$\frac{v_b^2}{R} = g \quad \Rightarrow \quad v_b = \sqrt{gR}.\quad (4.2)$$

Portanto, a velocidade mínima é igual à raiz quadrada do produto do raio da circunferência R com a aceleração da gravidade g e, dessa forma, o carrinho não cai devido a essa velocidade.

Um outro questionamento que podemos fazer é: se considerarmos que o carrinho cai de uma altura h_a desconhecida e descreve a trajetória indicada na Fig. 6, sendo o raio da curva dado por R , qual seria a menor altura h_a para que a situação descrita acima fosse possível? Para obtermos a resposta, temos que elucidar que a velocidade está ligada à altura em que o carrinho parte do repouso, isto porque, ele converte energia potencial em energia cinética. Portanto, uma altura mínima deve ser associada do ponto A ao solo,

facilmente calculada pela conservação da energia mecânica:

$$E_A = E_B,$$

$$K_A + U_A = K_B + U_B, \quad (4.3)$$

$$\frac{1}{2}Mv_a^2 + Mgh_a = \frac{1}{2}Mv_b^2 + Mgh_b. \quad (4.4)$$

Sendo h_a ($h_b = 2R$) a altura do ponto A (B) em relação à superfície horizontal. Considerando que o carrinho parte do repouso ($v_a = 0$), e a velocidade em B definida pela Eq. (4.2), teremos:

$$gh_a = gh_b + \frac{1}{2}(\sqrt{Rg})^2 \Rightarrow h_a = 2R + \frac{R}{2}. \quad (4.5)$$

Logo, a altura mínima está diretamente relacionada com a velocidade mínima atingida pelo carrinho no ponto B, o que ocorre nas condições analisadas anteriormente em condições críticas para $F_N = 0$, ou seja,

$$h_{a(min)} = \frac{5R}{2}. \quad (4.6)$$

É claro que essa é apenas uma das inúmeras relações que o professor pode explorar em sala de aula, pois além desses tópicos abordados, os carrinhos podem ser relacionados não somente à mecânica clássica, mas também, a outras áreas do ensino de Física. Desta forma, considera-se o brinquedo em discussão, como uma ferramenta que possibilita a construção de uma aprendizagem mais significativa, uma vez que permite o relacionamento dos conhecimentos prévios ao novo conteúdo que se busca dominar.

4.2 A Curiosa Física do ioiô

Como mencionamos anteriormente, [Walker et al. \(2008\)](#) afirma que “o ioiô é um laboratório de Física que cabe no bolso!”. De fato, através dele, podemos elucidar diversos conceitos relacionados à mecânica, em especial, a dinâmica.

Para responder às questões levantadas na sub-subseção 3.2.1.2, precisamos entender o princípio de conservação de energia, especialmente, da energia mecânica. Graças a este fenômeno é que o brinquedo consegue ser tão atraente.

Quando deixamos um objeto cair livremente, a energia potencial se transforma em energia cinética e o objeto adquire velocidade proporcional ao tempo de queda, isso acontece devido a aceleração imposta pela gravidade. No entanto, suponha que você deixe o ioiô cair, ao invés de arremessá-lo para baixo, a situação descrita anteriormente não se aplica ao ioiô, e isso acontece por duas razões, a primeira é porque ele está girando, a segunda é porque a velocidade de rotação depende do número de voltas realizada da corda entorno da estrutura do ioiô.

Precisamos lembrar que, quando o brinquedo desce rolando uma distância h ao longo da corda, a energia potencial armazenada no brinquedo, que para esse caso, equivale a Mgh ¹ é convertida em energia cinética, energia essa obtida tanto na forma de translação, como também na de rotação, definidas por $\frac{1}{2}Mv_{CM}^2$ e $\frac{1}{2}I_{CM}\omega^2$, respectivamente. Aqui $I_{CM} = MR^2/2$ é o momento de inércia do ioiô girando em torno do eixo central. Ressaltamos que, apesar do sistema não ser conservativo, podemos considerar a transformação total da energia potencial em energia cinética, isso porque, as perdas devidas às forças dissipativas são consideravelmente baixas.

Diante disso, imagine que o ioiô está descendo e desenrolando a corda, neste caso, notamos que, durante a descida, o ioiô gira cada vez mais depressa, o que o deixa com pouca energia para acelerá-lo para baixo. Percebemos também que, quanto a velocidade de descida do ioiô, em primeira instância ela aumenta, e posteriormente, quando estiver mais ou menos perto da metade do caminho, começa a diminuir.

Ao final do percurso, quando o ioiô chega ao ponto extremo do cordão, ele sofre uma força para cima devido ao fio ter acabado, isto é, quando o ioiô “bate” na extremidade inferior da corda, uma força dirigida para cima, exercida pela corda sobre o eixo, interrompe a descida. E então, fica girando no mesmo ponto por alguns segundos, isso acontece, porque nesse instante ele possui apenas energia cinética rotacional e por causa da inércia, ele tende a ficar girando neste ponto até que alguma força externa atue sobre ele. Entretanto, devemos frisar que, se você esperar demais para interromper o “dorminhoco”, a quantidade de energia perdida entre o eixo e a corda será grande demais, e o ioiô não conseguirá subir de volta para sua mão. Destacamos também que a energia cinética rotacional do ioiô na extremidade inferior (e portanto, o “tempo de sono”) pode ser consideravelmente aumentada arremessando-se o ioiô para baixo para que ele comece a descer a corda com velocidades iniciais v_{CM} e ω , em vez de rolar para baixo a partir do repouso (WALKER et al., 2008).

Para que o “dorminhoco” seja interrompido é necessário um puxão na corda, fazendo com que o eixo do ioiô volte a subir pelo cordão, e conforme ele sobe, passa a ter novamente energia cinética de translação, que vai diminuindo até que ele volte a ter energia potencial e chegue à mão do lançador.

Na situação de funcionamento de um ioiô, o fio se desenrola sem deslizar e esticar, através do eixo central do brinquedo, assim o ioiô cai e gira. Nessa situação, podemos então, por meio das considerações de energia, achar a velocidade (v_{CM}) do centro de massa do cilindro sólido durante a queda, após percorrer uma distância h . Descrevemos a situação na Fig. 7.

No sistema, iremos considerar que a extremidade superior do fio permanecerá fixa,

¹ Destacamos que a massa da corda, para este caso, é desprezível em relação a massa do ioiô, fazendo com que o sistema não sofra alterações. Caso contrário, em movimento, a massa do sistema varia.

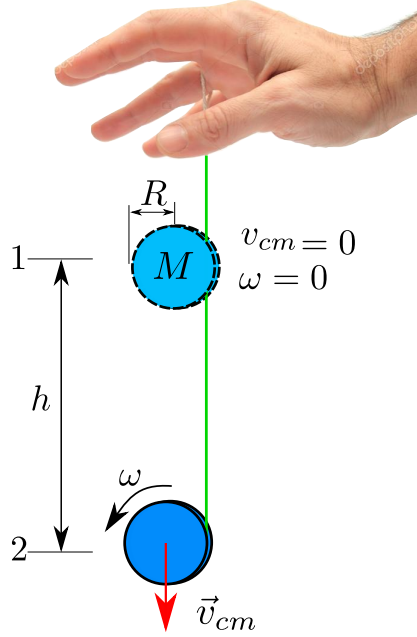


Figura 7 – Ilustração de um ioiô descendo e desenrolando a corda, mostrando uma posição inicial (1) e o limite do tamanho da corda (2). Fonte: (YOUNG; FREEDMAN, 2008), adaptado pelo o autor.

e, portanto, a mão do lançador não realizará trabalho sobre o sistema (fio e cilindro). Desta forma, podemos utilizar a lei da conservação da energia mecânica (Eq. (4.3)). Para tanto, precisamos determinar a energia cinética do cilindro na posição 2, já que a energia cinética do fio é desprezível, pois consideramos a massa do fio muito menor que a massa do ioiô. A energia cinética total na posição 2 será dada por:

$$K_2 = E_{trans.} + E_{Rot.} = \frac{1}{2}Mv_{CM}^2 + \frac{1}{2}I_{CM}\omega^2, \quad (4.7)$$

$$K_2 = \frac{1}{2}Mv_{CM}^2 + \frac{1}{2}\left(\frac{1}{2}MR^2\right)\left(\frac{v_{CM}}{R}\right)^2 = \frac{3}{4}Mv_{CM}^2. \quad (4.8)$$

Note que, na situação do ioiô girando, a energia cinética no ponto 2 é um pouco maior do que se estivesse em queda livre, mais precisamente 1,5 vezes maior. Onde 2/3 do total da energia cinética são de translação e 1/3 de rotação. Finalmente, podemos calcular a v_{CM} através do teorema da conservação da energia mecânica.

$$Mgh = \frac{3}{4}Mv_{CM}^2, \quad (4.9)$$

$$v_{CM} = \sqrt{\frac{4}{3}gh}. \quad (4.10)$$

Ressaltamos que a energia cinética K_1 , e a energia potencial gravitacional no ponto 2, equivalem a zero, pois não existe movimento no ponto 1 e não existe energia potencial gravitacional armazenada no brinquedo no ponto 2, além de nenhuma energia mecânica

ter sido perdida ou ganha. E como nem toda a energia liberada vai para translação, v_{CM} para esse caso, ela será menor do que $\sqrt{2gh}$, o que seria esperado caso o objeto estivesse em queda livre.

Podemos determinar também a aceleração. No entanto, precisamos recordar a expressão utilizada para um corpo em rolamento para baixo sobre uma rampa, definida pela Eq. 4.11:

$$a_{CM,x} = -\frac{g \sin \theta}{1 + \frac{I_{CM}}{MR^2}}. \quad (4.11)$$

Podemos utilizar essa equação para determinar a aceleração linear ($a_{CM,x}$) de qualquer corpo que role suavemente em um plano inclinado e que faça um ângulo com a horizontal.² A expressão para a_{CM} do ioiô para a situação descrita na Fig. 7, podemos calcular de forma análoga à Eq. 4.11, no entanto, ao invés do ioiô descer rolando uma rampa, ele desce por uma corda que forma um ângulo de 90 graus com a horizontal. E ao invés do brinquedo rolar sobre a superfície externa de raio R , o ioiô rola em torno de um eixo de raio R_0 . Desse modo, a análise do movimento nos levaria a uma situação análoga à Eq. (4.11), apenas tomando $\theta = 90$ graus, portanto, obtemos:

$$a_{CM,x} = -\frac{g \sin \frac{\pi}{2}}{1 + \frac{I_{CM}}{MR_0^2}} = -\frac{g}{1 + \frac{I_{CM}}{MR_0^2}}. \quad (4.12)$$

4.2.1 Movimento do ioiô sobre uma superfície plana

4.2.1.1 Corda desenrolando a partir da extremidade inferior do eixo central

Uma situação clássica é a de um momento hipotético de um ioiô apoiado sobre uma mesa. Supõe-se que o ioiô está sobre uma mesa e alguém o puxa horizontalmente em sua direção, de modo que a corda desenrole a partir da extremidade inferior do eixo central, como ilustrado na Fig. 8.

Nesse caso, o ioiô irá se mover na direção do sujeito, na direção oposta ou vai ficar girando no mesmo lugar? Essa situação é particularmente intrigante. Porém, a análise se tornará fácil se lembrarmos que o ponto de contato entre o ioiô e a mesa é o ponto do qual um torque será exercido. Como o atrito da mesa com o brinquedo também atua nesse ponto, não cria nenhum torque para fazer o ioiô girar. Portanto, para determinar a direção em que o ioiô irá se movimentar, é preciso considerar apenas o torque exercido pela corda. Assim, se desenrolarmos a corda a partir da extremidade inferior do eixo, quando puxarmos a corda horizontalmente, o torque que ela criará em relação ao ponto de contato

² Para o caso de um corpo rolando para baixo em uma rampa, θ , é o ângulo formado pela força gravitacional e a sua componente vertical, Walker et al. (2008, pp.299).

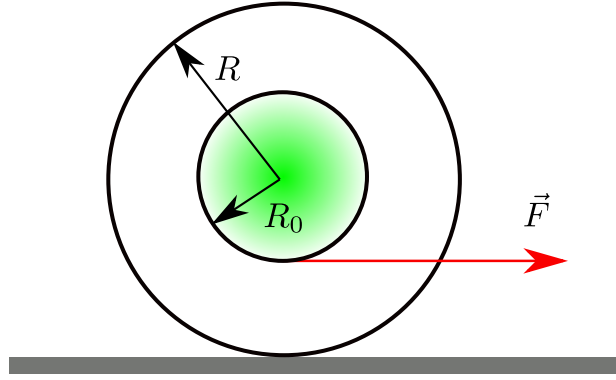


Figura 8 – Ioiô rolando sobre uma superfície a partir a partir da extremidade inferior do eixo central. Fonte: Elaboração do autor.

terá sentido horário e o ioiô se aproximará do sujeito. Destacamos que, a resposta para essa pergunta pode ser descrita tanto qualitativamente, como fizemos, quanto de forma analítica.

Para entendermos de forma analítica, imaginemos que esse ioiô que está sobre a mesa, possui uma massa M e um momento de inércia I_{CM} (momento de inércia em relação ao centro de massa do brinquedo), com raio inteiro R_0 e raio externo R , onde o fio enrolado está enrolado por baixo e faz um ângulo θ com a direção horizontal, como demonstrado na Fig. 9.

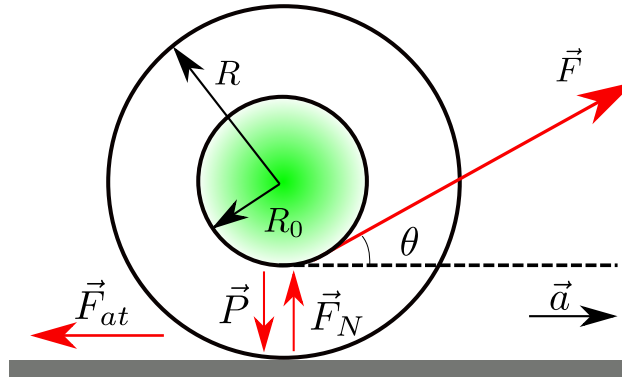


Figura 9 – Ioiô sobre uma superfície sendo puxada pela parte inferior do eixo central. Fonte: Elaboração do autor.

É importante frisar que, para este caso, o ioiô não desliza sobre a mesa, e o módulo componente vertical da força $\vec{F}$ ($F \sin \theta$) é menor que a força peso, o que nos garante que o brinquedo não sairá da mesa. Desta forma, podemos determinar a aceleração linear e rotacional através da segunda lei de Newton, respectivamente, por:

$$Ma = F \cos \theta - F_{at} \quad \Rightarrow \quad F_{at} = F \cos \theta - Ma, \quad (4.13)$$

$$I_{CM} \vec{\alpha} = \vec{\tau}_{res} = \vec{\tau}_P + \vec{\tau}_N + \vec{\tau}_{F_{at}} + \vec{\tau}_F. \quad (4.14)$$

No entanto, em relação ao centro de massa, o torque da força peso e da força normal são equivalentes a zero, além do torque da força de atrito possuir sentido contrário ao torque da força aplicada, o que nos proporciona:

$$I_{CM}\alpha = \tau_{F_{at}} - |\tau_F|. \quad (4.15)$$

Atráves da imposição de que o fio não desliza, podemos utilizar a equação do rolamento suave $a_{CM} = \alpha R$.

$$I_{CM}\alpha = F_{at}R - FR_0, \quad (4.16)$$

$$a \left(\frac{I_{CM}}{R} \right) = F_{at}R - FR_0, \quad (4.17)$$

$$F_{at} = \frac{a}{R} \left(\frac{I_{CM}}{R} \right) + \frac{FR_0}{R}. \quad (4.18)$$

Após essa imposição, podemos substituir a Eq. (4.18) em (4.13),

$$Ma = F \cos \theta - \frac{1}{R} \left(I_{CM} \frac{a}{R} + FR_0 \right), \quad (4.19)$$

$$Ma = F \cos \theta - \frac{1}{R^2} I_{CM} a - \frac{R_0}{R}, \quad (4.20)$$

$$Ma + \frac{1}{R^2} I_{CM} a = F \cos \theta - \frac{R_0}{R}, \quad (4.21)$$

$$Ma \left(1 + \frac{I_{cm}}{MR^2} \right) = F \left(\cos \theta - \frac{R_0}{R} \right), \quad (4.22)$$

$$a = \frac{F}{M} \left(\frac{\cos \theta - \frac{R_0}{R}}{1 + \frac{I_{cm}}{MR^2}} \right). \quad (4.23)$$

Note que o sentido da aceleração pode variar de acordo com o sinal do numerador. Para qualquer valor atribuído a θ e $\frac{R_0}{R}$, os resultados para ambas as situações serão igualmente menores do que 1 (o raio interno sempre será menor que o raio externo). Portanto, quando conferimos valores ao $\cos \theta$, maiores do que $\frac{R_0}{R}$ ($\cos \theta > \frac{R_0}{R}$), a aceleração é positiva e o sistema desloca-se para a direita (Fig. 10-(a) e (b)). No entanto, se $\frac{R_0}{R}$ for maior do que valor atribuído para $\cos \theta$, a aceleração é negativa e o sistema desloca-se para a esquerda (Fig. 10 - (d)). Concluimos então, que para a situação da corda, em que ela é puxada na direção horizontal ($\theta \Rightarrow 0^\circ$) (Fig. 10 - (a)), o sistema desloca-se para direita, como descrito na análise qualitativa (WALKER, 2008).

Frisamos que, para as inúmeras relações, existe um caso especial. Quando o valor $\cos \theta$ é idêntico a $\frac{R_0}{R}$, nessa situação não existirá aceleração, portanto, o torque será

eliminado e o ioiô ficará girando no mesmo lugar (Fig. 10 - (c)). Deste modo, podemos concluir que, existe um ângulo crítico que de acordo com a sua magnitude, o fio desenrola ou enrola, fazendo com que o brinquedo avance ou recue. Para elucidarmos melhor as situações descritas anteriormente, observe os esquemas expostos na Fig. 10.

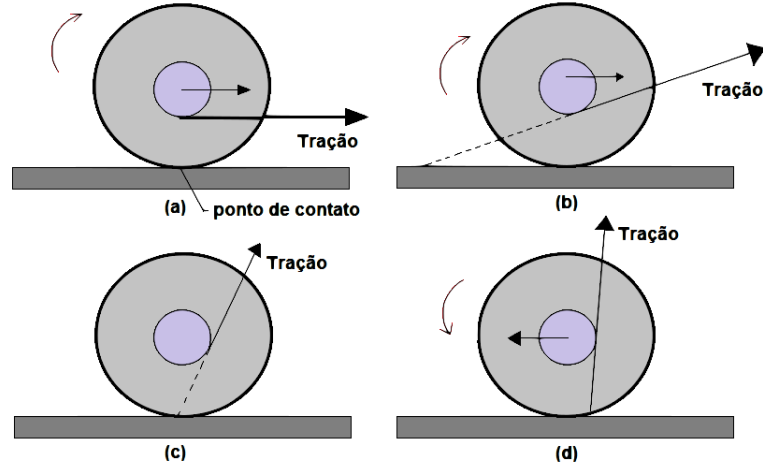


Figura 10 – Esquemas atrelados à direção da força aplicada em um ioiô apoiado sobre uma mesa. Fonte: (WALKER, 2008).

Sabendo-se o valor da aceleração, podemos destacar também o valor da força de atrito, substituindo a Eq. (4.23) em (4.13), desta forma, obtemos:

$$F_{at} = F \cos \theta - M \left[\frac{F}{M} \left(\frac{\cos \theta - \frac{R_0}{R}}{1 + \frac{I_{CM}}{MR^2}} \right) \right], \quad (4.24)$$

$$= F \cos \theta - F \left(\frac{\cos \theta - \frac{R_0}{R}}{1 + \frac{I_{CM}}{MR^2}} \right), \quad (4.25)$$

$$= \frac{F \cos \theta \left(1 + \frac{I_{CM}}{MR^2} \right) - F \left(\cos \theta - \frac{R_0}{R} \right)}{\left(1 + \frac{I_{CM}}{MR^2} \right)}, \quad (4.26)$$

$$F_{at} = \frac{F \left(\cos \theta \frac{I_{CM}}{MR^2} + \frac{R_0}{R} \right)}{\left(1 + \frac{I_{CM}}{MR^2} \right)}. \quad (4.27)$$

Apesar da força de atrito possuir um caráter “incomum”, ela não muda de sentido, pois seus termos são todos positivos e, por isso, para esse caso, ela aponta sempre para a esquerda. No entanto, ressaltamos que isso só acontece devido ao fio desenrolar a partir da extremidade inferior do eixo central, caso contrário, a força de atrito poderia variar de sentido (IRODOV, 1998).

4.2.1.2 Corda desenrolando a partir da extremidade superior do eixo central

Supõe-se agora, que alguém continue puxando a corda horizontalmente em sua direção, no entanto, desta vez, de modo que a corda desenrole a partir da extremidade superior do eixo central, como ilustrado na Fig. 11.

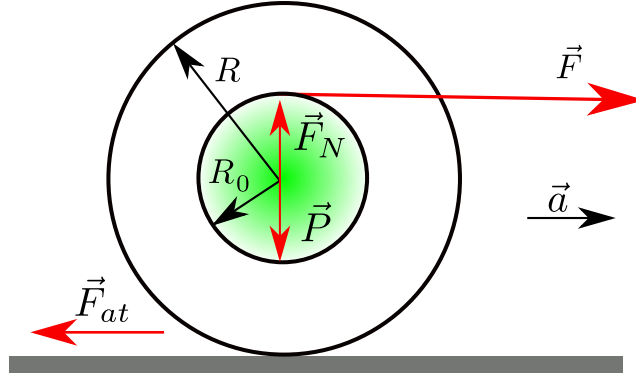


Figura 11 – Ioiô sobre uma superfície sendo puxado pela parte superior do eixo central.
Fonte: Elaboração do autor.

Neste caso, o ioiô irá se mover na direção do sujeito, na direção oposta ou vai ficar girando no mesmo lugar? A análise é análoga à situação anterior (frisamos também, que o ioiô não desliza sobre a mesa). Utilizando a segunda lei de Newton para determinar a aceleração linear e rotacional, respectivamente, temos:

$$M\vec{a} = \vec{F} - \vec{F}_{at} \Rightarrow \vec{F}_{at} = \vec{F} - M\vec{a}, \quad (4.28)$$

$$I_{CM}\vec{\alpha} = \vec{\tau}_{res} = \vec{\tau}_{F_{at}} + \vec{\tau}_F \Rightarrow I_{CM}\vec{\alpha} = \vec{F}_{at}R + \vec{F}R_0. \quad (4.29)$$

Destacamos que, para este caso, o torque da força normal e o torque da força peso são nulos, e pela condição de não deslizamento, a aceleração do centro de massa é proporcional a αR , portanto, podemos escrever a Eq. (4.29) como:

$$I_{CM} \left(\frac{a}{R} \right) = F_{at}R + FR_0, \quad (4.30)$$

$$\begin{aligned} F_{at} &= \frac{I_{CM} \left(\frac{a}{R} \right) - FR_0}{R}, \\ &= \frac{1}{R} \left(\frac{I_{CM}a}{R} - FR_0 \right), \end{aligned} \quad (4.31)$$

substituindo a Eq. (4.31) em (4.28),

$$Ma = F - \frac{1}{R} \left(\frac{I_{CM}a}{R} - FR_0 \right), \quad (4.32)$$

$$Ma \left(1 + \frac{I_{CM}}{MR^2} \right) = \left(1 + \frac{R_0}{R} \right), \quad (4.33)$$

$$a = \frac{\frac{F}{M} \left(1 + \frac{R_0}{R} \right)}{\left(1 + \frac{I_{CM}}{MR^2} \right)}. \quad (4.34)$$

Diferentemente do caso anterior, onde a corda desenrola-se a partir da extremidade inferior do eixo central, a aceleração não adquire valores negativos, portanto, para esse caso (corda desenrolando a partir da extremidade superior do eixo central), sempre aponta para a direita. Como no caso anterior, sabendo-se a aceleração, podemos destacar também a força de atrito, substituindo a Eq. (4.34) em (4.28).

$$F_{at} = F - Ma,$$

$$F_{at} = F - \frac{F \left(1 + \frac{R_0}{R} \right)}{\left(1 + \frac{I_{CM}}{MR^2} \right)}, \quad (4.35)$$

$$F_{at} = \left(\frac{\frac{I_{CM}}{MR^2} - \frac{R_0}{R}}{1 + \frac{I_{CM}}{MR^2}} \right). \quad (4.36)$$

Neste caso, o sentido da força de atrito pode variar, isso porque, o numerador pode assumir valores negativos. Portanto, se a razão do momento de inércia do centro de massa com o produto da massa com raio do ioiô ao quadrado, for maior do que a do raio interno com o raio externo, a força de atrito apontará para a esquerda, caso contrário, o sentido da força de atrito será para a direita. Podemos concluir então, que a forma com a qual apoiamos o brinquedo sobre a mesa (a corda a partir do eixo inferior, ou a partir do eixo superior), influenciará tanto na aceleração, quanto na força de atrito.

4.3 A Física do *Fidget Spinner*

O *Fidget Spinner* tornou-se bastante popular, e devido ao grande interesse das pessoas pelo o brinquedo, principalmente pelas crianças e jovens. Inúmeros estudantes começaram a levá-los para as salas de aula, o que levou alguns professores dos EUA e Reino Unido a proibir o brinquedo nas escolas (MESQUITA et al., 2018).³ No entanto, um professor capacitado pode utilizá-lo ao seu favor, graças à sua atratividade, para

³ O artigo *Using a fidget spinner to teach physics* de Mesquita et al. (2018), consideramos como uma excelente bibliografia complementar para compreender a Física relacionada ao *fidget spinner*.

apresentar alguns temas fundamentais da Física, como a velocidade linear e angular, envolvendo também, uma abordagem matemática do movimento giratório e de seus conceitos envolvidos.

A diversão propiciada pelo *spinner*, acontece devido ao baixo atrito que há entre as partes que o compõe, os lóbulos, por exemplo, podem girar muito rápido, e para isso é preciso um movimento contínuo nos dedos para que ele continue girando por um longo período.

O *spinner* geralmente tem formato de um triângulo equilátero, no entanto, essa geometria não é exclusivamente predominante na categoria, pois existem diversos outros modelos.⁴ É composto basicamente de um rolamento no centro com pontas projetadas por uma variedade de materiais, incluindo latão, aço inoxidável, titânio, cobre e plástico.

Sugerimos o *spinner* à sua capacidade de cativar não apenas as crianças mas também os adultos, tornando-se uma ótima ferramenta para uma abordagem em sala de aula.

Quanto ao seu funcionamento, podemos destacar diversos aspectos. Como por exemplo, a velocidade e o tempo de giro. Se estendermos as linhas do ponto central ao vértice, observamos que será a mesma distância, que denominaremos de $\vec{r}$, graças ao formato equilátero do brinquedo. A força que exercemos em sua extremidade é mais ou menos perpendicular ao vetor $\vec{r}$, formando um ângulo entre os dois vetores, que denominaremos de φ , como apresentado na Fig. 12:

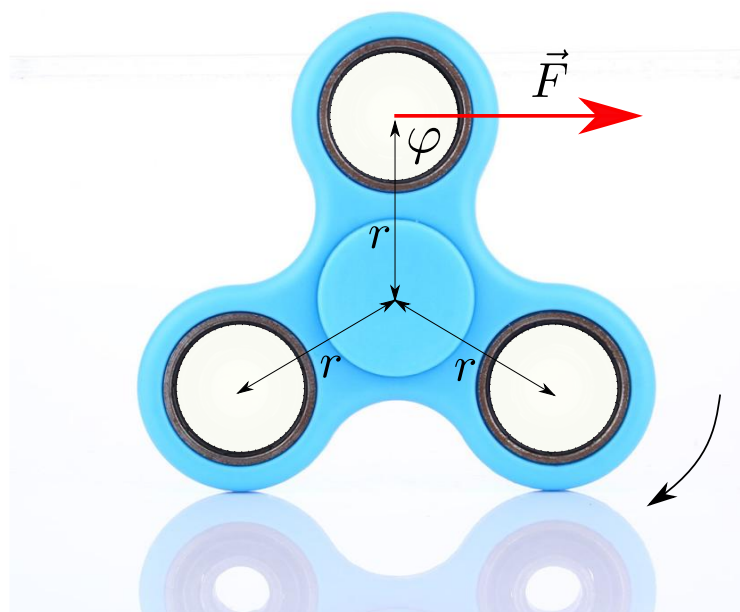


Figura 12 – Diagrama de vetores em um *Fidget spinner*. Fonte: encurtador.com.br/AFHUV, adaptado pelo autor.

⁴ Modelos de spinners que não possuem geometria triangular: Batman, Rudder, Duo, 6-Balls. Atentamos para o fato que esses são apenas alguns dos vários conhecidos.

Através da grandeza física torque, podemos explicar a magnitude do giro. A sua velocidade está intimamente ligada ao ângulo que a força forma com o vetor $\vec{r}$, pois quanto mais perpendicular for a força que aplicamos em relação ao vetor $\vec{r}$, mais efetivo será o seu giro. Esta relação é facilmente explicada pela equação a seguir:

$$\mathcal{T} = \vec{r} \times \vec{F}. \quad (4.37)$$

O produto vetorial entre a força aplicada e o vetor deslocamento consideramos como torque. É importante lembrar que o produto vetorial pode ser expresso por:

$$|\mathcal{T}| = Fr \sin \varphi. \quad (4.38)$$

O módulo do vetor torque relaciona-se com o seno do ângulo formado entre os vetores, logo é fácil perceber que a magnitude será máxima quando ele equivaler a 1, e, portanto, a aplicação da força deve ser perpendicular ao vetor $\vec{r}$. Apesar de ser um conceito intuitivo de se perceber, quanto maior for o torque, maior será a sua velocidade de giro. À vista disso, esse é um tópico que pode ser abordado de forma lúdica pelo professor durante a aula.

Após a exposição do conteúdo relacionado ao brinquedo, uma das perguntas que pode surgir por parte dos alunos é: como ele consegue girar com tanta velocidade e por tanto tempo? Para explicar esses fenômenos, podemos elencar dois efeitos. O primeiro é o baixo atrito. O atrito é uma característica inerente aos objetos e surge quando duas ou mais superfícies entram em contato, onde aparece uma força que tende a dissipar a energia cinética associada ao sistema. A maioria dos *spinners* têm rolamentos no centro (a parte que seguramos quando em rotação). Essas esferas de rolamentos são responsáveis pela redução do atrito.

O atrito associado ao movimento de rolamento geralmente é menor do que o atrito deslizante, portanto, como os *spinners* funcionam com o movimento de rolamento, a força de atrito entre componentes do dispositivo é considerada pequena. Isso possibilita que a energia dissipada (devido ao atrito) em forma de calor seja ínfima, assim o aparelho conserva sua energia cinética, proporcionando a conservação do movimento de rotação por um longo período de tempo.

O segundo fenômeno que podemos relacionar ao tempo de giro é o alto momento de inércia. Momento de inércia é a grandeza física associada à inércia de rotação. Assim como um corpo massivo apresenta a tendência de conservar a sua velocidade vetorial (primeira lei de Newton), também existe uma resistência à mudança de um movimento rotacional. Esta resistência à mudança em sua velocidade angular, entendemos como momento de inércia do respectivo corpo. Em um *spinner*, a massa está concentrada nas extremidades, portanto quanto mais distantes do eixo e mais pesadas forem as extremidades, maior será

o seu momento de inércia e mais tempo demorará para parar, pois, quanto maior for o seu momento de inércia, maior será a sua resistência para alterar a sua velocidade angular.

Outro fator interessante que pode ser ressaltado pelo professor é o fácil equilíbrio estático conseguido quando em rotação. Quando colocamos um *spinner* no dedo, em rotação, percebemos que ele se fixa com mais eficiência do que quando está parado. Esse fenômeno caracteriza-se pela existência do princípio físico momento angular, definido por:

$$\vec{L} = I\vec{\omega}. \quad (4.39)$$

Ao se girar rapidamente um *spinner* e incliná-lo, aparentemente temos a sensação do surgimento de uma força que tenta impedir a inclinação do dispositivo (LINDÉN, 2017). Essa sensação deve-se ao efeito giroscópio. O objeto em rotação sempre tem a tendência de manter o seu eixo de rotação apontado para uma mesma direção, e quanto maior for a velocidade de rotação do objeto, maior será a estabilidade de giro do sistema, dificultando assim, a sua inclinação. A grandeza física envolvida no efeito giroscópico é o momento angular e a sua conservação. É devido a esse fenômeno que é mais fácil manter-se sobre uma bicicleta em movimento do que parada.

4.4 Forças e Torques Atuando em uma Pipa

As pipas têm diferentes tipos de superfícies e estruturas, mas de forma geral, elas possuem uma estrutura sólida. São confeccionadas de forma que fiquem o mais leve possível para que haja um bom desempenho de voo. Desta forma, o ideal é que os bastões⁵ que as compõem, sejam feitos de um material leve, no entanto, resistente o suficiente para resistir aos ventos fortes, como por exemplo o bambu, ou até mesmo um tubo de plástico. Isto porque elas dependem das superfícies para gerar as forças aerodinâmicas necessárias para o voo. Assim, permitem que o vento ecoe para baixo e crie as forças aerodinâmicas responsáveis por levantar e arrastar a pipa.

Uma excelente maneira para os alunos entenderem conceitos relacionados às forças aerodinâmicas e à ação dos torques é manuseando uma pipa. Em voo, a pipa é conectada por uma linha na qual o operador pode controlar a estrutura e sentir a tensão gerada pelas forças aerodinâmicas atuantes na pipa.

Esta linha é conectada à estrutura sólida através de um “freio de cordas”, e o local onde o freio se conecta à linha chama-se “ponto de rédea” (Fig. 13(a)), que pode ser ajustado para alterar as características de voo, além de ser responsável pelo giro da pipa durante o voo⁶.

⁵ Na estrutura sólida da pipa, existem quatro pedaços principais de bastões, cobertos por um papel, plástico ou tecido fino, que ajudam a gerar a sustentação necessária.

⁶ Uma pipa em voo não gira em torno de seu centro de gravidade, devido ao fato de ela estar presa pelo freio à linha de controle

Walker (2008) destaca que uma pipa com formato triangular e uma superfície flexível, recebe o vento com uma certa inclinação, o chamado *ângulo de ataque*. Ressalta também que, quatro forças atuam sobre a pipa. (1) a força gravitacional, (2) a força de sustentação, pois o vento é desviado para baixo pela a superfície da pipa, (3) a força de arrasto, que aponta na direção do vento, (4) e a tensão produzida na linha, isto é, a linha produz uma força para baixo, e na direção oposta à do vento. Ao analisarmos o diagrama de corpo livre da pipa, podemos evidenciar de forma esquemática todas as forças que atuam nesse objeto, como na Fig. 13(b).

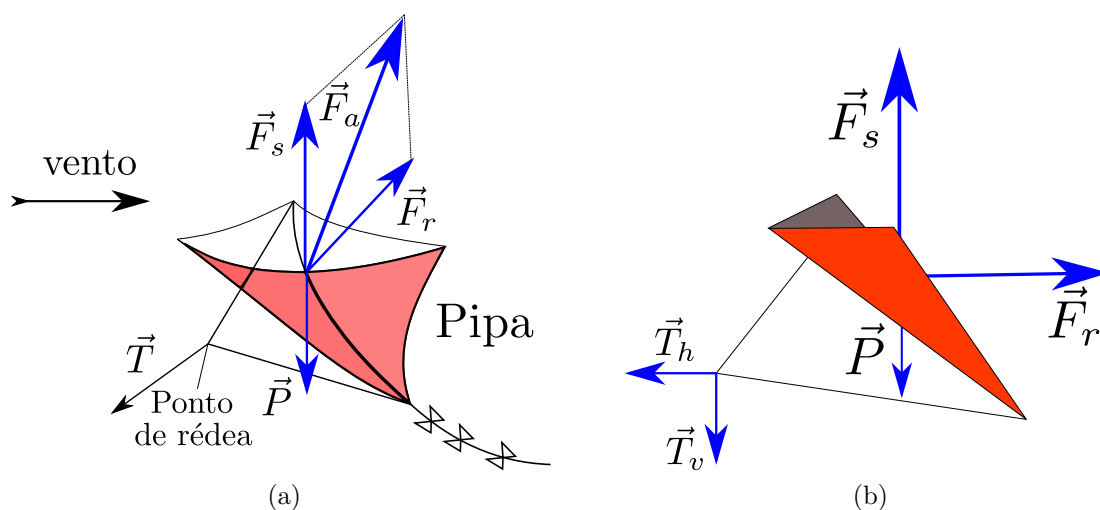


Figura 13 – Forças atuando sobre uma pipa. Em (a) temos a força de tensão $\vec{T}$ na corda, a força aerodinâmica $\vec{F}_a$ devido ao vento e suas componentes, $\vec{F}_s$ e $\vec{F}_r$ que são as forças de sustentação e arrasto, respectivamente. $\vec{P}$ é a força peso. Em (b) destacamos as forças nas direções ortogonais, $\vec{T}_v$ e $\vec{T}_h$ são as componentes da força de tração na direção vertical e horizontal, respectivamente. Fonte: (NASA, 2015), adaptado pelo autor.

Uma propriedade importante dos vetores é que eles podem ser divididos em componentes perpendiculares, e podemos desenvolver equações escalares em cada direção das componentes.

Na Fig. 13, existem três forças em evidência que estão atuando na pipa; a força peso $\vec{P}$, a tensão criada na linha $\vec{T}$ e a força aerodinâmica $\vec{F}_a$.

O peso $\vec{P}$ sempre atua no centro de gravidade da estrutura e aponta em direção ao centro da terra. A força aerodinâmica $\vec{F}_a$ pode ser decomposta em componentes ortogonais: a componente de sustento, $\vec{F}_s$, que age perpendicularmente ao vetor paralelo ao vento, e o arrasto $\vec{F}_r$, que atua na direção do vetor r , paralelamente à direção do vento.

A força aerodinâmica atua através do centro de pressão.⁷ Perto do solo, o vento não é estável, podendo haver rajada devido à turbulência na camada limite da Terra. Mas

⁷ O Centro de Pressão (CP) é o ponto onde age a resultante das forças aerodinâmicas e o momento de arfagem é nulo.

longe do chão, podemos considerar o vento constante e paralelo à superfície da Terra. Neste caso, a força de sustento $\vec{F}_s$ atua em sentido contrário ao peso da pipa.

A tensão na linha atua através do ponto de rédea onde a linha é presa ao freio do papagaio. Nós dividimos a tensão $\vec{T}$ em duas componentes, a tração vertical $\vec{T}_v$ e a tração horizontal $\vec{T}_h$, como mostrado na Fig. 13(b).

Dizemos que a pipa está em voo estável, quando as forças permanecem constantes e não há força externa líquida agindo sobre a pipa, ou seja, na direção vertical, a força resultante é zero. Para a condição de equilíbrio vertical, podemos equacionar da seguinte forma:

$$\vec{T}_v + \vec{P} - \vec{F}_s = 0. \quad (4.40)$$

Portanto, a adição da tração vertical com o peso menos a força de sustento é igual a zero. É importante frisar que na direção horizontal, a soma da tração horizontal e do arrasto também deve ser igual a zero.

$$\Sigma \vec{F}_h = \vec{T}_h - \vec{F}_r = 0. \quad (4.41)$$

Se uma corrente de vento bater na pipa, a força de sustento e a força de arrasto aumentam. A pipa então se move verticalmente, porque a força de sustento agora excede o peso. O mesmo acontece com a força de tensão devido ao aumento do arrasto.

De acordo com o conhecimento da geometria da pipa e dos materiais utilizados para fazê-la, podemos determinar o peso. Podemos então resolver as duas equações dadas acima para os componentes horizontal e vertical da tensão na linha.

Outra condição de equilíbrio é a condição de rotação. Através da Fig. 14, podemos ver como estão distribuídos os torques.

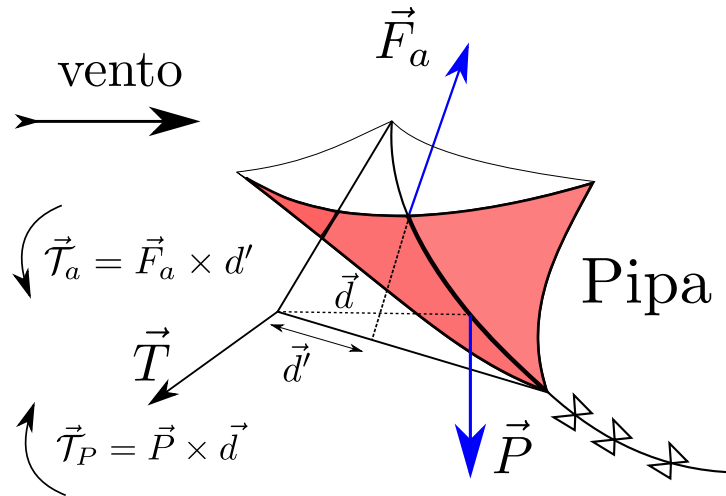


Figura 14 – Forças e torques atuando sobre uma pipa. Fonte: (NASA, 2015), adaptado pelo o autor.

O peso produz um torque no sentido horário $\mathcal{T}_p$ sobre o ponto de rédea, definido por:

$$\vec{\mathcal{T}}_p = \vec{P} \times \vec{d}. \quad (4.42)$$

E a força aerodinâmica produz um torque no sentido anti-horário $\vec{\mathcal{T}}_a$ em torno do ponto de rédea, definido por:

$$\vec{\mathcal{T}}_a = \vec{F}_a \times \vec{d}'. \quad (4.43)$$

Observe que as distâncias são medidas perpendicularmente às forças e não apenas diretamente ao centro de pressão e ao centro de gravidade. Observe também que a direção da força determina a direção do torque. Portanto, em equilíbrio, esses torques são iguais em módulo e estão sentidos contrários, sendo assim, balanceados e sem rotação da pipa sobre o ponto de rédea. Em equilíbrio, podemos equacionar da seguinte forma:

$$\begin{aligned} \mathcal{T}_p &= \mathcal{T}_a, \\ \vec{P} \times \vec{d} &= \vec{F}_a \times \vec{d}'. \end{aligned} \quad (4.44)$$

Quando uma pipa gira, a força aerodinâmica muda alterando o torque aerodinâmico em relação ao ponto de rédea, como discutido acima. A mudança do torque aerodinâmico equilibra o torque do peso, a pipa alcança um equilíbrio, caso contrário, se o torque aerodinâmico não for igual ao torque do peso, a pipa continua a girar sob a ação dos torques desiguais ([NASA, 2015](#)).

Podemos concluir então, que, o voo da pipa se torna estável, quando as três grandezas se anulam. Os torques, a força resultante vertical, e a força resultante horizontal. Salientamos que, para que essas forças desapareçam, não apenas a pipa deve ter a orientação apropriada, mas a linha tem que exercer a tração no ângulo apropriado e com a força apropriada. Portanto, nesse momento a pipa está em estado de equilíbrio ⁸ ([WALKER, 2008](#)).

4.5 A Física do Pião

Em aulas de dinâmica das rotações, esse brinquedo pode caracterizar-se como um ótimo instrumento educacional, proporcionando ao professor o levantamento e a discussão de temas relacionados ao assunto. Quando pensamos em um brinquedo, em que o seu funcionamento é graças à rotação, rapidamente pensamos nos piões. Os piões, quando estão em rápido movimento, conseguem ficar aprumados e sem cair, e mesmo se aplicarmos um

⁸ Para uma dada velocidade do vento, pode haver mais de um estado de equilíbrio. Se a velocidade do vento muda, tanto a orientação da pipa, quanto o ângulo da linha têm que mudar para que a pipa encontre um novo estado de equilíbrio ([WALKER, 2008](#)).

ângulo sobre ele em relação a um eixo vertical, ainda assim, não caem, em vez disso, o eixo de rotação move-se sobre a superfície de um cone em função do tempo. Isso só acontece devido ao fenômeno de precessão (NUSSENZVEIG, 1997). Desta forma, conseguimos entender algumas questões levantadas na sub-subseção 3.2.1.5. Para isso, buscaremos compreender como a ação dos torques e das formas influenciam no movimento.

Em geral, percebemos que quando imprimimos uma força na direção de um objeto, o objeto tende a se movimentar na direção da força. No entanto, isso não acontece de forma geral, como nos movimentos circulares. Logo, se um objeto está girando, a força pode fazê-lo se movimentar perpendicularmente à direção da força, esse movimento, aparentemente é incomum, entretanto é graças a ele que os piões tornam-se fascinantes, e até mesmo crianças que não entendem nada de Física, têm a impressão de que o objeto deveria tombar ao invés de “girar inclinado”. Esse movimento de precessão pode ser entendido com a descrição do diagrama de vetores associado ao movimento do pião (Fig. 15).

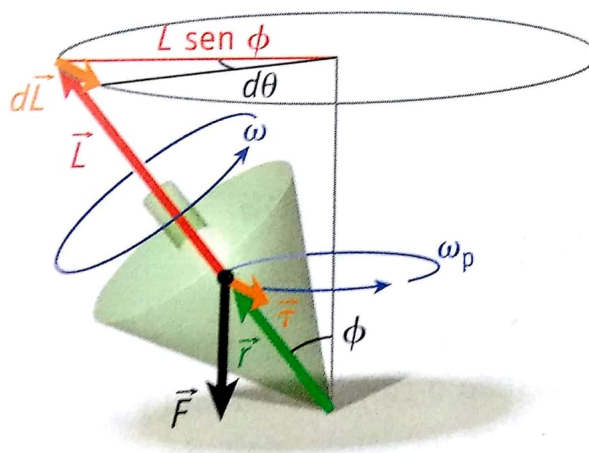


Figura 15 – Pião em um estado de precessão. Fonte: (BAUER; WESTFALL; DIAS, 2012).

A explicação habitual que atribuem a esse movimento de precessão está relacionada com o momento angular do pião, e com a gravidade sendo responsável pelo torque externo. Este torque é definido pela Eq. (4.37), no entanto, para esse caso, aponta para fora da página e equivale:

$$\mathcal{T} = Fr \sin \varphi \quad \Rightarrow \quad \mathcal{T} = Mgr \sin \varphi. \quad (4.45)$$

Podemos entender então, que a força gravitacional Mg exerce sobre o pião uma força para baixo, e cria-se um torque sobre o brinquedo que tende a fazê-lo girar em torno de apoio. Este torque é perpendicular ao eixo do pião, e, portanto, também é perpendicular à $\vec{L}$, o que pode resultar na alteração da direção de $\vec{L}$, mas frisamos que não modifica a sua intensidade. Esta variação infinitesimal do vetor $\vec{L}$, em um pequeno intervalo de

tempo, está descrita na Eq. (4.46) .

$$\vec{\tau} = \frac{d\vec{L}}{dt} \Rightarrow d\vec{L} = \vec{\tau}dt. \quad (4.46)$$

Essa variação infinitesimal também possui a mesma direção do torque τ , isto é, perpendicular à $\vec{L}$. Desta forma, compreendemos que esta grandeza está relacionada com a velocidade de rotação do objeto, e, portanto, o efeito do torque τ pode alterar $\vec{L}$ para $(\vec{L} + d\vec{L})$. Onde esse vetor é caracterizado com a mesma intensidade de $\vec{L}$, no entanto, com uma direção levemente distinta. Este efeito força o vetor momento angular a perfazer uma varredura ao longo da superfície de um cone de ângulo φ em função do tempo, com a ponta do vetor momento angular descrevendo um círculo no plano horizontal (BAUER; WESTFALL; DIAS, 2012).

Outra situação interessante é a determinação da intensidade da velocidade angular ω_p para esse movimento de precessão do pião. Quando o $\vec{L}$ muda de direção, o eixo de rotação também mudará essa variação no ângulo φ . Podemos entender como uma variação infinitesimal e, portanto, podemos representar a velocidade angular ω_p por:

$$\omega_p = \frac{d\theta}{dt}. \quad (4.47)$$

Pela Fig. 15, percebe-se que

$$d\theta = \frac{dL}{L \sin \varphi} = \frac{\tau dt}{L \sin \varphi}. \quad (4.48)$$

Assim,

$$\omega_p = \frac{d\theta}{dt} = \frac{\tau}{L \sin \varphi} = \frac{mgr \sin \varphi}{L \sin \varphi} = \frac{Mgr}{L}. \quad (4.49)$$

Notamos que surpreendentemente, a frequência angular de precessão é a mesma para todos os valores de φ . Pois o ângulo φ não está atrelado à equação. E como o momento angular para um corpo rígido pode ser definido por $I\omega$, temos o resultado final:

$$\omega_p = \frac{Mgr}{I\omega}. \quad (4.50)$$

O que evidencia a não proporcionalidade da velocidade angular de precessão, e a velocidade angular do pião. Portanto, conforme a velocidade do pião diminui devido ao atrito, sua velocidade angular se reduz gradativamente. Deste modo, a precessão cada vez mais rápida faz com que o pião cambaleie e caia (BAUER; WESTFALL; DIAS, 2012). Todavia, se a quantidade de movimento de precessão for muito menor que a quantidade de movimento angular rotacional do pião, haverá apenas um pequeno desvio entre a direção do eixo de simetria, e a direção da quantidade de movimento angular, esse pequeno desvio causa uma leve inclinação, chamada de nutação do eixo do pião, para frente e para trás em relação ao círculo de precessão (WALKER et al., 2002).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS

A metodologia abordada neste trabalho certamente não é nova. No entanto, através dela foi possível a obtenção de uma visão mais ampla sobre a maneira atual de pensar o ensino da Física, retratada por meio dos brinquedos de forma lúdica. Deste modo, consideramos que a sua utilização pode ajudar a sanar algumas dificuldades encontradas no ensino.

Devemos enfatizar que a forma de ensino explanada na pesquisa não é receita de bolo que deve ser seguida à risca, porém pode ser uma ferramenta útil de apoio para sanar a preocupação de muitos professores que não sabem como não deixar uma aula entediante, e conseqüentemente que possa dar ao aluno uma performance melhor.

Sugerimos que as atividades educacionais propostas sejam precedidas por uma discussão prévia acerca dos fenômenos físicos envolvidos, considerando-se o aprendizado dos alunos devido às experiências lúdicas. Assim, acreditamos que a realização desse método de ensino através da ludicidade, como o uso de brinquedos, possa proporcionar uma maior e melhor compreensão pelos educandos dos conceitos físicos desenvolvidos em sala de aula, e o resultado almejado é de modo conseqüente, o aumento da assimilação dos conteúdos expostos. Atentando para o fato de que é possível ensinar Física de forma lúdica através dos brinquedos, pois eles funcionam como um mecanismo de auxílio para abordagens de assuntos iniciais.

Através do método lúdico de ensino e da interação obtida entre os brinquedos e os alunos, consideramos ser um mecanismo de excelente ajuda para a motivação por parte destes, o que, como resultado, pode gerar uma maior aprendizagem. Nesse segmento, sugerimos ao leitor a sua utilização, sejam os sugeridos neste trabalho voltados à mecânica clássica (autoramas, ioiôs, *spinnners*, pipas, piões), ou outros relacionados à temas distintos da Física (termodinâmica, ondas, eletromagnetismo, etc.). Desta forma, podemos dialogar com os alunos acerca de conceitos científicos e evidenciarmos que a Física está presente em nosso cotidiano. Pois através deles, podemos relacionar diversas temáticas, quer sejam voltadas às séries do ensino médio. Já que, o ensino lúdico perpassa qualquer nível de ensino, isto é, abrange as modalidades desde a educação básica até o ensino superior.

Os exemplos demonstrados de forma qualitativa a respeito dos brinquedos tiveram como intenção, despertar no leitor noções reflexivas sobre a presença da Física nestes objetos. Desta forma, a abordagem da Física por detrás dos brinquedos será importante para a verificação de conceitos teóricos apresentados em sala de aula.

Acreditamos que o conhecimento acerca destes temas contemporâneos, que se utilizam de atividades lúdicas por parte dos professores é de fundamental importância para a formação do aluno na sociedade, pois os ajuda a desenvolverem-se não apenas no âmbito do ensino da Física, mas também em atividades que vão além do momento escolar, como a formação social, a imaginação, o raciocínio, e a criatividade. Portanto, desenvolvendo-se de maneira mais espontânea e ativa ante a sociedade na qual estão inseridas.

Referências

- ARANTES, A. R.; MIRANDA, M. S.; STUDART, N. Objetos de aprendizagem no ensino de física: usando simulações do phet. *Física na Escola*, v. 11, n. 1, p. 27–31, 2010. Citado na página 7.
- BARBOSA, C. A. Um estado da arte do lúdico no ensino de física. 2017. Citado 3 vezes nas páginas 2, 9 e 13.
- BAUER, W.; WESTFALL, G. D.; DIAS, H. *Física para universitários, Mecânica*. [S.l.]: AMGH Editora Ltda., 2012. Citado 3 vezes nas páginas 9, 39 e 40.
- BRASIL, M.; DICEI, S. Diretrizes curriculares nacionais gerais da educação básica. *Brasília: MEC, SEB, DICEI*, 2013. Citado 3 vezes nas páginas 4, 6 e 7.
- BRASIL, P. C. N. Parâmetros curriculares nacionais. *Brasília: MEC/SEF*, 1998. Citado 2 vezes nas páginas 4 e 6.
- BULGRAEN, V. C. O papel do professor e sua mediação nos processos de elaboração do conhecimento. *Revista Conteúdo, Capivari*, v. 1, n. 4, p. 30–38, 2010. Citado na página 4.
- CINTRA, R. C. G. G. A historicidade do lúdico na abordagem histórico-cultural de vigotski. *Rascunhos Culturais*, Universidad Federal de Mato Grosso do Sul, v. 1, n. 2, p. 225, 2010. Citado na página 9.
- DALLABONA, S. R.; MENDES, S. M. S. O lúdico na educação infantil: jogar, brincar, uma forma de educar. *Revista de divulgação técnico-científica do ICPG*, v. 1, n. 4, p. 107–112, 2004. Citado 3 vezes nas páginas 9, 10 e 11.
- DIAS, A. d. S. Brincando com carrinhos: associando conceitos da física às atividades lúdicas no ensino fundamental: anos finais. 2015. Citado na página 16.
- DIESEL, A.; BALDEZ, A. L. S.; MARTINS, S. N. Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica. *Revista Thema*, v. 14, n. 1, p. 268–288, 2017. Citado na página 5.
- DIRETRIZES, L. de. *Bases da educação Nacional*. [S.l.]: Lei, 1996. Citado na página 4.
- DUARTE, S. E. Física para o ensino médio usando simulações e experimentos de baixo custo: um exemplo abordando dinâmica da rotação. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 29, p. 525–542, 2012. Citado na página 7.
- EINSTEIN, A. Como vejo o mundo. *Ed. Nova Fronteira, São Paulo/SP*, 1953. Citado na página 6.
- FEYNMAN, R. O que é a ciência? *Física na escola*, n. 16, 2018. Citado na página 14.
- GERMANO, M. G.; FREIRE, M. L. de F. Brinquedos populares numa aproximação com o ensino de ciências (física). II CONEDU - congresso nacional de educaeducação, 2015. Citado na página 15.

- GLEICK, J. *Genius: The life and science of Richard Feynman*. [S.l.]: Vintage, 1993. Citado na página 14.
- GÜÉMEZ, J.; FIOLHAIS, C.; FIOLHAIS, M. Toys in physics lectures and demonstrations—a brief review. *Physics education*, IOP Publishing, v. 44, n. 1, p. 53, 2009. Citado na página 1.
- IRODOV, I. E. *Problems in general physics*. 2nd. ed. [S.l.]: Moscow: Mir Publishers, 1998. Citado na página 30.
- JUNIOR, E. B.; FILHO, J. d. S. *Utilizando ambientes virtuais como ferramenta de auxílio no ensino de física em escolas públicas. Anais do XXII SBIE-Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 1086-1089*. 2011. Citado na página 7.
- KISHIMOTO, T. M. *Jogo, brinquedo, brincadeira e a educação*. [S.l.]: Cortez editora, 2017. Citado na página 9.
- LEVINSTEIN, H. The physics of toys. *The Physics Teacher*, AAPT, v. 20, n. 6, p. 358–365, 1982. Citado na página 15.
- LINDÉN, J. Demonstrating the vector character of angular momentum using a tandem fidget spinner. *Physics Education*, IOP Publishing, v. 53, n. 2, p. 023004, 2017. Citado na página 35.
- MACISAAC, D. Fidget spinner physics sites. *The Physics Teacher*, American Association of Physics Teachers, v. 55, n. 6, p. 384–384, 2017. Citado na página 18.
- MANFREDI, S. M. Metodologia do ensino: diferentes concepções. *Campinas: F. E./UNICAMP, mimeo*, 1993. Citado na página 4.
- MESQUITA, L. et al. Using a fidget spinner to teach physics. *Physics Education*, IOP Publishing, v. 53, n. 4, p. 2–7, 2018. Citado na página 32.
- MORATORI, P. B. Por que utilizar jogos educativos no processo de ensino aprendizagem. *UFRJ. Rio de Janeiro*, 2003. Citado na página 10.
- MORESCO, S. F. d. S.; BEHAR, P. A. Blogs para a aprendizagem de física e química. *RENTE: revista novas tecnologias na educação [recurso eletrônico]*. Porto Alegre, RS, 2006. Citado na página 7.
- NASA. *Forces-on-a-kite*. 2015. Disponível em: <<https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/kitefor.html>>. Citado 4 vezes nas páginas 9, 36, 37 e 38.
- NUSSENZVEIG, H. M. *Curso de física básica, Mecânica*. [S.l.]: Blucher, 1997. Citado na página 39.
- OLIVEIRA et al. O ludico na educação de jovens e adultos. 2016. Citado na página 11.
- PIMENTEL, E. C. *A física dos brinquedos: o brinquedo como recurso institucional no ensino da terceira lei de Newton*. 2007. 187 f. Tese (Doutorado) — Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências)—Instituto de Química, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.[Links], 2007. Citado 4 vezes nas páginas 13, 14, 16 e 20.
- RAMOS, E. d. F.; FERREIRA. Brinquedos e jogos no ensino de física. 1990. Citado na página 13.

- RAMOS, L. B. da C.; ROSA, P. R. da S. O ensino de ciências: fatores intrínsecos e extrínsecos que limitam a realização de atividades experimentais pelo professor dos anos iniciais do ensino fundamental. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 13, n. 3, p. 299–331, 2016. Citado na página 1.
- SANTANNA, A.; NASCIMENTO, P. R. A história do lúdico na educação the history of playful in education. *Revemat: Revista Eletrônica de Educação Matemática*, v. 6, n. 2, p. 19–36, 2011. Citado na página 10.
- SANTOS, E. I. dos; PIASSI, L. P. de C.; FERREIRA, N. C. Atividades experimentais de baixo custo como estratégia de construção da autonomia de professores de física: uma experiência em formação continuada. 2004. Citado na página 7.
- SCHERER, A. S. O lúdico e o desenvolvimento: a importância do brinquedo e da brincadeira segundo a teoria vigotskiana. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013. Citado na página 10.
- SHINYASHIKI, R. Os desafios do professor na sala de aula. *Revista Linha Direta*, n. Especial 15 anos, 2014. Citado na página 7.
- VALADARES, E. de C.; MOREIRA, A. M. Ensinando física moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 15, n. 2, p. 121–135, 1998. Citado na página 7.
- VERISSIMO, A.; SANTOS. Por que pensar o ludico na universidade. n. 15, 2016. Citado na página 11.
- VON, C. *A história do Brinquedo: para as crianças conhecerem e os adultos se lembrarem*. [S.l.]: Alegro, 2001. Citado na página 20.
- VYGOTSKY, L. S. et al. *Pensamento e linguagem*. [S.l.]: Martins Fontes São Paulo, 2008. Citado 3 vezes nas páginas 1, 11 e 12.
- WALKER, J. *O circo voador da Física*. [S.l.]: LTC, 2008. Citado 8 vezes nas páginas 9, 1, 17, 18, 29, 30, 36 e 38.
- WALKER, J. et al. *Fundamentos de física*. 5rd. ed. [S.l.: s.n.], 2002. Citado na página 40.
- WALKER, J. et al. *Fundamentos de física*. 8rd. ed. [S.l.: s.n.], 2008. Citado 4 vezes nas páginas 18, 24, 25 e 27.
- YAMAZATO, K. *Engenheiro De Pipas*. [S.l.]: Clube de Autores, 2010. Citado na página 20.
- YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. *Física I–Mecânica*. [S.l.: s.n.], 2008. v. 12. Citado 2 vezes nas páginas 9 e 26.