

Trabalho de Conclusão de Curso
Curso de Graduação em Física

**ATIVIDADES LÚDICAS E O ENSINO DE CIÊNCIAS: O USO DE BRINQUEDOS
POPULARES NO ENSINO DA FÍSICA**

Vinicius Stenico

Prof. Dr. Eugenio Maria de França Ramos.

Rio Claro (SP)

2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Campus de Rio Claro

VINICIUS STENICO

ATIVIDADES LÚDICAS E O ENSINO DE CIÊNCIAS: O USO DE
BRINQUEDOS POPULARES NO ENSINO DA FÍSICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Campus
de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio
de Mesquita Filho, para obtenção do grau de
Licenciado em Física.

Rio Claro - SP

2022

S825a Stenico, Vinicius
Atividades lúdicas e o Ensino de Ciências : O uso de brinquedos populares no Ensino de Física / Vinicius Stenico. -- Rio Claro, 2022
65 p. : il., fotos

Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura - Física) -
Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Geociências e
Ciências Exatas, Rio Claro
Orientador: Eugenio Maria de França Ramos

1. Brinquedos Populares. 2. Ensino de Física. 3. Mecânica dos Fluidos. 4. Materiais de Baixo Custo. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

VINICIUS STENICO

ATIVIDADES LÚDICAS E O ENSINO DE CIÊNCIAS: O USO DE BRINQUEDOS POPULARES NO ENSINO DA FÍSICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Campus
de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio
de Mesquita Filho, para obtenção do grau de
Licenciado em Física.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Eugenio Maria de França Ramos (Orientador)

Prof. Dr. João Eduardo Fernandes Ramos

Dr. Luís Henrique Benetti Ramos

Rio Claro, 18 de novembro de 2022



Assinatura do aluno



Assinatura do orientador

AGRADECIMENTOS

Ao final de cada ciclo, olhamos para trás e nos deparamos como que o mais valioso é o caminho e as pessoas que levamos por ele. E nesse ciclo tão importante que é a graduação não poderia ser finalizado sem agradecer a todos que estiveram comigo durante esse processo.

Quero agradecer primeiramente aos meus pais, por serem toda a base da minha vida, sem vocês nada seria possível. Aos meus irmãos que desde meu primeiro momento de vida estiveram me dando suporte para crescer e que sempre, desde o momento dos vestibulares, estiveram ao meu lado na graduação. Quero agradecer também ao restante da minha família, que não será possível citar todos por motivos de ser uma família extremamente grande, mas que estão no meu coração. A todos vocês meu mais sincero obrigado.

Gostaria de agradecer ao meu orientador, o Professor Eugenio, pela oportunidade de trabalho, além de todas as conversas que ultrapassam a Física. Você me apresentou uma nova visão sobre a Ciência e sobre Educação que com certeza fazem parte de mim.

A todos meus amigos que estiveram presentes nesse processo. Aos meus amigos de infância Rafa e Leo, que por mais que a vida nos levou para quilômetros de distância (literalmente) ainda mantemos o carinho de sempre. Niele e Bianca, vocês fizeram e fazem meus dias mais felizes, pra sempre Inimigos do Fim. Aos Faimaloni, por todos os surtos, os dias que eram graves e um pouco tortos, vocês são muito especiais para mim. Ao pessoal do bolichezada, por todos os dias no sítio do More ou qualquer outro rolê que sempre era regado de sorrisos. Aos clubistas, que passaram raivas e felicidades com o futebol comigo (no meu caso mais raiva, obrigado tricolor). E todos outros amigos e pessoas que estiveram comigo e não são citados nesse texto, levo vocês comigo para sempre.

Finalmente, mas não menos importante, a todos os amigos que fiz durante o curso, especialmente a turma de 2018. Vocês são a melhor turma que eu poderia ter tido para a graduação, amo cada um.

RESUMO

Apresentamos uma pesquisa qualitativa e exploratória sobre a utilização de brinquedos populares no Ensino de Ciências (Física). Entendemos que as atividades lúdicas são uma interessante alternativa de recursos didáticos, em especial os brinquedos populares utilizados para o Ensino de Física, foco desse trabalho. Para isso, foi realizada uma pesquisa bibliográfica com objetivo de relacionar e evidenciar a importância das atividades lúdicas na aprendizagem segundo alguns autores como Vygotsky, Piaget, Rogers, Ausubel e Vergnaud. Ainda, foi feita uma pesquisa para encontrar como os brinquedos aparecem na literatura quanto ao Ensino de Física, assim como a importância dos materiais de baixo custo no processo. Finalmente, foi escolhido um tópico da Física, a Mecânica dos Fluidos, para entender o funcionamento de cinco brinquedos, os quais foram os “aviões de papel”, “pipa”, “bumerangue”, “looping dos copinhos de café” e o “paraquedas de sacolas plásticas” e de que forma podem ser utilizados em atividades didáticas pelos educadores. Os brinquedos escolhidos para este trabalho foram os chamados brinquedos populares e de recursos didáticos, por causa do baixo custo e por possuírem características relevantes no ensino da Mecânica dos Fluidos. Além disso, brinquedos populares se apresentam como uma forma de relacionar os conteúdos estudados com os conhecimentos já existentes na vida das crianças, dando sentido e facilitando o aprendizado da Física. Os materiais analisados foram incorporados ao acervo da biblioteca de instrumentos didáticos do grupo de pesquisa do Laboratório de Práticas de Ensino, Materiais e Instrumentação Didática (LaPEMID), que pode subsidiar a formação inicial de professores de Física, oferecendo a perspectiva de recursos didáticos para o ensino de Mecânica dos Fluidos com brinquedos de fácil acesso e possibilidades de construções artesanais pelos próprios estudantes.

Palavras-Chave: Brinquedos Populares. Ensino de Física. Mecânica dos Fluidos. Materiais de Baixo Custo.

ABSTRACT

This work presents a qualitative and exploratory research on the use of popular toys in Science Teaching (Physics). We understand that recreational activities are an interesting alternative of teaching resources, especially the popular toys used for Physics Teaching, the focus of this work. For this, a bibliographic research was carried out in order to relate and highlight the importance of playful activities in learning according to some authors such as Vygotsky, Piaget, Rogers, Ausubel and Vergnaud. Still, a research was carried out to find out how toys appear in the literature regarding Physics Teaching, as well the importance of low-cost materials in the process. Finally, a topic from Physics, The Fluid Dynamics, was chosen to understand the functioning of five toys: the “paper airplanes”, kite”, “boomerang”, “coffee cup looping” and “plastic bag parachute”, and how they can be used in didactic activities by educators. The toys chosen for this work were the so-called popular toys and teaching resources, because of their low cost and because they have relevant characteristics in the teaching of Fluid Mechanics. In addition, popular toys are presented as a way of relating the contents studied with the existing knowledge in children’s lives, giving meaning and facilitating the learning of Physics. The analyzed materials incorporated into the library of didactic instruments from the research group of the Laboratório de Práticas de Ensino, Materiais e Instrumentação Didática (LaPEMID), which can support the initial training of Physics teachers, offering the perspective of didactic resources for teaching Fluid Mechanics with easily accessible toys and possibilities for craft constructions by the students themselves.

Key-Words: DIY Toys. Physics Teaching. Fluid Mechanics. Low-cost materials.

Sumário

1	<i>INTRODUÇÃO.....</i>	<i>11</i>
2	<i>OBJETIVOS.....</i>	<i>13</i>
3	<i>OS BRINQUEDOS E A APRENDIZAGEM</i>	<i>14</i>
3.1	Significando o lúdico.....	15
3.2	O lúdico e algumas teorias de aprendizagem	15
3.3	A experimentação no ensino de ciências	17
3.4	Brinquedos como recurso didático.....	18
3.5	Importância de brinquedos populares de baixo custo.....	19
4	<i>BRINQUEDOS E O ENSINO DE FÍSICA</i>	<i>21</i>
4.1	Algumas considerações sobre o conhecimento físico	22
4.2	A Física presente nos brinquedos.....	23
5	<i>O USO DE BRINQUEDOS NO ENSINO DE MECÂNICA DOS FLUIDOS.....</i>	<i>26</i>
5.1	O aviãozinho de papel e a dinâmica dos fluidos na sustentação da asa	26
5.1.1	Os modelos de aviões de papel e suas aplicações no ensino Física.....	29
5.1.2	Avião “tipo Dardo”.....	29
5.1.3	Avião tipo “Morcego”	31
5.1.4	Avião tipo “Suzanne”	32
5.2	O bumerangue e o Efeito Giroscópico	33
5.3	O looping dos copinhos de café e o Efeito Magnus	35
5.4	A pipa e a força devido à pressão do vento.....	37
5.5	O paraquedas e a força de arrasto do ar	39
6	<i>PERCURSO DE PESQUISA.....</i>	<i>43</i>
6.1	Elaboração de uma sequência didática com o uso dos brinquedos.....	44
6.1.1	PIPA.....	44
6.1.2	AVIÃO DE PAPEL.....	45
6.1.3	PARAQUEDAS	46
6.1.4	BUMERANGUE	46
6.1.5	Looping dos copinhos de café	47
6.2	Caracterizando as atividades didáticas.....	47
7	<i>EXPERIÊNCIA DE OFICINA DIDÁTICA</i>	<i>50</i>
8	<i>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</i>	<i>52</i>

REFERÊNCIAS	55
APÊNDICE 1.....	58
APÊNDICE 2.....	59
APÊNDICE 4.....	61
APÊNDICE 5.....	62
APÊNDICE 6.....	64
APÊNDICE 7.....	65

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Asa simétrica horizontal, num vento horizontal, em escoamento lamelar. O fenômeno é simétrico em relação ao plano AB. A sustentação é nula.	27
Figura 2: Asa simétrica com ângulo de ataque não nulo em relação à horizontal, num vento horizontal, em escoamento lamelar. O deslocamento do fluido para baixo faz com que a força de sustentação aponte para cima.	28
Figura 3: Efeito Coanda. À esquerda efeito Coanda, à direita um experimento imaginário. .	29
Figura 5: Avião tipo dardo de asas finas. Esse tipo de avião alcança longas distâncias, mas permanece pouco tempo no ar.	30
Figura 4: Avião tipo dardo de asas largas. Esse avião ainda apresenta o perfil pontiagudo, porém com asas mais largas, que faz com que voe por mais tempo.	30
Figura 6: Avião tipo morcego. Seu formato faz com que esse avião permaneça por um longo tempo planando e realizando manobras.....	31
Figura 7: Avião tipo Suzanne. Este avião criado por John Collins foi o primeiro avião de papel a atingir a marca de 60m sem ser do tipo dardo.	32
Figura 8: Força de sustentação E em um Bumerangue em movimento. O deslocamento na vertical das asas faz com que a força de sustentação atue na horizontal.....	33
Figura 10: (1) Diferença na velocidade das asas do bumerangue devido ao movimento de rotação. (2) Diferença da força de sustentação das asas do bumerangue devido à diferença de velocidade. (3) Esquema do torque produzido no bumerangue devido à diferença de força...	34
Figura 9: Bumerangue feito a partir de um pote de sorvete. No detalhe, a curvatura das asas, que faz com que haja uma força de sustentação durante o voo.....	34
Figura 11: O "looping" dos copinhos de café. Brinquedos fácil de fazer, mas necessita de habilidade e coordenação motora para promover seu movimento.	35
Figura 12: Esboço da trajetória do "looping" comparado com o lançamento oblíquo.....	36
Figura 13: O spin da bola, introduzindo uma dissimetria no escoamento produz uma força de sustentação F . Os triângulos de velocidade foram construídos seguindo os pontos de descolamento.	36
Figura 14: Representação do voo de uma pipa. Representação das quatro principais forças atuantes no objeto.	38
Figura 15: Exemplo de pipa, comprada em uma loja por R\$ 1,00.....	38
Figura 16: Diagrama simplificado de um objeto em queda sob influência da resistência do ar. No primeiro momento, com o corpo em repouso, há apenas a ação da gravidade. Conforme o corpo é acelerado, começa a existir a presença da força de arrasto, até atingirem o equilíbrio na velocidade terminal.....	39
Figura 17: Esboço de um gráfico de Força vs Tempo para um salto com paraquedas. No gráfico é possível observar os momentos de interesse.	40
Figura 18: Esboço do gráfico de Velocidade vs Tempo para um salto de paraquedas, com destaque para os momentos de interesse.	41

Figura 19: Paraquedas construído com saco de lixo e linha de pesca. No compartimento de papel pode-se colocar variados objetos para demonstração da relação entre a massa e o movimento do paraquedas.42

1 INTRODUÇÃO

Como apontado por Ramos (1990) na década de 90 e ainda visto atualmente, grande parte dos estudantes do Ensino Médio não possuem interesse na disciplina de Física. Pimentel (2007) apresenta uma das explicações ao citar o Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (2000), o GREF, ao ressaltar que o Ensino de Física é muitas vezes focado na matematização e resolução de exercícios, deixando de lado os fenômenos físicos relevantes.

Duarte (2012) corrobora com essa visão ao apontar que muitas vezes o Ensino de Física é descontextualizado da realidade dos estudantes, prejudicando o interesse dos educandos pela Física. Ramos e Ferreira (1998) apresentam, portanto, que o lúdico pode ser uma poderosa ferramenta nesse processo de ensino.

A escola não é apenas um local para adquirir conhecimento, mas também um local de construir relações, viver novas experiências e brincar. Essas atividades, por sua vez, não são antagônicas, uma vez que as atividades lúdicas podem ser interessantes recursos pedagógicos para o ensino, como aponta Duarte (2012). Segundo Ramos (1990) é possível ensinar Física com auxílio do lúdico em qualquer nível cognitivo de formação.

Dentre as atividades lúdicas, este trabalho focou nos brinquedos, em especial os populares de baixo custo. Ramos (1990) aponta a importância dos materiais de baixo custo, visto que as instituições escolares por diversas vezes não possuem recursos financeiros para desenvolverem atividades que exigem alto investimento. Segundo Ramos, “não se trata, portanto, de criar montagens que finjam funcionar, mas aproveitar características físicas partindo de um ponto de vista desafiador e curioso ao aprendiz”, tornando assim uma abordagem motivadora e contextualizada da utilização de brinquedos para o ensino de física.

Gaspar (2014) discorre que é possível ensinar qualquer Ciência, seja Humanas ou Naturais, a partir da experimentação adequada. Os brinquedos podem realizar essa função experimental, auxiliando o Ensino de Física. Pimentel (2007) apresenta que podemos encontrar a Física no funcionamento de inúmeros brinquedos, como andar de bicicleta, soltar uma pipa, e brincar de pião.

Ainda, diferentes autores reforçam a importância do uso do lúdico e dos brinquedos como estratégia pedagógica para o ensino de ciências. Kishimoto (1999) descreve o brinquedo como uma ferramenta capaz de evocar realidades, sendo possível assim, representar os fenômenos físicos vistos teoricamente.

Segundo Vygotsky *et al.* (1998) os brinquedos e brincadeiras são ferramentas importantes na formação dos educandos ao proporcionar o desenvolvimento das chamadas situações imaginárias.

Por fim, Moreira (2011) em seu livro sobre teorias de aprendizagem, discorre sobre diferentes autores que corroboram com a importância do uso dos brinquedos no ensino. Carl Rogers desenvolve sua chamada *Teoria da Aprendizagem Significante*, no qual o foco da aprendizagem é o aluno e o professor é um facilitador no processo (MOREIRA, 2011). David Ausubel ao descrever sua *Teoria da Aprendizagem Significativa* discorre que os novos conhecimentos são ancorados nos conhecimentos pré-existentes (MOREIRA, 2011), evidenciando como os brinquedos podem ser uma ferramenta interessante para o Ensino de Física.

Para o presente projeto pretendemos dar continuidade ao trabalho do grupo de catalogar imagens de brinquedos didáticos para o Laboratório de Prática de Ensino, Materiais e Instrumentação Didática, o LaPEMID, e munidos de tal acervo e através da realização de uma pesquisa bibliográfica, estudar o uso de brinquedos no ensino de física, relacionando com as teorias de aprendizagem já citadas anteriormente. Nesse ponto, foi escolhido um tópico da Física como foco do interesse, no caso a Dinâmica de Fluidos.

Em seguida, será realizada uma revisão bibliográfica acerca da utilização de atividades lúdicas, com enfoque sobre em brinquedos, no ensino de física a partir de uma perspectiva de teorias de aprendizagem.

Por fim, buscar-se-á discutir aspectos da formação docente que comprova a postura incongruente de professores que, apesar de julgar necessárias as atividades experimentais e lúdicas para a aprendizagem de conceitos científicos, não utilizam em suas aulas, e quais desses aspectos podem ser aprimorados para a ampliação das possibilidades de práticas educativas que considerem o uso de atividades experimentais no Ensino de Física.

Esse trabalho foi motivado por essas questões, visto que a formação de professores capacitados para o ensino de Física, com alternativas didáticas que ultrapassem o ensino tradicional e auxiliem os alunos a despertarem o interesse e a paixão pela Ciência é uma importante discussão sobre a atividade docente.

2 OBJETIVOS

No presente trabalho pretendeu-se:

- (a) Realizar pesquisas bibliográficas para entender a utilização do lúdico e dos brinquedos no ensino e aprendizagem da Ciência e da Física;
- (b) Realizar pesquisas bibliográficas complementares para:
 - i. Identificar e estudar os brinquedos;
 - ii. Uso de brinquedos didáticos em atividades de Ensino de Física;
 - iii. Analisar suas características pedagógicas.
- (c) Desenvolver atividades didáticas experimentais com uso de brinquedos para o ensino de Dinâmica dos Fluidos;

3 OS BRINQUEDOS E A APRENDIZAGEM

Os brinquedos, além de estarem presentes na vida das crianças e adolescentes, são uma forma de se relacionar com a natureza. As crianças possuem uma curiosidade genuína de entender como o mundo ao seu redor funciona, e os brinquedos são ferramentas para isso.

No contexto da escola, como apontado por Ramos (1990), o ambiente escolar não é apenas um lugar no qual se assiste aulas, mas também onde são desenvolvidas as relações e o convívio social a partir de diversas atividades como conversas, brincadeiras e encontros com amigos.

Já no âmbito da Psicologia, diferentes autores apontam como as relações sociais apoiam o desenvolvimento da aprendizagem e qual o papel das atividades lúdicas e dos brinquedos em tal contexto. Para Vygotsky (1988) a aprendizagem tem início muito antes da escola, o que é reforçado pelo autor ao exemplificar os processos imaginários a partir do jogo de xadrez:

[...] Jogar xadrez, por exemplo, cria uma situação imaginária. Por quê? Porque o cavalo, o rei, a rainha, etc. só podem se mover de maneiras determinadas; porque proteger e comer peças são, puramente, conceitos de xadrez. Embora no jogo de xadrez não haja uma substituição direta das relações da vida real, ele é, sem dúvida, um tipo de situação imaginária. (VYGOTSKY, 1998, p.109)

Ainda, Vygotsky (1998) discorre sobre a importância dos brinquedos e jogos no desenvolvimento das crianças, decorrente das situações imaginárias:

É enorme a influência do brinquedo no desenvolvimento de uma criança. Para uma criança com menos de três anos de idade, é essencialmente impossível envolver-se numa situação imaginária, uma vez que isso seria uma forma nova de comportamento que liberaria a criança das restrições impostas pelo ambiente imediato. (VYGOTSKY, 1998, p.109)

Tal associação entre os brinquedos, o imaginário e a aprendizagem podem ser importantes em situações como o estudo de força de pressão de um fluido, no qual os estudantes já soltaram pipa e sabem como fazê-la se manter sustentada no ar. Kishimoto (1999) corrobora com essa ideia ao enunciar que um brinquedo é capaz de “corresponder a alguma coisa e permitir sua evocação, mesmo em sua ausência” (KISHIMOTO, 1999, p.18).

Laburú *et al* (2013) ressaltam a importância dos brinquedos como alternativa à linguagem não verbal na teoria de Vygotsky, na qual há uma continuidade entre essa, e outras, atividades simbólicas que contribuem para o processo de aquisição da linguagem escrita.

Pode-se ainda destacar a visão de Froebel (2001), considerado precursor da criação dos jardins de infância, acerca da importância dos brinquedos para a aprendizagem. Como

apresentado por Monroe (1978) referindo-se à obra de Froebel, é por meio dos brinquedos que o professor pode transmitir o conhecimento às crianças, que têm nos brinquedos sua primeira representação de mundo.

3.1 Significando o lúdico

No senso comum, o significado de lúdico parece restrito a brinquedos, brincadeiras e jogos, mas como apontam Pimentel e Pimentel, sendo que é muito além disso (PIMENTEL e PIMENTEL, 2009). De acordo com Huizinga (2017), não há uma única definição exata para o termo lúdico, apesar de ser uma função das antigas sociedades. De acordo com Huizinga (2017, p.41), em seu livro *Homo Ludens* descreve que o termo latim *ludus* “[...] *ludus* abrange os jogos infantis, a recreação, as competições, as representações litúrgicas e teatrais e os jogos de azar”, levando ao entendimento de que o lúdico abrange uma variedade de situações.

Todavia, a compreensão do lúdico é, por diversas vezes, imposta pela indústria devido a fabricação de brinquedos, jogos eletrônicos, entretenimento no geral, como discorre Lopes (2014). Apesar do recorte apresentado por Lopes, durante este trabalho será utilizado a consideração de Huizinga para o desenvolvimento das atividades.

3.2 O lúdico e algumas teorias de aprendizagem

O lúdico pode contribuir para a interação entre o sujeito e o conhecimento e, de forma mais específica para com os objetivos deste trabalho, a relação entre brinquedos e aprendizagem. Para tais considerações, parte-se da problematização da aprendizagem como mera transmissão do conhecimento, em que o sujeito é meramente um agente passivo no processo. Silva e Moradillo (2002) levantam apontamentos sobre essa pedagogia reprodutivista no ensino de ciências, no qual os conhecimentos anteriores dos alunos são desconsiderados em decorrência da aprendizagem passiva. A utilização de brinquedos no ensino de ciências pode reverter essa lógica, ao colocar a criança em contato com o conhecimento, em uma interação muitas vezes familiar.

Diferentes autores apresentam visões que corroboram com o que foi apresentado no parágrafo anterior. Jean Piaget, cujo trabalho representa um pioneirismo na questão construtivista da cognição humana, desenvolve sua teoria do desenvolvimento cognitivo na qual, em linhas gerais, apresenta *períodos do desenvolvimento mental* e alguns conceitos-chave

como *assimilação*, *acomodação* e *equilibração* (MOREIRA, 2011). Dentre tais períodos, é válido enfatizar o *sensório-motor*, no qual Moreira (2011) destaca que a criança utiliza objetos para expressar sua curiosidade; o período *pré-operacional*, cuja estética do objeto define sua função para o sujeito; o período *operacional-concreto*, em que, como destaca Moreira (2011) criança é capaz de criar cognições reversíveis e contrastar e comparar objetos reais; e finalmente o período *operacional-formal*, que além dos objetos, o adolescente já tem a capacidade de formular raciocínios através da linguagem verbal.

Quanto aos conceitos-chave, Moreira (2011) indica que segundo Piaget, a assimilação ocorre ao passo de que o indivíduo constrói esquemas mentais para entender a realidade, a partir de sua interação com um objeto. Ferracioli (1999) destaca:

Para Piaget, o indivíduo assimila o estímulo e, após uma interação ativa, emite uma resposta, ou seja, o conhecimento adquirido não é devido a uma ação unilateral do meio (estímulo) sobre o sujeito passivo, mas sim a uma interação nos dois sentidos: do estímulo sobre o sujeito e ao mesmo tempo do sujeito sobre o estímulo. (FERRACIOLI, L., 1999. p. 187)

Quando não ocorre uma assimilação, o aprendiz desiste do processo ou se modifica, sendo essa a acomodação. O equilíbrio entre assimilação e acomodação é a adaptação. Os objetos apresentados nesta breve discussão sobre a teoria de Piaget representam, por muitas vezes, os brinquedos que as crianças interagem desde o nascimento e são tema deste trabalho.

De outro ponto de vista, o psicólogo Carl Rogers (1985) defende uma aprendizagem voltada ao estudante, em que o professor é um educador-facilitador, como apresentado por Moreira (2011). A chamada *aprendizagem significativa* de Rogers parte da premissa de que para ser significativa, a matéria de ensino deve ser tida como relevante para o aluno (MOREIRA, 2011). Rogers (1985) defende que um dos desafios da instituição de ensino é fornecer um ambiente de acolhimento, em que os estudantes e professores se sintam livres para novas descobertas. Lima, Barbosa e Peixoto (2018) destacam que para Rogers, a abordagem deve ser centrada no aluno, de forma a facilitar sua aprendizagem. Moreira (2011) ainda enfatiza que, na visão de Rogers, grande parte da aprendizagem ocorre a partir de atos, a qual é facilitada quando o estudante participa ativamente desse processo.

Em outra abordagem teórica de, David Ausubel, como apresentado por Moreira (2011), que o que mais influência na aprendizagem é o que a criança já sabe, sendo esse conhecimento prévio um ponto de ancoragem para novos conhecimentos. Essa é a chamada *aprendizagem significativa* de Ausubel, processo na qual uma nova informação se relaciona com uma estrutura

de conhecimento anterior, em conceitos e proposições relevantes, como apresentado por Moreira (2011).

Já Gérard Vergnaud debruça-se sobre a teoria piagetiana para desenvolver a chamada *teoria dos campos conceituais*, como descrito por Santana, Alves e Nunes (2015). Em tal teoria, Vergnaud adota como referência, além dos princípios de Piaget, o conteúdo desse conhecimento e a análise conceitual do domínio desse conhecimento (SANTANA, ALVES e NUNES, 2015). Segundo essa teoria, em resumo, ao se confrontar o estudante com uma nova situação, é buscado a utilização de conhecimentos já adquiridos em experiências anteriores e familiares (VERGNAUD, 1988, p.141, *apud* SANTANA, ALVES e NUNES, 2015). Vergnaud traduz um campo conceitual como:

[...] um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros e, provavelmente, interligados durante o processo de aquisição. (VERGNAUD, 1982, p. 40, *apud* SANTANA, ALVES e NUNES, 2015, tradução nossa).

As diferentes teorias de aprendizagem apresentadas estão de acordo no que diz respeito à forma que o conhecimento pode ser trabalhado, de modo a tornar o processo de ensino e aprendizagem significativa ao aluno, ancorando conhecimentos prévios e significantes para a realidade do aprendiz.

É, portanto, possível observar a importância da atividade lúdica e, da mesma forma, dos brinquedos na aprendizagem, de forma a promover uma interação entre o sujeito e o conhecimento, além de promover uma relação conhecimentos já adquiridos através da visão lúdica do mundo na qual as crianças e adolescentes já estavam presentes antes mesmo de entrarem na escola.

3.3 A experimentação no ensino de ciências

Como apontado por Gaspar (2014), tanto as Ciências da Natureza como as Ciências Humanas podem ser ensinadas e aprendidas a partir de diversas estratégias pedagógicas, desde que permitam a interação social com a participação de um facilitador (professor) que domine o conteúdo que se deseja ensinar. Gaspar e Monteiro (2005) tecem considerações de que as chamadas “atividades de demonstração” seria qualquer atividade de ensino fora da lousa.

Contudo, é de extrema importância considerar as especificidades de cada disciplina durante a utilização de diferentes recursos pedagógicos, pois suas características podem definir a melhor estratégia para o desenvolvimento dessas atividades.

No caso das Ciências da Natureza, e, portanto, da Física, uma estratégia é a experimentação, tendo em vista que por meio desse recurso, é possível reproduzir e observar eventos de interesse, de forma a familiarizar conceitos e fenômenos através dessas observações. Todavia, é válido destacar que as atividades experimentais, assim como propõem as teorias de aprendizagem mencionadas na seção anterior, necessitam de um facilitador, no caso um orientador. Gaspar (2014) realiza uma síntese da importância do papel do professor nas atividades experimentais:

Assim como o próprio pensamento verbal, o conhecimento também é uma construção humana e só pode ser adquirido pela interação entre seres humanos - ele não está nos objetos nem pode ser extraído das ações que exercemos sobre eles. Em outras palavras, a realização de uma atividade experimental por um grupo de alunos sobre determinado conteúdo só possibilita a aprendizagem desse conteúdo se esse grupo contar com a colaboração de alguém que domine esse conteúdo e oriente a realização dessa atividade em todas as suas etapas: a exposição de seus objetivos é de seus fundamentos teóricos, a realização da montagem, a adoção dos procedimentos experimentais, a realização das medidas, a análise de dados, a obtenção de resultados e a apresentação das conclusões. (GASPAR, 2014, p. 210).

Gaspar (2014) ainda apresenta alguns critérios que devem ser considerados durante a escolha de uma atividade experimental, sendo o mais básico deles o da **exclusão**. Se o objetivo do experimento for inalcançável, tal como a redescoberta de uma lei física, o experimento não é recomendado. A partir desse critério, Gaspar (2014) propõe orientações para a realização desse experimento:

- 1ª – Viabilidade do experimento: verificar se é possível realizar o experimento, a partir do local, custo e material;
- 2ª – Escolha do tipo de atividade: se atentar principalmente para questões como material e tempo disponíveis para a realização da atividade;
- 3ª – Seleção dos conteúdos a serem apresentados: determinar com clareza quais os conteúdos serão abordados com o experimento, levando em conta as vantagens de serem apresentados com essa estratégia;
- 4ª – Compatibilidade dos conteúdos com a atividade: é importante compatibilizar os conteúdos selecionados com a atividade realizada de forma a otimizar a eficiência tanto o sentido prático quanto o pedagógico.

3.4 Brinquedos como recurso didático

A utilização de brinquedos como recurso didático é um tema de interesse para diversos pesquisadores. Pimentel (2007) discorre sobre a visão de diferentes autores sobre o que são

brinquedos. Para Kishimoto “tem uma dimensão material, cultural e técnica. Como objeto, é sempre suporte de brincadeira. É o estimulante material para fazer fluir o imaginário infantil.” (KISHIMOTO, 1999 *apud* PIMENTEL. 2007, p.25); para o dicionário Aurélio Ferreira, brinquedo é um “objeto que serve para crianças brincarem. Objeto concreto e manipulável.” (FERREIRA, 1999 *apud* PIMENTEL. 2007, p.25); e por fim, segundo o dicionário Michaelis, brinquedo é um “objeto feito para divertimento de crianças; brinco. Divertimento entre crianças, folguedo, folia.” (MICHAELIS, 1998 *apud* PIMENTEL. 2007, p.25).

Bomtempo (1999) enfatiza que diversas pesquisas destacam brinquedos como material motivador para desenvolvimento de habilidades cognitivas e sociais. Kishimoto (1999) reforça essa ideia ao considerar que as crianças aprendem de maneira intuitiva, adquirindo noções espontâneas e desenvolvendo interações sociais a partir da utilização de brinquedos. Para a autora, os brinquedos representam certas realidades, colocando a criança na presença de reproduções (KISHIMOTO, 1999).

Quanto ao uso dos brinquedos em sala de aula, Bomtempo (1999) alerta sobre a importância do papel do professor como orientador, direcionando a atividade para atender os objetivos pedagógicos propostos. Pimentel (2007) destaca que com brinquedos como pipas, bicicletas, carrinhos, entre outros, pode-se estudar conceitos da física, e que montar atividades experimentais com brinquedos que fazem parte do mundo dos alunos é uma maneira de redescobrir e adquirir uma nova percepção sobre esses objetos.

Ainda, Kishimoto (1999) aponta sobre as funções que os brinquedos assumem ao serem utilizados como ferramenta para ensinar. A *função lúdica*, que o brinquedo proporciona diversão e prazer para as crianças, e a *função educativa*, cujo brinquedo ensina qualquer coisa que compete ao indivíduo, seu saber e compreensão do mundo. "É o prazer de estudar, de investigar, de perguntar que faz da educação uma coisa bonita, gostosa, brinquedo, feito empinar pipa" (ALVES, 1984, p.191 *apud* BOMTEMPO, 1999, p. 65).

3.5 Importância de brinquedos populares de baixo custo

Para este trabalho foi decidido pela utilização de brinquedos populares de baixo custo, os quais sejam acessíveis e não possuam restrições em relação a seu funcionamento, ou seja, possam ser alterados sem maiores problemas. Os materiais de baixo custo são importantes pois

facilitam a experimentação em situações em que não é possível utilizar um laboratório com equipamentos de alta tecnologia, por exemplo.

Além disso, brinquedos populares já fazem parte da vida de muitas crianças e adolescentes e, portanto, seu uso proporciona uma familiaridade durante o processo de aprendizagem. Ramos (1990) e Ferreira (1978) descrevem os materiais de baixo custo como sendo (a) mais baratos que as outras opções e acessíveis no comércio central da cidade e (b) materiais que tenham desempenho pedagógico adequado para a experimentação em que são utilizados.

A escolha da utilização de materiais de baixo custo não é excludente e não rejeita por completo laboratórios com alta tecnologia e custo. Todavia, é necessário desmistificar a crença de que a Ciência só ocorre com equipamentos sofisticados e fornecer alternativas acessíveis a alunos e professores. Silva e Leal (2017) apresentam que um dos problemas do Ensino de Física, especialmente em escolas com poucos recursos financeiros, é a ausência de instrumentos para verificar fenômenos vistos teoricamente, distanciando o conhecimento da realidade dos educandos. Esse problema é apontado por Duarte (2012), o qual ainda destaca a falta de aproveitamento com os conhecimentos que os alunos já possuem para a aquisição de um novo.

Muitas são as críticas que costumam ser feitas ao currículo de Física do Ensino Médio em nossas escolas. Talvez a mais contundente seja o seu desligamento da realidade vivencial do aluno, o que tem como consequência a produção de textos e materiais didáticos tão ou ainda mais desligados dessa realidade (ERTHAL, GASPAR, 2006, p. 346 *apud* DUARTE, 2012, p. 527)

Além da questão econômica, os materiais de baixo custo apresentam uma importante simplicidade, o que Ramos (1990) aponta como fundamental para um maior acesso ao conhecimento. Ademais, Ramos (1990) discorre que mais importante que o material utilizado é o papel do professor, o qual deve orientar as atividades didáticas buscando atingir os objetivos determinados, de forma que o educador e o educando “se educam entre si” na reprodução desse pedaço do mundo que está sendo vivenciado na aula de Física.

4 BRINQUEDOS E O ENSINO DE FÍSICA

É possível notar durante as atividades didáticas que há um certo desinteresse pela disciplina de Física, especialmente entre alunos do Ensino Médio da Educação Básica. Tal desinteresse pode ser explicado por alguns fatores, principalmente a forma com que os conteúdos são ministrados, geralmente em uma aula tradicional e com um enfoque matemático e de resolução de exercícios e não uma apresentação fenomenológica dos conhecimentos da física. Pimentel (2007) enfatiza o problema dessa priorização ao citar o Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF) o qual aponta esse problema:

A beleza conceitual e teórica da Física é comprometida pelos tropeços num instrumental matemático com o qual a Física é frequentemente confundida, pois os alunos têm sido expostos ao aparato matemático-formal, antes mesmo de terem compreendido os conceitos a que tal aparato deveria corresponder. (GREF, 2000, p. 16 *apud* PIMENTEL, 2007, p. 16).

Outro ponto que merece destaque quanto ao ensino tradicional de Física é que muitas das vezes o ensino é descontextualizado do mundo dos alunos, o que pode acabar contribuindo para o desinteresse pela disciplina, como aponta Duarte (2012). Os jovens possuem uma curiosidade natural que deve ser explorada, a qual é por muitas vezes ignorada quando não são apresentados instrumentos para demonstrar fenômenos vistos teoricamente.

Duarte (2012) discorre sobre a importância dessa contextualização com a realidade dos alunos, e, portanto, a importância do lúdico para o ensino de Física. A forma como a disciplina é apresentada acaba por esconder a base fenomenológica da Física, que por sua vez pode ser ludicamente acessível a qualquer nível cognitivo de escolaridade, como aponta Ramos (1990).

Finalmente, Pietrocola (2002) apresenta uma discussão sobre a importância dos experimentos investigativos em relação à Matemática envolvida nos conhecimentos da Física. Segundo o autor, um dos problemas mais citados quanto ao ensino de Física é o desenvolvimento da matemática presente na mesma, sendo que ambas caminham cada vez mais juntas. Com isso, para Pietrocola (2002) uma forma de auxiliar a compreensão dos artifícios matemáticos utilizados, como por exemplo as variáveis físicas, é a utilização de atividades de conhecimento físico.

4.1 Algumas considerações sobre o conhecimento físico

Será discutido nesta parte do trabalho acerca das atividades de conhecimento físico, com base no trabalho de Kamii e Devries (1988). Na perspectiva das autoras, o conhecimento físico possui enfoque nas ações e observações diretas dos educandos, e não apenas assistirem o que o orientador planejou.

Nesse contexto, segundo Kamii e Devries (1988) o objetivo das atividades de conhecimento físico é proporcionar aos estudantes a capacidade de perseguir um problema e desenvolverem questões sobre o mesmo. Para as autoras, o conhecimento físico é capaz de estimular ideias dentro de um ambiente com uma atmosfera total de experimentação (KAMII, DEVRIES, 1988). Kamii e Devries explicam o porquê da utilização dessas atividades:

[...] Para responder essa questão em poucas palavras, as atividades de conhecimento físico conduzem, sobretudo, não somente ao desenvolvimento do conhecimento nas crianças dos objetos no mundo físico, mas também ao desenvolvimento da sua inteligência, em um sentido mais geral (KAMII, DEVRIES, 1988, p.29)

Corroborando com as ideias de Kamii e Devries, Colombo *et al.* (2012) apontam a precariedade do ensino de ciências nos anos iniciais, com ênfase na falta de tópicos de física, como sendo apenas um conjunto de fatos para serem memorizados. Colombo *et al.* destacam a importância dos experimentos investigativos, como os citados por Kamii e Devries (1988) nas atividades de conhecimento físico.

[...] estamos trabalhando com crianças e para prender a atenção delas é necessário apresentarmos algo interessante. A Ciência se faz com atividades práticas e de raciocínio, ou seja, atividades concretas que levem a criança a pensar para poder formular conceitos físicos e dinamismo. Desta forma, será possível o ensino de ciência física para crianças (Nascimento & Barbosa-Lima 2006, p. 2 *apud* COLOMBO *et al.*, 2012, p. 494).

Kamii e Devries (1988) apresentam as atividades de conhecimento científico divididas em dois tipos: o primeiro deles, a *movimentação de objetos*, em que a ação dos estudantes é característica primária e a observação secundária; e o segundo tipo, a *mudança nos objetos*, em que a observação dos alunos é a característica primária e a ação a secundária. Neste trabalho, os brinquedos utilizados são focados em atividades do primeiro tipo.

A movimentação dos objetos, nessas atividades, ocorre a partir de uma ação das crianças enquanto a observação sobre o movimento auxilia a estruturar um espaço de pensamento lógico-matemático (KAMII, DEVRIES, 1988). De acordo com as autoras, na experimentação relacionada ao pensamento lógico-matemático, o conhecimento adquirido das ações em relação

ao objeto, enquanto a experimentação física relaciona-se diretamente com os objetos e o conhecimento deriva dos próprios objetos.

Ainda, segundo Kamii e Devries (1988), para as atividades de movimentação dos objetos, é importante seguir quatro critérios que tornam uma atividade interessante do ponto de vista pedagógico.

O primeiro é que a criança deve ser capaz de produzir o movimento a partir de sua própria ação, como empurrar, assoprar, girar, etc. É imprescindível que o aluno seja o foco da ação, pois o mesmo é o foco da atividade.

O segundo é que deve haver a possibilidade de o estudante variar sua ação, ou seja, empurrar com mais ou menos força, em um ângulo ou posição diferente, entre outros. Esse critério é importante pois evidencia uma relação direta entre a ação da criança e a movimentação do objeto, auxiliando na construção do entendimento das variáveis existentes nos fenômenos físicos.

O terceiro critério é que a reação dos objetos deve ser visível, o que facilita na estruturação da correspondência entre a ação e o movimento.

E o quarto e último critério é que a reação do objeto deve ser imediata, sendo assim fácil de estabelecer a correspondência entre a ação e a reação.

4.2 A Física presente nos brinquedos

É possível observar que a Física está presente nos brinquedos e a partir dos brinquedos podemos ensinar Física. Pimentel (2007) aponta:

Ao levarmos brinquedos, tais como pipas, bicicletas, patins, piões e carrinhos para a sala de aula, poderemos estudar conceitos como movimento, repouso, trajetória, equilíbrio, centro de gravidade, força e aceleração em trabalhos exploratórios com auxílio ou não de roteiros experimentais enriquecendo as aulas e facilitando a compreensão dos fenômenos e conceitos físicos. (PIMENTEL, 2007, p. 20)

Um segundo exemplo de como os brinquedos podem representar, além de um fenômeno físico, uma motivação inicial para aflorar a curiosidade nas crianças a fim de aprender a Física é apresentado por Medeiros e Medeiros (2005) ao contarem a relação de Albert Einstein, um dos mais renomados físicos de todos os tempos, e os brinquedos. Como os autores apontam, Einstein ganhou ainda criança uma bússola de seu pai, que despertou um enorme interesse sobre os fenômenos envolvendo-a.

Essa admiração pelos brinquedos continuou pelo resto de sua vida, pois como apontam Medeiros e Medeiros (2005), Albert Einstein presenteava colegas com brinquedos que possuísem algum conceito físico presente neles. Como enfatizado por Medeiros e Medeiros (2005), Einstein sempre destacava a importância da alegria no ato de ensinar.

Pierre Lucie aponta a estreita relação entre brinquedos e física, ao dizer:

Entre ensinar física brincando e ensinar chateando, eu prefiro ensinar brincando. /.../ Se queremos interessar os jovens no estudo da física, falemos de física. Isto é, em primeiro lugar, falemos do fenômeno. E se possível mostremos o mesmo (LUCIE, 1969, p.5 *apud* MEDEIROS, MEDEIROS, 2005, p.301).

Existem outros exemplos de como os brinquedos se fazem presentes quando o assunto é a Física, como mostra Pimentel (2007), sendo válido apresentar os três citados pelo autor.

O primeiro deles é o caso de Ken Yamazato e o Pipamodelismo, no qual o aposentado engenheiro mecânico percorre o Brasil levando pipas e seu imenso potencial pedagógico, e que, segundo Pimentel (2007), no final de cada oficina os alunos se familiarizam com mais de 100 conceitos de Física e da Matemática, como por exemplo força, área, densidade, equilíbrio, princípio de Bernoulli, pressão, calor, temperatura, velocidade, direção, sentido, deformação, centro de gravidade e princípios da óptica geométrica (PIMENTEL, 2007, p.32).

A segunda experiência que Pimentel (2007) apresenta é o caso do professor do Departamento de Física da Syracuse University de Nova York, Henry Levingstein, que devido ao pouco interesse dos alunos da chamada “High School” dos Estados Unidos com o curso de Física, entendeu a necessidade de mudar a abordagem e então utilizou brinquedos para ensinar a disciplina. Em cerca de 10 anos, como apontado em seu artigo, Levingstein (1982) agrupou mais de 600 brinquedos em sua biblioteca didática. (PIMENTEL, 2007)

O terceiro exemplo é o Ramos, o qual defende que a ludicidade facilita muito o aprendizado. Entre seus trabalhos, Ramos e Ferreira (1998) apresentam o “Looping dos copinhos de café”, uma experiência no qual será dedicado um enfoque mais profundo sobre mais tarde, como sendo um exemplo de como pode-se observar fenômenos físicos extremamente interessantes com brinquedos de baixo custo.

O uso de brinquedos e jogos para o ensino da Física, a nosso ver, é uma “ferramenta” pedagógica poderosa, interessante e sedutora para ajudar a construir essa possibilidade educacional. Basta querer participar desta brincadeira! (RAMOS, FERREIRA, 1998, p. 148 *apud* PIMENTEL, 2007, p. 30)

Em seu trabalho, Pimentel (2007) ainda evidencia através de uma pesquisa com alunos do primeiro ano do ensino médio de uma escola de Brasília como os brinquedos podem facilitar a aprendizagem da Física. Pimentel (2007) realizou testes antes e depois da utilização dos brinquedos para o ensino do tópico de estudo (3ª Lei de Newton), registrando a diferença nas respostas dos alunos em testes.

O trabalho de Pimentel (2007) demonstrou como o uso de brinquedos facilita o ensino de Física. Todavia, é necessário questionar-se:

- Qual a relação entre a utilização desses brinquedos para ensino de física e as teorias de aprendizagem?
- Quais os elementos essenciais para que um brinquedo possa ser utilizado em atividades de Ensino de Física?
- Que tipo de brinquedo nos interessa para o Ensino de Física?
- O que um professor deve saber e saber fazer para utilizar brinquedos no Ensino?
- Como elaborar atividades de Ensino com Brinquedos?

Essas perguntas norteiam esse trabalho, que buscará desenvolver atividades didáticas e a física com determinados brinquedos. Como apontado por Ramos (1990) “não se trata, portanto, de criar montagens que finjam funcionar, mas aproveitar características físicas partindo de um ponto de vista desafiador e curioso ao aprendiz”. Portanto, para ser possível aprofundar nessas questões já citadas, foi escolhido um tópico da Física, no caso Mecânica dos Fluidos, para serem desenvolvidas as próximas atividades do trabalho.

5 O USO DE BRINQUEDOS NO ENSINO DE MECÂNICA DOS FLUIDOS

Esta parte do trabalho será dedicada aos brinquedos que podem vir a ser utilizados para o ensino de Mecânica dos Fluidos e formas de realizar atividades didáticas com eles.

A Mecânica dos Fluidos é uma área da Física que pode ser vista no chamado “mundo real” em diversas ocasiões: a forma que um carro em movimento desvia o vento, a água de uma residência escoando pela tubulação, o vento ao passar por uma janela, os voos de aviões, entre outros.

Como definido por White (1988), um fluido não pode resistir a uma tensão de cisalhamento, não importando quão pequena seja, o fluido é deformado e escoa continuamente enquanto essa tensão é aplicada, por isso os fluidos ocupam o volume do recipiente que estão, por exemplo. Dentre os fluidos, existem a classe dos gases e líquidos, como explica White (1988).

Porém é um grande desafio para o professor representar tais fenômenos na sala de aula, para apoiar a explicação teórica sobre o assunto. Portanto, esse trabalho se concentrou no apoio de alguns tipos de brinquedos que representam as realidades descritas acima.

5.1 O aviãozinho de papel e a dinâmica dos fluidos na sustentação da asa

A origem dos aviões de papel não tem uma data ou local exato. Todavia, existem antes mesmo de serem chamados de aviões de papel, devido ao fato que ainda não existiam aviões, que teriam os primeiros voos com os irmãos Wright em 1903 e como o 14-bis de Santos Dumont três anos depois. Com a possibilidade de criar diversos modelos, os aviões de papel só precisam de uma folha de papel e a técnica de dobra-la para serem feitos, sendo um recurso didático barato e muito funcional.

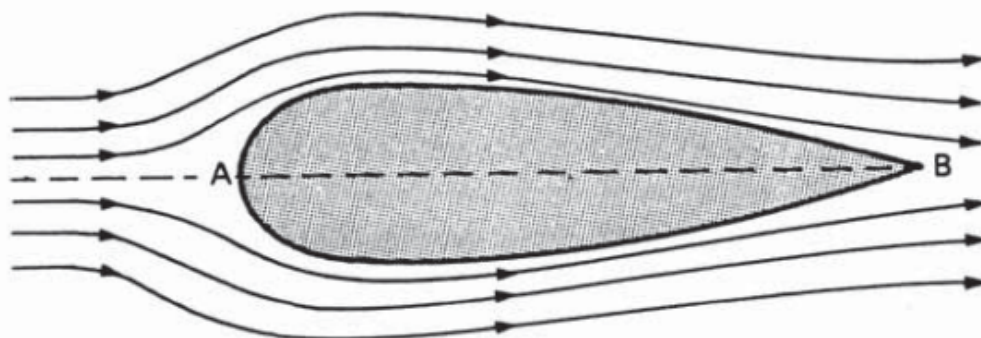
Há uma considerável semelhança entre os aviões reais e os brinquedos de papel quando o assunto é a Física envolvida.

Ao se tratar dos aviões reais, existem quatro forças principais atuando nele: a força de impulso dos motores, a força de arrasto, a gravidade e a força de sustentação das asas. A discussão a seguir será concentrada nessa última.

Lucie (1980) apresenta que o que pode originar essa força de sustentação é o escoamento de um fluido, no caso o ar, em volta da asa.

Na figura 1, Lucie (1980) apresenta um perfil simétrico, na posição horizontal e com o chamado "ângulo de ataque" nulo. Sendo o escoamento desse fluido em volta das lamelar, ou seja, com pouca agitação entre as camadas do fluido, as linhas se distribuem de maneira simétrica e, portanto, não há um regime que forneça uma força de sustentação.

Figura 1: Asa simétrica horizontal, num vento horizontal, em escoamento lamelar. O fenômeno é simétrico em relação ao plano AB. A sustentação é nula.



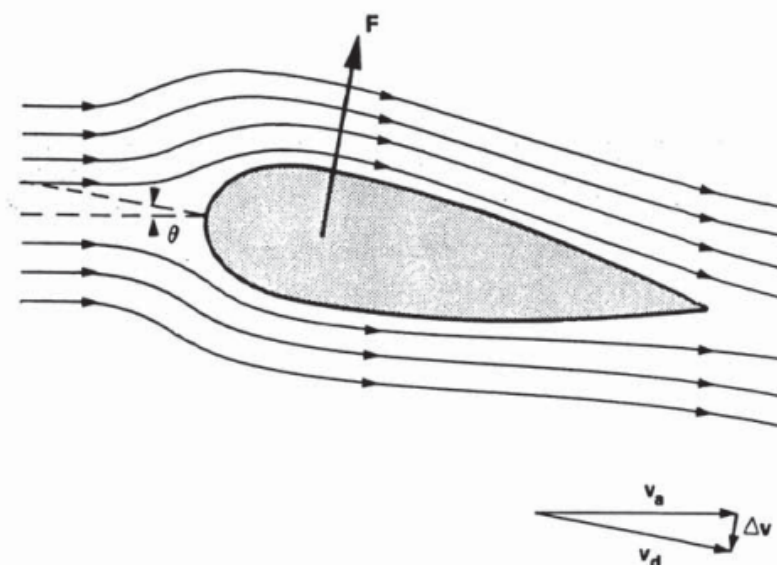
Fonte: LUCIE, 1980, p. 479.

A resposta para esse problema surge a partir de uma análise da 3ª Lei de Newton, a qual Lucie (1980) e Weltner *et al.* (2001) destacam como sendo a coerente explicação da força de sustentação de uma asa.

Para que o ar ao passar pela asa empurre a asa para cima, é necessário que a asa empurre para baixo o ar que passa por ela. Em outros termos, a asa deve produzir uma *deflexão para baixo do ar*. Essa deflexão somente é possível se a asa for inclinada sobre a horizontal, isto é, se o ângulo de ataque for diferente de zero. (LUCIE, 1980, p. 480)

A figura 2 representa a mesma asa da figura anterior, com a diferença do ângulo de ataque não nulo. Essa inclinação provoca uma deflexão para baixo e alteração na velocidade no fluxo de ar que passa por baixo da asa, ocasionando uma força de reação (como prevê a 3ª Lei de Newton) para cima, sendo essa a força de sustentação.

Figura 2: Asa simétrica com ângulo de ataque não nulo em relação à horizontal, num vento horizontal, em escoamento lamelar. O deslocamento do fluido para baixo faz com que a força de sustentação aponte para cima.



Fonte: LUCIE, 1980, p.480.

Todavia, é muito comum que ocorra equívocos ao explicar sobre a sustentação das asas de um avião, como Weltner *et al.* (2001) apresentam. A explicação convencional utilizando a Lei de Bernoulli apresenta equívocos que devem ser levados em consideração, pois é um modelo para fluidos ideais. Weltner *et al.* (2001) demonstram que a maior velocidade do fluxo de ar na parte superior da asa do que na parte inferior não causa, mas sim é decorrente da baixa pressão nesta região. A explicação mais coerente é a já apresentada sobre o ângulo de ataque e a deflexão do ar.

Podemos dizer que a explicação convencional encontrada na maioria dos livros textos para a sustentação da asa é incompleta ou melhor, errada. Podemos adiantar, pois explicaremos mais adiante, que a origem deste dilema é o fato de que a maior velocidade do ar acima da asa é uma consequência de uma menor pressão e não a causa dela. (WELTNER *et al.*, 2001, p. 431)

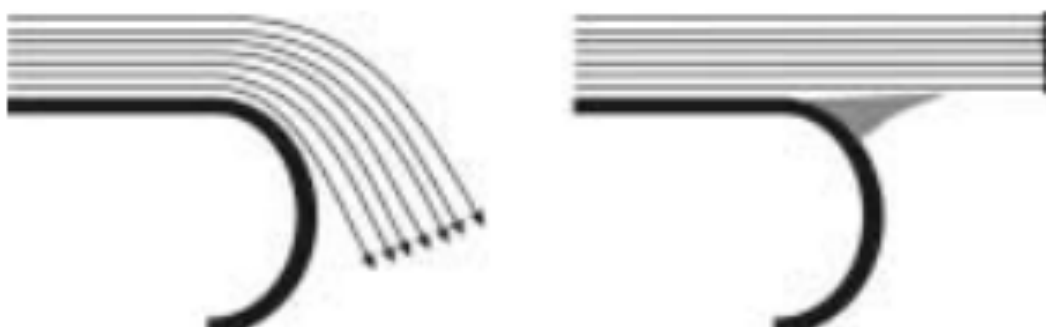
Os autores desenvolvem essa explicação utilizando a 3ª lei de Newton, ao relacionarem a força de sustentação como sendo dependente do ângulo de ataque, da velocidade e da densidade do ar (WELTNER *et al.*, 2001).

Ademais, um efeito muito interessante que auxilia nessa explicação é o *Efeito Coanda*, que segundo os autores “se um obstáculo for inserido no fluxo de um fluido seu escoamento próximo às superfícies limitantes acompanha as suas formas se as superfícies forem suavemente curvas” (WELTNER *et al.*, 2001, p. 434). A figura a seguir demonstra o efeito Coanda.

O efeito Coanda apresentado na figura 3 é o que faz com que o ar seja deslocado para baixo, acompanhando a asa, e conseqüentemente ocasionando a força de sustentação.

No avião de papel, essa deflexão do ar é causada pela fenda central entre as asas, que ao ser lançado, o ar passa por essa fenda sendo deslocado para baixo, produzindo essa força de sustentação nas asas, pelos princípios já citados.

Figura 3: Efeito Coanda. À esquerda efeito Coanda, à direita um experimento imaginário.



Fonte: WELTNER, K. et al., p. 435, 2001.

5.1.1 Os modelos de aviões de papel e suas aplicações no ensino Física

Existem diversos modelos de aviões de papel, cada qual com suas características e formas de voo. Alguns aviões são feitos para planarem e realizarem voos longos, já outros buscam alcançar longas distâncias. Essa diversidade de modelos é muito interessante para ensinar como as variáveis características alteram condições de funcionamento e, conseqüentemente, demonstrar a Mecânica dos fluidos aplicada em cada um dos casos.

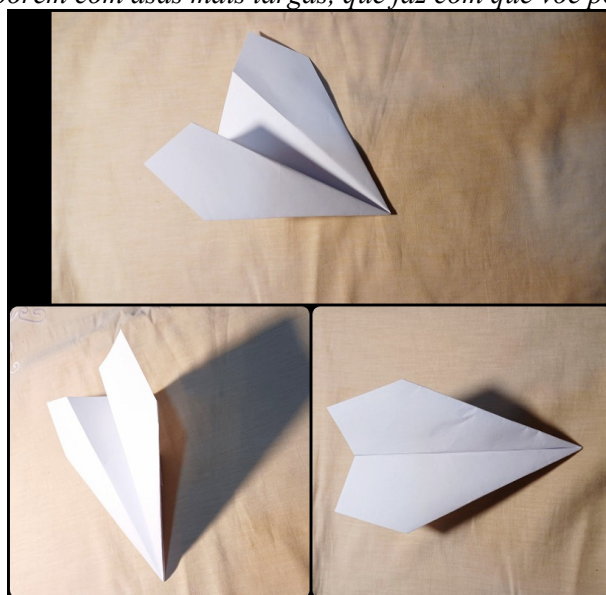
Serão apresentados alguns modelos de aviões de papel, todos feitos com folhas sulfite do tipo A4, e sua característica de funcionamento.

5.1.2 Avião “tipo Dardo”

Os aviões de papel do *tipo Dardo* têm como característica principal serem bastante finos e pontiagudos e devido a isso alcançam voos de maior distância, apesar do pouco tempo que ficam no ar. Os modelos aqui construídos foram inspirados no site *Fold’n Fly*, que apresenta diversas formas de se construir aviões de papel.

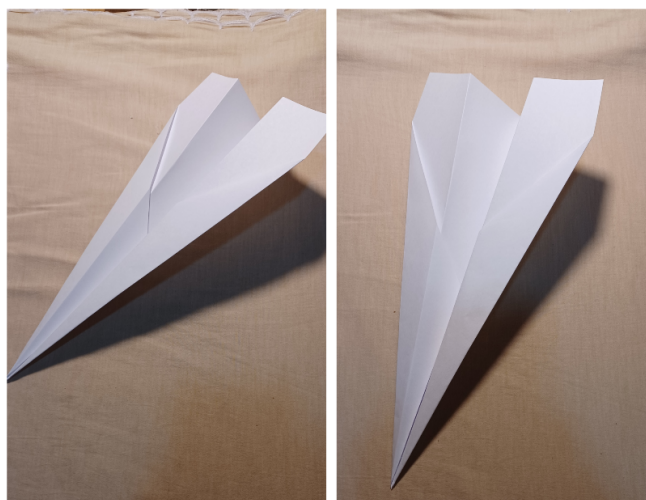
O tipo de voo dos dardos pode ser explicado pelo seu formato: um avião longo, pontudo e esguio, que vence com mais facilidade a força de arrasto e, portanto, atinge distâncias mais longas. Porém, o fato de possuírem asas menores faz com que o tempo de voo seja menor, pois a força de sustentação é menor. Entre os aviões tipo dardo existem diferentes modelos. Neste trabalho são apresentados o tipo dardo longo e o tipo dardo curto, com asas maiores. Essa diferença pode ser aproveitada para incentivar nos alunos uma discussão do porquê do comportamento de ambos serem diferentes durante o voo.

Figura 5: *Avião tipo dardo de asas largas. Esse avião ainda apresenta o perfil pontiagudo, porém com asas mais largas, que faz com que voe por mais tempo.*



Fonte: O Autor/ LaPEMID

Figura 4: *Avião tipo dardo de asas finas. Esse tipo de avião alcança longas distâncias, mas permanece pouco tempo no ar.*



Fonte: O Autor/ LaPEMID

5.1.3 Avião tipo “Morcego”

Os aviões de papel do tipo “*Morcego*” são aviões que possuem uma grande semelhança com a *máquina de voar*, de Leonardo da Vinci, no século XV, e também com o animal, devido ao jeito com que o brinquedo se comporta durante voo.

Diferentemente dos aviões do tipo dardo, os aviões de papel do tipo morcego estão na categoria dos planadores e, portanto, tem seu voo baseado no tempo, percorrendo distâncias mais curtas.

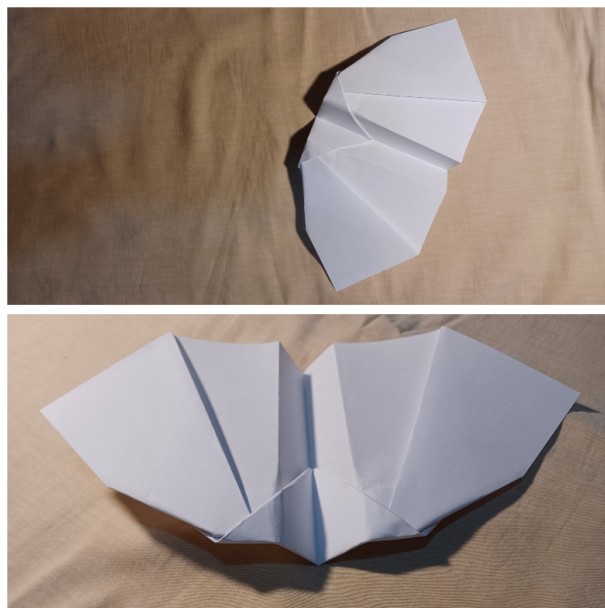
Isso ocorre, pois, esse tipo de aeronave possui a ponta mais pesada e achatada e asas maiores, aumentando a força de sustentação do avião, mas ao mesmo tempo aumentando a força de arraste sofrida, não permitindo que percorra grandes distâncias.

Um fato interessante sobre esse tipo de avião é a forma com que ele “bate asas” durante o voo, lembrando o movimento dos morcegos, inspirando assim o nome.

A inspiração para a construção do avião foi retirada do site *Espaço Ciência Viva*, na matéria” Aerogami: Avião Morcego”

(<http://cienciaviva.org.br/index.php/2021/07/22/aerogami-aviao-morcego/>).

Figura 6: Avião tipo morcego. Seu formato faz com que esse avião permaneça por um longo tempo planando e realizando manobras.



Fonte: O Autor/ LaPEMID

5.1.4 Avião tipo “Suzanne”

Um dos maiores nomes da aviação de papel mundial, John Collins, em seu livro “*The New World Champion Paper Airplane Book*” (2013) desenvolveu o chamado “modelo perfeito” de avião de papel, batizado de *Suzanne*.

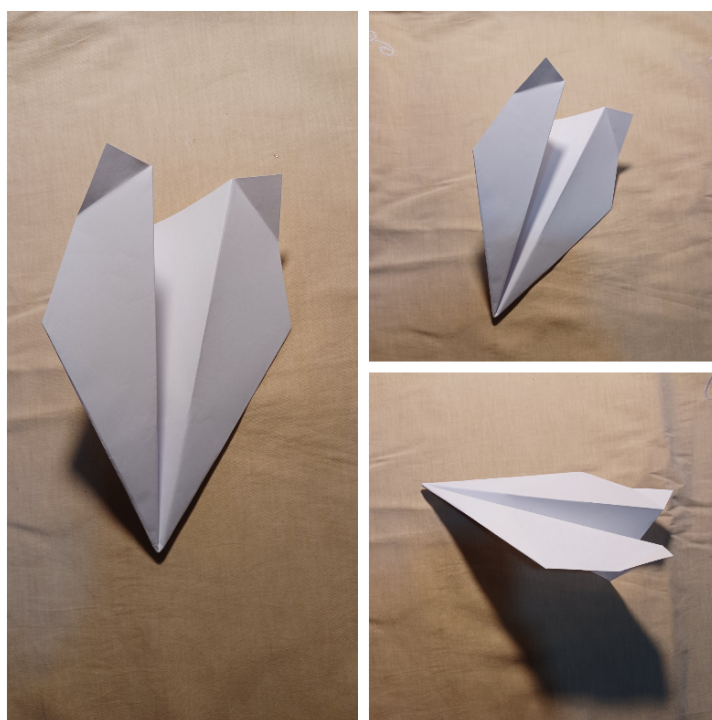
Com o modelo de Suzanne é possível ilustrar alguns fenômenos físicos muito interessantes. O primeiro deles é decorrente da frente pontuda que, assim como os aviões tipo dardo, serve para diminuir a força de arraste do ar.

O avião de papel possui algumas dobraduras na parte frontal que a deixam mais pesada, deslocando seu centro de massa para a frente. Esse deslocamento faz com que o modelo ganhe velocidade quando estiver apontado para baixo.

As asas de Suzanne são “na medida certa”. São maiores do que as dos aviões tipo dardo, fazendo com que o modelo consiga planar devido à força de sustentação, porém não são tão grandes como as dos aviões morcegos, que por sua vez gera muito arrasto por parte do ar.

Finalmente, são feitas dobras para cima no final das asas, que fazem com que ao voar, o vento incline o avião para cima, que por sua vez proporciona uma força de sustentação por um tempo maior, pois ao voar nessa posição o avião desloca o ar para baixo.

Figura 7: Avião tipo Suzanne. Este avião criado por John Collins foi o primeiro avião de papel a atingir a marca de 60m sem ser do tipo dardo.



Fonte: O Autor/ LaPEMID

Collins (2013) ensina como reproduzir esse modelo, assim como outros que são vistos em seu canal no Youtube “*The Paper Airplane Guy*” (<https://www.youtube.com/@ThePaperAirplaneGuy>). O modelo criado pelo autor foi posto a teste quando o ex-jogador de futebol americano Joey Ayoob, em 2012, atingindo a distância de 69,14 metros e registrando um recorde no *Guinness Book*, o livro de recordes. Foi a primeira vez que um avião atinge a marca dos 60 metros sem ser do tipo dardo.

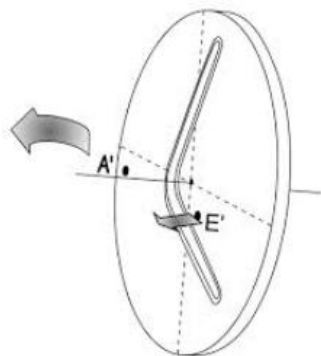
5.2 O bumerangue e o Efeito Giroscópico

O bumerangue é um artefato milenar que ainda é popular atualmente, principalmente entre crianças e entusiastas do tema. Durante esse tempo, o bumerangue passou por diversas transformações, ganhando diversos novos formatos e materiais. Porém, o que foi mantido é sua característica básica de funcionamento: ser lançado e retornar à mão do lançador.

O primeiro ponto interessante a se observar dos bumerangues é que ele é formado por um conjunto de asas, que dão origem a uma força de sustentação devido à deflexão do ar pelo formato da asa, como já explicado na seção 5.1 sobre aviões de papel. Essa força de sustentação impede que o objeto caia imediatamente após o lançamento.

A diferença é que o bumerangue é lançado verticalmente com uma velocidade de translação v e velocidade de rotação ω e, portanto, a força de sustentação ocorre na horizontal, de forma perpendicular ao movimento de translação, como apontado por Stein-Barana e Santarine (1999) e como mostra a figura 8, apontando para o centro da circunferência que descreve seu movimento.

Figura 8: Força de sustentação E em um Bumerangue em movimento. O deslocamento na vertical das asas faz com que a força de sustentação atue na horizontal.



Fonte: BNW, Avaliador, FreeFlyght, 2017.

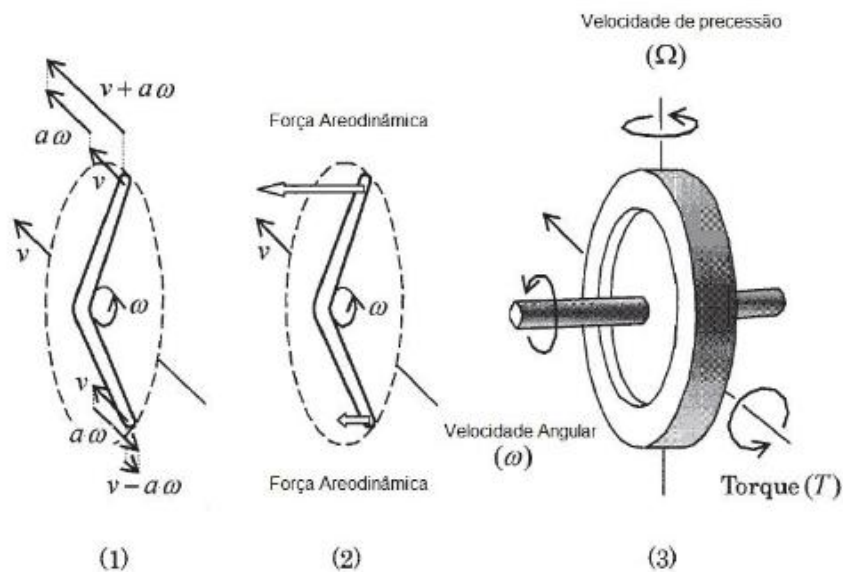
Figura 10: Bumerangue feito a partir de um pote de sorvete. No detalhe, a curvatura das asas, que faz com que haja uma força de sustentação durante o voo.



Fonte: O Autor/ LaPEMID

Ainda, como mostrado na figura 10, há uma diferença na velocidade das extremidades superior e inferior, devido ao movimento de rotação do objeto, enquanto o centro permanece com velocidade constante. Essa diferença de velocidade das extremidades faz com que a força de sustentação das asas do bumerangue seja diferente, deslocando cada vez mais para o centro do raio de curvatura.

Figura 9: (1) Diferença na velocidade das asas do bumerangue devido ao movimento de rotação. (2) Diferença da força de sustentação das asas do bumerangue devido à diferença de velocidade. (3) Esquema do torque produzido no bumerangue devido à diferença de força.



Fonte: BNW, Avaliador, FreeFlyght, 2017.

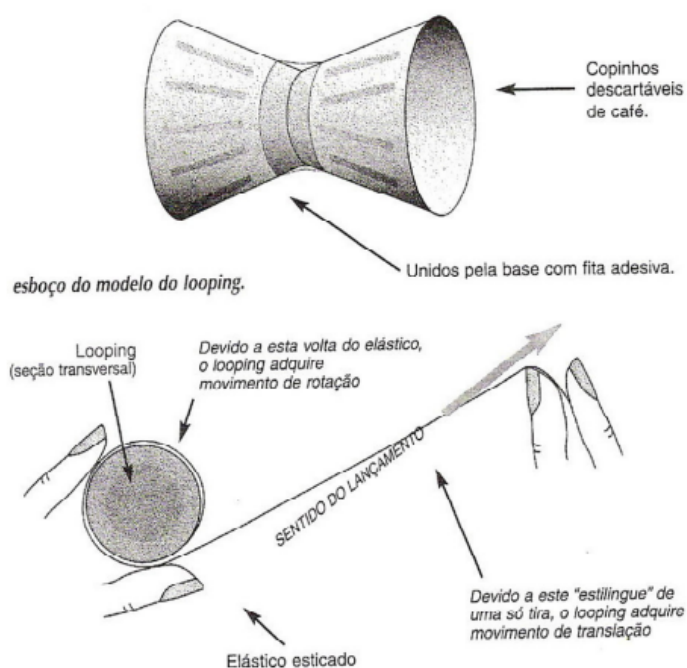
Outro fato importante, como apontado por Stein-Barana e Santarine (1999) é que o bumerangue possui um momento angular orbital $\vec{L}$ perpendicular ao plano de rotação. Associando o torque produzido pela diferença de forças nas asas é perpendicular ao plano de rotação e ao momento angular, e como destacado por Stein-Barana e Santarine (1999), o torque corresponde à variação temporal do momento angular $\tau = \Delta\vec{L}/\Delta t$, conforme o movimento vai ocorrendo, o bumerangue varia o momento angular ponto a ponto, gerando a curva característica.

Assim, a trajetória circular do bumerangue vai se completando em um efeito chamado *giroscópico*. Portanto, para isso ocorrer, é importante que o bumerangue seja lançado na vertical.

5.3 O looping dos copinhos de café e o Efeito Magnus

O *Looping* dos copinhos de café é um experimento muito simples de se fazer, mas que exige certa habilidade, como apontam Ramos e Ferreira (1998). Nesse brinquedo, dois copinhos descartáveis de café são unidos pelas bases menores e lançados por um elástico, como ilustrado pela figura 11.

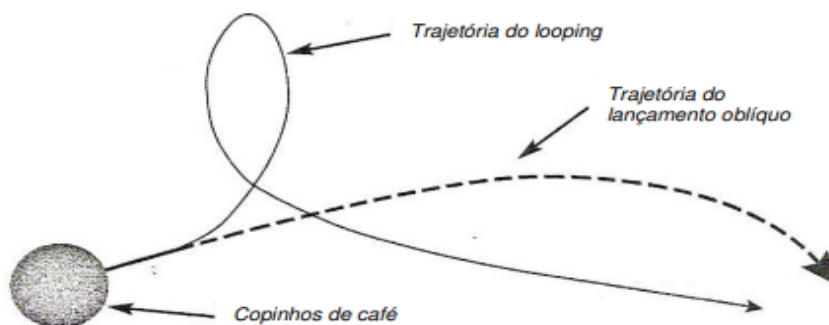
Figura 11: O "looping" dos copinhos de café. Brinquedos fácil de fazer, mas necessita de habilidade e coordenação motora para promover seu movimento.



Fonte: RAMOS e FERREIRA, p.143, 1998 apud PIMENTEL, p. 37, 2007.

Ao serem lançados, os copinhos adquirem dois tipos de movimento: um translacional e um rotacional, o qual origina o efeito de interesse. Se houvesse apenas o movimento de translação, os copinhos descreveriam uma trajetória parabólica, como um lançamento oblíquo. Contudo, o movimento descrito após o lançamento é diferente, reproduzindo uma trajetória parecida com o da figura 12.

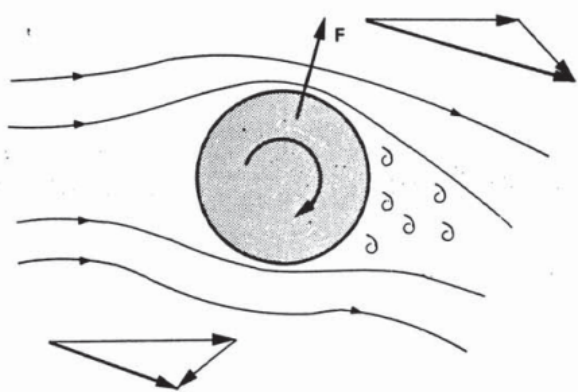
Figura 12: Esboço da trajetória do "looping" comparado com o lançamento oblíquo.



Fonte: RAMOS e FERREIRA, p.144, 1998 apud PIMENEL, p. 38, 2007.

Essa deflexão ocorre justamente por esse movimento de rotação que os copinhos possuem em um fenômeno chamado *Efeito Magnus*. É o mesmo fenômeno que ocorre nas curvas que as bolas fazem nos chamados “chutes de trivela”, por exemplo. Segundo Lucie (1980), o Efeito Magnus acontece, pois, quando um objeto imerso em um fluido tem um movimento de rotação, ele arrasta o fluido ao redor devido à viscosidade do mesmo, defletindo-o no mesmo sentido da rotação, que no caso dos copinhos de café é para baixo (Figura 11 e Figura 13). Esse arrasto faz com que haja uma diferença de velocidade entre o fluido na parte superior (maior) e na parte inferior (menor), ocasionando uma força de sustentação, como representado na figura 13.

Figura 13: O spin da bola, introduzindo uma dissimetria no escoamento produz uma força de sustentação F . Os triângulos de velocidade foram construídos seguindo os pontos de descolamento.



Fonte: LUCIE, P., p.483, 1980.

Essa força de sustentação ocasionada pelo Efeito Magnus é o que faz com que os copinhos descrevam a trajetória do looping. Como Ramos e Ferreira apontam:

É muito diferente falar sobre isso e realizar o ‘looping’. A experiência de poder reproduzir o efeito é arrebatadora, sedutora...enfim, lúdica... a pessoa é quase impelida a tentar entender o que se passa ao fazer o efeito acontecer, a partir daí a teorização poderá ocorrer com maior ou menor profundidade. (RAMOS E FERREIRA, 1998, p.144 *apud* PIMENTEL, 2007, p.38)

Uma atividade didática interessante para realizar com os copinhos de café seria rotacioná-los no sentido contrário, no qual o ar seria defletido para cima e a força de reação para baixo, fazendo com que os copinhos caíssem com uma velocidade maior.

5.4 A pipa e a força devido à pressão do vento

A pipa, papagaio ou arraia é um instrumento que tem origem na China antiga e atualmente é um brinquedo muito popular entre as crianças e adolescentes, tanto pelo seu baixo custo, visto que pode ser feito com varetas e papel, quanto pela diversão que fazer sua pipa voar proporciona.

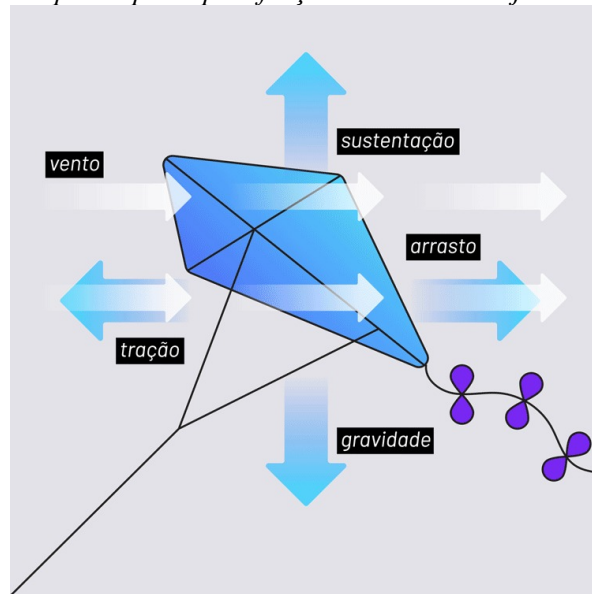
Existem diversos tipos de pipas, porém seu funcionamento segue o mesmo princípio: a força devido à pressão que o vento exerce na pipa.

Podemos esquematizar o voo da pipa a partir de quatro forças principais, como demonstrado na figura 14.

- A força peso: é a força existente devido à aceleração da gravidade. Quanto maior a massa da pipa, maior essa força. Para isso, é necessário se atentar quanto ao material utilizado na confecção da pipa.
- A força de arrasto do vento: é a força originada pelo vento atingir a superfície da pipa com uma determinada velocidade e, conseqüentemente, uma determinada pressão. Essa força de arrasto depende da velocidade do vento e é por isso que as pipas não voam em dias sem ventos. Também vai ser dependente da área da pipa, visto que a Força se relaciona com a pressão da seguinte forma:
- A força de tração: é a força exercida na pipa pela linha que quem a solta está segurando. Essa força impede que a pipa seja levada pelo vento, além de dar a inclinação necessária para que a pipa consiga gerar a força de sustentação.

- Força de sustentação: devido à inclinação que a pipa apresenta causada pela força de tração, o vento que passa por ela é defletido para baixo, originando uma força de sustentação para cima, explicado pela 3ª Lei de Newton e já comentado na seção 5.1 sobre a asa dos aviões.

Figura 14: Representação do voo de uma pipa. Representação das quatro principais forças atuantes no objeto.



Fonte: Guilherme Zamarioli/UOL – “Desafiando a gravidade: invenção antiga, a pipa é um marco da tecnologia”

O equilíbrio entre essas quatro forças faz com que a pipa consiga voar de maneira a parecer parada no ar.

Figura 15: Exemplo de pipa, comprada em uma loja por R\$ 1,00.



Fonte: O Autor/ LaPEMID

Ademais, é válido ressaltar a importância da rabiola para o voo das pipas. Devido à massa da rabiola presa em uma das extremidades da pipa, essa fica mais pesada que as demais, impedindo com que a pipa fique girando no ar. Por isso que pipas feitas para manobras possuem uma rabiola menor, dando mais liberdade para os movimentos, porém menos estabilidade durante o voo.

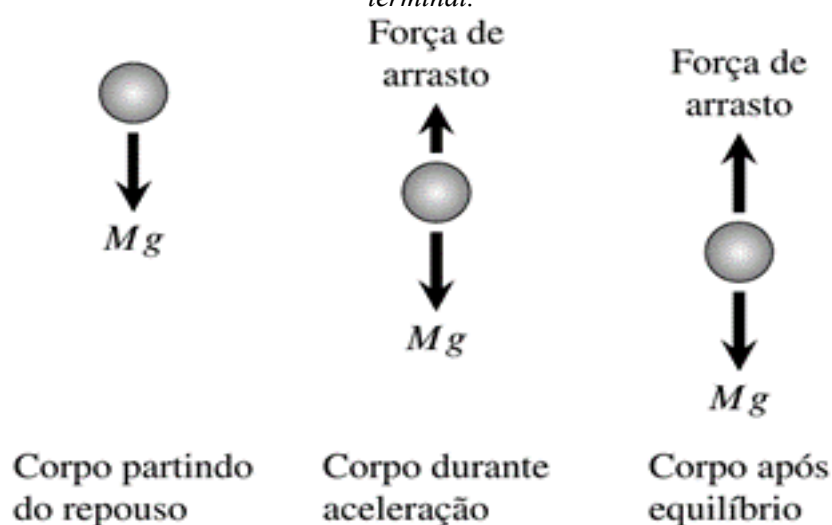
5.5 O paraquedas e a força de arrasto do ar

Visando reproduzir os paraquedas tradicionais, que são utilizados para saltos com pessoas, mantimentos e muitos outros equipamentos, os paraquedas de brinquedo são fáceis de fazer e uma brincadeira interessante para ensinar Física.

Geralmente construídos com sacolas de lixo (plástico) e alguns pedaços de linha de pesca, os paraquedas são um brinquedo de baixo custo que qualquer criança pode reproduzir com uma orientação correta.

Seu funcionamento segue o mesmo princípio físico dos paraquedas tradicionais, baseados no equilíbrio entre a força peso, devido à aceleração da gravidade, e força de sustentação, devido à resistência do ar (SILVEIRA, 2015). Um esquema simplificado das forças atuantes em um corpo em queda está representado na figura 16.

Figura 16: Diagrama simplificado de um objeto em queda sob influência da resistência do ar. No primeiro momento, com o corpo em repouso, há apenas a ação da gravidade. Conforme o corpo é acelerado, começa a existir a presença da força de arrasto, até atingirem o equilíbrio na velocidade terminal.



Fonte: SANTOS, SOARES e VILLELA (2018)

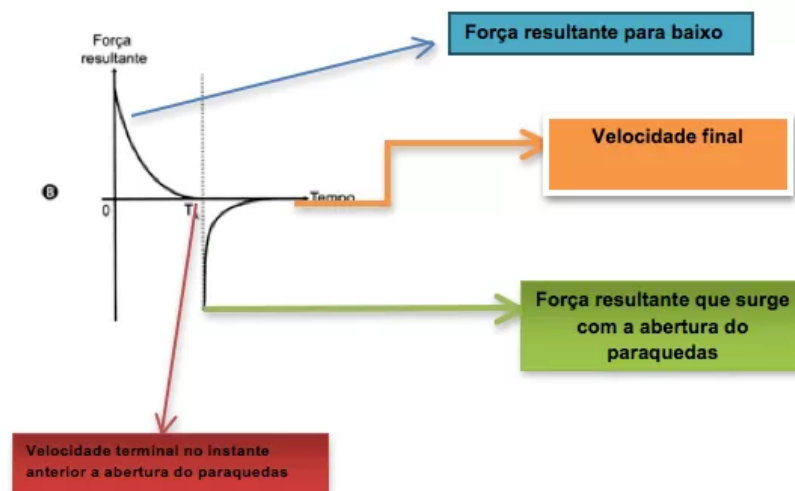
Essa força de arrasto é dependente da densidade do fluido, no caso do paraquedas o ar, da área da superfície do corpo em movimento e da velocidade desse objeto, seguindo de maneira simplificada a seguinte equação (SILVEIRA, 2015):

$$F_{arrasto} = -\frac{1}{2}C\rho Av^2$$

Em que C é o coeficiente de arrasto, dependente do formato do objeto, ρ a densidade do fluido, A a área de contato e v a velocidade. O sinal negativo da equação indica que a força é na direção oposta ao movimento, ou seja, conforme o corpo é acelerado e a velocidade aumenta, a força de arrasto aumenta na direção contrária.

Como a força da gravidade é vista como praticamente constante nesse exemplo, há um momento em que a força de arrasto se equilibra com ela, ocasionando um movimento uniforme, isto é, sem aceleração. Esse momento é o qual o objeto atinge a chamada *velocidade terminal*. A função do paraquedas é justamente diminuir o valor dessa velocidade terminal, visto que o paraquedas possui uma área maior que a do objeto em queda. Um exemplo dos gráficos de força x tempo e velocidade x tempo para um paraquedas são representados nos esboços a seguir.

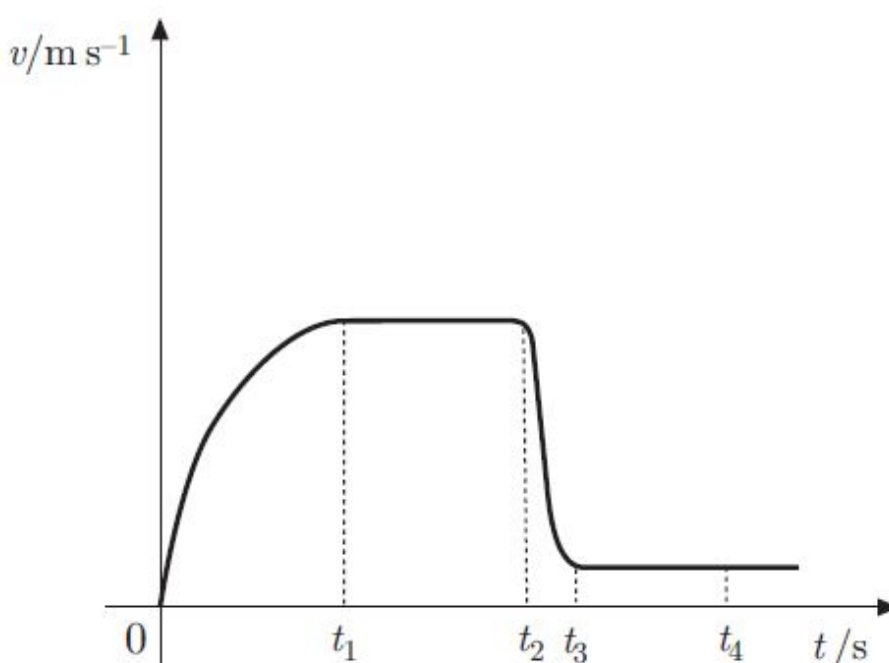
Figura 17: Esboço de um gráfico de Força vs Tempo para um salto com paraquedas. No gráfico é possível observar os momentos de interesse.



Fonte: BRASIL, ENEM 2009, Esquema sobre questão. Reprodução UERJ

Na Figura 17 pode-se observar que a força de aceleração vai diminuindo em módulo devido à resistência do ar, que é representado na Figura 18 entre os instantes 0 e t_1 , chegando em zero quando ambas as forças entram em equilíbrio. No gráfico da velocidade (Figura 18) esse movimento é descrito entre os tempos t_1 e t_2 . No instante em que o paraquedas é aberto, t_A na Figura 17 e t_2 na Figura 18, o corpo é desacelerado devido a maior força de arrasto que o paraquedas sofre, diminuindo assim a velocidade, até chegar novamente no equilíbrio, agora com uma velocidade constante mais baixa, representada na Figura 18 entre os instantes t_3 e t_4 .

Figura 18: Esboço do gráfico de Velocidade vs Tempo para um salto de paraquedas, com destaque para os momentos de interesse.



Fonte: 3º teste, Grupo III, E-Triplex. Disponível em <<https://e-triplex.pt/M%C3%B3dulo/3oteste-novembro-3/>>

Para reproduzir esse funcionamento com o paraquedas de brinquedo, o material utilizado deve ser leve e resistente às deformações, para manter o formato inicial. Além de representar o funcionamento da força de arrasto, ou seja, a força de resistência do ar, uma das explicações para isso ocorrer é a mesma apresentada na seção 5.4 sobre a pipa. Nesse caso, o fato de a velocidade do ar ser maior na parte superior do paraquedas e menor na parte inferior, faz com que a pressão seja maior na parte de baixo, ocasionando essa sustentação para cima. Esse é o princípio de Bernoulli, que pode ajudar a explicar o funcionamento do paraquedas.

Figura 19: Paraquedas construído com saco de lixo e linha de pesca. No compartimento de papel pode-se colocar variados objetos para demonstração da relação entre a massa e o movimento do paraquedas.



Fonte: O Autor/ LaPEMID

6 PERCURSO DE PESQUISA

A natureza do trabalho de pesquisa é caracterizada, conforme Gonsalves (2007) de acordo com os objetivos, pelos procedimentos de coleta, segundo a natureza dos dados coletados e de acordo com as fontes de informação. A coleta de tais dados e informações será feita em momentos distintos, os quais podem ser divididos em revisão bibliográfica e construção e estudo de um acervo de dados sobre brinquedos no ensino de física.

A pesquisa pode ser caracterizada pelos critérios de Gonsalves (2007) como:

- ***Pesquisa qualitativa, quanto a natureza dos dados:*** A pesquisa preocupa-se com a compreensão e interpretação dos dados obtidos para estudo de um fenômeno;
- ***Pesquisa exploratória, quanto aos objetivos:*** Caracteriza-se pelo desenvolvimento e esclarecimento de ideias, com objetivo de fornecer uma primeira aproximação de determinado fenômeno;
- ***Procedimento de coleta de campo:*** A pesquisa buscará informações sobre os brinquedos que podem ser utilizados em atividades didáticas para ensino de física para construção de um catálogo;
- ***Procedimento de coleta bibliográfica:*** A pesquisa parte de uma revisão bibliográfica sobre o assunto, contando com a contribuição de diferentes autores sobre brinquedos e aprendizagem (fontes secundárias de informações, descritas em artigos, livros e teses);
- ***Procedimento de coleta documental:*** Análise do acervo de dados do Laboratório de Prática de Ensino, Materiais e Instrumentação Didática (LaPEMID, CEAPLA, IGCE – UNESP).

Como apresentado por Gonsalves (2007), Gil (1994, p. 73) destaca que a pesquisa bibliográfica ocorre da contribuição de diversos autores sobre um determinado tema. Mann (1975, p. 66) sintetiza a distinção da natureza das fontes em quatro principais: primários contemporâneos, primários retrospectivos, secundários contemporâneos e secundários retrospectivos. De acordo com Mann, as fontes primárias são levantamentos e compilados pelo autor, que registra suas impressões sobre um determinado fato, enquanto as fontes secundárias são transcrições de fontes primárias. É válido destacar que a revisão bibliográfica é caracterizada, segundo Gonsalves, pela utilização de fontes secundárias. Quanto ao referencial de tempo, Mann destaca como contemporâneo os dados levantados ou transcritos na ocasião em que ocorrem e retrospectivos após os acontecimentos. Gonsalves ainda apresenta o uso de

contatos diretos para o levantamento de dados, com pessoas que podem fornecer ou sugerir fontes de informações úteis.

Como mencionado anteriormente, este trabalho pode ser dividido em diferentes momentos de coleta de dados, sendo o primeiro uma revisão bibliográfica acerca do uso do lúdico no ensino de ciências e como se caracterizam a utilização de brinquedos nas atividades didáticas para ensino de física. Para isso, são estudadas publicações de artigos, livros e teses sobre o assunto. A segunda etapa que vale a pena ser destacada é a construção de um catálogo de brinquedos que podem ser utilizados, seguindo alguns critérios pré-estabelecidos, como por exemplo quanto a possibilidade de utilização no ensino de física e quanto sua aquisição: brinquedos que podem ser feitos manualmente e de baixo custo. Além da construção do catálogo, será estudado o acervo do LaPEMID.

6.1 Elaboração de uma sequência didática com o uso dos brinquedos

Para o desenvolvimento de atividades pedagógicas para o ensino de mecânica dos fluidos com uso de brinquedos, é preciso elaborar uma sequência didática que ajude o educando a relacionar os conceitos trabalhados e as variáveis envolvidas na discussão deles. Os principais conceitos abordados neste trabalho são sequenciados da seguinte forma: força e pressão, força de sustentação, força de resistência do ar, efeito giroscópico e efeito Magnus.

A figura do educador e da educadora é essencial durante essas atividades, visto que é o direcionamento dado pelos professores que transforma os brinquedos utilizados em recursos didáticos para o ensino de Física. Nesse ponto, o professor deve ter a capacidade de, com auxílio dos brinquedos, facilitar a construção do conhecimento desejado. Saber explicar o fenômeno nos brinquedos, além de saber elaborar uma sequência didática é uma prática essencial na formação dos professores

Assim, o exemplo de sequência didática pode ficar da seguinte forma.

6.1.1 PIPA

Para este trabalho, foi utilizado como base o modelo chamado “caçula”, o qual é o mais encontrado em lojas. Podemos desenvolver as atividades didáticas baseadas no uso da pipa segundo algumas características do brinquedo, a partir do funcionamento já apresentado na seção 5.4:

- **Área da superfície x Massa:** Podemos variar o material da pipa de forma a obtermos modelos cuja relação entre a área e peso proporcionem discussões interessantes, a partir da facilidade ou dificuldade de voo da pipa. Conceitos da dinâmica das forças da pipa podem ser trabalhadas partindo dessa característica.
- **Inclinação da pipa:** Ao variarmos a inclinação da pipa em relação ao vento, a força de sustentação também varia. Essa mudança abre espaço para uma conceituação dessa força de sustentação ocasionada pelo escoamento do vento.
- **Diferentes tamanhos de rabiola:** A partir dessa característica, é possível observar e conversar sobre a influência do peso que a rabiola exerce em uma das pontas, ocasionando um voo mais estável ou com mais manobras.
- **Velocidade do vento:** Podemos trabalhar sobre como a força que o vento exerce sobre a pipa é dependente da velocidade, devido ao fato que sem vento uma pipa não é capaz de voar.

6.1.2 AVIÃO DE PAPEL

Para o estudo, foram tomados como referência quatro montagens diferentes de aviões de papel, como apresentado na seção 5.1. Todos os aviões descritos neste trabalho são feitos a partir de uma folha de papel A4 e todos os processos de montagem se encontram nos anexos 1-4.

De acordo com o funcionamento dos aviões de papel apresentados na seção 5.1 podemos desenvolver atividades didáticas envolvendo mecânica dos fluídos baseadas nas seguintes características dos aviões de papel:

- **Tamanho da asa:** Variando a área da superfície da asa dos aviões, podemos notar uma variação no tempo de voo. A partir dessa característica, podemos estudar o conceito de força de sustentação.
- **Formato do avião:** A diferença do formato dos aviões, especialmente na ponta deles, faz com que a distância alcançada seja diferente. Essa variação permite que seja discutido sobre a força da resistência do ar, a aerodinâmica e o efeito Coanda.

- **Modelo utilizado:** Os diferentes modelos de aviões de papel apresentam diferentes trajetórias durante o voo. Essa característica permite trabalhar sobre como a aerodinâmica deles e a interação com o fluido (ar) atua no movimento do corpo.
- **Velocidade de lançamento:** A velocidade de lançamento dos aviões é uma grandeza que os estudantes podem variar por vontade própria. Essa particularidade permite discutir sobre como a velocidade do avião e consequentemente a velocidade de escoamento do fluido se relacionam com a força de sustentação e de arrasto.

6.1.3 PARAQUEDAS

Para a elaboração de atividades didáticas com o paraquedas, o modelo escolhido foi o paraquedas circular, o qual necessita de apenas um pedaço de saco de lixo reciclável e oito pedaços de linha. A forma de construir esse brinquedo se encontra no anexo 6.

De acordo com a Física envolvida no paraquedas, como apresentado na seção 5.5 podemos basear as atividades didáticas nos seguintes princípios:

- **Área do paraquedas:** Se a área do paraquedas for maior, a força de sustentação ocasionada pela resistência do ar será maior e consequentemente a velocidade terminal será mais baixa. Dito isso, variar a área do paraquedas é uma alternativa de demonstrar isso.
- **Massa do objeto acoplado ao paraquedas:** A força peso é proporcional à massa. Portanto, quanto maior a massa do objeto (e consequentemente maior a força peso), maior deverá ser a força de arrasto do ar para que o paraquedas entre em equilíbrio. Essa variação permite explorar a dinâmica desse brinquedo de diferentes formas, como por exemplo variando a massa para uma mesma área ou para áreas diferentes.

6.1.4 BUMERANGUE

O bumerangue é um brinquedo que pode ser facilmente encontrado em lojas de brinquedos, porém pode apresentar um custo elevado. Para contornar isso, é possível construir um com materiais baratos ou recicláveis, com um custo muito baixo. As instruções de como fazer um estão apresentadas no anexo 5.

Como explicado na seção 5.2 sobre o funcionamento do bumerangue, pode-se utilizar o brinquedo em questão para explicar o efeito da força de sustentação e o efeito giroscópico. Dito

isso, pode-se variar as ações no momento do lançamento e desenvolver uma discussão de acordo com os resultados obtidos.

Alguns exemplos de como é possível alterar as características de lançamento do bumerangue são:

- Lançar o bumerangue na horizontal: Ao fazer isso, o brinquedo tem a força de sustentação na vertical, fazendo com que o bumerangue suba. Esse é um exemplo interessante para demonstrar como essa força atua.
- Lançar o bumerangue apenas com velocidade translacional, com pouca ou nenhuma rotação: Esse tipo de lançamento é uma alternativa interessante para explicar o funcionamento do brinquedo e, conseqüentemente, o efeito giroscópico envolvido em sua mecânica.

6.1.5 Looping dos copinhos de café

A utilização do Looping dos Copinhos de café para ensino de mecânica dos fluidos é uma ferramenta muito interessante para explicar o Efeito Magnus e como é a interação entre alguns objetos e os fluídos. Sua montagem e uso requerem apenas dois copinhos de café, um pedaço de fita adesiva e um elástico, como representado no anexo 7.

Um exemplo de atividade didática que pode ser realizada com o uso do Looping é desenvolver uma discussão sobre o Efeito Magnus e como ocorre. Para isso, o Looping pode ser lançado com dois sentidos diferentes de rotação, fazendo com que sua trajetória aconteça de duas maneiras diferentes: ou faz o tradicional looping demorando mais para cair, ou cai com uma velocidade maior que a esperada. Essa mudança no comportamento é resultado do Efeito Magnus e pode ser discutida com os alunos, sendo uma interessante ferramenta e atividade didática.

6.2 Caracterizando as atividades didáticas

É importante caracterizarmos as atividades didáticas e os tipos de brinquedos utilizados para ela. Serão apresentados então, alguns critérios que auxiliaram na escolha desses brinquedos.

- Quanto ao tipo do brinquedo:

Devido à proposta do baixo custo, os brinquedos utilizados foram aqueles que podem ser feitos com materiais baratos e recicláveis, ou comprados sem muito gasto. A tabela abaixo apresenta como cada um dos brinquedos escolhidos se caracteriza.

Quadro 1 – Caracterização dos brinquedos quanto ao tipo

Brinquedo	Confecção do brinquedo
Avião de papel	Feito com folhas de papel
Bumerangue	Feito com plástico reciclado
Looping dos copinhos de café	Feito com copinhos de café, fita adesiva e elástico
Paraquedas	Feito com sacola plástica e linha (reciclagem)
Pipa	Comprado em lojas por baixo custo ou feito com papel e varetas

Fonte: O autor

- Quanto aos efeitos físicos:

Os brinquedos podem ser categorizados em três tipos: (a) sem efeitos físicos aparentes, (b) com efeitos físicos pouco significativos e (c) efeitos físicos essenciais para o funcionamento do brinquedo. A escolha para esse trabalho consistiu nos brinquedos da terceira categoria, na qual apresentam o fenômeno físico desejado para o estudo através do funcionamento tradicional, sem precisar alterá-lo para representar didaticamente.

Quadro 2 – Caracterização dos brinquedos quanto aos Efeitos Físicos

Brinquedo	Efeito(s) Físico(s)
Avião de papel	Força de sustentação; Resistência do ar
Bumerangue	Força de sustentação; Efeito Giroscópico
Looping dos copinhos de café	Efeito Magnus; Efeito Coanda
Paraquedas	Força de arrasto; Equilíbrio de forças; Velocidade terminal.
Pipa	Força de sustentação; Pressão; Força de arrasto de um fluido, Tração.

Fonte: O autor

- Quanto à visualização do fenômeno:

A atividade didática consiste necessariamente na visualização do efeito físico presente no brinquedo, somado a uma discussão dos estudantes. Porém, essa visualização ocorre de maneiras distintas. Os critérios utilizados para essa característica foram: (a) o efeito físico tem variação com a ação do estudante; (b) o efeito físico tem variação com o objeto estudado (tamanho, formato e massa, por exemplo); (c) o efeito físico depende de fatores externos ao estudante e ao objeto.

Quadro 3 – Caracterização dos brinquedos quanto à visualização do efeito físico

Brinquedo	Visualização do efeito físico
Avião de papel	A e B
Bumerangue	A e B
Looping dos copinhos de café	A
Paraquedas	B
Pipa	B e C

Fonte: O autor

É válido ressaltar que se pode modificar essa sequência de acordo com o interesse e objetivos da aula. Um outro exemplo de sequência que pode ser realizada com esses brinquedos é iniciando com o paraquedas, para explicar a força de arrasto, e seguir com os brinquedos que trabalham força de sustentação, de acordo com o grau de complexidade dos brinquedos e sua explicação.

Além disso, outros fluidos são interessantes nesse ponto. A água é um exemplo, pois é possível observar visualmente os fenômenos trabalhados, tornando a experiência didática interessante no ensino de mecânica dos fluidos.

7 EXPERIÊNCIA DE OFICINA DIDÁTICA

Durante as aulas da disciplina de Práticas de Ensino e Estágio Supervisionado II foi possível realizar uma experiência didática com o uso de brinquedos para o ensino de mecânica dos fluidos. Foi realizada uma oficina didática na Escola Estadual Marciano de Toledo Piza, na turma da disciplina de Eletivas, cujo tema é preparação para a faculdade. Nessa turma, haviam alunos do primeiro, segundo e terceiro ano do ensino médio.

Inicialmente, a proposta era realizar a sequência didática desenvolvida e apresentada na seção 6.1, alterando-a de acordo com as características de espaço e tempo da escola. Porém, foi observado durante o início da oficina, com a pipa, que os estudantes se desinteressavam por uma aula expositiva, mesmo que sendo com o uso de brinquedos. Assim a oficina passou a ter uma segunda característica, sendo agora norteada por uma competição de aviões de papéis.

Essa competição ocorria da seguinte maneira: foram apresentadas três categorias de voos para os aviões de papéis (voo mais distante, voo com tempo mais longo e voo com mais manobras) e três aviões diferentes (dardos de asas finas e largas e Suzanne), sendo que os estudantes, divididos em grupos, deveriam escolher um avião para cada categoria. O desafio proposto e o espírito de competição os motivaram e o engajamento com a oficina ficou extremamente alto.

Após construir os aviões e discutirem com seus grupos qual usariam para cada categoria, chegou a hora da competição, que ocorreu no pátio da escola. Antes do lançamento dos aviões para cada categoria, os estudantes foram questionados do motivo que os levou a escolher o avião para este tipo de voo, sendo que as respostas levaram a uma avaliação positiva sobre como refletiram acerca do conteúdo. Na categoria de voo mais distante, o avião mais escolhido foi o tipo dardo de bico fino, evidenciando que os mesmos tinham certo entendimento o conceito de resistência do ar.

A mesma ideia seguiu nos próximos tipos de voo, em que os alunos escolheram um avião com perfil de asa mais largo para o voo com mais tempo e também a forma como modificaram o terceiro avião para o voo com mais manobras. Essas questões promoveram uma discussão com os alunos sobre os conceitos de força de sustentação e força de resistência do ar, que realmente seriam trabalhados com os aviões.

Porém, surgem outras discussões interessantes a respeito da atuação do professor nesse caso. A primeira delas é que as atividades mais desafiadoras motivam os alunos, despertando

interesse nos estudantes. A segunda é que o professor, além de preparar a sequência didática, estudando sobre os brinquedos e organizando-os de uma maneira eficiente para trabalhar os conceitos desejados, deve ter sensibilidade para saber altera-la sempre que necessário, a depender das condições da classe, escola e dos alunos.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização do lúdico na aprendizagem, com foco nos brinquedos, é respaldada por diversos pesquisadores da educação e teorias de aprendizagem, como por exemplo, nas descritas por Moreira (2011). Vygotsky (1998) aponta que os brinquedos são excelentes ferramentas para o desenvolvimento das chamadas situações imaginárias, importantes na aprendizagem da ciência. Carl Rogers, como apresentado por Moreira (2011) tem em sua tese que a aprendizagem deve ser relevante e centrada no aluno, sendo que os brinquedos cumprem este papel no ensino de Ciências e da Física. Ausubel, em sua Teoria da Aprendizagem Significativa, e Vergnaud, na Teoria dos Campos Conceituais, reiteram que os novos conhecimentos são ancorados em conhecimentos já estabelecidos (MOREIRA, 2011). O fato de que os brinquedos populares já estão inseridos no imaginário das crianças e adolescentes faz com que seu uso no ensino de Física torne a aprendizagem mais clara e interessante.

Ainda, como representado por Ramos (1990), Pimentel (2007) e Duarte (2012), a Física pode ser objeto de desinteresse, principalmente se trabalhada da maneira tradicional, apenas focada na matemática e resolução de exercícios, sem a apresentação dos fenômenos teoricamente estudados.

A escolha dos brinquedos deve levar em conta sua utilização para o Ensino de Física. Nesse ponto, alguns elementos são essenciais para isso. Assim, o brinquedo deve possuir o efeito físico aparente, ou seja, o efeito físico deve ser significativo para o funcionamento. Essa característica faz com que seja possível elaborar uma sequência didática em que mudanças no objeto e na ação dos alunos resultem em mudanças no funcionamento do brinquedo, sendo importante para a compreensão dos fenômenos físicos envolvidos. Os brinquedos utilizados devem despertar o interesse dos estudantes, sendo esteticamente chamativos e que seu funcionamento dependa do aluno. Portanto, a ação dos educandos deve ser primária na experimentação, como aponta Kamii e Devries (1988).

Durante esse trabalho, encontramos cinco brinquedos que podem constituir uma sequência didática para o ensino de uma das áreas da Física, a Mecânica dos Fluidos. Os brinquedos estudados despertaram curiosidade por seu baixo custo e simplicidade de utilização, além de representarem de maneira interessante os fenômenos propostos para eles. Ainda, tais brinquedos consistiram em utilizarem de maneira intrínseca ao funcionamento o princípio físico, além de fazerem parte das brincadeiras infantis de muitas crianças, sendo brinquedos populares na sociedade.

Dos brinquedos estudados, todos podem ser construídos de maneira simples ou comprados por um preço acessível. Esses brinquedos estão em acordo com as propostas de experimentação de Kamii e Devries (1988) sobre o conhecimento físico sendo objetos de interesse para criação de atividades didáticas. Outro detalhe importante a ser considerado é que, com exceção da pipa que apresenta a necessidade de condições favoráveis de tempo (representado no Quadro 3 da seção 6.2), todos os brinquedos podem ser levados e utilizados em sala de aula, podendo auxiliar na superação da ausência de um laboratório didático na escola.

Todavia, o papel do educador e da educadora é necessário para a utilização de brinquedos no ensino de Ciências e de Física, para que a atividade tenha caráter pedagógico, como explicitado por Carl Rogers (MOREIRA, 2011), mediando como um facilitador da aprendizagem. Os professores devem, portanto, estudar os princípios físicos dos brinquedos que serão utilizados e como os mesmos podem ser apresentados aos alunos. Para isso, é necessária a elaboração de uma sequência didática que proporcione a construção desses conceitos, destacando a forma com que a variação da ação dos estudantes e das características do objeto alteram o funcionamento dele, além de relacionar com o conceito físico desejado.

Como foi percebido durante a revisão bibliográfica deste trabalho, o uso de brinquedos no ensino de Física é um tópico de interesse da comunidade acadêmica e pode ser mais trabalhado por professores da Educação Básica. Essa atividade conjunta entre professores e pesquisadores é necessária para o desenvolvimento o ensino de Física e da formação de professores.

O presente trabalho possibilitou observar a grande variedade de brinquedos com as já mencionadas características que podem ser utilizados para o estudo de Mecânica dos Fluidos. Além dos estudados, ainda chamaram atenção o Frisbee, o Lança disco, o Catavento, o Helicóptero de Papel, outros modelos de aviões de papel, barquinhos de papel e plástico, alguns deles podem ser trabalhados experimentos e brinquedos envolvendo água, sendo assim, possível realizar uma experimentação em que o efeito de fenômenos no fluido sejam melhor destacados visualmente e assim observados.

A Mecânica dos Fluidos é um tópico de estudo muito importante da Física. Durante as atividades didáticas realizadas na escola E. E. Marciano de Toledo Piza, por meio da disciplina de Prática de Ensino e Estágio Supervisionado II, foram encontrados materiais e equipamentos no laboratório de Física da escola, sendo os quais podem se complementar com os brinquedos para o ensino. Na mesma escola foi possível realizar uma oficina didática do uso de brinquedos

no ensino de Mecânica dos Fluidos, onde foi possível observar que os alunos se motivam por desafios e que os brinquedos são realmente uma alternativa pedagógica interessante no Ensino de Física.

Ademais, vale destacar possibilidades da expansão e aprofundamento deste trabalho, como:

- a caracterização de outros brinquedos, em Mecânica dos Fluidos e em outros tópicos de estudo da Física,
- a ampliação do acervo do Laboratório de Práticas de Ensino, Materiais e Instrumentação Didática (LaPEMID),
- a realização em sala de aula de atividades didáticas elaborada no decorrer do trabalho, analisando de que forma a utilização destes brinquedos contribuiu na formação dos estudantes, considerando a possibilidade de um trabalho colaborativo entre os pesquisadores da área e professores da educação básica.

As atividades lúdicas no Ensino de Ciências, em especial os brinquedos populares no Ensino de Física, mostram-se como uma alternativa didática interessante em si mesmos, e até mesmo em contraste com o ensino tradicional. Mas para utilização desse recurso didático é essencial a reflexão da atividade docente, em que o educador é fundamental para auxiliar a despertar, ou melhor reacender, nos estudantes a paixão e a curiosidade para com a Ciência, a Física e a Educação.

REFERÊNCIAS

- BNW, Avaliador. **Como funciona seu Bumerangue**, FreeFlyght, 2017.
- BOMTEMPO, E. Brinquedo e educação: na escola e no lar. **Psicologia Escolar e Educacional**, v. 3, n. 1, pp. 61-69, 1999
- COLLINS, J. M. **The new world champion paper airplane book**: Featuring the world record-breaking design, with tear-out planes to fold and fly. Ten Speed Press, 2013.
- COLOMBO, P. J. D. et al. Ensino de Física nos anos iniciais: análise da **argumentação na resolução de uma “atividade de conhecimento físico”**. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 17, n. 2, p. 489-507, 2012.
- DUARTE, S. E. Física para o Ensino Médio usando simulações e experimentos de baixo custo: um exemplo abordando a dinâmica da rotação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, p. 525-542, 2012.
- BRASIL, INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **ENEM 2013** – Exame Nacional do Ensino Médio. Brasil: Ministério da Educação, 2013.
- ERTHAL, J. P. C; GASPAR, A. Atividades experimentais de demonstração para o ensino da corrente alternada ao nível do Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 3, p.345-359, 2006.
- FERRACIOLI, L. Aspectos da construção do conhecimento e da aprendizagem na obra de Piaget. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Vol. 16, nº.2. Vitória, p. 180-194, 1999.
- FERREIRA, N. C. **Proposta de laboratório para a escola brasileira** – um ensaio sobre a instrumentação no ensino médio de física. 1978. Dissertação (Mestrado em Física). USP: São Paulo, 1978.
- FERREIRA, A. **Novo Aurélio século XXI** – O dicionário da língua portuguesa. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1999.
- FROEBEL, F. A. **A Educação do Homem**. Passo Fundo: UPF, 2001.
- GASPAR, A., de CASTRO MONTEIRO, I. C. Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. **Investigações em ensino de ciências**, 10(2), 227-254, 2005.
- GASPAR, A. **Atividades experimentais no ensino de Física**: Uma nova visão baseada na teoria de Vygotsky. São Paulo: Livraria da Física, 2014
- GIL, A.C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. São Paulo, Atlas, 1995.
- GONSALVES, E. P. **Iniciação à pesquisa científica**. Campinas: Alinea. 2007
- GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA - GREF. **Física 1**. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo, 2000
- HUIZINGA, J. **Homo Ludens**. São Paulo: Perspectiva, 2017.
- KAMII, C.; DEVRIES, R. **O conhecimento físico na educação pré-escolar**: Implicações da teoria de Piaget. Porto Alegre: Artes Médicas, 1988.
- KISHIMOTO, T. M. (Org.). **Jogo, brinquedo, brincadeira e a educação**. São Paulo: Cortez, 1999.
- LABURÚ, C. E.; ZOMPERO, A. F. BARROS, M.A. Vygotsky e múltiplas

representações: leituras convergentes para o ensino de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física.**, v.30, n.1, p. 7-24, abr. 2013.

LEVINSTEIN, H. The Physics of Toys. **The Physics Teacher**, v. 20, n. 6, p. 358-365, sep. 1982.

LIMA, L. D. TEORIA HUMANISTA: CARL ROGERS E A EDUCAÇÃO. **Caderno de Graduação - Ciências Humanas E Sociais - UNIT - ALAGOAS**, 4(3), 161, 2018.

LOPES, C. Design de Ludicidade. **Revista Entreideias**, Salvador, v.3, n.2, p.25-46, 2014.

LUCIE, P. **Física com Martins e Eu**. v. 1. Rio de Janeiro: Raval Artes Gráficas Ltda, 1969.

LUCIE, P. **Física Básica: Mecânica 2**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1980.

MANN, P. H. **Métodos de Investigação Sociológica**. Rio de Janeiro, 1975.

MEDEIROS, A., & de MEDEIROS, C. F. Einstein, a física dos brinquedos e o princípio da equivalência. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, 22(3), 299-315, 2005.

MICHAELIS. **Moderno dicionário da língua portuguesa**. São Paulo: Companhia Melhoramentos, 1998

MONROE, P. **História da educação**. 13.ed. São Paulo: Editora Nacional, 1978.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo, EPU, 2011.

NASCIMENTO, C. & BARBOSA-LIMA, M. C. O ensino de física nas séries iniciais do ensino fundamental: lendo e escrevendo histórias. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC)**, 6, 3, 2006.

PIETROCOLA, M. A matemática como estruturante do conhecimento físico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 1, p. 93-114, 2002.

PIMENTEL, R.M.L.; PIMENTEL, G.G.A. Discurso do Lúdico nos discursos sobre o lúdico. **Forma y Función**, v.22, n.1, p. 161-179, 2009.

PIMENTEL, E. C. B. **A Física nos Brinquedos**. O brinquedo como Recurso Instrucional no Ensino da Terceira Lei de Newton. 2007. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências), UnB, Brasília, 2007.

RAMOS, E. M. de F. **Brinquedos e Jogos no Ensino de Física**. 1990. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências), USP, São Paulo, 1990

RAMOS, E. M. de F.; FERREIRA, N. C. Brinquedos e jogos no ensino de Física. In: Roberto Nardi. (Org.). **Pesquisa em Ensino de Física**. Educação para a ciência, capítulo 10, p.137-149. São Paulo: Escrituras, 1998.

ROGERS, C.R. **Liberdade de aprender em nossa década**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1985

SANTANA, E., ALVES, A. A. e NUNES, C. B. A Teoria dos Campos Conceituais num Processo de Formação Continuada de Professores. **Bolema: Boletim de Educação Matemática**, v. 29, n. 53, pp. 1162-1180, 2015.

SANTOS, A. L. C.; SOARES, A. S. e VILELLA, P. F. Paraquedas, funções e computação: Porque não programar. **Educação Pública**, CECIERJ, v. 18, 21, 2018.

SILVA, J. L. P. B. e MORADILLO, E. F. AVALIAÇÃO, ENSINO E APRENDIZAGEM DE CIÊNCIAS. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), v. 4, n. 1, p. 28-39, 2002.

SILVA, J. C. X. e LEAL, C. E. S. Proposta de laboratório de física de baixo custo para escolas

da rede pública de ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n. 1, e1401, 2017.

SILVEIRA, F. L. A física no salto recorde de Felix Baumgartner. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 2, 2015.

STEIN-BARANA, A.C.M e SANTARINE G.A. Por que o ‘boomerang’ retorna? **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 21, no. 1, 1999

VERGNAUD, G. A Classification of Cognitive Tasks and Operations of Thought Involved in Addition and Subtraction Problems. In. T. Carpenter; T. Romberg; J. Moser (Eds.). **Addition and Subtraction: a cognitive Perspective**. New Jersey: Lawrence Erlbaum, 1982. p. 39–59, 1982.

VERGNAUD, G. Multiplicative structures. In. HIEBERT, H. and BEHR, M. (Ed.). **Research Agenda in Mathematics Education Number Concepts and Operations in the Middle Grades**. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum, p. 141–161, 1988.

VYGOTSKY, L. S. et al. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**. São Paulo: Ícone, 1988.

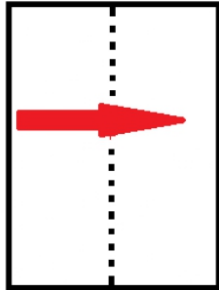
VIGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

WELTNER, K. et al. A dinâmica dos fluidos complementada e a sustentação da asa. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 23, n. 4, pp. 429-443, 2001.

WHITE, F. M. **Mecânica dos fluidos**. McGraw Hill Brasil, 1988.

APÊNDICE 1

Como fazer o avião dardo – asa fina



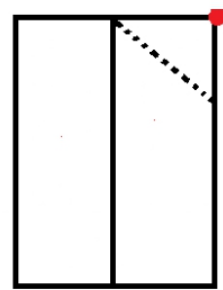
1- Com a folha A4 na vertical, dobre-a no meio conforme a linha pontilhada, reforçando a dobra.



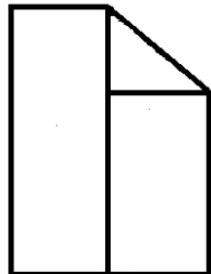
2- A folha deverá ficar dessa forma



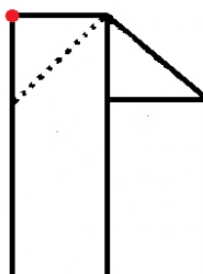
3- Desdobre a folha com a marcação que a divide no meio.



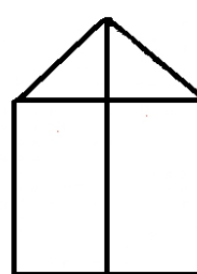
4- Leve a ponta marcada em vermelho até a linha marcada, dobrando de acordo com a linha pontilhada.



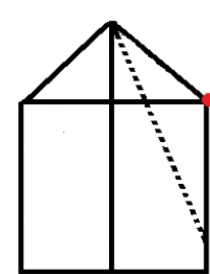
5- A dobradura deverá ficar dessa maneira.



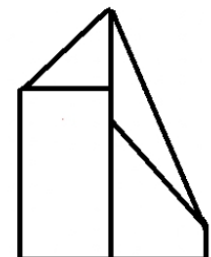
6- Repita o processo na outra ponta.



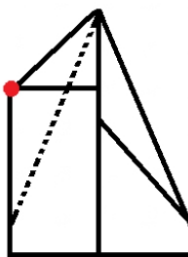
7- O papel deve ficar desse jeito.



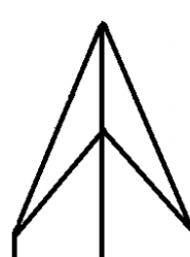
8- Leve a ponta marcada em vermelho até a linha marcada, dobrando de acordo com a linha pontilhada.



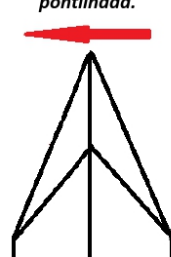
9- A dobradura deverá ficar dessa maneira.



10- Repita o processo na outra ponta.



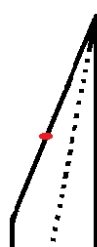
21- A dobradura deverá ficar dessa maneira.



12- Dobre ao meio a partir da marcação inicial.



13- A dobradura deverá ficar dessa maneira.



14- Leve a ponta marcada em vermelho até a linha marcada, dobrando de acordo com a linha pontilhada.

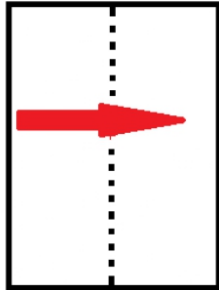


15- Repita o processo do outro lado.

O avião está pronto! Basta apenas abri-lo e ajustar o ângulo das asas.

APÊNDICE 2

Como fazer o avião dardo – asa larga



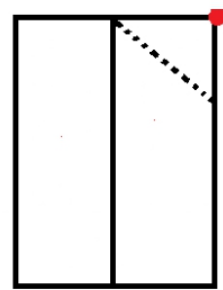
1- Com a folha A4 na vertical, dobre-a no meio conforme a linha pontilhada, reforçando a dobra.



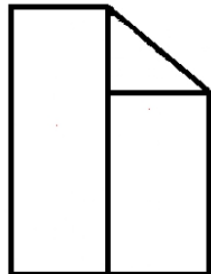
2- A folha deverá ficar dessa forma



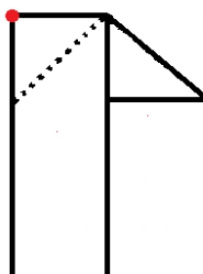
3- Desdobre a folha com a marcação que a divide no meio.



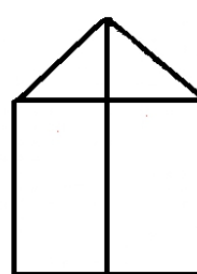
4- Leve a ponta em vermelho até a linha marcada, dobrando de acordo com a linha pontilhada.



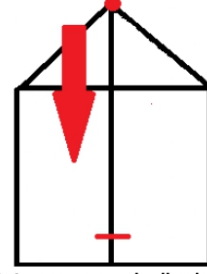
5- A dobradura deverá ficar dessa maneira.



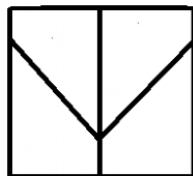
6- Repita o processo na outra ponta.



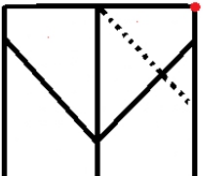
7- O papel deve ficar desse jeito.



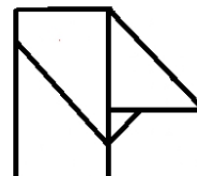
8- Leve a ponta sinalizada em vermelho até a linha vermelha, seguindo a seta indicada.



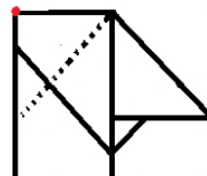
9- A dobradura deve ficar dessa maneira.



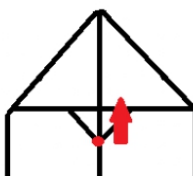
10- Leve a ponta em vermelho até a linha marcada, dobrando de acordo com a linha pontilhada.



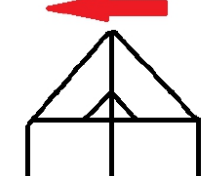
11- A dobradura deve ficar dessa maneira.



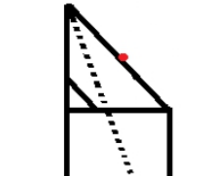
12- Repita o processo para o outro lado.



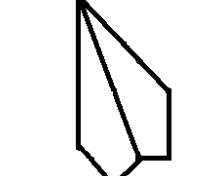
13- Dobre a lingueta em vermelho para cima.



14- Vire a folha e dobre o verso ao meio, como indicado.



15- Leve a ponta sinalizada em vermelho até a linha vermelha, seguindo a seta indicada.



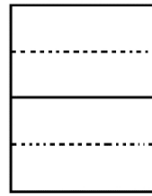
16- Repita o processo para a outra asa e depois abra-as, que o avião estará pronto.

APÊNDICE 3

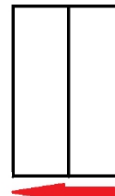
Como fazer o avião Morcego



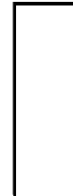
1- Com folha na vertical, dobre-a seguindo a linha pontilhada, reforçando a dobra.



2- Abra a folha e dobre novamente cada uma das metades seguindo as linhas pontilhadas.



3- Gire a folha em 90°, vire-a de costas e dobre-a ao meio.



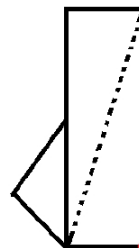
4- A folha ficará com esse formato.



5- Leve a ponta marcada em vermelho até o outro lado, dobrando a partir da linha pontilhada.



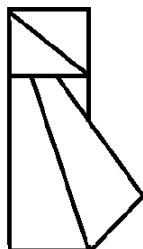
6- A dobra terá esse formato.



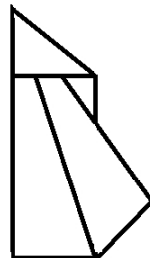
7- Vire a folha e repita o processo para a outra ponta.



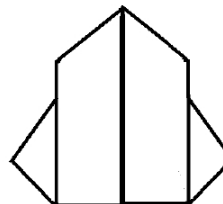
8- Dobre a ponta indicada em vermelho seguindo a diagonal.



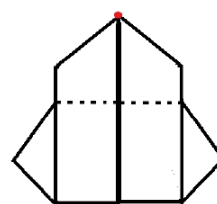
9- A folha ficará desse jeito.



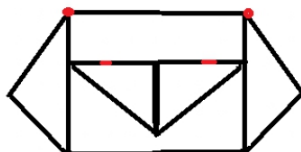
10- Repita o processo para a outra ponta e a folha terá esse formato.



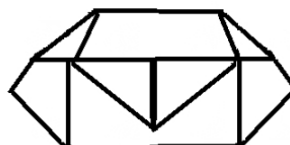
11- Abra a folha.



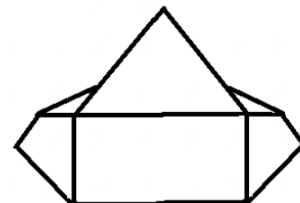
12- Leve a ponta indicada em vermelho para baixo seguindo a linha pontilhada.



13- Faça dois pequenos triângulos na parte superior ligando os pontos vermelhos através de uma dobra na diagonal.



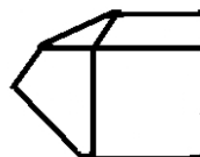
14- A dobradura ficará semelhante a isso.



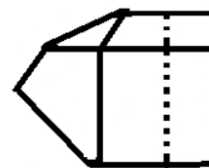
15- Levante a ponta do triângulo maior baseando-se nos triângulos menores.



16- Vire a folha de costas e dobre a ponta do triângulo para baixo.



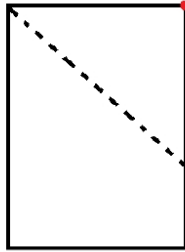
17- Dobre a folha ao meio.



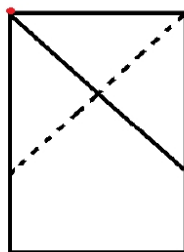
18- Para fazer as asas, dobre seguindo a linha pontilhada em ambos os lados. Após isso, levante-as e o avião estará pronto.

APÊNDICE 4

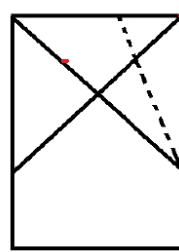
Como fazer o avião Suzanne



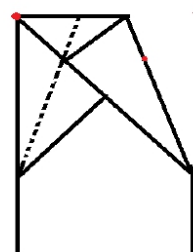
1- Com a folha na vertical, leve o canto marcado em vermelho até o outro lado, dobrando sobre a linha pontilhada e marcando bem.



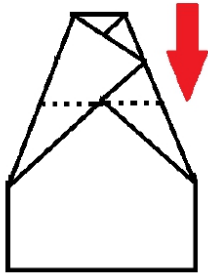
2- Levante a dobra e repita o processo para o outro lado.



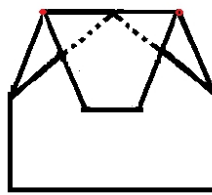
3- Junte os pontos sinalizados em vermelho, dobrando sobre a linha pontilhada e formando um triângulo.



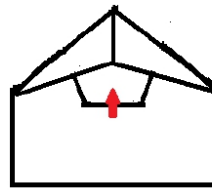
4- Repita o processo para o outro lado.



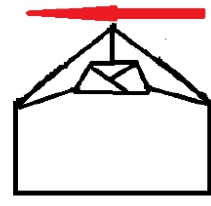
5- Dobre o bico para baixo seguindo a linha pontilhada.



6- Faça dois triângulos menores dobrando as pontas sinalizadas em vermelho, de acordo com a linha pontilhada.



7- Levante a lingueta que sobrou.



8- Vire a folha de costas e feche o avião ao meio.



9- Com o avião fechado, faça uma dobra seguindo a linha pontilhada para fazer as asas.

Repita o processo para o outro lado. Após fazer as duas asas, abra o avião e faça pequenas dobras para cima no final das asas.

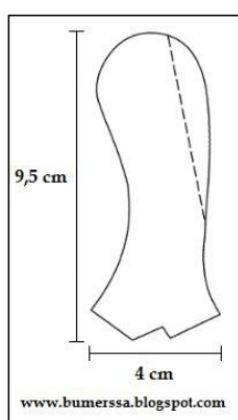
APÊNDICE 5

BUMERANGUE

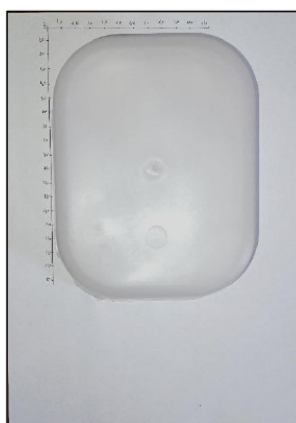
Materiais:

- Pote de sorvete vazio;
- Desenho da planta da asa;
- Caneta que escreva em plástico;
- Tesoura;
- Grampeador

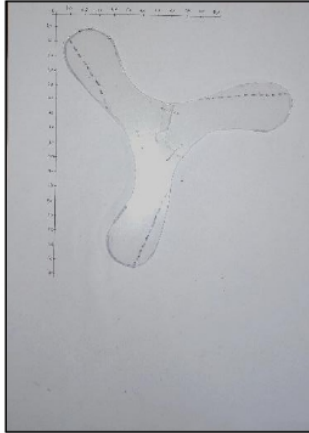
Como construir:



1) Faça download da imagem da planta da asa do bumerangue para usar de molde. O modelo inspirado foi obtido no site Bumerssa. Disponível em <https://bumerssa.blogspot.com/2012/03/minibumerangue-de-pote-de-sorvete.html> >



2) Utilize um pote de sorvete vazio (ou qualquer material de plástico semelhante). Basta desenhar o molde no pote e recortar. Cada pote de 2L pode construir até 3 bumerangues



3) Junte as três peças pela base, trançando-as de maneira que as asas fiquem distribuídas de maneira igual, como na figura ao lado. Em seguida, grampeie-as.

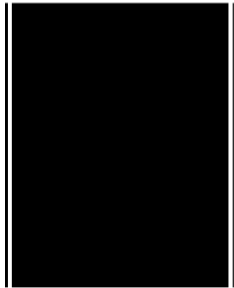
4) Após isso, com auxílio de um canto de mesa, dobre as linhas pontilhadas para baixo, sendo esse um passo necessário para gerar a sustentação do bumerangue quando lançado.

Instruções de lançamento:

O bumerangue deve ser lançado na horizontal, um pouco inclinado para a direita (vale ressaltar que os passos foram descritos para destros. Para canhotos, os desenhos das asas e a dobra na linha pontilhada são invertidos). Com isso, o lançamento deve ser feito com o punho, adicionando velocidade de rotação no bumerangue.

APÊNDICE 6

Como fazer um Paraquedas



1- Com uma sacola de lixo de qualquer tamanho, retire as laterais com auxílio de uma tesoura.



2- Dobre a sacola ao meio, para a direita.



3- Leve a ponta sinalizada em vermelho para a lateral, a partir da linha em branco.



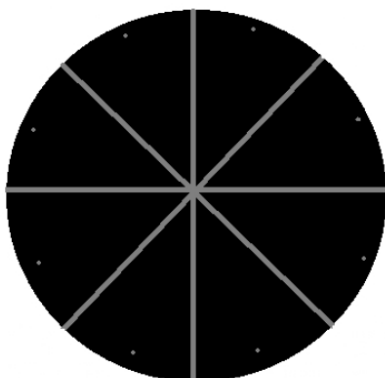
4- Vire a sacola de costas e faça novamente uma dobra, levando o ponto vermelho até a lateral, por meio da linha em branco.



5- A sacola ficará dessa forma. As linhas cinzas representam onde estão as marcações das dobras.



6- Com uma tesoura, faça um corte na linha em vermelho. A altura dessa linha representa o raio do paraquedas e pode variar de acordo com o objetivo.



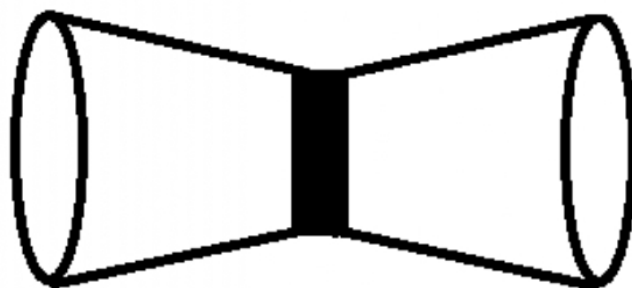
7- Abra o paraquedas e faça oito furos, um para cada dobra.

Por fim, use uma linha que seja fina e resistente e passe um pedaço dessa linha em cada um dos buracos. Cada um desses pedaços deve ter o tamanho do diâmetro do paraquedas. Dê um nó de maneira que a linha fique presa ao buraco.

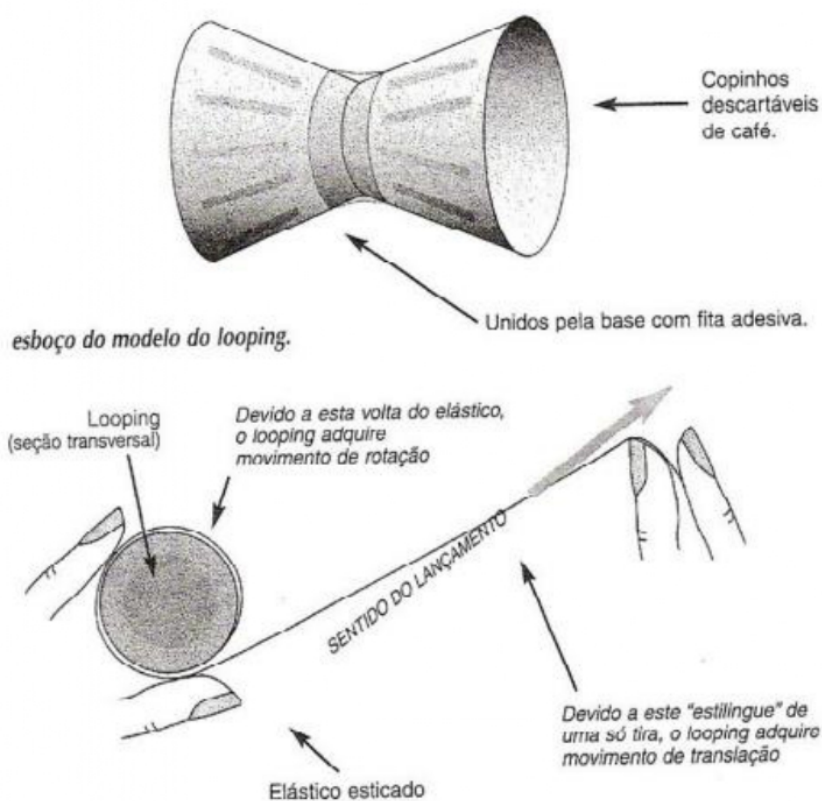
Finalmente, amarre as pontas das linhas a um material que vai servir para o objeto em queda. Depois é só segurar o paraquedas pela ponta (no centro da circunferência) e soltá-lo.

APÊNDICE 7

Como fazer o Looping dos Copinhos de Café



1- Junte dois copinhos de café pela base e cole-os com fita adesiva.



2- O "looping" dos copinhos de café. Brinquedo fácil de fazer, mas necessita de habilidade e coordenação motora para promover seu movimento. (RAMOS e FERREIRA, 1998, p.143).