



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE  
NÚCLEO DE FORMAÇÃO DOCENTE  
FÍSICA-LICENCIATURA

CAIO FERNANDES LIRA

**EXEMPLAR DE LABORATÓRIO ABERTO:**  
**Explorando um lançador *hot wheels***

Caruaru  
2019

CAIO FERNANDES LIRA

**EXEMPLAR DE LABORATÓRIO ABERTO:**  
**Explorando um lançador *hot whells***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Física Licenciatura da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Física.

**Orientador:** Prof<sup>o</sup>. Dr. Augusto César Lima Moreira.

Caruaru  
2019

Catálogo na fonte:  
Bibliotecária – Simone Xavier - CRB/4 - 1242

L768e Lira, Caio Fernandes.  
Exemplar de laboratório aberto: Explorando um lançador hot whells. /  
Caio Fernandes Lira. – 2019.  
55 f.; il.: 30 cm.

Orientador: Augusto César Lima Moreira.  
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de  
Pernambuco, CAA, Licenciatura em Física, 2019.  
Inclui Referências.

1.Laboratorios. 2. Resolução de Problemas. 3. Física – Estudo e ensino..  
I. Moreira, Augusto César Lima (Orientador). II. Título.

CDD 371.12 (23. ed.)

UFPE (CAA 2019-484)

CAIO FERNANDES LIRA

**EXEMPLAR DE LABORATÓRIO ABERTO:**  
**Explorando um lançador *hot whells***

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Física  
Licenciatura da Universidade Federal de  
Pernambuco, como requisito parcial para a  
obtenção do título de Licenciado em Física.

Aprovado em: 25 / 06 / 2019.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof<sup>o</sup>. Dr. Augusto César Lima Moreira (Orientador)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof<sup>o</sup>. Dr. João Francisco Liberato Freitas (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Paulo Henrique Ribeiro Peixoto (Examinadora Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco

## **AGRADECIMENTOS**

Quando penso em todos que, de alguma forma, contribuíram para o presente trabalho, a lista de nomes não para de crescer. Primeiramente agradeço a Érica Souza por me dar o maior presente de todos, meu filho Theo Lira e revisar meu TCC diariamente.

Aos meus pais Eduardo Lira e Mônica Fernandes, por serem meus maiores apoiadores. Aos meus irmãos, Lucas Lira e Mateus Fernandes agradeço por sempre propiciarem ambientes leves e amorosos, nos quais eu pudesse me dedicar a escrever este trabalho.

Muitos foram os professores que me inspiraram, mas em especial, quero agradecer aqueles que tomo como principais referências – Augusto César, João Freitas, Paulo Peixoto e Gustavo Camelo –. Cada aula de vocês evidenciou o amor que têm pela física.

Ademais agradeço aos meus companheiros de caminhada. A jornada da graduação é longa e complexa, um caminho que sozinho é difícil percorrer. Ao longo da minha trajetória pude contar com grandes amigos; Francisco Júnior, Raí Rocha, Deyvison Mota, Everaldo Sebastião e Marcos Antônio. Por fim, um agradecimento especial às pessoas que lêram este trabalho tantas vezes quanto eu. Antônio Neto e Vital Ramon.

## RESUMO

O presente trabalho é um relato autobiográfico resultado de uma investigação acerca da metodologia de ensino de laboratório aberto. Esse método educacional prioriza o ensino e a aprendizagem por meio da investigação experimental de problemas abertos, isto é, a resolução de problemas de laboratório com pouca ou nenhuma delimitação ou parametrização. A proposta desta monografia consiste em apresentar um exemplar de laboratório aberto, explorando por meio dessa metodologia um sistema de um lançador *Hot Wheels*. Na análise, tive como ponto de partida apenas um conhecimento superficial sobre o brinquedo. Esse estudo objetivou percorrer, com um olhar crítico e analítico, o caminho da solução de um problema de laboratório aberto, identificando os processos que são enfrentados ao decorrer dessa jornada. Diante disso, formulei o seguinte problema aberto: Como funciona o dispositivo no brinquedo que faz com que o carrinho seja lançado? Para construção do exemplar da metodologia, utilizou-se como método a resolução do referido problema por meio de seis procedimentos, sendo eles: proposta do problema, levantamento de hipóteses, elaboração do plano de trabalho, montagem do arranjo experimental e coleta de dados, análise de dados e, por fim, a conclusão. Os resultados do experimento mostraram-se inclusivos, já que, com um primeiro experimento, foi possível determinar de maneira eficaz e coesa a constante elástica da estrutura; em contrapartida ao realizar um segundo experimento – em uma configuração diferente – os resultados divergiram entre si. Em relação ao objetivo central do trabalho (a análise da metodologia) foi possível determinar que o laboratório aberto, de fato, promove uma maior aproximação e participação do aluno com o objeto de estudo, pois ele desenvolve habilidades pessoais e cognitivas e apresenta o método científico de pesquisa aos alunos. De maneira geral, o trabalho buscou destacar a importância de se incluir o ensino por investigação no planejamento de física, já que nele há um maior envolvimento dos alunos com as atividades e uma maior aproximação do conhecimento científico de forma ativa

**Palavras-chave:** Laboratório Aberto; Problema aberto; Ensino por investigação; *Hot Wheels*.

## ABSTRACT

This work is an autobiographical report about the result obtained on a studying of the open laboratory teaching methodology. The methodology supports the teaching/learning process through experimental investigation of open problems, which have in most cases few or none delimitation or parameterization. This work proposes to show a sample of the open laboratory by using this methodology in a Hot Wheels launcher. Indeed, the start point of our analysis was just a vague knowledge about how the toy works. Our main goal was to walk through, in a critical and analytical way, the whole process of finding a solution for the chosen open problem. For achieving this goal, we seek an answer for the specific question, "How does the Hot Wheels launcher works?". To answer the question we follow six main steps: problem proposal, hypothesis assessment, work plan elaboration, experimental set-up and data collection, data analysis, and conclusion. The results for the first experiment shown to be satisfactory, since it was possible to determine in an effective and cohesive way the elastic constant of the structure. On the other hand, it was built a second experiment with a different set-up and the results differ from each other. Yet, it is possible to say that the open laboratory methodology promotes greater approximation and participation of the student with the object of study. It also helps to develop interpersonal and cognitive skills while presents the scientific method of research to students. In general, this work highlights the importance of including the teaching by investigation method on physics class schedule because it makes students more engaged on the matter and brings them closer to the scientific method.

**Keywords:** Open laboratory; Open problem; Teaching by investigation; Hot wheels.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>13</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>23</b>
3.1	PROPOSTA DE UM PROBLEMA .....	23
3.2	LEVANTAMENTO DE HIPÓTESES.....	24
3.3	ELABORAÇÃO DO PLANO DE TRABALHO .....	24
3.4	MONTAGEM DO ARRANJO EXPERIMENTAL E COLETA DE DADOS .	24
3.5	ANÁLISE DE DADOS.....	25
3.6	CONCLUSÃO.....	25
<b>4</b>	<b>O EXEMPLAR E A SUA SOLUÇÃO .....</b>	<b>26</b>
<b>5</b>	<b>ANÁLISE DE RESULTADOS .....</b>	<b>33</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>40</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>43</b>
	<b>APÊNDICE A – TRACKER .....</b>	<b>48</b>
	<b>APÊNDICE B – TABELAS OBTIDAS COM O SOFTWARE TRACKER</b>	<b>49</b>
	<b>APÊNDICE C – MODELAGEM MATEMÁTICA DO SISTEMA DE</b>	
	<b>LANÇAMENTO.....</b>	<b>52</b>

## 1 INTRODUÇÃO

É notável que a sociedade ao longo de sua existência mudou suas demandas sociais, sendo assim os valores exigidos de seus integrantes são, em cada época da história, diferentes e inconstantes, tais demandas exigem uma adaptação dos métodos de ensino para preparar adequadamente os cidadãos aos desafios contemporâneos. Devido às alterações do contexto e das necessidades culturais, a metodologia de ensino das ciências naturais sofreu inúmeras mudanças ao longo da história da humanidade. Segundo Moura e Higino (2011), as principais justificativas para a busca e a implementação de novos métodos reside na análise do contexto e das demandas sociais, científicas e tecnológicas dos dias atuais. Desta forma, é possível afirmar que ao tentar adequar o ensino das disciplinas às necessidades modernas, a classe docente desenvolve novos métodos e ferramentas educacionais mais eficazes.

Ainda sobre as mudanças que o ensino sofreu ao longo dos últimos anos, pode-se afirmar, segundo Ferreira (2006), que desde a segunda metade do século passado o ensino enfrentou um crescimento enorme sem precedentes, com consequências na organização dos sistemas educativos. Isso se dá muito devido à globalização – processo econômico, cultural e político que promove a integração das comunidades do mundo inteiro –, essas mudanças vêm sendo cada vez mais frequentes. O crescimento da tecnologia e da ciência fizeram com que as alterações na organização cultural das sociedades fiquem cada vez mais aceleradas e efêmeras, exigindo métodos de ensino cada vez mais maleáveis de modo a tornar os cidadãos mais fluidos e adaptáveis ao modo de vida cotidiano.

Visando adequar-se aos novos desafios da sociedade contemporânea, os pesquisadores do sistema de ensino das ciências naturais, em especial os do ensino de Física, vêm abordando diferentes enfoques para área. Atualmente, é possível notar que o foco das atividades realizadas no âmbito escolar está na direção de possibilitar a criação de habilidades pessoais e profissionais com enfoque na criatividade e na compreensão dos avanços tecnológicos. De acordo com Moura e Higino (1996), nas áreas da ciência e da tecnologia vem se tornando cada vez mais nítida a necessidade de incentivar, de maneira ampla, a aplicação de habilidades mais ligadas ao desenvolvimento de talentos e da criatividade. Os modelos voltados para a retenção de informações e replicação de resultados estão ficando cada vez mais

desatualizados. Em contrapartida, a flexibilidade, a capacidade de buscar informações e a disposição para enfrentar desafios estão se tornando as principais características exigidas de um novo perfil do cidadão-profissional. Nessa perspectiva, Oliveira, Araújo e Veit (2017), afirmam que diversas publicações da atualidade pontuam elementos desse novo perfil. Deste modo, o estudante ou profissional que busque se adequar a esse novo perfil necessita trilhar caminhos que o torne cada vez mais autônomo e capaz de solucionar problemas. Faz-se necessário então desenvolver habilidades que possibilitem ao estudante aplicar seu conhecimento em diferentes tipos de situações.

Consoante Araújo e Abib (2003), os estudiosos apontam como solução aos problemas e às mudanças culturais, o desenvolvimento de um ensino voltado para a participação plena dos indivíduos, capacitando-os a entender de maneira eficiente os avanços tecnológicos, e a atuar de modo consciente, fundamentado e responsável nos grupos sociais em que convivem. Portanto o ensino e aprendizagem das ciências, inclusive da física, constitui um elemento fundamental na construção da cidadania.

Diante desse contexto, a comunidade acadêmica pedagógica vem desenvolvendo pesquisas acerca de métodos mais flexíveis de ensino cujo foco está no desenvolvimento cognitivo dos participantes. Dentre esses, os métodos experimentais são os que apontam tornar o ensino de física mais significativo e consistente, como Araújo e Abib (2003) destacam:

[...] o uso de atividades experimentais como estratégia de ensino de Física tem sido apontado por professores e alunos como uma das maneiras mais frutíferas de se minimizar as dificuldades de se aprender e ensinar Física de modo significativo e consistente (ARAÚJO; ABIB, 2003, p.176).

Em geral, atividades experimentais são vistas de maneira positiva por professores e alunos. Entretanto uma abordagem experimental que objetiva desenvolver as habilidades requisitadas pelo novo perfil profissional deve ser planejada de maneira a tornar o discente capaz de resolver problemas.

Buscando uma abordagem experimental que vise esse perfil, deve-se ter como intuito principal gerar um desenvolvimento nas habilidades profissionais e pessoais do corpo discente, tendo em vista torná-lo autônomo e crítico com os acontecimentos naturais, culturais e políticos que fazem parte da sociedade. Para Laború (2003), é a busca pela reflexão, para com o pensamento crítico, de modo a iniciar o estudante em julgamentos pessoais para que com o tempo possa atuar de maneira autônoma e

cognitivamente independente, além de ajudar a promover a capacidade criativa e gerar mudança de atitudes, de conceitos e epistemologia.

Nesse sentido, dentre as novas metodologias que estão sendo pesquisadas, a metodologia de laboratório aberto é uma das que tem sido colocada em testes práticos com o intuito de expandir o horizonte de possibilidades do ensino de Física. O método de laboratório aberto consiste na realização de investigações experimentais sem roteiros pré-definidos, a fim de resolver um problema. Diferente da maneira habitual, tal abordagem não se baseia apenas na confirmação de uma lei, mas na busca de também desenvolver a aculturação científica.

Um aspecto importante constatado na investigação acerca das abordagens experimentais abertas é a influência sobre a mudança de atitude tanto do aluno como do professor. O aluno deixa o perfil de observador e passa a ter um papel mais autônomo e ativo, argumentando, interpretando, analisando e dialogando na tentativa de atingir um resultado satisfatório do problema proposto. Já o professor passa a ter uma função de acompanhar as discussões, provocar, propor novas questões e guiar os alunos para manterem o foco e a coerência na temática em questão, isto é, o papel do professor passa a ser de provocador e guia no processo de aprendizagem.

Embora abordagens investigativas tenham ganhado muito destaque no ensino de ciências, essas não são aplicáveis em todo tipo de situação, como demonstrarei no capítulo 2. No entanto, adotar em todas as aulas uma didática que é somente baseada em processos de aprendizagem por meio da repetição exaustiva, pode levar o alunado apenas a uma memorização dos passos necessários para resolução de um determinado tipo de problema. Oliveira, Araújo e Veit (2017) reforçam essa ideia através do texto apresentado a seguir:

Percebe-se, em geral, os professores enfatizarem a resolução de numerosos exercícios/problemas fechados, ao estilo dos presentes no final de capítulo da maioria dos livros didáticos, sem avançar na promoção do desenvolvimento de habilidades e recursos cognitivos necessários para resolver problemas abertos. Por outro lado, como consequência os alunos tendem a se preocupar em memorizar algoritmos para reproduzir nas avaliações os mesmos procedimentos apresentados pelo professor em momento anterior (OLIVEIRA; ARAÚJO; VEIT, 2017, p.2).

Nos cursos de ciências, os problemas fechados e o uso de listas de exercícios têm sua importância, no entanto, sozinhos não possibilitam o desenvolvimento de todas as dimensões necessárias para a compreensão de ciências. Carvalho, *et al.* (2004) afirma que atualmente no ensino de ciências exige-se uma abordagem que

possa conciliar harmoniosamente a dimensão conceitual, procedimental e atitudinal, a fim de levar o discente a uma aculturação científica, diferente de apenas uma acumulação de conteúdos científicos.

Nesse sentido o presente texto é configurado como um trabalho de conclusão de curso (TCC) do curso de Física Licenciatura da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Centro Acadêmico do Agreste (CAA). A proposta baseia-se em apresentar um exemplar<sup>1</sup> de laboratório aberto, explorando por meio dessa metodologia um sistema de um lançador *Hot Wheels*. Na análise, tive como ponto de partida apenas um conhecimento superficial sobre o brinquedo; o sistema (Figura 1) foi analisado, com a hipótese de que o na configuração padrão do brinquedo, o mesmo deveria obedecer à lei de Hooke.

Figura 1 - Sistema (lançador mais carrinho).



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

O objetivo geral desse relato autobiográfico é percorrer, com um olhar crítico e analítico, o caminho da solução de um problema de laboratório aberto, identificando os processos que são enfrentados no decorrer dessa jornada. A partir dessa identificação e experimentação prática da metodologia, é possível entender mais acerca dos obstáculos, desafios e resultados dessa abordagem pedagógica, ou seja, pontuar e estudar os pontos positivos e negativos do ensino por investigação e da experimentação aberta de modo geral.

---

<sup>1</sup> Para Kuhn (1997) exemplar é definido pelo conjunto de problemas e de soluções-padrão que materializam o consenso de comunidade científica, guiando sua prática em um período de ciência normal e que são transmitidos pelos manuais durante a formação dos cientistas.

A escolha do estudo por meio de um relato autobiográfico se justifica, uma vez que, conhecer as narrativas das histórias de vida dos docentes é oportunizar momentos de reflexão, podendo apresentar alternativas que contribuam na autoformação pessoal e profissional (SOUZA; FREITAS; XAVIER, 2017). Consoante Passeggi, Souza e Vicentini (2011), o ato de escrever em si é considerado uma ferramenta que leva o escritor a refletir sobre seu percurso de formação formal, não-formal e informal.

Segundo a literatura, trabalhos na forma de autobiografia têm se intensificado no Brasil nas últimas décadas, em Bueno, *et al.* (2006) destacam ainda, a contribuição de tal crescimento para a pesquisa, sobretudo a respeito da formação de professores,

a intensificação de tais metodologias aqui no Brasil, sobretudo a partir dos anos de 1990, contribuiu para renovar a pesquisa educacional sob vários aspectos, notadamente no que diz respeito à pesquisa e à formação de professores, fazendo aflorar o interesse por questões e temáticas novas, tais como as que se configuram nos estudos sobre profissão, profissionalização e identidades docentes. (BUENO; *et al.*, 2006, p. 402).

Não é segredo que o ensino e aprendizagem da Física ainda é um problema presente em muitas esferas pedagógicas. O desenvolvimento de métodos de ensino que visem contribuir através de novas estratégias de enfrentamento às deficiências e aos obstáculos é de suma importância para fornecer aos professores diversas ferramentas de ensino. Diante de todo o contexto exposto e construído ao longo dessa introdução, fica alicerçada a importância de também introduzir abordagens de cunho investigativo no ensino de ciências, tal como a metodologia de laboratório aberto.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O termo “problema” aparece frequentemente em livros didáticos, no entanto, como assinalam Carvalho, *et al.* (2004), é costumeiramente colocado de maneira equivocada. O que é chamado de problema, na maioria das vezes, relaciona-se com a resolução de exercícios que não possuem contextualização com o mundo real. Para Carvalho, *et al.* (2011), um problema deve preferencialmente envolver contextos de ciência, tecnologia e sociedade.

A fim de classificar os problemas, vamos separá-los em dois grupos: os problemas fechados, e os problemas abertos. Os problemas fechados são similares aos exercícios, possuindo a finalidade de propor ao aluno uma certa operacionalização (típica de exercícios repetitivos), já em um problema fechado, todas as informações estão contidas no enunciado e basta ao aluno resolver o problema aplicando os dados informados a um algoritmo previamente conhecido. A apresentação de um problema aberto, por sua vez, consiste em um estado que se assemelhe ao mundo real, tal que apresente uma situação apenas parcialmente conhecida (OLIVEIRA; ARAÚJO; VEIT, 2017). Os problemas dessa última classe encontram-se em seu estado inicial à espera de hipóteses, medições, simplificações, abstrações, dentre outros. Em geral, seus resultados aproximam-se da realidade e exigem que os alunos façam seus próprios julgamentos e elaborem argumentações para defender suas soluções. Problemas abertos não abrangem apenas os conceitos físicos envolvidos, segundo Carvalho, *et al.* (2011) um problema aberto deve levar à matematização dos resultados.

Na resolução de problemas abertos ou em outras atividades de cunho investigativo, o corpo docente não participa tanto da resolução ativa do problema, ele desenvolve apenas a função guia no intuito de manter os estudantes no foco da problemática, sendo o papel do professor também importante em eventuais dúvidas que possam surgir durante a execução da solução definida pelos alunos.

Os problemas abertos devem ser estruturados de maneira a proporcionar conflitos cognitivos nos alunos. Esses conflitos surgem a partir do confronto entre as hipóteses criadas pelos discentes e a observação do comportamento do fenômeno em estudo frente a essas hipóteses. É através do conflito cognitivo que o alunado faz avaliação de suas ideias e soluções propostas ao problema. Esse processo é fundamental para qualquer estudo científico e demonstra que a ciência é aberta e

maleável, já que as hipóteses espontâneas e testes estão sempre mudando com o intuito de estabelecer a melhor solução possível para o situação-problema em questão.

Carvalho (1992) define o conflito cognitivo como uma estratégia segundo a qual o aluno aprende sobre suas concepções quando essas são colocadas em confronto com os fenômenos ou com os resultados experimentais. Segundo Azevedo (2004), é através desse processo, o conflito cognitivo, que o aluno passa a perceber que a ciência é dada por meio de uma construção dinâmica e aberta, podendo se reinventar ao longo de sua existência devido a novos estudos, hipóteses ou testes experimentais.

Segundo a literatura, são através das metodologias investigativas que os pedagogos estão atualmente baseando suas práticas, visando promover uma formação qualificada para os seus alunos. Segundo Oliveira, Araújo e Viet (2017), os profissionais mais valorizados pelo mercado de trabalho nas mais diversas áreas costumam ser aqueles capacitados a propor planos de ações e soluções para problemas abertos ainda pouco explorados pela sociedade. Pode-se citar como exemplos, médicos capazes de fazer diagnósticos de doenças difíceis de serem identificadas, políticos capazes de controlar conflitos locais e internacionais, e engenheiros capazes de elaborar projetos com uso de novos materiais e novas tecnologias para preservar os recursos naturais.

O ensino por investigação ganha ainda mais destaque quando abordado por meio de atividades experimentais. Aulas experimentais, ou aulas de laboratório, são “atividades nas quais os estudantes interagem com materiais para observar e entender os fenômenos naturais” (CARVALHO; *et al.*, 2011). Nessas aulas, os alunos podem interagir por meio de observação, quando o professor realiza uma demonstração experimental, ou participando ativamente da realização do experimento.

Consoante Carvalho, *et al.* (2011) apesar das metodologias de atividades experimentais possuírem uma ampla variedade de abordagens, a maioria dos docentes têm familiaridade com apenas um tipo. A maneira tradicional de encontrar atividades de laboratório é pela metodologia de laboratório fechado. Essa metodologia é evidenciada quando os alunos recebem um guia previamente elaborado pelo professor com uma série de passos a serem seguidos, bem como a conclusão do experimento.

Com o intuito de apresentar diferentes tipos de aulas em laboratório, a Tabela 1, originalmente proposta por Pella (1969), apresenta os graus de liberdade intelectual que os professores (P) fornecem aos seus alunos (A) em uma aula de laboratório (CARVALHO; *et al.*, 2011).

Tabela 1 - Graus de liberdade em uma aula de laboratório.

	<b>Grau I</b>	<b>Grau II</b>	<b>Grau III</b>	<b>Grau IV</b>	<b>Grau V</b>
<b>Problema</b>	P	P	P	P	A
<b>Hipóteses</b>	P	P	P	A	A
<b>Plano de trabalho</b>	P	P	A	A	A
<b>Obtenção de resultados</b>	A	A	A	A	A
<b>Conclusões</b>	P	A	A	A	A

Fonte: Modificado de Carvalho, *et al.* (2011, p. 55)

O grau I de liberdade está associado a um laboratório fechado, nesse grau de abertura o aluno tem um papel restrito, sua atuação está presente apenas na obtenção de dados, que é feita seguindo os passos previamente fornecidos pelo guia elaborado pelo professor.

Nas propostas do tipo grau II, ao estudante, além das medidas, também é designado o papel da conclusão sobre os dados obtidos. Segundo a perspectiva de Lunardi e Terrazzan (2003) podemos aqui definir esse grau como um laboratório semiaberto. Para eles, um roteiro de laboratório semiaberto baseia-se em atividades experimentais guiadas pelo professor através de um roteiro com uma série de passos a serem seguidos pelos alunos. A princípio essa abordagem assemelha-se ao laboratório fechado, entretanto ela possui uma abordagem investigativa que está relacionada ao estudo e debate referentes aos resultados experimentais obtidos. Nesse sentido, o laboratório semiaberto contribui com as atitudes e habilidades tanto de reflexão quanto de ação.

No grau III, o aluno passa a ser responsável pelo plano de trabalho. A partir desse ponto, o manual para a obtenção de dados não é fornecido, tampouco o professor irá propor como serão feitas as medidas experimentais. A partir desse grau de liberdade podemos dizer que as propostas já se encaixam na metodologia de laboratório aberto, no sentido que “uma atividade de laboratório aberto busca, como

outras atividades de ensino por investigação, a solução de uma questão, que no caso será respondida por uma experiência” (CARVALHO; *et al.*, 2004, p.27).

O grau IV é identificado pela definição do problema por parte do professor e a designação das demais tarefas indicadas ao aluno. O grau V consiste em atribuir todas as atividades ao aluno, até mesmo a proposta do problema. Para Carvalho, *et al.* (2011) esses dois cenários encaixam os alunos como jovens cientistas, entretanto eles assinalam também a dificuldade de encontrar alunos de física no Ensino Médio que possam alcançar tal grau de liberdade. Fica entendido aqui que tais abordagens se aplicam de melhor forma no Ensino Superior.

Dentre os vários processos relacionados com o ensino, se os mesmos forem aplicados de maneira independente e desconexos, o conhecimento adquirido será fragmentado, algo que foge completamente do conhecimento científico e seu modelo de pesquisa. O laboratório aberto possui suas diretrizes muito próximas e similares ao método do trabalho científico feito por cientistas e pesquisadores. Então é razoável afirmar que ao se desenvolver uma atividade de laboratório aberto, as diretrizes que guiam a ciência são bons parâmetros de referência a serem seguidos. O laboratório aberto deve ser estruturado de modo a aproximar seus processos do trabalho científico. Todas essas ideias expostas estão de acordo com Azevedo (2004), quando ele afirma que o objetivo do ensino por meio de investigação, problemas e laboratórios abertos é levar o aluno a pensar, debater, justificar suas ideias e aplicar seus conhecimentos em situações novas usando os conhecimentos teóricos e matemáticos, ou seja, aplicar o método científico de investigação durante a aprendizagem.

Nessa linha de raciocínio, é importante apresentar, delimitar e entender o que a literatura sobre o tema entende como papel das atividades investigativas, em especial sobre a metodologia do laboratório aberto na construção do conhecimento. É objetivo do laboratório aberto promover a investigação e a ação dos alunos através de situações problematizadoras que exijam dentre outras coisas, a reflexão, discussão e o diálogo em sua solução. De maneira geral, o papel do laboratório aberto é tornar a função do aluno mais ativa no processo de aprendizagem, como também aproximá-lo do método científico de pesquisa. Segundo Moreira (1983), a resolução de problemas que leva à investigação deve estar fundamentada na ação do aluno. Os alunos devem ter oportunidades de agir, e o ensino deve ser acompanhado de ações e demonstrações que os levem a um trabalho ao mesmo tempo prático e científico. Já

para Azevedo (2004), uma determinada atividade é considerada de investigação quando a ação do aluno não se limita apenas ao trabalho de manipulação, observação ou verificação de resultados; esse tipo de atividade deve também conter aspectos de um trabalho científico: o aluno deve refletir, discutir, explicar e relatar, o que dará ao seu trabalho uma estrutura de uma investigação acadêmica.

Aumentar o interesse e a curiosidade acerca do conteúdo científico de estudo é outro importante objetivo que o laboratório aberto se presta a atingir. É importante que na elaboração de atividades abertas, o elaborador o faça de maneira fundamentada e criativa de modo que o problema em questão faça sentido para o aluno, permitindo que o corpo discente entenda o motivo pelo qual determinado assunto lhe é apresentado. De acordo com Azevedo (2004), para atingir essa aproximação do conteúdo com a realidade do aluno, é preciso que o elaborador apresente um problema presente no cotidiano da sociedade como um todo e que tenha conexão com os assuntos que estão sendo estudados.

Sobre a motivação do corpo discente e as metodologias de ensino por investigação aberta, Lewin e Lomascólo (1998) afirmam:

A situação de formular hipóteses, preparar experiências, realizá-las, recolher dados, analisar resultados, quer dizer, encarar trabalhos de laboratórios como 'projetos de investigação', favorece fortemente a motivação dos estudantes, fazendo-os adquirir atitudes tais como curiosidade, desejo de experimentar, acostumar-se a duvidar de certas afirmações, a confrontar resultados, a obterem profundas mudanças conceituais, metodológicas e atitudinais (LEWIN; LOMASCÓLO, 1998, p. 148).

A partir das afirmações acima, é possível dizer que essa metodologia também promove mudança de atitudes e comportamento dos alunos frente às situações-problema encontradas no âmbito profissional, acadêmico e pessoal. Para isso, porém, é necessário que o aluno seja peça central na investigação, reflexão, e busca por explicações nas etapas de solução de situações adversas.

Ainda sobre os objetivos da experimentação aberta, Azevedo (2004) destaca que também é objetivo proporcionar a participação do aluno de maneira que ele passe a produzir seu conhecimento a partir da interação entre pensar, sentir e fazer. Através dessa interação, torna-se possível o desenvolvimento de capacidades e habilidades, a saber: raciocínio lógico, flexibilidade, astúcia, argumentação e ação. Além disso tudo, as questões sociais também participam da aprendizagem, permitindo que atitudes, valores e normas sejam aprendidas durante o processo de investigação

aberta. De maneira geral, pode-se afirmar que introduzir nas práticas de laboratório uma abordagem investigativa com maior participação do aluno no processo de solução e, logo, aprendizagem, é de fundamental importância na construção da independência cognitiva do aluno. “O processo de pensar, que é fruto dessa participação, faz com que o aluno comece a construir também sua autonomia” (CARVALHO; *et al.*, 1998, p. 64).

A partir do contexto exposto, pode-se afirmar que o laboratório aberto é uma atividade de investigação aberta que visa despertar o interesse dos alunos, estimular sua participação, gerar discussões e propiciar um ponto de partida para a construção de um novo conhecimento, tudo isso seguindo as diretrizes do modelo de pesquisa da ciência. Das características citadas, é válido destacar o ponto de partida que a abordagem de investigação aberta propicia para a criação de um novo conhecimento. Segundo Bachelard (1996), todo conhecimento construído da humanidade é resposta de uma questão que o fora estruturada previamente, então a colocação de um problema ou questão aberta como ponto de partida é característica fundamental para a criação de um novo conhecimento.

Como exposto ao longo da fundamentação teórica, os objetivos das abordagens de investigações abertas são inúmeros. Com o intuito de organizar e sintetizar toda a apresentação acerca dos fins didáticos da citada abordagem, pode-se citar Blosser (1988), que resume os objetivos pedagógicos que se deseja atingir com essa abordagem em uma lista com cinco categorias, a saber: habilidades, conceitos, habilidades cognitivas, compreensão da ciência e atitudes.

A primeira das cinco categorias engloba o aprendizado de capacidades de manipular, questionar, investigar, organizar e comunicar. A categoria conceitos inclui a criação de hipóteses e modelos teóricos pertinentes à questão. A terceira categoria tem como intuito o desenvolvimento do pensamento crítico, da capacidade de solucionar problemas e da habilidade de síntese. A compreensão da ciência envolve o entendimento do funcionamento das diretrizes da ciência e suas inter-relações. E por fim, a categoria atitudes que envolve a modificação das atitudes pessoais como, por exemplo, curiosidade, interesse, satisfação, perseverança, colaboração, entre outros.

Ao se consultar a literatura existente acerca das investigações abertas, fica evidente que essas estão muito ligadas com as diretrizes da ciência como um todo. Pérez e Castro (1996) listaram alguns aspectos procedurais do método científico que

devem ser utilizados no laboratório aberto de maneira a valorizar, fundamentar e aumentar a capacidade de aprendizagem dos alunos que se submeterem a essa abordagem; são eles: apresentar situações problemáticas abertas, considerar a elaboração de hipóteses como atividade central da resolução do problema, proporcionar espaço adequado para reflexão dos estudantes sobre a relevância das hipóteses propostas, ressaltar a importância do trabalho em equipe por meio de grupos de trabalhos interconectados, utilização de análises qualitativas e quantitativas que ajudem a compreender os resultados experimentais obtidos, entre outros.

Para Carrasco (1991), mais importante do que apenas seguir um procedimento preestabelecido para verificar resultados delimitados e descritos pelo professor em aula teórica é promover a mobilização dos alunos na participação da solução de um problema científico e incentivá-los a procurar uma metodologia que resulte na solução do problema em questão. Além disso, também é destacado o papel fundamental da análise dos resultados, da conclusão e do relato formal que uma investigação aberta deve ter.

Em defesa da metodologia de laboratório aberto, Barkovich e Carrenõ (2013) defendem que a utilização do laboratório aberto no ensino de física promove a aproximação dos alunos com a ciência por meio do desenvolvimento do raciocínio lógico e investigativo inerente aos estudos científicos e aos problemas abertos. Isto é, ao se trabalhar na solução de tarefas abertas, inevitavelmente o aluno utilizará métodos e ferramentas que são também requeridos nos trabalhos científicos como, por exemplo, análise qualitativa, seleção de variáveis a serem controladas e observadas, delimitação do escopo de investigação, utilização de recursos tecnológicos e computacionais, entre outros.

Existem outros diversos argumentos na literatura atual que defendem o caminho metodológico que as abordagens de ensino estão seguindo, em especial o laboratório aberto. Entre esses argumentos está a melhoria da fluidez e do dinamismo das aulas de Física. Como essa abordagem promove formulação de hipóteses, observação, entre outros já citados, isso exige um comportamento mais ativo dos alunos, permitindo a identificação de possíveis dúvidas e dificuldades ao mesmo tempo que a atividade é desenvolvida.

Outro argumento em defesa do laboratório aberto é que as atividades realizadas nesse método, segundo Enghag, Gustafsson e Jonsson (2009), promovem o desenvolvimento das habilidades pessoais relacionadas a comunicação, devido à

realização de trabalho colaborativo. Além disso, consoante Erceg, Aviani e Mesic (2013), os problemas abertos promovem o pensamento crítico, muito importante na comunidade globalizada, na qual a reprodução de ideias prontas sem avaliação crítica se tornou tão comum, gerando uma alienação generalizada dos indivíduos da sociedade.

De maneira a resumir a avaliação do método em questão encontrada na literatura, tem-se que:

É consenso na literatura investigada que os problemas abertos são capazes de contribuir significativamente com uma aprendizagem mais profunda de diversos conceitos de Física, conhecimentos procedimentais e atitudinais, por diversos motivos, dentre eles: a) favorecem o trabalho colaborativo e facilitam a transição entre as experiências da vida cotidiana e a compreensão dos conceitos físicos; b) contribuem para a mudança do ritmo da aula e força os alunos a terem um papel ativo; c) favorecem a superação das dificuldades conceituais e epistemológicas por parte dos estudantes (OLIVEIRA; ARAÚJO; VEIT, 2017, p.10).

Partindo desses pressupostos, fica visível a importância e a necessidade de se incluir no planejamento pedagógico o ensino de Física por investigação, presentes na resolução de problemas abertos e de laboratório aberto. A inclusão de metodologias investigativas contribui para tornar o estudo de Física mais próximo do trabalho realizado por um cientista e também do processo real da construção do conhecimento científico. Para Carvalho (2004), não se aceita mais transmitir a ciência como sendo um conhecimento fechado, pois,

Um ensino que vise à aculturação científica deve ser tal que leve os estudantes a construir o seu conteúdo conceitual participando do processo de construção e dando oportunidade de aprenderem a argumentar e exercitar a razão, em vez de fornecer-lhes respostas definitivas ou impor-lhes seus próprios pontos de vista transmitindo uma visão fechada da ciência. (CARVALHO, 2004, p.3)

Perante o exposto sobre o laboratório aberto, fica esclarecido a importância de se desenvolver estudos que aperfeiçoem e coloquem em teste as suas citadas características para que se possa melhorar cada vez mais o modelo pedagógico de Física aplicado na sociedade. Como é sabido, vem se tornando uma tendência, o aumento do dinamismo em todos os aspectos da sociedade, seja ele profissional ou individual, por isso torna-se justificável o estudo de um método que leve os participantes a situações sem solução preestabelecida. O principal motivo do crescente número de estudos científicos acerca da citada técnica está relacionado

com as crescentes demandas tecnológicas, culturais e sociais da nova organização globalizada da população em geral.

Ainda existem grandes desafios que permeiam as novas abordagens de ensino. Apesar de ser possível encontrar extensa obra literária sobre os modelos debatidos anteriormente, ainda há pouco consenso entre os pesquisadores em aspectos importantes relacionados ao cerne das questões pedagógicas. O modo como deve ser feita a implementação dos métodos, a maneira correta de utilização das ferramentas disponíveis, a delimitação do papel do professor e a postura que deve ser tomada na transição entre as abordagens, ainda são questões de debates e desentendimentos ideológicos entre os pesquisadores e suas publicações científicas. Segundo Araújo e Abib (2003), é consensual o potencial para uma aprendizagem significativa, porém observa-se que a experimentação aberta e os problemas abertos são propostos e discutidos na literatura de maneira bastante divergente em relação às formas que essas atividades podem assumir em diferentes contextos e aspectos. “A forma e os meios com que a experimentação é empregada difere significativamente nas propostas investigadas, de modo que os trabalhos de diferentes autores apontam para diversas tendências no uso desta estratégia” (ARAÚJO; ABIB, 2003, p.177). Essa divergência nos materiais científicos acaba tornando o percurso a ser traçado nebuloso e confuso na implementação dos meios em questão.

Outro obstáculo apontado pelos pesquisadores na implementação de novas abordagens é o tempo necessário para a implementação de metodologias investigativas. Com o tempo disponível para aulas de física, fica inviável planejar todas as aulas com a metodologia de laboratório aberto. Carvalho, *et al.* (2011) afirmam que,

As atividades experimentais consomem um tempo considerável, já muito limitado nos currículos atuais [...]. Assim o professor precisa selecionar com muita clareza a experiência que será tratada como um laboratório investigativo. Essa deve ser uma experiência crucial para o desenvolvimento do conteúdo a ser ensinado. Outros fenômenos podem ser tratados menos profundamente. (CARVALHO; *et al.*, 2011, p. 73)

Afim de possibilitar uma solução à referida problemática, os autores Carvalho, *et al.* (2011) propõem a inclusão dessa metodologia em apenas parte específica do conteúdo ensinado. Essa proposta torna-se interessante para o professor, pois não se faz necessário abandonar o ensino tradicional, mas incluir na prática docente momentos de ensino investigativo por meio de práticas de laboratório.

Ainda no campo das problemáticas enfrentadas pela metodologia de laboratório aberto, pode-se destacar como dificuldade o fato de que poucos professores a conhecem. “A maioria dos professores não conhece atividades e resultados com resolução de problemas abertos” (OLIVEIRA; ARAÚJO; VEIT, 2017, p.13). Como forma de superar essa problemática, Oliveira, Araújo e Veit (2017) recomendam o desenvolvimento de mais pesquisas que busquem investigar e entender os principais desafios enfrentados pelos professores na perspectiva de desenvolver estratégias de enfrentamento para superar tais dificuldades.

É visível por meio das publicações literárias que um dos focos da academia científica está no desenvolvimento, estudo e análise de novas abordagens de ensino, defendendo por meio de índices que o modelo fechado de ensino não contempla em sua totalidade as dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais, gerando a necessidade de novas abordagens e adaptações de todo o âmbito científico. Esse fato por si só já é suficiente para que os profissionais que atuam diretamente com o ensino estabeleçam conexões, diálogos e pesquisas mais próximas do cerne das questões aqui discutidas.

### 3 METODOLOGIA

Neste capítulo, serão apresentados, minuciosamente, os métodos desenvolvidos para alcançar os objetivos anteriormente descritos. Como será mostrado, todos os procedimentos foram planejados e executados seguindo as orientações do referencial teórico adotado e as diretrizes que norteiam a investigação científica.

Já é sabido que o presente estudo se propõe a apresentar um exemplar referente à metodologia de ensino do laboratório aberto, explorando por meio dessa metodologia um sistema de um lançador *Hot Wheels* através da resolução de uma situação-problema aberta. É através de um relato autobiográfico dessa prática que será apresentado quais foram as dificuldades, obstáculos, desafios e resultados encontrados acerca do exemplar proposto no presente trabalho.

Assim como qualquer outro método, o laboratório aberto pode ser dividido em etapas que organizam e facilitam o seu desenvolvimento. Segundo Azevedo (2004), a atividade de laboratório aberto pode ser dividida em seis etapas que facilitam o planejamento, a condução e a resolução do problema. São elas: proposta do problema, levantamento de hipóteses, elaboração do plano de trabalho, montagem do arranjo experimental e coleta de dados, análise de dados e, por fim, a conclusão.

#### 3.1 PROPOSTA DE UM PROBLEMA

A primeira etapa desse processo, chamada de proposta do problema, consiste na elaboração da questão aberta, essa deve ser pouco específica, despertar a curiosidade e estimular a reflexão acerca do tema científico abordado. Essa questão será o objeto de estudo dos alunos que se prestarem a resolvê-lo. Para Azevedo (2004), o problema deve ser proposto na forma de uma pergunta que desperte a curiosidade científica dos estudantes, sendo importante que não haja delimitações ou especificações muito definidas, de modo que possa gerar uma discussão bastante ampla. São exemplos de problemas abertos: “Como podemos saber se um objeto vai afundar ou boiar quando colocado na água? ”, “Qual o comportamento de um líquido quando o mesmo é refrigerado? ”, entre outros.

### 3.2 LEVANTAMENTO DE HIPÓTESES

Na fase de levantamento de hipóteses, deve surgir o trabalho em equipe visando uma ampla discussão acerca das possibilidades de aproximação do problema em questão. Para Azevedo (2004), é nessa etapa que os alunos devem levantar as hipóteses pertinentes à solução do problema por meio de discussão em equipe.

### 3.3 ELABORAÇÃO DO PLANO DE TRABALHO

Na elaboração do plano de trabalho é determinada a metodologia, isto é, os processos a serem seguidos para realizar a verificação das hipóteses por meio de testes experimentais. O material necessário, a montagem do experimento, o modo de coleta de dados e procedimentos de análise dos dados obtidos são pontos-chaves da proposta de trabalho, que devem ser determinados nesse passo. A confecção de um plano de trabalho, que deve ser seguido rigorosamente, aproxima os alunos do método científico, além de organizar os processos a serem feitos. Para Azevedo (2004), a elaboração deste plano de trabalho deve ser feita mediante ampla discussão entre os alunos e professor, este último desenvolvendo o papel de guia, fixando o foco dos debates no tema científico abordado. Além disso, a autora defende que os planos de trabalhos devem ser finalizados com a redação do mesmo, documentando-o para tornar o processo mais claro para todos que irão colocá-lo em prática.

### 3.4 MONTAGEM DO ARRANJO EXPERIMENTAL E COLETA DE DADOS

Já com o plano de ação devidamente delimitado e formalizado, o mesmo deve ser colocado em prática na etapa de montagem do arranjo experimental e coleta de dados. Inicialmente, os alunos devem montar o ambiente experimental para que possam colocar em teste prático suas hipóteses. Com o experimento montado, a coleta de dados deve ser realizada, observando sempre todas as diretrizes determinadas no plano de trabalho. Para Azevedo (2004), essa etapa é a mais prática de todo o processo. Ainda de acordo com a autora, essa fase exige um cuidado redobrado na coleta de dados, pois é comum que haja resultados divergentes, se não houver uma parametrização da coleta de dados rigorosa.

### 3.5 ANÁLISE DE DADOS

Com os dados devidamente coletados, é necessário que estes passem por uma análise para que possam fornecer informações acerca do problema em questão. A análise dos dados envolve organizar, resumir, inferir e apresentar os dados de maneira que os mesmos tenham significado para o problema em questão. Segundo Azevedo (2004), essa etapa inclui a construção de gráficos, obtenção de equações e teste das hipóteses. Pode ser feita usando ferramentas manuais, como por exemplo, lápis, papel quadriculado, ou usando ferramentas computacionais. De maneira resumida, a etapa de análise de dados consiste na tradução matemática e gráfica dos resultados obtidos. É considerada uma das etapas mais complexas da metodologia de ensino de laboratório aberto.

### 3.6 CONCLUSÃO

Por fim, há a conclusão do processo. Na conclusão é realizada a formalização e documentação do estudo realizado, discutindo a validade das hipóteses testadas e as consequências delas derivadas.

#### 4 O EXEMPLAR E A SUA SOLUÇÃO

Seguindo as recomendações da literatura apresentada na metodologia, ao desenvolver o estudo proposto, iniciei delimitando um problema aberto, já que o objetivo do estudo não era simplesmente a verificação de conceitos físicos, mas também a construção de um exemplar da própria metodologia em si. Foi escolhido um problema físico que envolvesse aspectos experimentais e que pudesse contribuir para o melhor entendimento dos problemas abertos e da metodologia de ensino por meio da experimentação aberta. Diante disso, formulei o seguinte problema aberto: “Como funciona o dispositivo no brinquedo que faz com que o carrinho seja lançado? ”. Oliveira, Araújo e Veit (2017) descreveram como características de um problema aberto: indefinição de um ou mais elementos do problema, diferentes soluções e caminhos de soluções, incerteza sobre os conceitos e regras para solução, necessidade de conhecimento procedimental para resolução e, por fim, exige que o aluno faça julgamentos sobre o problema. Pode-se observar que a situação-problema proposta atende a esses critérios, visto que não há delimitações acerca de como devem ser feitos os experimentos, tampouco qual teoria se deve utilizar, assim uma abordagem como esta permite a interpretação e solução do problema de várias maneiras diferentes. Para resolver o problema proposto, é necessário fazer estimativas, aproximações e refletir sobre as condições do problema, lançar hipóteses e avaliar a viabilidade da execução dos possíveis processos de solução

Com o problema bem delimitado, deve-se dar sequência ao processo de resolução da questão proposta. Após a proposta do problema, comecei a lançar hipóteses sobre os possíveis caminhos para uma suposta solução. Baseando-me em conhecimentos prévios sobre energia potencial elástica, energia cinética e conservação de energia, idealizei que seria possível resolver o problema em questão a partir do estudo da energia potencial elástica e da energia cinética. Através do estudo dessas energias, seria possível determinar algumas variáveis importantes ao comportamento do sistema, haja vista que o brinquedo analisado possui um elástico que, ao ser solto pelo acionamento de uma trava, lança o carrinho ao longo de uma pista; a hipótese era de que a configuração do elástico obedece a lei de Hooke. Caso houvesse a confirmação experimental dessa hipótese, o sistema seria explicado de acordo com essa lei. Ainda sobre a idealização da solução do problema, foi definido que o estudo deveria ser feito através de recursos visuais coletados por câmeras

fotográficas, e a análise dos dados poderia ser realizada através de recursos computacionais. De maneira resumida, a hipótese lançada foi: supondo que haja conservação de energia mecânica, pode-se explicar o lançamento do carrinho através da lei de Hooke; deve-se então verificar experimentalmente a constante elástica do elástico no brinquedo para a confirmação de tal hipótese.

Para determinar as variáveis presentes na fórmula, deve-se fazer uma associação com a energia cinética do sistema, já que essa é mais facilmente observável e mensurável. Essa observação e mensuração da energia cinética pode ser feita através da análise computacional de vídeo. Para Bryan (2004), o avanço da tecnologia de análise de vídeo possibilita a investigação de diversos tipos de movimentos com detalhamento e precisão que poderia ser impossível sem o uso dessa tecnologia. Isso reforça a ideia de utilizar a análise de vídeo no estudo em questão. No trabalho em questão foi utilizado o software de análise visual chamado *Tracker*. Esse software é amplamente utilizado nas abordagens de ensino de Física. O Apêndice A reúne algumas informações adicionais para aqueles que desejarem saber mais ou utilizar o citado programa. Por fim, após a determinação da energia cinética, é possível, por causa da conservação de energia, relacionar essa energia cinética com a energia potencial elástica e, então, determinar a constante elástica do elemento elástico do sistema em questão.

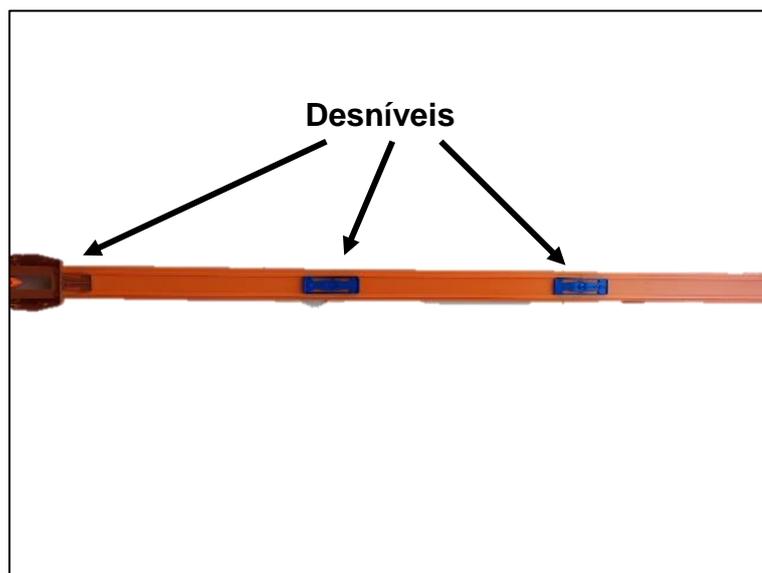
No processo de levantamento de hipóteses foi preciso delimitar o escopo do problema para então determinar quais variáveis seriam importantes ao estudo e como elas poderiam ser mensuradas e determinadas. Pode-se verificar que esse processo condiz com as recomendações da literatura e com as diretrizes do método científico, podendo-se afirmar que o processo de levantamento de hipóteses foi concluído de maneira adequada.

Com o intuito de realizar os testes experimentais, foi inicialmente confeccionado o plano de trabalho a ser realizado para atingir a solução do problema. Nele consta o passo a passo de todos os processos que devem ser seguidos de maneira rigorosa para alcançar os resultados desejáveis. O plano de trabalho será descrito a seguir.

O primeiro procedimento a ser realizado é a montagem da pista de lançamento do carrinho *Hot Wheels*. É necessário que tal montagem seja feita em local plano e nivelado. O nível deve ser verificado com instrumento adequado e calibrado, valendo ressaltar que atualmente celulares também contam com aplicativos que realizam tal verificação. No problema em questão, o instrumento utilizado foi o nível de bolha. Além

disso, deve-se observar os desníveis presentes na própria pista de lançamento, esses desníveis devem ser nivelados por meio de uma cunha ou algo que se assemelhe e que promova o nivelamento necessário. Na Figura 2 pode-se ver os desníveis da pista devido à sua forma e aos conectores presentes para possibilitar o acoplamento entre as partes dela. A fim de nivelar também a pista alguns apoios de papel foram colocados abaixo da pista (Figura 3).

Figura 2 - Desníveis da pista.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Figura 3 - Apoios de papel colocados abaixo da pista.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Após a montagem da pista ser concluída de maneira satisfatória, deve ser montado os instrumentos de captura de vídeo da demonstração realizada, Devido à facilidade de manuseio, o aparelho utilizado foi um telefone celular Samsung Galaxy S7. O mesmo possui uma câmera traseira de 12Mpxs, e para a gravação em câmera lenta (usada na análise) tem uma resolução em HD distribuindo 1280x720 pixels a 240fps (frames por segundo). Como o balanço prejudicaria a análise de vídeo, deve ser utilizado um tripé de sustentação para o celular, o mesmo deve ser apoiado em plataforma diferente da qual a pista foi instalada, para que fossem evitadas interferências no vídeo como, por exemplo, vibrações ocasionadas pelo lançador de carrinhos.

Dando continuidade ao experimento, deve-se escolher o modelo do carrinho a ser lançado. O carrinho a ser escolhido deve ser um que possibilite melhor análise de vídeo. Alguns testes preliminares foram feitos para determinar o melhor modelo a ser analisado. Ao fim dos testes pude observar que algumas características eram comuns aos que se mostraram mais eficientes. Os carros com centro de massa deslocados para a parte traseira sempre levantavam a frente ao serem lançados, fato que iria dificultar a análise de vídeo. Além disso, o carrinho deve ter as dimensões compatíveis com a pista e o sistema de lançamento. Nesse sentido o carrinho selecionado foi o que mais desenvolvia trajetórias estáveis e retilíneas possíveis, além de não levantar a parte dianteira ao ser lançado. Após a escolha, se fez necessário pesar o carrinho com uma balança de precisão.

Após as experimentações seguindo os critérios citados, conclui que o carrinho usado seria um em formato de camioneta (Figura 4) com massa de  $38 \pm 1$  gramas.

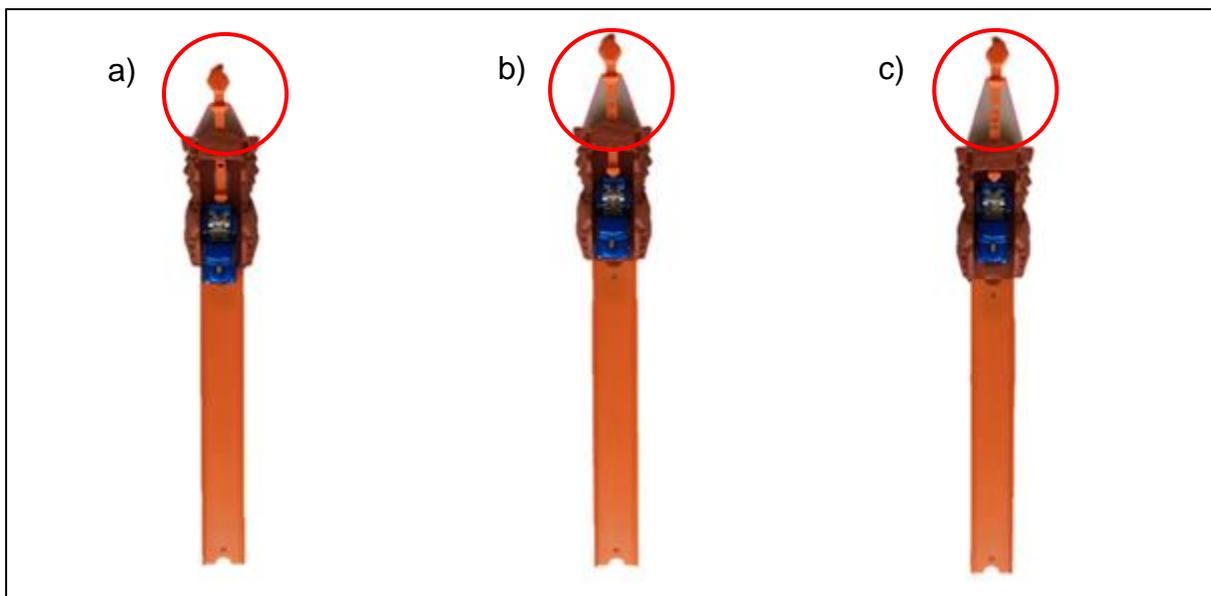
Figura 4 - Carrinho usado.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Em seguida, fez-se necessário posicionar o carrinho no lançador e deixá-lo pronto para ser lançado. Foram feitos vários lançamentos para cada situação de teste, pois no campo da experimentação é prática comum realizar o mesmo teste inúmeras vezes e tomar como resultado final a média do valor obtido em cada amostra do experimento. Sendo assim, realizei o lançamento dez vezes para cada situação de teste. Além disso, foram testadas diferentes condições iniciais, isto é, o experimento foi realizado em três diferentes situações de deformação inicial do elástico, veja na Figura 5.

Figura 5 - Diferentes estágios para o lançamento.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

O último passo da montagem do experimento é colocar um elemento de referência para tornar possível a realização da análise de dados por meio de ferramenta computacional. O elemento deve ser uma régua posicionada imediatamente ao lado da pista de lançamento. Com toda a configuração do experimento realizada, a amostragem deve ser feita sempre com a câmera filmando o processo de lançamento, para que possa ser feita a análise computacional.

Seguindo toda essa metodologia, foi montado o ambiente de experimentação. A montagem da pista e do sistema de lançamento foi feita em cima de um móvel, o seu nível foi devidamente verificado através, como já citado, de um nível de bolha. A régua foi posicionada ao lado da pista para servir de referência, e os desníveis da pista foram consertados por meio da utilização de apoios de papel colocados embaixo da estrutura da pista. Em seguida o sistema de gravação dos experimentos, conjunto formado por celular e tripé, foi colocado em uma mesa de plástico imediatamente a frente do móvel em que estava o lançador *Hot Wheels*. Procurei colocar o celular no melhor ângulo possível para realizar as filmagens priorizando a resolução e qualidade dos filmes a serem feitos. Por fim, um computador foi conectado ao celular para que as análises computacionais pudessem ser realizadas. A Figura 6 mostra o resultado final da montagem do experimento em questão. Nessa foto é possível ver todos os elementos citados anteriormente.

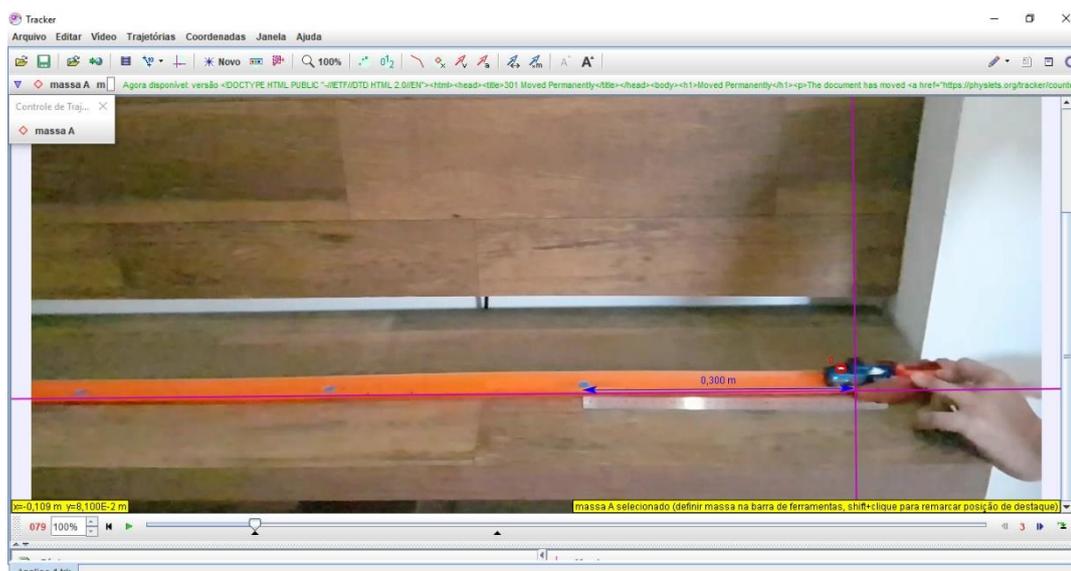
Figura 6 - Organização final da montagem do experimento.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Após selecionar os melhores vídeos de cada posição de lançamento, a tarefa seguinte é importar o vídeo para o *software Tracker*. Com o vídeo já aberto no programa, o próximo passo é escolher um sistema de referência (Figura 7). O passo seguinte é determinar uma fita de calibração que funciona como uma referência de medida. A fita usada foi uma régua de  $0,3000 \pm 0,0005m$  de comprimento.

Figura 7 - Análise no Tracker.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Em seguida deve-se determinar qual período gravado será utilizado na análise do vídeo e em qual ponto o carrinho será marcado. No problema em questão, a região marcada em todos os postos experimentais está ilustrada na Figura 8. É importante escolher um único ponto a ser marcado, pois caso contrário, os pontos extraídos da análise estariam em total desacordo com o movimento do carrinho.

Figura 8 - Ponto analisado.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

## 5 ANÁLISE DE RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos mediante a realização dos procedimentos experimentais descritos na metodologia. Exporemos gráficos e tabelas que resumem, de maneira coerente, as análises realizadas e os dados obtidos.

Com os dados já em mãos, isto é, os vídeos filmados dos vários lançamentos feitos, o próximo passo é, de acordo com a literatura vigente, a análise de dados. Como já mencionado, a análise de dados visa organizar, resumir, inferir resultados e apresentá-los de maneira concisa e clara. Para atingir tais objetivos, foi determinado no plano de trabalho que seriam usados recursos computacionais para processamento da amostragem. Para tanto, foi utilizado o *software Tracker*, esse *software* possui interface e ferramentas que possibilitam a análise de vídeo, - no caso em questão, a observação e mensuração das posições do carrinho em um determinado tempo de vídeo -. As ferramentas disponíveis são várias; dentre elas

pode-se destacar: rastreamento de posição de um determinado objeto, calibração de medidas e distâncias, confecção de gráficos e tabelas referentes ao fenômeno em estudo, entre outros.

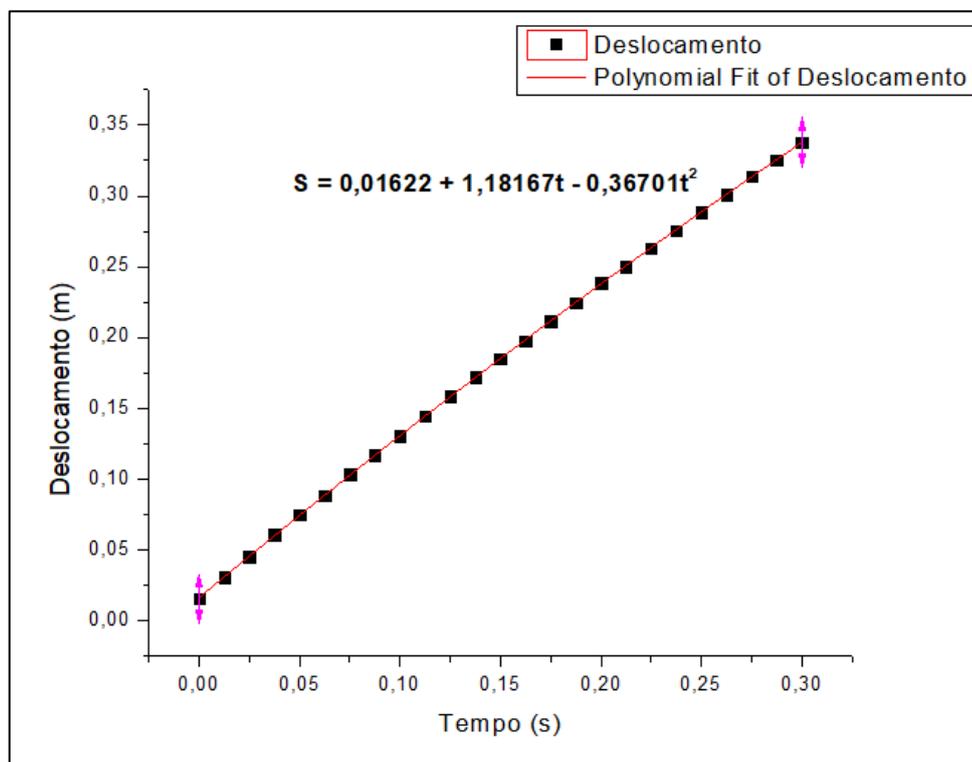
Como já é sabido, as filmagens foram realizadas e em seguidas importadas para *software* adequado. Foi realizado todo procedimento de calibração para que fosse possível gerar uma tabela com os dados de posição do carrinho em relação ao tempo. Esse procedimento foi repetido para as três situações iniciais testadas. Foi dito que inicialmente seria realizado um estudo acerca da energia cinética. Fica então justificada a importância de conhecer a velocidade do carrinho após deixar o lançador, valendo lembrar que tal velocidade é complicada de se obter, pois as imagens relacionadas a esse instante possuem pouca nitidez, com a alta velocidade do carrinho apenas borrões podem ser observados. Dessa maneira, a fim de se obter uma melhor aproximação, se fez necessário obter a velocidade de maneira indireta, obtendo a posição do carrinho em função do tempo.

Após as etapas de aquisição e análise dos dados estarem concluídas, já é possível afirmar quais são os resultados obtidos para a solução do problema em questão. Nesse ponto, fica restando apenas a última etapa do processo de solução de um problema de laboratório aberto: a conclusão.

A conclusão desse processo se traduz no presente estudo. Foi através desse trabalho que ocorreu a formalização e a descrição de todos os processos percorridos e suas consequências.

A partir da marcação de pontos feita no *software tracker*, vários dados importantes foram obtidos. No estudo em questão foi decidido analisar o deslocamento do carrinho em relação ao tempo para em seguida descobrir a velocidade inicial de todas as três situações testadas. Observei que os gráficos da posição em função do tempo, descrevia uma curva polinomial de segundo grau. Após uma análise com o *software Origin* pôde-se obter o polinômio que descrevia a curva em cada uma das três situações. O Gráfico 1 mostra o polinômio que descreve o comportamento do sistema e os dados obtidos em relação à posição destacada na Figura 5a.

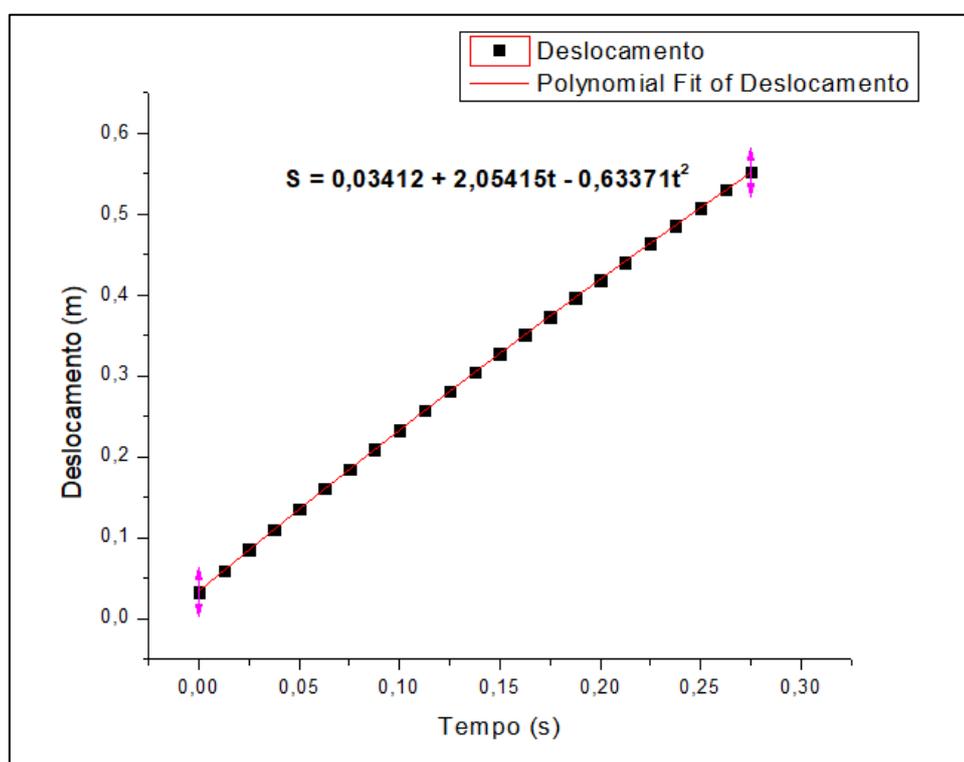
Gráfico 1 - Deslocamento em função do tempo para o estágio inicial  $y = 0,0400 \pm 0,0005 \text{ m}$ .



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

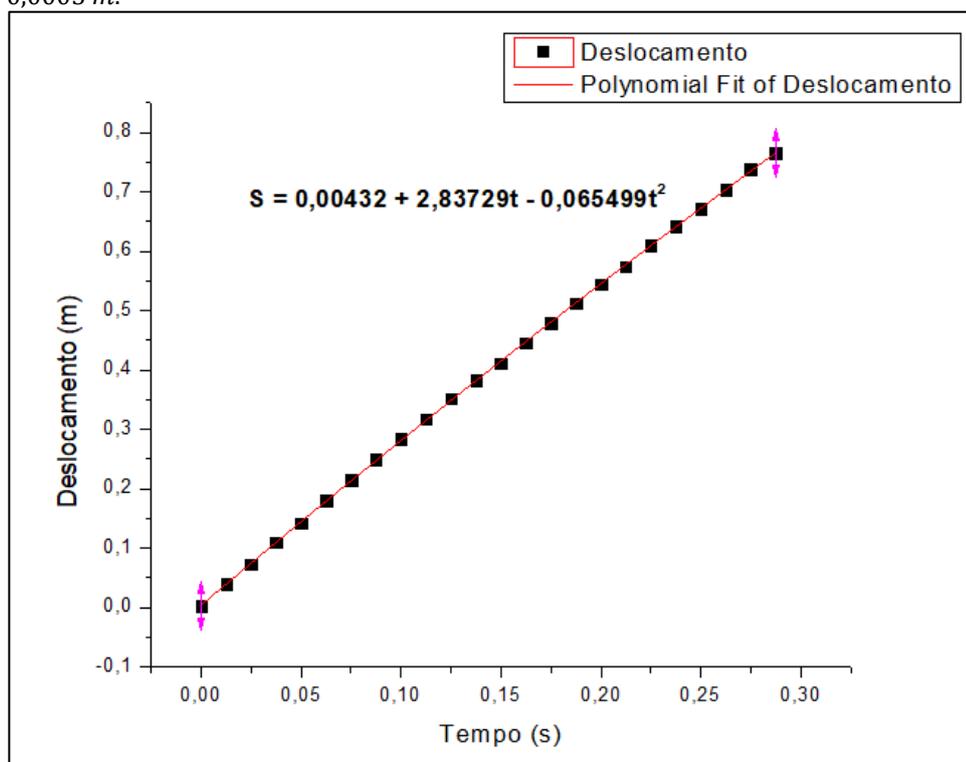
Ao se observar a equação que descreve o deslocamento do carrinho em relação ao tempo, pode-se notar que ela possui a mesma forma que a equação que descreve o movimento retilíneo uniformemente variável. Seguindo essa linha de raciocínio, a análise do *software Origin* forneceu que a velocidade inicial do sistema é  $1,182 \pm 0,004 \text{ m/s}$ , para a elongação vertical inicial do carrinho é  $0,0400 \pm 0,0005 \text{ m}$ . A partir do mesmo procedimento realizado para o caso em que a elongação vertical inicial do elástico é  $0,0400 \pm 0,0005 \text{ m}$ , pode-se determinar a velocidade inicial para os outros dois casos. O Gráfico 2 e o Gráfico 3 mostram a curva que descreve o deslocamento do carrinho em função do tempo e sua referente equação quando a elongação vertical inicial do elástico é  $0,0550 \pm 0,0005 \text{ m}$  (Figura 5b) e  $0,0700 \pm 0,0005 \text{ m}$  (Figura 5c) respectivamente.

Gráfico 2 - Deslocamento em função do tempo, para o estágio inicial  $y = 0,0550 \pm 0,0005 \text{ m}$ .



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Gráfico 3 - Deslocamento em função do tempo, para o estágio inicial  $y = 0,0700 \pm 0,0005 \text{ m}$ .



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

A partir das análises no *software Origin* das duas curvas e suas respectivas equações apresentadas acima nos gráficos, foram obtidos valores de  $2,05 \pm 0,07 \text{ m/s}$  quando  $y = 0,0550 \pm 0,0005 \text{ m}$ ; e  $2,84 \pm 0,02 \text{ m/s}$  quando  $y = 0,0700 \pm 0,0005 \text{ m}$ .

Através da dedução matemática apresentada no Apêndice B. Pode-se afirmar que:

$$k = \frac{mv^2}{4x \left( \sqrt{y_0^2 + x^2} - \sqrt{y^2 + x^2} \right) + 2(y^2 - y_0^2)} \quad (1)$$

onde  $k$  é a constante elástica,  $m$  é a massa do carrinho,  $v$  é a velocidade inicial do carrinho,  $x$  é a deformação do elemento elástico do sistema referente ao eixo  $x$ ,  $y$  é a deformação do elemento elástico do sistema referente ao eixo  $y$  e  $y_0$  é a posição de repouso do elástico.

Para concluir o estudo, falta apenas a determinação da variável  $y$ , que representa a deformação do elástico no eixo  $y$ , para cada uma das três situações de teste. A determinação da alongação do elástico no eixo  $y$  foi feita com o auxílio de uma régua. Inicialmente, determinei qual era a alongação do elástico em posição de

repouso, encontrei que  $y_0$  era igual a  $0,0250 \pm 0,0005 \text{ m}$ , depois armei o elástico e repeti as medições. Assim foram determinadas as deformações do elástico. A Tabela 2 organiza todas as informações necessárias adquiridas durante o processo de resolução.

Tabela 2 - Dados resumidos e organizados acerca da situação-problema.

<b>Elongação inicial do elástico no eixo y (m)</b>	<b>Velocidade inicial (m/s)</b>
0,0400 $\pm$ 0,0005	1,182 $\pm$ 0,004
0,0550 $\pm$ 0,0005	2,05 $\pm$ 0,07
0,0700 $\pm$ 0,0005	2,84 $\pm$ 0,02

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Acima pode ser visto os dados para a elongação inicial do elástico no eixo  $y$ , junto com a velocidade inicial dos carrinhos. Na primeira coluna da tabela, os resultados são dispostos em metros (m), já na segunda coluna a unidade de medida utilizada é metros por segundo (m/s). Os valores dessa tabela são dispostos na forma de 'média'  $\pm$  'desvio padrão'. Eles foram obtidos no experimento com a configuração disposta na Figura 5.

Com os dados da Tabela 2, é possível calcular a constante elástica  $k$  para cada situação testada. A Tabela 3 possui os valores encontrados para a constante elástica  $k$  de cada situação testada. Lembrando que  $x$  é a elongação do elástico na horizontal e vale sempre igual a  $0,02\text{m}$ , pois a elongação no eixo  $x$  é constante para todos os casos.

Tabela 3 – Valores obtidos para a constante em cada caso.

<b>Elongação inicial do elástico no eixo y (m)</b>	<b>Velocidade inicial (m/s)</b>	<b>Constante elástica (N/m)</b>
0,0400	1,182 $\pm$ 0,004	57 $\pm$ 5
0,0550	2,05 $\pm$ 0,07	60 $\pm$ 2
0,0700	2,84 $\pm$ 0,02	58 $\pm$ 1

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Vale lembrar que os valores da constante elástica para cada situação de teste foram calculados utilizando os dados da Tabela 2 na equação (1).

Como consequência da Tabela 3 podemos obter a constante elástica média, bem como sua margem de erro,

$$k_{méd} = 58 \pm 5 \text{ N/m}$$

Como pode ser observado, o valor médio da constante elástica possui um erro percentual menor que 10%, sendo assim a hipótese inicial de que a constante elástica do sistema poderia ser obtida através da lei Hooke parece estar de acordo com o problema. Então, o modelo utilizado para modelagem e aproximação do problema em questão se mostrou consistente na determinação de uma solução. Dessa forma, o brinquedo analisado desenvolve uma força elástica obedecendo a lei de Hooke, assim toda a análise que pode ser encontrada no Apêndice B se mostrou coerente para o problema em questão.

Um outro experimento foi montado com o intuito de confirmar o modelo teórico e o resultado obtido. Para a confecção do segundo experimento, o elástico do brinquedo foi retirado e em seguida preso na parede e logo depois com o auxílio de uma balança foi medida a massa que seria presa ao elástico, e com uma régua foi extraído a elongação do elástico para cada massa. A Tabela 4 mostra a elongação em função da massa e a constante elástica obtida para o experimento descrito.

Tabela 4 – Constantes obtidas no segundo experimento

<b>Massa</b>	<b>Elongação (m)</b>	<b>Constante elástica (N/m)</b>
0,100	0,033	29,70
0,150	0,040	36,75
0,200	0,051	38,43
0,250	0,064	38,28
0,300	0,077	38,18
0,350	0,095	36,11
0,400	0,104	37,69
0,450	0,115	38,35

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Relacionando os dados obtidos foi verificado um  $k_{méd} = 36,70 \text{ N/m}$ , um valor que difere do obtido no experimento com o elástico no brinquedo (Tabela 3). Como o objetivo deste trabalho é analisar a metodologia em si, a divergência entre os resultados dos experimentos será melhor explorada em um estudo posterior.

## 6 CONCLUSÃO

Neste capítulo serão apresentadas as considerações finais acerca do presente estudo. Também serão abordadas as conclusões que foram alcançadas através do desenvolvimento dessa atividade. Além disso, haverá uma síntese sobre tudo que fora discutido durante o presente texto.

O trabalho em questão propôs elaborar um exemplar de laboratório aberto através da solução de um problema seguindo essa metodologia, identificando os processos que são enfrentados ao decorrer dessa jornada. Na metodologia de laboratório aberto são apresentadas situações-problema abertas, sem parametrizações ou delimitações. Todas as simplificações e considerações devem ser feitas pelo aluno, tornando-o peça central no processo de aprendizagem. Nessa pesquisa, a situação-problema aberta a ser estudada consistia em saber “Como funciona o dispositivo no brinquedo que faz com que o carrinho seja lançado?”. Além desse objeto de estudo, também era de interesse da investigação, a análise da metodologia de laboratório aberto. Busquei entender um pouco mais acerca da citada metodologia através de um processo prático. Todos os procedimentos realizados durante a resolução do problema em questão foram formalizados e apresentados para que pudesse, através dessa descrição, haver um maior entendimento acerca do propósito e dos fatores positivos e negativos da referida abordagem de ensino.

Ao explorar o brinquedo por meio da metodologia proposta, o resultado da modelagem matemática mostrou-se inconclusiva, visto que em um primeiro momento o resultado mostrou-se satisfatório ao encontrar a constante média com um erro relativo inferior a 10% sendo as medidas para cada lançamento dentro da margem de erro. Em um segundo momento, no entanto, quando comparei os resultados obtidos para o elástico no brinquedo e fora dele, os resultados mostraram-se divergentes. Tal incoerência apresentarei em um estudo posterior, visto que o objetivo central desse trabalho é analisar a metodologia em si.

Apesar da devida solução de laboratório não ser alcançada, percebi que o laboratório aberto é uma ferramenta educacional adequada para o ensino de física em especial. A natureza dos conteúdos dessa ciência é favorável à exploração do ensino e da aprendizagem por meio da experimentação aberta. De maneira geral, pude observar que a metodologia de laboratório aberto, de fato, proporciona uma maior participação do aluno no processo de resolução e aprendizagem. Devido à ausência

de parametrizações e roteiros pré-definidos, ao analisar e me propor a solucionar um problema aberto caracterizei-me como peça autônoma e central no processo de aprendizagem.

No presente trabalho, como a abordagem teórica e experimental ficou toda em aberto para realizar as delimitações necessárias ao problema, fez-se necessário o uso dos meus conhecimentos prévios relacionados aos conteúdos específicos de física, e dos meus conhecimentos técnicos de laboratório. De mais a mais, embora várias habilidades necessárias tenham sido incorporadas ao longo da graduação, outras tiveram que ser adquiridas para a resolução do problema de maneira ativa e autônoma, alcançando nesse processo alguns pontos propostos pela metodologia.

Ademais, confirmei que as características do laboratório aberto descritas em literatura vigente são, realmente, positivas no ensino. Dentre essas qualidades, destaco: promoção da aproximação ao método científico, maior participação por parte do aluno no processo de ensino e aprendizagem, desenvolvimento de habilidades pessoais – tão importantes quanto o conhecimento teórico –, entre outros.

De fato, a metodologia utilizada me aproximou, enquanto aluno, do método científico, já que foi necessário percorrer inúmeros procedimentos que são utilizados em pesquisas científicas. Elaboração de hipóteses, experimentação prática, observação do objeto de estudo, delimitação das variáveis importantes ao estudo, amostragem e análise computacional dos dados são alguns exemplos dos processos que realizei durante a atividade e que também estão presentes no desenvolvimento da ciência.

Por não haver nenhum roteiro pré-definido, é normal que a participação do aluno seja maior do que em outras metodologias mais tradicionais. No laboratório aberto, o aluno precisa decidir qual a melhor maneira de se aproximar do problema aberto e quais serão as etapas a serem desenvolvidas para chegar a uma conclusão coerente. Tal participação do aluno promove um maior entendimento do objeto de estudo, além de uma maior motivação e interesse por parte do corpo discente no processo de aprendizagem.

É importante destacar que para que haja um bom processo de aprendizagem, faz-se necessário o desenvolvimento de situações-problema efetivas, isso significa que a atividade deve ser planejada de maneira a possibilitar a ocorrência de aprendizagem significativa dos conteúdos ensinados, mas que também necessita

provocar o desenvolvimento pessoal e cognitivo daqueles que se propuserem a participar das atividades em questão.

Além disso, outra característica do laboratório aberto que pude observar foi a promoção da adaptabilidade, uma vez que, ao longo do percurso de resolução do problema, precisei fazer várias mudanças e adaptações. Isso ajuda a criar um perfil de profissional adaptativo. Tal perfil é de extrema importância nos ambientes sociais da atual sociedade, tornando-se assim uma ferramenta eficaz no preparo dos alunos para enfrentar adequadamente as situações desafiadoras a que são submetidos os cidadãos atuais.

Embora a metodologia de laboratório aberto tenha se mostrado muito enriquecedora, ficou claro no presente estudo que a implementação dessa metodologia é impraticável em todas as aulas de física, visto que o tempo necessário para realizar uma atividade investigativa é muito longo – uma vez que eu, enquanto aluno de graduação levei um tempo considerável para resolver um simples problema, e ainda não obtive um resultado definitivo no tempo proposto – e além disso os cronogramas atuais de física no Ensino Médio são muito apertados. Contudo se faz necessário incluir no planejamento pedagógico o ensino de Física por investigação, tais como a resolução de problemas abertos e de laboratório aberto, visto que a inclusão de metodologias de cunho investigativo contribui para a aproximação entre o ensino de física e o trabalho realizado pelos cientistas.

No que se refere aos resultados inferidos a respeito da metodologia de laboratório aberto, afirmo que o referencial teórico que baseou e guiou as ações do presente estudo é, de fato, eficaz. O mesmo facilitou o desenvolvimento das habilidades propostas. Entretanto, vale ressaltar que para aplicar tal metodologia, todo o processo deve ser bem planejado, pois a metodologia de laboratório aberto depende dos conhecimentos prévios dos alunos, do tempo – fator crucial para tal tipo de atividade – e de outros fatores já mencionados nesse trabalho.

Esse trabalho buscou destacar a importância de se incluir no ensino de Física a metodologia de experimentação aberta, na qual há um maior envolvimento por parte do aluno nas atividades, maior aproximação do conhecimento científico de forma ativa e, além disso, com essa metodologia o aluno adquire um papel de sujeito ativo do seu processo de aprendizagem.

## REFERÊNCIAS

ARANHA, Norberto *et al.* A lei de Hooke e as molas não-lineares, um estudo de caso. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 38, n. 4, 2016.

ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, p. 176-194, 2003.

AZEVEDO, Maria Cristina Paternostro Stella de. Ensino por Investigação: problematizando as atividades em sala de Aula. *In*: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (Org.). **Ensino de Ciências: Unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Cengage Learning, 2004. cap. 2. p. 19-33.

BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Rio de Janeiro: Contraponto. 1996.

BAR KOVICH, Mateo; CARREÑO, Alexandra. Un modelo para la distribución de semáforos en una calle como problema integrador en los cursos introductorios de las carreras de Ingeniería. **Latin American Journal of Physics Education**, v. 7, n. 1, p. 63-67, mar. 2013.

BLOSSER, Patrícia E. Matérias em pesquisa de ensino de Física: O papel do laboratório no ensino de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 5, n. 2, p. 74-78, ago. 1988.

BRYAN, Joel. Video analysis software and the investigation of the conservation of mechanical energy. **Contemporary Issues in Technology and Teacher Education**, v. 4, n. 3, p. 284-298, 2004.

BUENO. Belmira Oliveira *et al.* Histórias de vida e autobiografias na formação de professores e profissão docente (Brasil, 1985-2003). **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v.32, n.2, p. 385-410, mai/ago. 2006.

CARRASCO, Hernan Jammet. Experimento de laboratorio: un enfoque sistémico y problematizador. **Revista de Ensino de Física**. v. 13, p 86-96, 1991.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de *et al.* **Ciências no ensino fundamental: o conhecimento físico**. São Paulo: Scipione, 1998.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de *et al.* Construção do conhecimento e ensino de ciências. **Em Aberto**, Brasília, v. 11, n. 55, p. 9-16, jul/set. 1992.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de *et al.* **Ensino de Ciências-unindo a pesquisa e a prática**. Cengage Learning Editores, 2004.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de *et al.* **Coleção Idéias em Ação: Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

CLEMENT, Luiz; TERRAZZAN, Eduardo. Resolução de problemas de lápis e papel numa abordagem investigativa. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 2, p. 98-116, ago. 2012.

ENGHAG, Margareta; GUSTAFSSON, Peter; JONSSON, Gunnar. Talking physics during small-group work with context rich problems: Analysed from an ownership perspective. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 7, n. 3, p. 455-472, 2009.

ERCEG, Nataša; AVIANI, Ivica; MEŠIC, V. Probing students' critical thinking processes by presenting ill-defined physics problems. **Revista mexicana de física E**, v. 59, n. 1, p. 65-76, jun. 2013.

FERREIRA, José Brites. Globalização e ensino superior: a discussão de Bolonha. **Perspectiva**, v. 24, n. 1, p. 229-242, abr. 2006.

FRAIHA, Simone *et al.* Atividades investigativas e o desenvolvimento de habilidades e competências: um relato de experiência no curso de Física da Universidade Federal do Pará. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, n. 4, jun. 2018.

HUNSCHE, Sandra; AULER, Décio. O professor no processo de construção de currículos: desafios no estágio curricular supervisionado em ensino de física. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 11, n. 1, p. 1-20, jan. 2012. Disponível em: [http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen11/REEC\\_11\\_1\\_1\\_ex566.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen11/REEC_11_1_1_ex566.pdf). Acesso em 30 abr. 2019.

KUHN, Thomas S. **A Estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 1997.

LABURÚ, Carlos Eduardo. Problemas abertos e seus problemas no laboratório de física: uma alternativa dialética que passa pelo discursivo multivocal e univocal. **Investigações em Ensino de Ciência**, Londrina, v.8, n. 3, p. 231-256, dez. 2003. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/540>. Acesso em 30 abr. 2019.

LEWIN, A. M. Figueroa; LOMÁSCOLO, T. M. M. La metodología científica en la construcción de conocimientos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 20, n. 2, p. 147-154, jun. 1998.

LUNARDI, Graziela; TERRAZZAN, Eduardo Adolfo. Atividades no uso de Atividades Experimentais com Roteiros Aberto e Semi-aberto em aulas de Física. **Anais... IV Encontro nacional de pesquisa em educação em ciências**. Bauru, SP, 2003. Disponível em: <http://axpfep1.if.usp.br/~profis/arquivos/ivenpec/Arquivos/Painel/PNL081.pdf>. Acesso em 30 abr. 2019.

MOREIRA, Marco Antonio. **Uma abordagem cognitivista ao ensino da Física**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1983.

MOURA, Dácio Guimarães de; HIGINO, Anderson Fabian Ferreira. Laboratório Aberto de Física - Proposta de uma metodologia adequada às demandas atuais. **Educação & Tecnologia**, v. 1, n. 3, fev. 2011. Disponível em:

<https://periodicos.cefetmg.br/index.php/revista-et/article/view/181>. Acesso em: 29 abr. 2019.

MÜTZENBERG, Luiz André; VEIT, Eliane Angela; SILVEIRA, Fernando Lang da. Elasticidade, plasticidade, histerese... e ondas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, n. 4, p. 307-313, dez. 2004. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172004000400004&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172004000400004&lng=pt&nrm=iso). Acessos em 26 mai. 2019.

OLIVEIRA, Vagner; ARAUJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela. Resolução de problemas abertos no ensino de física: uma revisão da literatura. **Revista brasileira de ensino de física**. São Paulo. Vol. 39, n. 3, e3402, 2017. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172017000300502&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172017000300502&lng=pt&nrm=iso). Acesso em 30 abr. 2019.

PASSEGGI, Maria da Conceição; SOUZA, Elizeu Clementino de; VICENTINI, Paula Perin. Entre a vida e a formação: pesquisa (auto) biográfica, docência e profissionalização. **Educação em Revista**, v. 27, n. 1, p. 369-386, abr. 2011.

PÉREZ, Daniel Gil; CASTRO, Pablo Valdés. La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: um ejemplo ilustrativo. *Enseñanza De Las Ciencias*, v. 14, n. 2, p. 155-163, 1996.

PÉREZ, D. Gil *et al.* ¿ Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio?. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, v. 17, n. 2, p. 311-320, 1999.

POZO, Juan Ignacio; CRESPO, Miguel Ángel Gómez. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

SOUSA, Glaedes Ponte de Carvalho *et al.*. HISTÓRIA DE VIDA E AUTOFORMAÇÃO DOCENTE: RELATO DE UM PROFESSOR DE ALUNOS CEGOS NO CADV –

MOSSORÓ. Universidade em Movimento: Educação, Diversidade e Práticas Inclusivas. **Revista Includere**. v. 3, n. 1, p. 37-50, out. 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/includere/article/view/7379>>. Acesso em 30 abr. 2019.

## APÊNDICE A – TRACKER

Para maiores informações acerca do *software*, acessar o site oficial do desenvolvedor: <https://physlets.org/tracker/>. Nesse site é possível encontrar conhecimento referente ao programa e ao seu uso, além do link para download do programa em si.

O site encontrasse totalmente em língua inglesa, para aqueles que desejam aprender a utilizar o *software*, porém não têm domínio completo do inglês, existem inúmeros tutoriais em português na internet que podem ser utilizados como fonte de estudo, aqui são listados alguns desses:

- <http://www.if.ufrgs.br/cref/uab/lab/tracker.html>
- [https://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n29\\_Rosa/arquivos/guias/Aula\\_5/TUTORIAL\\_TRACKER.pdf](https://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n29_Rosa/arquivos/guias/Aula_5/TUTORIAL_TRACKER.pdf)
- [https://www.youtube.com/watch?v=mVsC\\_kZ1bMo](https://www.youtube.com/watch?v=mVsC_kZ1bMo)
- <https://www.youtube.com/watch?v=VavLJmHE2qw>

## APÊNDICE B – TABELAS OBTIDAS COM O SOFTWARE TRACKER

Para a situação da Figura 5a.

<b>Tempo (s)</b>	<b>Deslocamento (m)</b>
0	0,015625795
0,0125	0,030476251
0,024988889	0,045322458
0,0375	0,061037721
0,049977778	0,074573969
0,062477778	0,088546869
0,074977778	0,103388827
0,087477778	0,116925074
0,099955556	0,130461322
0,112455556	0,144434222
0,124977778	0,158407123
0,137444444	0,171939121
0,149933333	0,185042964
0,162433333	0,197710155
0,174933333	0,211678806
0,187422222	0,2247784
0,199911111	0,238314648
0,212411111	0,250104283
0,224911111	0,263208127
0,237411111	0,275434415
0,249888889	0,288538258
0,2624	0,3012012
0,2749	0,31386839
0,287377778	0,32523837
0,299866667	0,337905561

Para a situação da Figura 5b

<b>Tempo (s)</b>	<b>Deslocamento (m)</b>
0	0,032745255
0,012488889	0,059038666
0,025	0,085762901
0,037477778	0,110331552
0,049977778	0,135331446

0,062477778	0,161193405
0,075066667	0,185331023
0,087477778	0,209468852
0,099955556	0,233175438
0,112455556	0,257313056
0,124944444	0,281020062
0,137444444	0,305157891
0,149933333	0,327571589
0,162433333	0,350847142
0,174933333	0,37326105
0,187422222	0,396967216
0,199911111	0,418519688
0,212422222	0,440502353
0,224888889	0,463778327
0,2374	0,485760992
0,2499	0,507743867
0,262377778	0,530157565
0,274911111	0,55214044

Para a situação da Figura 5c

<b>Tempo (s)</b>	<b>Deslocamento (m)</b>
0	0,002941287
0,0125	0,039449169
0,024977778	0,072946366
0,037477778	0,110344187
0,049988889	0,142935116
0,062466667	0,180771782
0,074966667	0,214679249
0,087466667	0,249460324
0,099955556	0,283802554
0,112444444	0,31685274
0,124944444	0,351625651
0,137533333	0,382932701
0,149922222	0,410761644
0,162511111	0,445538637
0,174922222	0,479454268
0,187422222	0,512512619
0,1999	0,544681031

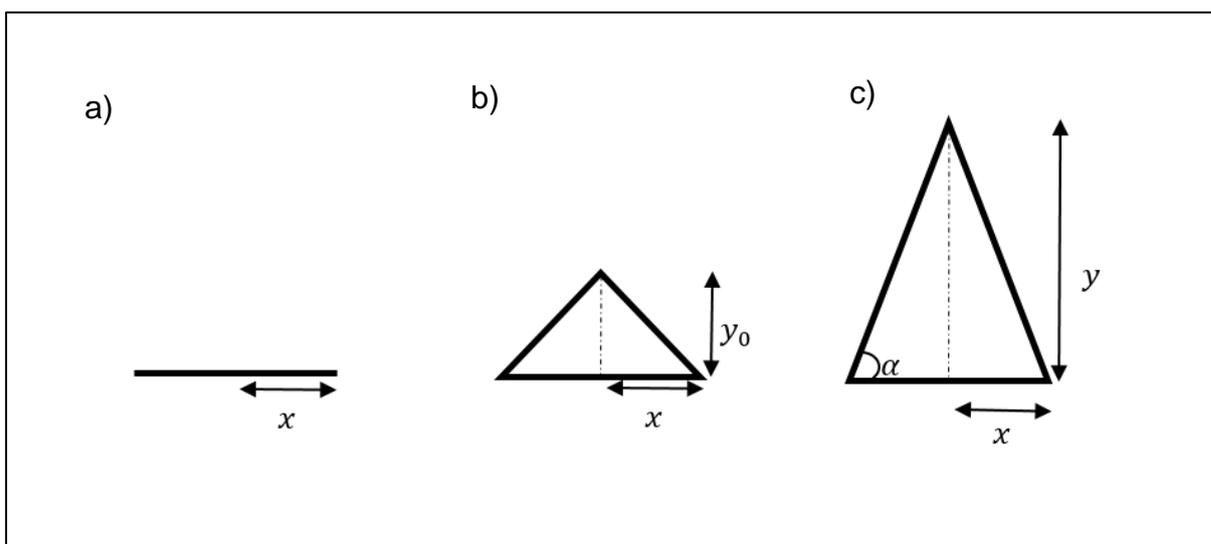
0,212388889	0,574691956
0,224922222	0,609477113
0,2374	0,641649608
0,249877778	0,671668697
0,2624	0,703402346
0,274877778	0,738183422
0,2874	0,765565354

---

## APÊNDICE C – MODELAGEM MATEMÁTICA DO SISTEMA DE LANÇAMENTO

Considerando um sistema de coordenadas cartesianas ( $xy$ ) com a base do lançador de carrinhos Hot Wheels, tem-se o seguinte diagrama:

Figura 9 - Modelagem do elástico no lançador *hot wheels*



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Os casos indicados na Figura 9 são: (a) elástico completamente relaxado; (b) elástico tensionado no estágio inicial; (c) elástico tensionado em um dos três estágios de lançamento.

Observe que para o lançador o caso (b) ilustra o elástico em sua posição de repouso, note que mesmo em posição de repouso, há uma elongação nos dois sentidos do plano cartesiano. Essas elongações são:  $x = 0,02m$  e  $y_0 = 0,025m$ .

O triângulo do caso (c) mostra uma situação de elongação do elástico como preparação para realizar o lançamento do carrinho.

Segundo a Lei Hooke, a força resultante do sistema é em módulo dada por:

$$\vec{F} = \left[ -2k \left( \sqrt{y^2 + x^2} - x \right) \sin\alpha \right] \hat{y}$$

Tem-se que:

$$\sin\alpha = \frac{y}{\sqrt{y^2 + x^2}}$$

Logo:

$$F = -2k \left( \sqrt{y^2 + x^2} - x \right) \cdot \frac{y}{\sqrt{y^2 + x^2}}$$

Supondo que a haja uma conversão do trabalho realizado pelo elástico, em energia cinética para o carrinho de massa  $m = 0,038kg$ , temos,

$$W = K - K_0$$

Logo:

$$\int \vec{F} \cdot d\vec{r} = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

Sendo

$$d\vec{r} = dx \hat{x} + dy \hat{y}$$

Por tanto,

$$\int_y^{y_0} -2k(\sqrt{y^2 + x^2} - x) \cdot \frac{y}{\sqrt{y^2 + x^2}} dy = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

$$\int_{y_0}^y 2k \left( 1 - \frac{xy}{\sqrt{y^2 + x^2}} \right) dy = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

$$\int_{y_0}^y 2k \left( 1 - \frac{xy}{\sqrt{y^2 + x^2}} \right) dy = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

Como  $k$  é constante e  $v_0 = 0$ ,

$$2k \int_{y_0}^y \left( 1 - \frac{xy}{\sqrt{y^2 + x^2}} \right) dy = \frac{1}{2}mv^2$$

$$2k \left[ \int_{y_0}^y dy - \int_{y_0}^y \frac{xy}{\sqrt{y^2 + x^2}} dy \right] = \frac{1}{2}mv^2$$

Seja

$$u = y^2 + x^2 \rightarrow dy = \frac{du}{2y}$$

Podemos escrever

$$2k \left[ \int_{y_0}^y dy - \int_{u_0}^u \frac{xy}{\sqrt{u}} \cdot \frac{du}{2y} \right] = \frac{1}{2}mv^2$$

$$2k \left[ \int_{y_0}^y dy - \frac{x}{2} \int_{u_0}^u \frac{du}{\sqrt{u}} \right] = \frac{1}{2}mv^2$$

$$2k \left[ \int_{y_0}^y dy - \frac{x}{2} \int_{u_0}^u u^{-1/2} du \right] = \frac{1}{2}mv^2$$

$$2k \left[ \frac{1}{2}(y^2 - y_0^2) - \frac{x}{2} \cdot \frac{2}{1}(\sqrt{u} - \sqrt{u_0}) \right] = \frac{1}{2}mv^2$$

$$2k \left[ \frac{1}{2} (y^2 - y_0^2) - x \left( \sqrt{y^2 + x^2} - \sqrt{y_0^2 + x^2} \right) \right] = \frac{1}{2} m v^2$$

$$k \left[ (y^2 - y_0^2) - 2x \left( \sqrt{y^2 + x^2} - \sqrt{y_0^2 + x^2} \right) \right] = \frac{1}{2} m v^2$$

$$k = \frac{m v^2}{4x \left( \sqrt{y_0^2 + x^2} - \sqrt{y^2 + x^2} \right) + 2(y^2 - y_0^2)}$$

Em que  $k$  é a constante elástica,  $m$  é a massa do carrinho,  $v$  é a velocidade inicial do carrinho,  $x$  é a deformação do elemento elástico do sistema referente ao eixo  $x$ ,  $y$  é a deformação do elemento elástico do sistema referente ao eixo  $y$  e  $y_0$  é a posição de repouso do elástico no brinquedo.

- Para o caso exposto na Figura 5a, tem-se:  
 $y = 0,040 \text{ m}$  e  $v = 1,182 \text{ m/s}$

Logo

$$k = \frac{0.038 \cdot 1,182^2}{4 \cdot 0,02 \left( \sqrt{0,025^2 + 0,02^2} - \sqrt{0,040^2 + 0,02^2} \right) + 2(0,040^2 - 0,025^2)}$$

Então,

$$k = 56,8702562882146 \text{ N/m}$$

- Para o caso exposto na Figura 5b, tem-se:  
 $y = 0,055 \text{ m}$  e  $v = 2,05 \text{ m/s}$

Logo

$$k = \frac{0.038 \cdot 2,05^2}{4 \cdot 0,02 \left( \sqrt{0,025^2 + 0,02^2} - \sqrt{0,055^2 + 0,02^2} \right) + 2(0,055^2 - 0,025^2)}$$

Então

$$k = 59,6017034047614 \text{ N/m}$$

- Para o caso exposto na Figura 5c, tem-se:  
 $y = 0,070 \text{ m}$  e  $v = 2,84 \text{ m/s}$

Logo

$$k = \frac{0.038 \cdot 2,84^2}{4 \cdot 0,02 \left( \sqrt{0,025^2 + 0,02^2} - \sqrt{0,070^2 + 0,02^2} \right) + 2(0,070^2 - 0,025^2)}$$

Então

$$k = 57,9692493907919 \text{ N/m}$$