



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
FÍSICA-LICENCIATURA

GABRIEL FREIRE SAMPAIO

**O USO DO ARDUINO NO ENSINO DE FÍSICA: UMA ABORDAGEM
CONSTRUCIONISTA SOBRE O ENSINO DA MECÂNICA CLÁSSICA.**

FORTALEZA

2023

GABRIEL FREIRE SAMPAIO

O USO DO ARDUINO NO ENSINO DE FÍSICA: UMA ABORDAGEM
CONSTRUCIONISTA SOBRE O ENSINO DA MECÂNICA CLÁSSICA.

Monografia apresentada ao Curso de Física do
Centro de Ciências da Universidade Federal do
Ceará, como requisito parcial à obtenção do
título de licenciado em Física.

Orientador: Prof. Dr. Nildo Loiola Dias.

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S183u Sampaio, Gabriel.
O uso do Arduino no ensino de física : Uma abordagem construcionista sobre o ensino da mecânica clássica / Gabriel Sampaio. – 2023.
101 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Curso de Física, Fortaleza, 2023.
Orientação: Prof. Dr. Nildo Loiola Dias.

1. Arduino. 2. Cinemática. 3. Ensino de física. 4. construcionismo. I. Título.

CDD 530

GABRIEL FREIRE SAMPAIO

O USO DO ARDUINO NO ENSINO DE FÍSICA: UMA ABORDAGEM
CONSTRUCIONISTA SOBRE O ENSINO DA MECÂNICA CLÁSSICA.

Monografia apresentada ao Curso de Física do
Centro de Ciências da Universidade Federal do
Ceará, como requisito parcial à obtenção do
título de licenciado em Física.

Aprovada em: 06/12/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Nildo Loiola Dias (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Daniel Brito de Freitas
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. José Alves de Lima Júnior
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Aos meus pais pela sua dedicação durante minha criação, a minha irmã pela sua amizade e ajuda e aos meus amigos e colegas que me acompanharam nessa caminhada.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Nildo Loiola Dias, pela excelente orientação durante todo o processo, as sugestões, dicas e ideias foram de fundamental importância para desenvolvimento do trabalho.

Aos professores participantes da banca examinadora Daniel Brito de Freitas e José Alves de Lima Júnior pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos professores da Sala de Ciência do SESC, Carlos Henrique, Douglas Menezes e Breno Aragão, pela ajuda e pela oportunidade de estar desempenhando o trabalho da divulgação científica.

Agradecimento em especial para o professor Carlos Henrique de Abreu, da Sala de Ciência do SESC, do qual se dispôs a me auxiliar na confecção deste trabalho, com suas orientações e com ajuda na confecção dos experimentos, além de sempre trazer novas ideias de como melhor proceder.

Aos colegas de estágio, Leonardo, Jackson, Camila, Victória e Rogério, pelo apoio de sempre, seja nos momentos bons e difíceis sempre melhoraram as tardes independente do dia.

Aos meus pais, Edna Freire e Francisco Antônio pelo apoio, seja financeiro como psicológico para sempre continuar.

A minha irmã, Lorena Freire, por sempre estar a disposição para o que fosse preciso, sempre se esforçando ao máximo para oferecer sua valiosa ajuda.

A minha companheira Mariana Paiva, por sempre estar ao meu lado independente da dificuldade do momento, foi de vital importância nessa caminhada.

A minha amiga Rayanne Moreira, por compartilhar essa caminhada acadêmica, sua amizade foi de grande importância para minha pessoa.

"... acreditamos que a melhor maneira de cultivar a criatividade seja ajudando as pessoas a trabalharem em projetos baseados em suas paixões, em colaboração com pares e mantendo o espírito do pensar brincando." (Resnick, 2020, p. 15.)

RESUMO

O desenvolvimento social e tecnológico propôs novos desafios para a educação, um deles é a inserção da tecnologia na educação. Por muitas vezes o computador é visto como uma forma de distração ou algo do qual se busca um distanciamento com a educação, por outras é visto como uma forma de educar, mas servindo como um fim, não como um mediador. Trazendo a proposta de Seymour Papert, em uma abordagem construcionista para a educação, foi proposta uma forma de utilizar a tecnologia para fins educacionais, mas não trazendo o computador como uma espécie de oráculo do conhecimento, mas como um mediador da educação, onde o aluno poderá realizar experimentos dos quais terá que montá-los e com isso aprender fazendo. Com o uso do Arduino, foi proposto três experimentos envolvendo a cinemática. Os experimentos envolvem o pêndulo simples, o movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV) e a queda livre. Utilizando os atuadores do Arduino, foi possível realizar os experimentos e mostrar que os resultados se encaixam de forma satisfatória com a realidade, trazendo uma forma de ensinar e desenvolver a aprendizagem criativa.

Palavras-chave: Arduino; cinemática; ensino de física; construcionismo.

ABSTRACT

Social and technological development has proposed new challenges for education, one of which is the integration of technology into education. Computers are often seen as a distraction or something that should be kept at a distance from education, while others see them as a means of education, but serving as an end, not as a mediator. Seymour Papert's proposal for a constructionist approach to education suggested a way to use technology for educational purposes, but not to bring the computer as a kind of oracle of knowledge, but as a mediator of education, where the student can perform experiments that they will have to assemble and thus learn by doing. Using Arduino, three experiments involving kinematics were proposed. The experiments involve the simple pendulum, uniformly accelerated rectilinear motion (MRUV), and free fall. By using the actuators of the Arduino, it was possible to carry out the experiments and show that the results fit satisfactorily with reality, bringing a way to teach and develop creative learning.

Keywords: Arduino; kinematics; physics teaching; constructionism.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquematização da plataforma física do Arduíno.	22
Figura 2 – Demonstração da passagem da IDE do Arduino para o visual do S4A. . . .	23
Figura 3 – Esquematização da espiral da aprendizagem criativa.	25
Figura 4 – Relação entre o deslocamento e o tempo.	31
Figura 5 – A bola vai mudando sua velocidade ao longo do percurso com uma aceleração constante.	31
Figura 6 – Queda Livre	33
Figura 7 – Pêndulo Simples	36
Figura 8 – Montagem do experimento para o movimento retilíneo uniformemente variado.	41
Figura 9 – Exemplo de código de programação para o experimento.	42
Figura 10 – Exemplo de conexão dos sensores com a placa Arduíno.	42
Figura 11 – Proposta de estrutura para a Queda Livre.	44
Figura 12 – Estrutura do Pêndulo Simples	47
Figura 13 – Código para o S4A do Pêndulo Simples.	47
Figura 14 – Esquematização do circuito.	48
Figura 15 – Relação Tempo versus Aceleração	53
Figura 16 – Relação da distância versus tempo ²	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Mensuração do Período.	50
Tabela 2 – Cálculo da aceleração da gravidade.	51
Tabela 3 – Relação entre Comprimento e período.	51
Tabela 4 – Relação entre os resultados experimentais e teóricos.	52
Tabela 5 – Relação entre distância, tempo e aceleração	53
Tabela 6 – Relação entre altura, tempo e aceleração.	54
Tabela 7 – Resultados do experimento da queda livre	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACARA	<i>Australian Curriculum Assessment and Reporting Authority</i>
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
IHC	Interação humano-computador
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
MRUV	Movimento Retilíneo Uniformemente Variado
NIED	Núcleo de Informática Aplicada a Educação
S4A	<i>Scratch for Arduino</i>
TDIC	Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas

LISTA DE SÍMBOLOS

F	Força
g	Aceleração da gravidade
k	Constante da força restauradora
L	Comprimento do pêndulo
m	Massa
p	Momento linear
P	Força Peso
S	Distância Total
T	Período
t	Tempo
v	Velocidade
x	Deslocamento

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1	Base Nacional Comum Curricular	17
2.2	Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs)	19
2.3	Pensamento Computacional e letramento digital	20
2.4	Plataforma Arduino	21
2.5	Construcionismo	23
2.5.1	<i>O construcionismo no Brasil</i>	26
2.6	Tópicos da mecânica abordados	28
2.6.1	Cinemática	28
2.6.1.1	<i>Conceitos básicos</i>	28
2.6.1.2	<i>Cinemática Escalar</i>	29
2.6.1.3	<i>Cinemática Vetorial</i>	30
2.6.2	Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV)	31
2.6.2.1	<i>Queda Livre</i>	32
2.7	Dinâmica	33
2.7.1	Leis de Newton	33
2.7.1.1	<i>Primeira Lei de Newton: Lei da Inércia</i>	34
2.7.1.2	<i>Segunda Lei de Newton: O princípio fundamental da dinâmica</i>	35
2.7.1.3	<i>Terceira Lei de Newton: Ação e reação</i>	35
2.7.1.4	<i>Pêndulo Simples</i>	36
3	METODOLOGIA	38
3.0.1	Sequência didática	39
3.0.1.1	<i>1º Aula: Primeiro contato com o Arduino</i>	39
3.0.1.2	<i>2º Aula: Movimento Retilíneo Uniformemente Variado</i>	40
3.0.1.3	<i>3º Aula: Prática do Movimento Retilíneo Uniformemente Variado</i>	42
3.0.1.4	<i>4º Aula: Queda Livre</i>	43
3.0.1.5	<i>5º Aula: Prática da queda livre</i>	44
3.0.1.6	<i>6º Aula: As leis de Newton</i>	45
3.0.1.7	<i>7º Aula: Pêndulo Simples</i>	46

3.0.1.8	8° Aula: Prática do Pêndulo Simples	48
4	RESULTADOS	50
4.1	Resultados do Pêndulo Simples.	50
4.2	Resultados do Movimento Retilíneo Uniformemente Variado	52
4.3	Resultados do experimento de Queda Livre.	55
5	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	56
	REFERÊNCIAS	58
	ANEXO A –PLANOS DE AULA	60
	ANEXO B –ROTEIROS DE PRÁTICA	85

1 INTRODUÇÃO

As tecnologias têm se desenvolvido em uma velocidade exponencial nos últimos anos, com isso tivemos várias mudanças e adaptações da vida cotidiana para nos adequarmos a tais tecnologias. Com o avanço tecnológico também veio a adaptação de outras áreas, atribuindo a tecnologia ao seu favor e se desenvolvendo com ainda mais velocidade e adesão da sociedade, porém de todas essas áreas uma das que teve maior dificuldade para o avanço, foi a área da educação.

De acordo com Chaves (2007), nem todas as tecnologias são úteis para a educação, algumas podem melhorar capacidades físicas do indivíduo, como cadeira de rodas, ou membros robóticos, outras podem apresentar melhorias no transporte e maior facilidade de locomoção do ser, como carros, ônibus e trens, porém apenas as tecnologias que apresentam uma melhora sensorial e cognitiva no ser e melhoram as comunicações entre os mesmos podem ser considerada úteis para a educação.

Para a incorporação e análise de tecnologias no âmbito educacional, adotar-se-á uma metodologia construcionista. Embora o construcionismo seja comumente confundido com o construtivismo, teoria desenvolvida por Jean Piaget, em virtude da semelhança fonética entre os termos, é importante destacar que seus significados são distintos. O construcionismo, concebido por Seymour Papert, sustenta que o processo de aprendizagem se edifica na mente do indivíduo por meio da interação com objetos tangíveis ou digitais.

De acordo com Seymour Papert (1980) e o aprendizado construcionista, é de suma importância para o ser, desenvolver o aprendizado por si mesmo, em um processo onde o próprio irá desenvolver suas habilidades, será protagonista de seu desenvolvimento, com base nestes conceitos Papert desenvolveu a linguagem *Logo*¹ juntamente com outros professores e alunos do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). *Logo* é uma linguagem de programação intuitiva, cuja plataforma propicia uma experiência mais acessível ao usuário, tal linguagem surgiu através de um simples experimento, onde crianças teriam de desenvolver equações matemáticas para mover determinado objeto, nisto os alunos passaram a expandir suas habilidades matemáticas e computacionais para realizar as tarefas. A linguagem *Logo* faz parte da "filosofia *Logo*", mencionada por Papert em seu livro *Mindstorm*, publicado em 1980, e refere-se justamente ao uso das tecnologias como mediadora do conhecimento, em uma situação onde o usuário não iria

¹ O nome da linguagem é uma referência a um termo grego que significa: *pensamento, ciência, raciocínio, cálculo, ou ainda, razão, linguagem, discurso, palavra.*

ser ensinado pela máquina, mas sim ensinar a máquina, dessa forma o aluno iria deixar de ser um mero receptor de informações e se tornaria o provedor dela, assumindo o protagonismo do seu próprio processo de aprendizagem.

Desta forma, é importante agregar o uso do computador ao ensino. Trazendo o discurso para o ensino de física, temos uma área do conhecimento que muitas vezes se passa despercebida por nosso dia a dia e que por muitas vezes é vista com dificuldade no ensino básico, de acordo com os indicadores formativos no ensino de física (Marcom; Kleinke, 2021). Durante o exame nacional do ensino médio (ENEM) dos últimos anos, aproximadamente 70% das questões podem ser consideradas difíceis de acordo com seu nível de acerto pelos estudantes (Marcom; Kleinke, 2021). Uma alternativa para o ensino de física é a atribuição da experimentação em sala de aula, onde se bate diversas vezes na falta de laboratórios, de acordo com o Censo da Educação Básica de 2019 (2020), no Brasil apenas 40,9% das escolas estaduais de ensino médio contam com um laboratório de ciências, as escolas municipais o número cai para 30,9%, ou seja, uma grande parcela dos alunos das escolas públicas têm uma falta de acesso à uma prática laboratorial, com isso dificultando ainda mais o processo de aprendizagem.

O presente trabalho tem como objetivo principal, desenvolver uma sequência didática para o ensino de cinemática com o uso Arduino para alunos(as) da educação básica. Buscando trazer o aluno para o centro do processo, atuando como protagonista do processo de ensino e aprendizagem, além de desempenhar o "aprender fazendo", onde os experimentos propostos serão confeccionados pelos próprios alunos, promovendo desta forma a aprendizagem criativa. Para tal, serão propostos três experimentos, que serão os seguintes: Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV), queda livre e pêndulo simples.

Onde o aluno terá de desenvolver o circuito com o Arduino e seus atuadores, além de desenvolver uma programação de acordo com as necessidades do problema, utilizando o programa *Scratch for Arduino* (S4A), que é uma modificação do Scratch criado no MIT que permite a programação do Arduino partindo de uma linguagem mais simples e intuitiva, programa que foi desenvolvido a partir da linguagem *Logo* de Papert. Após desenvolver toda a montagem do experimento, será dado um roteiro de prática, onde o aluno terá que desenvolver a experimentação, anotar resultados, comparar com resultados teóricos. Desta forma o aluno poderá, além de fazer parte do processo de montagem, onde terá de desenvolver a prática, o mesmo irá testa-la através da experimentação e da comparação com resultados teóricos.

O professor irá atuar como um mediador, onde terá de mostrar a parte teórica sobre o

conteúdo de um dos experimentos abordados, irá demonstrar como funciona o Arduino e o S4A, após isso os alunos ficarão livres para experimentar e tentar desenvolver os protótipos. Cabe ao professor orientar no caso das eventuais dúvidas e instigar a investigação dos alunos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Base Nacional Comum Curricular

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), é um documento de caráter normativo, que tem como objetivo definir um conjunto de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo da educação básica (Brasil, 2018). A BNCC serve como uma base para as instituições de ensino elaborarem seus componentes curriculares, a elaboração de aulas e avaliações. Nesta seção, iremos nos dedicar para uma análise da BNCC e de como é tratada a questão das tecnologias digitais, comunicação, pensamento computacional e letramento digital dentro dela, fazendo assim um apanhado dentro da base curricular dentro do que iremos propor neste trabalho.

O presente trabalho tem como proposta o uso de uma tecnologia para fins pedagógicos, então iremos nos concentrar no que a BNCC nos traz sobre o uso das tecnologias na educação e formas das quais podemos nos aproveitar de tal recurso para fins didáticos. Dentro da BNCC, temos as competências e habilidades que são propostas, que irão definir as bases de que o aluno tem que desenvolver durante o ensino básico.

A BNCC define as competências da seguinte maneira:

[...] competência é definida como a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho (Brasil, 2018, p. 8).

Dessa forma, a BNCC irá orientar o currículo dos colégios, para apresentar o que os estudantes devem fazer e o que devem saber fazer. Definido o que é competência, podemos analisar o que dizem as competências da BNCC como relação as tecnologias. São ao todo dez competências e a competência cinco trás a tona o assunto das tecnologias, da seguinte forma:

Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva (Brasil, 2018, p. 9).

A BNCC também explicita três diferentes dimensões que caracterizam as tecnologias digitais e da computação, são elas: Pensamento computacional que envolve as capacidades de compreender, analisar, definir, modelar, resolver, comparar e automatizar problemas e suas soluções, de forma metódica e sistemática, por meio do desenvolvimento de algoritmos. Mundo digital que envolve as aprendizagens relativas às formas de processar, transmitir e distribuir

a informação de maneira segura e confiável em diferentes artefatos digitais – tanto físicos (computadores, celulares, tablets etc.) como virtuais (internet, redes sociais e nuvens de dados, entre outros) –, compreendendo a importância contemporânea de codificar, armazenar e proteger a informação e a Cultura digital que envolve aprendizagens voltadas a uma participação mais consciente e democrática por meio das tecnologias digitais, o que supõe a compreensão dos impactos da revolução digital e dos avanços do mundo digital na sociedade contemporânea, a construção de uma atitude crítica, ética e responsável em relação à multiplicidade de ofertas midiáticas e digitais, aos usos possíveis das diferentes tecnologias e aos conteúdos por elas veiculados, e, também, à fluência no uso da tecnologia digital para expressão de soluções e manifestações culturais de forma contextualizada e crítica (Brasil, 2018, p. 474). Em articulação com as competências gerais, essas dimensões também foram contempladas para a educação infantil e os segmentos do ensino fundamental. Para o ensino médio, dada a intrínseca relação dos jovens com as tecnologias e com a computação, há a necessidade de uma especificação melhor das competências e habilidades voltadas para esta área, assim a BNCC trás da seguinte forma essas competências e habilidades para o ensino médio: buscar dados e informações de forma crítica nas diferentes mídias, inclusive as sociais, analisando as vantagens do uso e da evolução da tecnologia na sociedade atual, como também seus riscos potenciais, apropriar-se das linguagens da cultura digital, dos novos letramentos e dos multiletramentos para explorar e produzir conteúdos em diversas mídias, ampliando as possibilidades de acesso à ciência, à tecnologia, à cultura e ao trabalho, usar diversas ferramentas de software e aplicativos para compreender e produzir conteúdos em diversas mídias, simular fenômenos e processos das diferentes áreas do conhecimento, e elaborar e explorar diversos registros de representação matemática, utilizar, propor e/ou implementar soluções (processos e produtos) envolvendo diferentes tecnologias, para identificar, analisar, modelar e solucionar problemas complexos em diversas áreas da vida cotidiana, explorando de forma efetiva o raciocínio lógico, o pensamento computacional, o espírito de investigação e a criatividade (BRASIL, 2018, p. 475).

De forma geral, a BNCC não traz muitos tópicos acerca do uso de tecnologias na educação, durante todo o artigo menos de três páginas são dedicadas ao assunto e apenas uma competência das dez competências gerais é direcionada para esse assunto. Porém ainda assim se dá uma importância para esse tema, propondo competências e habilidades voltadas para esse assunto.

2.2 Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs)

Em um período de tempo bastante curto houve uma grande expansão das tecnologias digitais, onde tivemos um avanço nos aparelhos que usamos no dia a dia, com uma maior facilidade de comunicação. Atualmente qualquer pessoa pode se conectar com o mundo inteiro em uma fração de segundos e cada vez mais esse uso de tecnologias tem se tornado uma grande dificuldade para a educação.

Muito se discute sobre metodologias dentro de um contexto atual, onde há uma comunicação extremamente rápida, e dentro da educação, tanto o docente quanto o discente tem a necessidade de um letramento digital adequado para que o processo ocorra na íntegra (Silva; Arienzo, 2021). Dessa forma, o professor tem a necessidade de se engajar, para possuir domínio das plataformas digitais e dessa forma conseguir mediar um processo de ensino e aprendizagem, onde o aluno tenha papel ativo dentro dela.

Para cumprir esse objetivo, surgiu uma grande necessidade de se desenvolver melhor os trabalhos acerca das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC). As TDICs podem ser definidas da seguinte maneira:

As Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação – TDICs se integram em uma gama de bases tecnológicas que possibilitam a partir de equipamentos, programas e das mídias, a associação de diversos ambientes e indivíduos numa rede, facilitando a comunicação entre seus integrantes, ampliando as ações e possibilidades já garantidas pelos meios tecnológicos (Soares *et al.*, 2015).

Ou seja, é considerada uma TDIC qualquer equipamento que possa facilitar a comunicação entre dois ou mais indivíduos, formando uma rede integrada. Nas últimas décadas, as TDICs têm ampliado significativamente as aplicações sociais resultantes da interação entre seres humanos e máquinas, desencadeando transformações fundamentais na maneira como a sociedade existe e se socializa. Essas mudanças têm um impacto direto nos estudos relacionados aos processos de ensino escolar, uma vez que a disponibilidade e a acessibilidade cada vez mais facilitadas à informação proporcionam oportunidades de interação e comunicação por meio dessas tecnologias, gerando assim novos métodos de ensino e aprendizado em diversos contextos (Kenski, 2003).

Dessa forma, é perceptível a necessidade da integração de novas tecnologias para a educação, mas o que ocorre muitas vezes é uma má interpretação do uso das tecnologias para fins educacionais. Os meios digitais não podem ser vistos como uma espécie de substituto do papel do professor, mas sim como um mediador do ensino, onde o professor é visto como elo entre o aluno e as tecnologias, impulsionando e transformando o processo de ensino e aprendizagem,

buscando despertar a curiosidade do aluno para novas descobertas (Prieto, L. M. *et al.* 2005, p. 01).

2.3 Pensamento Computacional e letramento digital

O pensamento computacional, pode ser visto como uma forma de repensar problemas, definir uma lógica para tal e estratégias para atingir um objetivo, definir um planejamento ou resolver um problema. A cientista da computação Jeannette Wing popularizou o termo "pensamento computacional", para quando se referir a esse tipo de estratégia de resolução de problemas (Resnick, 2020).

Quando se necessita desenvolver um *software* computacional, você precisará programá-lo, onde o processo de programação envolve dividir cada etapa em blocos, depurar o programa, corrigir os erros, tentar novamente, revisar parte por parte de seu programa até que ele esteja funcionando da maneira esperada. Quando entramos nesse processo, é quase como se o programador entrasse em uma espiral de aprendizagem proposta por Mitchel Resnick, que iremos abordar nos capítulos posteriores. Ao realizar essa revisitação ao seu projeto, buscando corrigir erros e quem sabe até melhorando o programa, você poderá entender o que errou e aprender com o que errou, além de melhorar seu programa o desenvolvedor estará melhorando a si mesmo.

De acordo com a *Australian Curriculum Assessment and Reporting Authority* (ACARA), o pensamento computacional pode ser descrito da seguinte forma:

O pensamento computacional é predominantemente algorítmico por natureza. Isto inclui, problema técnicas e estratégias de resolução, como organizar dados logicamente, decompor problemas em componentes, e o design e uso de algoritmos, padrões e modelos (ACARA, 2015, p. 8).

O pensamento computacional pode ser visto como uma forma de se pensar problemas e elaborar estratégias, o que pode ser extremamente bem aproveitado para fins educacionais. O desenvolvimento do pensamento é bastante complexo, principalmente quando estamos tratando de pensamento criativo, desenvolver uma mente criativa requer formas de ensino também criativas. Para uma aprendizagem baseada em projetos e atividades, onde os alunos serão levados a entrar em uma espiral da aprendizagem criativa, onde para realização do planejamento de seus projetos, serão levados a pensar computacionalmente, dividindo seus processos em etapas bem definidas, voltando por essas etapas para correção de erros, corrigindo os erros e melhorando seus projetos.

Dentro deste pensamento, temos a necessidade do uso da máquina como ferramenta

mediadora nos projetos, fazendo-se necessário além do pensamento computacional para tal, um letramento digital, pois o contato e a mediação através da máquina só será possível mediante ao uso correto da ferramenta. No contexto das linguagens de programação, diversas linguagens estão à disposição para instruir dispositivos a executar tarefas específicas. Entre as linguagens disponíveis, destacam-se Python, C++, Java, entre outras, cada uma com suas particularidades e aplicações.

Porém, tais tipos de linguagem de computação são bastante complexas, na maioria das vezes, e tem a necessidade de anos de estudo para se desenvolver programas e trabalhos interessantes em torno disso. Para contornar essa situação, pesquisadores da área de Interação humano-computador (IHC), buscam formas de trazer essa possibilidade para usuários não tão bem instruídos ou de outras áreas, para que seja possível utilizar as tecnologias sem a necessidade de uma especialização nisto. Dentre seus principais propósitos, inclui-se a criação de códigos de programação mais acessíveis, promovendo maior autonomia aos usuários e capacitando-os a resolver desafios computacionais. Nessa abordagem, a programação se revela apenas uma das habilidades cultivadas (Fischer *et al.*, 2004).

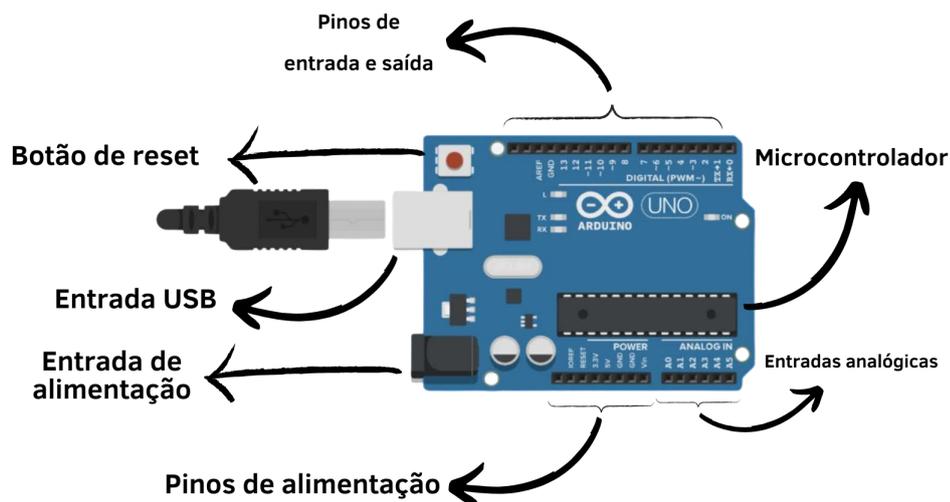
Com a facilitação para o usuário final, sobre essas tecnologias, se tem uma amplitude maior de possibilidades com o uso delas, uma vez que a instrumentação passa a requerer menos conhecimento técnico do equipamento e então possibilitando tais tecnologias como ferramentas de aprendizagem. Neste trabalho, iremos utilizar uma ferramenta em que se possibilita a programação, mas não de uma forma tão complexa como seria em uma linguagem Python, C+ ou qualquer outra utilizada por desenvolvedores de *softwares*, que é o Scratch, em que se utiliza uma forma simplificada da linguagem de programação com o objetivo de atingir o usuário final, sem que o mesmo tenha necessidade de uma grande conhecimento técnico do processo, além de apresentar e fomentar o pensamento computacional e o letramento científico.

2.4 Plataforma Arduino

O Arduino teve sua origem em 2005, no *Interaction Design Institute*, na cidade de Ivre, na Itália. O responsável por sua criação foi o professor Massimo Banzi, que procurava um meio mais barato para os estudantes de design trabalhar com tecnologia, então foi concebida a ideia do Arduino como uma solução como uma alternativa para os produtos tecnológicos fornecidos na época, que tinham um preço menos acessível para estudantes. (Hochenbaum, 2013, p.25)

O Arduino é uma plataforma de computação física ou embarcada¹, onde irá funcionar um microcontrolador que nos permitira manusear diversos atuadores (McRoberts, 2015). O Arduino conta com uma placa física onde poderá ser O Arduino pode ser usado para desenvolver objetos interativos, independentes ou ser conectado a softwares, além disso as peças podem ser montadas de forma manual ou adquiridas já montadas (Banzi, 2011). Com o Arduino é possível inserir diversos atuadores, como sensores, LEDs, placas e diversos outros equipamentos, onde serão controlados pelo controlador de acordo com a programação que for fornecida pelo software disponibilizado pelo próprio Arduino, onde será possível programar em linguagem C++ modificada. Na Figura 1 temos uma esquematização de como é a plataforma física do Arduino, onde podemos ver quais as suas entradas para conexão de atuadores e seus componentes.

Figura 1 – Esquematização da plataforma física do Arduino.



Fonte: Elaborado pelo autor

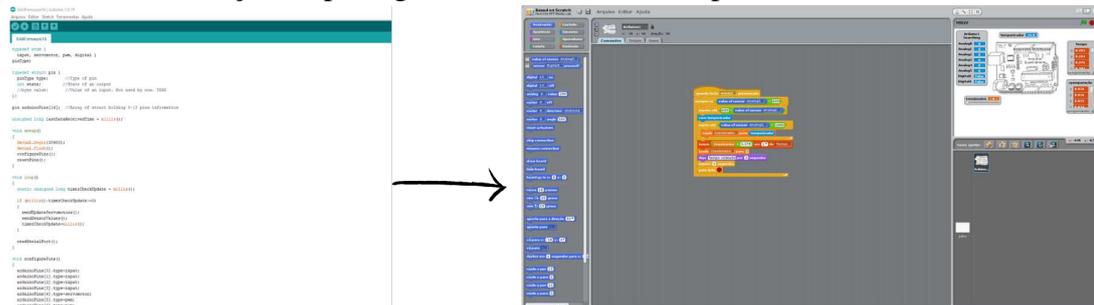
Uma forma mais simplificada de se programar a placa Arduino, é o uso de programas como o S4A, que se trata de uma modificação do Scratch para utilizar como um programador para a placa. O S4A permite uma programação mais simplificada, em blocos, que permite ao usuário que não tem tanto contato com a programação, ver uma série de comandos intuitivos em que poderá manipular a placa e seus atuadores, da forma que lhe for mais desejável.

O S4A se baseia no *software* Scratch. O Scratch é uma linguagem gráfica desenvolvida no MIT da qual se baseia na Linguagem *Logo*, como se trata de uma programação em blocos mais intuitiva é possível aproximar crianças e adultos que não tenham tanta proximidade com a

¹ A computação embarcada refere-se a sistemas computacionais que são projetados para executar funções específicas dentro de um sistema maior, geralmente em tempo real.

computação, para que possam aprender a programar e desenvolver o pensamento computacional. O *software* adapta o Scratch para que sua programação em blocos possa controlar os sensores, LEDs e outros atuadores do Arduino, sem a necessidade de que o usuário tenha que ter uma grande familiaridade com a linguagem C++, o S4A "traduz" tal linguagem para os blocos fáceis e intuitivos do Scratch. Na Figura 2, poderemos ver a IDE do Arduino e como ela se mostrará quando utilizarmos o S4A para programar a plataforma.

Figura 2 – Demonstração da passagem da IDE do Arduino para o visual do S4A.



Fonte: Elaborado pelo autor

O Arduino surge como uma alternativa de fácil uso, em relação a placas anteriores, para determinadas tarefas, pelo seu fácil manuseio de *hardware* se torna algo bastante interessante para fins educacionais, mas a mesma acaba esbarrando na dificuldade de se aprender uma linguagem de programação como a C++, onde levando para a realidade das escolas de ensino básico é bastante inviável, com o uso do S4A, é possível fazer essa aproximação do usuário que não tem uma grande proficiência com as linguagens de programação, onde terá a oportunidade de ter seu primeiro contato com a programação e assim poderá desenvolver o pensamento computacional, diretamente ligado a isso temos a possibilidade de realizar uma abordagem construcionista no processo de aprendizagem, onde o aluno trabalhando com o Arduino poderá criar seus próprios projetos e desenvolver seu pensamento criativo criando novas coisas manipulando a placa de prototipagem e seu código de programação.

2.5 Construcionismo

O construcionismo nasce a partir de uma concepção do matemático e educador Seymour Papert, que com base nas ideias do psicólogo Jean Piaget que propôs que as crianças constroem ativamente seu conhecimento partindo de suas experiências e quebrando os limites de seus conhecimentos de mundo, dessa forma ela pode construir o conhecimento (Devries, 2009). Papert foi mais além e entendeu que além das experiências do aluno, ele poderia construir novos

conhecimentos partindo agora da manipulação de meios físicos ou virtuais, onde ele poderá constituir novas experiências e novos conceitos sobre o mundo. Com este conceito, Papert desenvolveu uma filosofia da educação, conhecida como *Logo*. A filosofia *Logo*, gerou uma série de família de linguagens de programação que tem como principal característica as definições de procedimentos com variáveis locais que permitem a recursão. Em *Logo*, é possível definir novos comando de forma mais intuitiva como comandos mais primitivos da linguagem, além de operar por listas de comandos que facilitam ainda mais a compreensão e o contato com a programação (Papert, 1980).

A linguagem *Logo* é uma forma de facilitar o contato do operador com a máquina, ajudando assim principalmente o contato de crianças em sua fase de formação intelectual com os computadores. Seymour Papert foi aluno de Jean Piaget, onde entendeu que a criança tem um melhor aprendizado quando o constrói, porém Papert foi mais além e entendeu que a criança ela constrói melhor seu aprendizado quando constrói algo. Seguindo esta ideia ele e seus colaboradores desenvolveram a linguagem *Logo*. Nessa linguagem seria possível que o aluno saísse do papel de receptor de informações de forma passiva, para ensinar o computador, assumindo um papel ativo no seu processo de aprendizado. Essa forma de abordagem foi denominada de Construcionismo, pois de acordo com que as crianças vão construindo novas coisas, elas também vão construindo suas ideias. (Resnick, 2020)

Papert acreditava que o conhecimento não pode ser meramente transmitido, como em uma TV, onde a antena capta o sinal recebido e reproduz ele para o telespectador, o conhecimento é algo que se tem de ser construído, e nada melhor para se construir o conhecimento do que construindo e aprendendo. Este argumento é ideia central do Construtivismo proposto por Jean Piaget, onde Papert se inspirou e entendeu o computador como mediador desta construção, dessa forma se concebeu a abordagem educacional do Construcionismo. (Santos, 2017)

Uma das primeiras aplicações de linguagem *Logo*, foi na chamada "Geometria da Tartaruga". Papert descreve a geometria da tartaruga da seguinte forma:

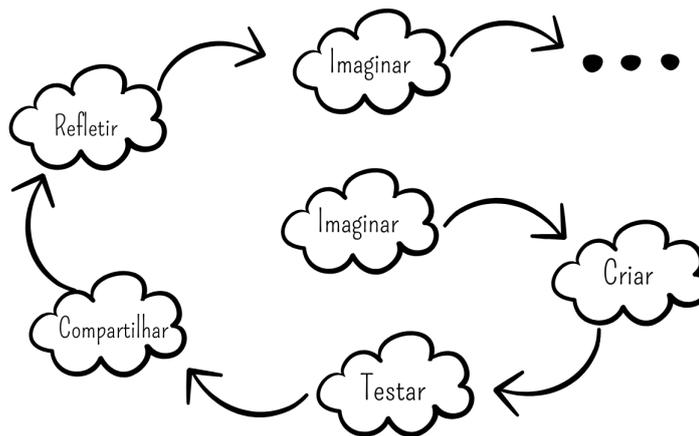
A geometria da Tartaruga é um estilo diferente de geometria, da mesma forma que o estilo axiomático de Euclides é bem diferente do estilo analítico de Descartes. O de Euclides é lógico, o de Descartes é algébrico. A geometria da Tartaruga é um estilo computacional de geometria (Papert, 1980).

A geometria da Tartaruga ganhou esse nome, pois as primeiras formas de programação com linguagem Logo se davam para controlar uma espécie de tartaruga-robô, onde os comandos seriam escritos na tela e a tartaruga iria começar a realizar os movimentos escritos.

Com isto, as crianças aprendiam novos conceitos matemáticos de uma forma significativa, onde elas se mostravam cada vez mais motivadas para construir novas formas de mover a tartaruga. Porém, a aplicação da tartaruga em larga escala acabou não sendo tão bem aplicada, esbarrando em alguns comandos pouco intuitivos da linguagem e com isso as escolas optaram pela utilização do computador como gerador de informação, não como mediador da construção do conhecimento, como proposto por Papert (Resnick, 2020).

Construir o conhecimento construindo é algo que impulsiona a aprendizagem criativa, de acordo com Mitchel Resnick, um dos principais aspectos que garantem uma aprendizagem criativa, em que além do conteúdo se preza o desenvolvimento da criatividade, é a imersão na espiral da aprendizagem, onde primeiramente é necessário imaginar o que irá ser feito, então fazer a imaginação se tornar algo concreto, com isso é hora de criar, após criar é de suma importância brincar, usar o que foi criado, mas não brincar só, é importante compartilhar, com isso se terá um retorno, se a invenção é funcional e quais os seus defeitos, com isso haverá a necessidade de reflexão dos erros e então se volta ao ponto inicial, onde mais uma vez irá se imaginar e assim se entra em uma espécie de espiral, chamada espiral do conhecimento (Resnick, 2020). Na Figura 3 podemos ver uma esquematização de como se dará a espiral da aprendizagem criativa.

Figura 3 – Esquematização da espiral da aprendizagem criativa.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ainda de acordo com Mitchel Resnick, para uma aprendizagem criativa, temos quatro Ps que são os pilares deste tipo de abordagem. Dos quatro Ps, temos primeiramente os Projetos, criar projetos é o ponto de partida para a aprendizagem criativa, pois é nesse momento em que a criança entrará na espiral da aprendizagem criativa. O segundo P é a Paixão, ninguém

entrará de fato em um projeto do qual não há interesse, então é de grande importância que o indivíduo tenha interesse e queira trabalhar no projeto. O terceiro, são os Pares, uma das partes mais importantes para desenvolver um projeto é o compartilhamento, dessa forma haverá um retorno do que foi feito e a oportunidade de melhora do projeto. O quarto é o Pensar Brincando, uma aprendizagem lúdica trás um conhecimento e uma aprendizagem mais sólida e contribui com o desenvolvimento do pensamento criativo do indivíduo (Resnick, 2020).

Para promover os Ps da aprendizagem criativa, a plataforma mais utilizada e que foi desenvolvida com este intuito, é o Scratch. O Scratch é uma linguagem gráfica de programação, concebida pelo *Media Lab*, no *Instituto de Tecnologia de Massachusetts* (MIT), baseada nas linguagens Logo e Squeak, porém com o intuito de ser ainda mais simples e intuitiva (Scratch, 2020).

No Scratch, a programação é feita em blocos, de forma que os blocos serão encaixados de uma única maneira, garantindo um sentido lógico e de sintaxe. Além disto, os elementos são interativos, podendo assim possibilitar a criação de jogos e outros elementos visuais. A plataforma ainda conta com uma grande rede de compartilhamento, onde os usuários podem postar seu conteúdo e compartilhar com outros usuários que podem modificar os projetos e até melhorá-los (Pereira et. al, 2012). Com o Scratch é possível acessar a espiral da aprendizagem criativa e do pensamento computacional, que é vital para a criação de novos conteúdos, onde com essa criação se entrará em uma espiral da aprendizagem, dessa forma é notória a necessidade da elaboração de projetos para uma abordagem construcionista do ensino.

Dentro do Construcionismo de Papert, são concebidas duas ideias que o difere do Construtivismo de Piaget, uma delas é o fato de o aluno estar construindo de fato algo, o próprio está modificando o meio em que ele vive e em segundo a ideia de que ele está fazendo algo do qual ele tem interesse, isso faz com que o aprendiz tenha maior dedicação em seu trabalho (Valente, 1998).

2.5.1 O construcionismo no Brasil

Tal qual o Construcionismo se inicia com a concepção da linguagem *Logo*, no Brasil não foi diferente. Em 1983, através da atividade EDUCOM-UNICAMP que pertence ao Núcleo de Informática Aplicada a Educação (NIED), da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), a linguagem *Logo* chega ao Brasil através dos pesquisadores da NIED (Valente, 1998). O projeto *Logo* da UNICAMP se inicia em em 1973/74 com a visita da professora Afira

Vianna Ripper ao MIT, em sua estadia teve a oportunidade de conhecer os trabalhos de Seymour Papert e Marvin Minsky acerca da linguagem Logo, então estes professores foram convidados em 1975 para visitar a Universidade Estadual de Campinas e como resultado da visita, houve a formação de um grupo interdisciplinar de pesquisa nesta área (Chaves et. al, 1983).

O Projeto *Logo* da UNICAMP foi o primeiro de sua natureza a ser implantado no Brasil, quando poucas eram as pessoas, até no exterior, preocupadas com o assunto. Seu objetivo inicial foi introduzir a linguagem *Logo* no Brasil, adequá-la à realidade brasileira, com base em um estudo piloto com algumas crianças, estudo este q teria por objetivo verificar como o ambiente Logo influencia a aprendizagem (Chaves et. al, 1983).

O projeto tem a necessidade de ser aplicado nas escolas de ensino básico da rede pública, mais especificamente alunos do segundo grau, onde se teria que ter pelo menos uma sala com microcomputadores, em que os professores de Português, Matemática, Física, Química e Biologia tivessem acesso. Estas áreas do conhecimento seriam as disciplinas das quais seriam abordadas com a metodologia proposta no projeto. As atividades envolvendo esses computadores deveriam ser desenvolvidas pelos próprios professores daquela escola (Valente, 1998).

O presente projeto pretende imprimir uma filosofia diferente ao uso do computador na educação, nas áreas de Matemática, Física, Química, Biologia, e Letras (Língua Portuguesa). Segundo esta filosofia o computador é fundamentalmente uma ferramenta para a aprendizagem, não uma máquina de ensinar (Chaves; Valente; Baranauskas; Silva; Ripper; Villalobos, 1983).

Os projetos iniciados pela UNICAMP abriram portas para a abordagem Construcionista e a linguagem *Logo* no Brasil, dando alicerce para que outros projetos fossem criados e impulsionados pelo governo, como o caso do EDUCOM, e impulsionou o uso das tecnologias como meio educacional (Campos, 2008). De forma geral, o objetivo do projeto nas escolas era a criação de ambientes para o uso da linguagem *Logo*, onde se tinha como objetivo adequar as ideias básicas da filosofia *Logo* com a realidade das escolas públicas, desenvolver materiais didáticos e treinamento para os professores, para que estes possam estar aplicando de forma adequada esta abordagem nas escolas, avaliar o processo de ensino-aprendizagem que acontece em um ambiente Logo na perspectiva das escolas públicas e estudar o processo de aprendizagem de alunos de diferentes níveis sócio-econômicos mas que são submetidos a um mesmo tipo de abordagem educacional.

O projeto foi aplicado em três escolas com suas particularidades de acordo com as especificidades de cada escola. Porém houve bastante dificuldade na aplicação, uma vez que por muitas vezes o projeto foi barrado na problemática da infraestrutura da escola, onde haviam poucos computadores para os alunos e a resistência dos professores para a aplicação do linguagem *Logo*, onde os mesmos entendiam o uso da linguagem não como parte de sua aula e

do processo de aprendizagem, mas como uma aula a parte, desconexa de seu plano de ensino (Valente, 1998).

Apesar da linguagem *Logo* ter tido uma recorrência menor de usuários em decorrência do desenvolvimento de novos softwares, a filosofia *Logo* ainda é bastante viva, tal linguagem serve como base para algumas outras, como o caso do Scratch, ferramenta da qual será essencial para o presente trabalho. A linguagem *Logo* abriu as portas para o uso dos computadores na educação, Seymour Papert viu antes mesmo do advento da internet a importância do computador como mediador do processo de aprendizagem da criança, dando início ao movimento construcionista trazendo inovações para as abordagens de ensino.

2.6 Tópicos da mecânica abordados

Os tópicos abordados serão a cinemática e a dinâmica, onde trabalharemos com foco no Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV), queda livre e pêndulo simples.

2.6.1 Cinemática

O presente trabalho tem como um de seus objetivos uma proposta de ensino de cinemática com o uso da robótica educacional. Para tal, será dedicado essa seção para uma revisão dos conceitos e tópicos de cinemática que serão abordados nesta monografia, onde teremos enfoque nos conceitos de Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV), que incluirá queda livre, pêndulo simples e plano inclinado.

2.6.1.1 Conceitos básicos

De acordo com Biscoula, Bôas e Doca (2012), cinemática pode ser definido da seguinte forma:

Cinemática é a parte da Mecânica que trata do repouso e do movimento apenas descrevendo -os, isto é, sem preocupar -se com as causas que determinam o estado de repouso ou as características do estado de movimento. As grandezas físicas fundamentais de que a Cinemática se vale são o comprimento e o tempo (Doca; Biscoula; Bôas, 2012, p.16).

De acordo com Hewitt (2015), ele descreve a cinemática como sendo uma espécie de "buraco negro pedagógico", visto que é algo que não se tem leis, apenas definições e é uma parte da física em que nos deparamos mais com problemas matemáticos do que com conceitos físicos em si. A cinemática ainda é dividida em dois grandes grupos, onde trataremos a cinemática

escalar, onde iremos nos atentar principalmente para as grandezas e a cinemática vetorial, que irá estudar o caráter vetorial do movimento dos corpos.

2.6.1.2 *Cinemática Escalar*

Ainda de acordo com Doca, Biscoula e Bôas, a cinemática escalar pode ser descrita como:

Cinemática escalar: em que os movimentos são descritos por meio de grandezas (posição, velocidade e aceleração) definidas escalarmente (Doca; Biscoula; Bôas, 2012, p.16).

Na cinemática escalar, iremos nos atentar apenas para as grandezas envolvidas no movimento, sem necessidade de se importar com características vetoriais do processo, para Oliveira (2012), os elementos de um corpo matemático se diz escalar, quando são definidos por escalas ou uma unidade. Para melhor entendermos a cinemática escalar, podemos revisar seus aspectos conceituais e matemáticos. Para a cinemática escalar, temos alguns conceitos de extrema importância, como o referencial, o tempo e o espaço, então veremos outras grandezas que se derivam dessas.

O primeiro conceito que receberá nossa atenção é o de referencial, o qual corresponde a um corpo (ou conjunto de corpos) utilizado como base para estabelecer as posições de outros corpos (Doca; Biscoula; Bôas, 2012). Em outras palavras, é fundamental, inicialmente, estabelecer um ponto de referência para situar-nos no espaço e, a partir daí, realizar as mensurações desejadas.

O tempo, por sua vez, frequentemente é compreendido como uma sequência de eventos, na qual efetuamos a mensuração como uma contagem de repetições (Doca; Biscoula; Bôas, 2012). No contexto de nosso estudo, abordaremos frequentemente o conceito de intervalo de tempo, o qual envolve a diferença entre duas medições: a medição realizada ao término do evento subtraída da medição efetuada no início do evento.

No que se refere ao espaço, o passo inicial é definir a grandeza a ser medida. Na cinemática, nossa abordagem recai sobre partículas, podendo qualquer objeto ser tratado como uma partícula, contanto que não nos interessemos por suas dimensões, configurações ou movimentos internos (Tipler, 2008). Dessa forma, estabelecemos o objeto de mensuração, permitindo-nos calcular o deslocamento de uma partícula. Para tal cálculo, registramos a posição da partícula no momento inicial e final e, então, realizamos a subtração entre essas duas posições.

Uma medida de relevância extraível a partir destes conceitos reside na rapidez de um móvel. Essa grandeza corresponde à extensão total percorrida pela partícula, dividida pelo intervalo de tempo total compreendido entre o início e o término (Tipler, 2008). Matematicamente, essa relação pode ser expressa da seguinte maneira:

$$Rapidez = \frac{Dist.Total}{Temp.Total} = \frac{s}{\Delta t} \quad (2.1)$$

A rapidez média não traz nenhuma noção de sentido ou direção de movimento da partícula, apenas uma ideia de quão rápido podemos mensurar uma partícula se movendo (Tipler, 2008). A rapidez, por sua vez, permanecerá sempre com um valor positivo, uma vez que ela considera somente a magnitude do deslocamento do corpo, independente de sua direção. Nesse contexto, poderíamos denominar a rapidez como sendo o valor absoluto da velocidade, representado por $|v|$ (Nussenzveig, 2013).

2.6.1.3 Cinemática Vetorial

Para Doca, Biscoa e Bouas, a cinemática vetorial pode ser definida da seguinte maneira:

Cinemática vetorial: em que os movimentos são descritos por meio de grandezas (posição, velocidade e aceleração) definidas vetorialmente (Doca; Biscuola; Bôas, 2012, p.16).

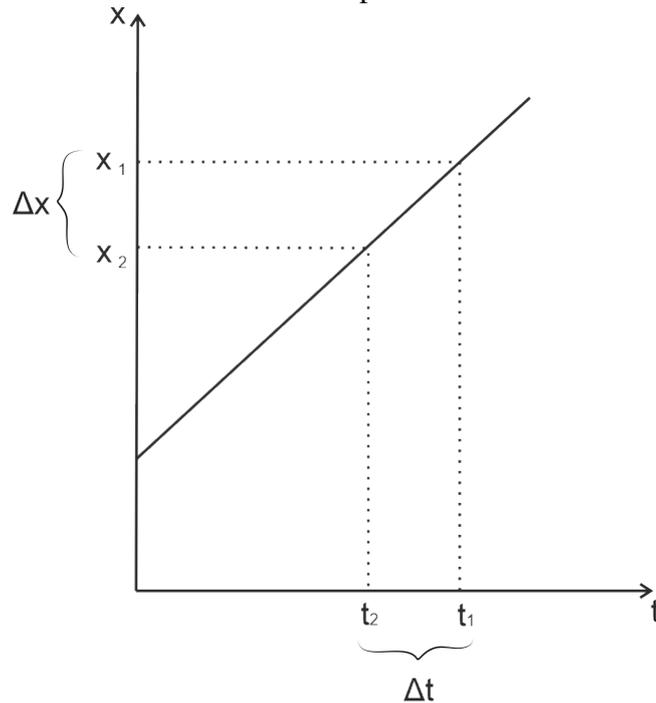
Determinadas grandezas físicas necessitam, para uma descrição completa, além do valor numérico, do conhecimento de uma direção específica, sendo denominadas grandezas vetoriais (Alonso; Finn, 2015). No conjunto dessas grandezas, destacam-se o deslocamento, a velocidade e a aceleração como algumas das principais. A velocidade está diretamente vinculada ao deslocamento, sendo esta relação expressa da seguinte maneira:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x(t_2) - x(t_1)}{t_2 - t_1} \quad (2.2)$$

Isto é, trata-se da relação entre o deslocamento e o intervalo de tempo necessário para sua ocorrência. De forma gráfica, o coeficiente angular da reta como representado na Figura 4 é representado por v (Nussenzveig, 2013). Vale ressaltar que, ao contrário da rapidez, a direção do deslocamento influenciará o valor da velocidade, podendo resultar em velocidade negativa ou positiva.

Por hora, vimos apenas como funciona a cinemática de uma ótica inercial, onde não temos a presença de uma força resultante, gerando uma aceleração ao sistema, tendo então uma velocidade constante durante todo o movimento analisado.

Figura 4 – Relação entre o deslocamento e o tempo.



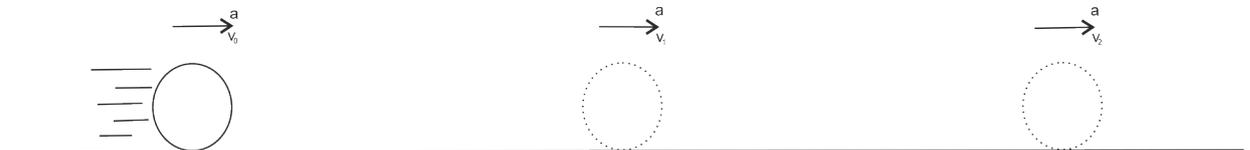
Fonte: Elaborado pelo autor.

2.6.2 Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV)

Quando a velocidade de uma partícula se altera, é correto afirmar que a partícula experimentou uma aceleração, ou seja, foi submetida a um processo de aceleração (Halliday; Resnick; Walker, 2023).

Também podemos definir a aceleração como a taxa de variação da velocidade (Tipler, 2008).

Figura 5 – A bola vai mudando sua velocidade ao longo do percurso com uma aceleração constante.



Fonte: Elaborado pelo autor

Ou seja, agora teremos que a velocidade do sistema irá variar. Para tal, podemos escrever a aceleração da seguinte forma:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v(t_2) - v(t_1)}{t_2 - t_1} \quad (2.3)$$

Desta forma, também podemos analisar o movimento para intervalos infinitesimais, onde de tal poderemos extrair as seguintes informações, usando o cálculo diferencial e integral, é importante

salientar que a aceleração, para este movimento, será constante, com isso teremos:

$$a = \frac{dv}{dt} \rightarrow \int_{v_0}^v dv = a \int_{t_0}^t dt \rightarrow \Delta v = a \Delta t \quad (2.4)$$

Temos então, a função horária da velocidade, onde teremos a velocidade dada em função do tempo e da aceleração. Partindo da definição de velocidade instantânea, em que $v = dx/dt$, podemos deduzir que:

$$v = v_0 + a \Delta t \rightarrow \frac{dx}{dt} = v_0 + at \rightarrow \int_{x_0}^x dx = v_0 \int_0^t dt + a \int_0^t t dt \rightarrow x - x_0 = v_0 t + \frac{at^2}{2} \quad (2.5)$$

A equação 2.5 é conhecida como a função horária da posição, da qual podemos ter a posição da partícula de acordo com dados da velocidade inicial, aceleração e tempo. Por fim, também podemos extrair mais uma equação, partindo mais uma vez da velocidade instantânea, onde podemos ter que $dt = dx/v$, temos então:

$$dv = a dt \rightarrow dv = a \frac{dx}{v} \rightarrow \int_{v_0}^v v dv = a \int_{x_0}^x dx \rightarrow \frac{v^2 - v_0^2}{2} = a \cdot \Delta x \rightarrow v^2 = v_0^2 + 2a \cdot \Delta x \quad (2.6)$$

A equação 2.6, é conhecida como a equação de Torricelli, nome dado em homenagem ao físico e matemático Evangelista Torricelli, que determinou este resultado pela primeira vez. Com isto, temos um resumo teórico das equações mais importantes que a cinemática aborda, tanto em sua forma escalar quanto vetorial.

Com isto, temos agora sistemas com variações de velocidade, isto nos dá um novo tipo de tratamento, onde teremos as acelerações nesses sistemas.

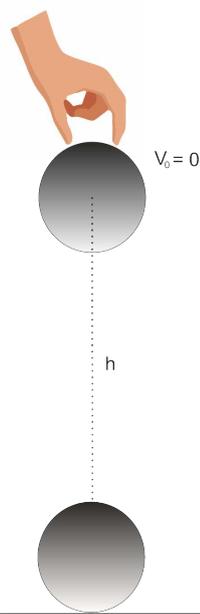
2.6.2.1 *Queda Livre*

A queda livre é um caso específico das aplicações do MRUV, onde um corpo é libertado e a única força atuante nele é a força da terra sobre o corpo, também conhecida como força gravitacional, ou seja, a aceleração desse corpo é a aceleração gravitacional. Para tal problema, podemos utilizar uma das equações horárias, lembrando que a aceleração do sistema é apenas a aceleração da gravidade (g), denotamos agora as posições pela letra y , pois as variações, dado um espaço euclidiano, serão no eixo vertical onde geralmente é denotado por essa letra. As equações ficarão da seguinte forma:

$$\Delta v = g \cdot \Delta t \quad (2.7)$$

$$y = y_0 + v_0 t + \frac{gt^2}{2} \quad (2.8)$$

Figura 6 – Queda Livre



Fonte: Elaborado pelo autor

$$v^2 = v_0^2 + 2g \cdot \Delta t \quad (2.9)$$

Além de que, se quisermos avaliar as forças no sistema, estaremos determinando a força peso, que determinará o peso de determinado objeto. A força peso será denotada pela letra P , com isso podemos escrever a força peso da seguinte forma:

$$\vec{P} = m \cdot \vec{g} \quad (2.10)$$

Desta forma, podemos analisar a queda livre.

2.7 Dinâmica

2.7.1 Leis de Newton

Sir Isaac Newton foi um matemático, físico e astrônomo inglês, que com seus estudos nos trabalhos de Galileu formulou três leis fundamentais da física clássica, conhecidas como as leis de Newton.

2.7.1.1 Primeira Lei de Newton: Lei da Inércia

Galileu raciocinou que se removêssemos todas as forças externas, inclusive forças dissipativas, então a velocidade de um objeto jamais iria se alterar, tal propriedade da matéria é conhecida como inércia (Tipler, 2008). Tal conclusão, Newton atribuiu como sendo sua primeira lei, conhecida como lei da inércia, que pode ser definida da seguinte forma:

Todo corpo persiste em seu estado de repouso, ou de movimento retilíneo uniforme, a menos que seja compelido a modificar esse estado pela ação de forças impressas sobre ele (Nussenzveig, 2013; p. 93).

Com isto, temos um conceito muito importante, que são os referenciais inerciais. É de grande importância a atribuição de referenciais para a mensuração de dados para determinados problemas, portanto se deve ter cuidado para atribuir tais referenciais. O referencial para o qual as Leis de Newton são válidas, são os referenciais inerciais, onde o quem ou o que irá realizar as medições do problema se certifica que não há nenhuma força atuante sobre ele, ou seja, se tem aceleração nula, assim, trazendo melhores resultados.

Existem alguns conceitos citados anteriormente que são importantes de destacar sua importância, como Força e Massa. São dois conceitos tão fundamentais que suas naturezas são por vezes negligenciadas no processo de aprendizagem, sendo assim considero de grande valia o destaque para suas definições.

De acordo com a primeira lei de Newton, um corpo sempre é considerado como em um estado de inércia quando não há nenhuma aceleração naquele corpo, sua aceleração é nula. Partindo dessa afirmação, temos que a força pode ser considerada como uma influência externa, algo que realize uma ação sobre determinado corpo provocando taxas de variação em sua velocidade (Tipler, 2008).

Uma tendência dos corpos é resistir a aceleração, isso é percebido sempre que você tenta mover algum objeto de lugar, sempre haverá uma resistência daquele objeto a se mover. Diante dessa resistência, é perceptível que quanto maior o objeto e conseqüentemente mais massivo ele é, maior a força necessária para mudar sua velocidade, esta propriedade intrínseca do corpo é chamada de massa. Podemos definir massa como uma medida de inércia de um corpo (Tipler, 2008).

2.7.1.2 Segunda Lei de Newton: O princípio fundamental da dinâmica

Temos a noção do que é força e do que é massa, com isso sabemos que quanto maior a massa de um corpo mais força precisarei para alterar seu estado, e quanto mais força colocar sobre um corpo, mais alterarei sua velocidade e quanto maior a massa mais dificilmente poderei alterar sua velocidade. Com isto podemos conceber três coisas, força e massa são diretamente proporcionais para uma mesma aceleração, força e aceleração são diretamente proporcionais e massa e aceleração são inversamente proporcionais. De acordo com Barcelos (2004), quando uma partícula interage, seu estado de movimento é alterado da seguinte maneira:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} \rightarrow \vec{F} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} = \frac{dm}{dt}\vec{v} + m\frac{d\vec{v}}{dt} = m\frac{d\vec{v}}{dt} = m \cdot \vec{a} \quad (2.11)$$

² Com isto, temos então a formulação da segunda lei de Newton, que irá nos dar um novo horizonte, onde poderemos trabalhar com diversas forças e as aplicações dela, que será de suma importância neste trabalho, onde iremos investigar os problemas de queda livre, pêndulo simples e plano inclinado, nestes três problemas iremos investigar uma das aplicações das forças atuantes em um corpo, que é a força gravitacional.

A força gravitacional, é um dos tipos de forças existentes na natureza, em que um segundo corpo exerce uma ação sobre o primeiro (Halliday, 2023), para a nossa realidade, a força gravitacional é a força que a terra faz em qualquer corpo que esteja em suas proximidades. Essa força também é conhecida como a força peso, que determinará o peso de um corpo.

O peso de um corpo é a força que a gravidade da Terra exerce sobre ele. Uma vez que em um dado ponto todos os corpos caem com a mesma aceleração g , pela segunda lei de Newton o peso de um corpo de massa m e $P = mg$ (Chaves, 2007; p. 113).

Com isto, podemos trabalhar uma série de problemas, em que três deles serão o foco deste trabalho.

2.7.1.3 Terceira Lei de Newton: Ação e reação

É dito que dois corpos estão interagindo, quando um exerce uma força no outro (Halliday, 2023). Segundo Chaves (2007), a terceira lei de Newton pode ser descrita da seguinte forma:

² Como estamos trabalhando com uma massa que não irá variar em função do tempo, o termo dm/dt será nulo, pois a derivada de uma constante é igual a zero.

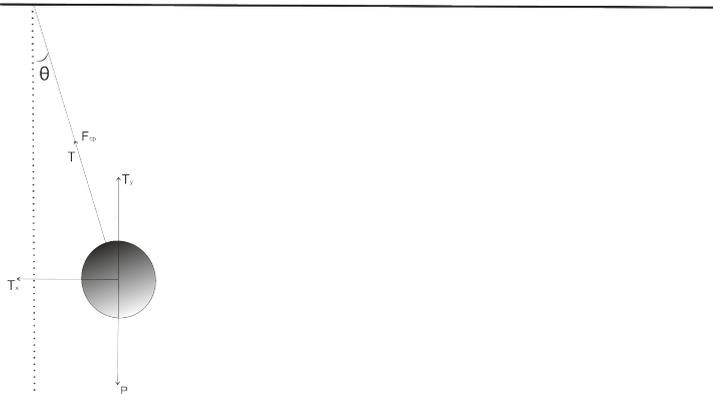
Se o corpo A exerce sobre o corpo B uma força \vec{F}_{BA} , o corpo B exerce sobre o corpo A uma força \vec{F}_{AB} . Essas duas forças são iguais e opostas, ou seja, $|\vec{F}_{BA}| = -|\vec{F}_{AB}|$. Além disso, as duas forças estão sobre a mesma linha de ação (Chaves, 2007; p. 120).

Com isto, temos as definições e uma breve análise das três leis de Newton, que dão base para a mecânica clássica e a cinemática. Agora, podemos fazer uma análise mais aprofundada dos problemas de interesse deste trabalho.

2.7.1.4 Pêndulo Simples

Para o pêndulo simples, temos o seguinte caso:

Figura 7 – Pêndulo Simples



Fonte: Elaborado pelo autor

Para o pêndulo simples, temos um caso específico de um oscilador harmônico. Ao decompor as forças no pêndulo, iremos obter duas componentes para o peso, onde a diferença entre uma das componentes da força peso e a tensão no cordão do pêndulo, irá gerar a força centrípeta. As componentes da força peso serão $F = mg\cos\theta$ e outra $F = -mg\sin\theta$, a segunda será a força restauradora que irá agir sobre a massa. Para o caso de pequenos ângulos, teremos a aproximação de $\sin\theta \approx \theta$, então teremos:

$$F = -mg\theta \quad (2.12)$$

Utilizando o conceito de setor circular, teremos que $\Delta S = \theta L$, onde ΔS é a distância percorrida pela massa. Com isso, teremos:

$$F = -mg \frac{\Delta S}{L} \quad (2.13)$$

Partindo da definição geral de forças restauradoras:

$$F = -kx \quad (2.14)$$

Onde podemos ver que $k = mg/L$. O período do movimento harmônico é dado como:

$$\begin{aligned} T &= 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \\ &= 2\pi\sqrt{\frac{mL}{mg}} \\ &= 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \end{aligned} \tag{2.15}$$

Essa relação é a característica para calcular o período do pêndulo simples, onde teremos somente a dependência do comprimento do fio e da gravidade.

3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do presente trabalho, teremos uma abordagem qualitativa, onde iremos analisar a possibilidade do uso do Arduino para o ensino da mecânica clássica. Sua natureza será básica, teremos uma proposta didática de como desenvolver uma série de atividades que irão propiciar a utilização do Arduino no ensino de física seguindo a filosofia construcionista e seu objetivo será exploratório, de acordo com Gil (2002), a pesquisa exploratória pode ser definida da seguinte forma:

Estas pesquisas têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses. Pode-se dizer que estas pesquisas têm como objetivo principal o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições (Gil, 2002, p. 41).

O trabalho, tem como objetivo apresentar uma proposta didática para o ensino de cinemática com o uso do Arduino, trazendo uma abordagem construcionista para desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem. O processo se dará pelo uso do Arduino e seus atuadores, onde junto com o S4A, será possível uma aproximação dos alunos tanto com a robótica, quanto com a programação e o pensamento computacional.

O plano de desenvolvimento do trabalho e das aulas ministradas, será voltado em torno de uma sequência didática.

As sequencias de atividades de ensino/aprendizagem, ou sequencias didáticas, são uma maneira de encadear e articular as diferentes atividades ao longo de uma unidade didática. Assim, pois, poderemos analisar as diferentes formas de intervenção segundo as atividades que se realizam e, principalmente, pelo sentido que adquirem quanto a uma sequencia orientada para a realização de determinados objetivos educativos (Zabala, 1998, p. 19).

A sequência será subdividida de forma em que os alunos possam ter melhor desenvolvimento do pensamento computacional, partindo de atividades mais simples até atividades mais robustas que serão vitais para o desenvolvimento dos experimentos. Após a conclusão da montagem do circuito do Arduino e de sua programação, será proposto um roteiro de prática, do qual os alunos terão que desenvolver uma prática voltada para a cinemática, em que utilizarão os equipamentos feitos. A avaliação será feita de acordo com a funcionalidade dos equipamentos, onde durante a prática terão a oportunidade de avaliar seus erros e corrigi-los e até aprimorar os equipamentos.

Para cada procedimento, teremos um tipo diferente de sequência didática, onde elas serão distribuídas de forma semelhante de acordo com suas necessidades. Os planos de aula serão disponibilizados no Anexo A deste trabalho, assim como os roteiros de prática propostos serão disponibilizados no anexo B.

3.0.1 Sequência didática

3.0.1.1 1ª Aula: Primeiro contato com o Arduino

Na segunda aula, é interessante reservar um tempo para o primeiro contato com o Arduino, onde se pode abordar alguns conceitos básicos de como funciona o Arduino, o que são os atuadores, sua importância, de como conectá-los, a funcionalidade de cada porta da placa e como utilizá-los na *protoboard*, além de mostrar como funciona o *software* do Arduino. É importante que os alunos sejam distribuídos em grupos, de até quatro membros, para que possam compartilhar, debater e trocar informações. Dessa forma, fazendo com que eles entrem na espiral da aprendizagem criativa.

Após introduzir o Arduino, no segundo momento se apresenta o Scratch e o S4A como uma ferramenta de programação para que a placa envie os comandos de acordo com a necessidade do aluno. É importante demonstrar o processo de instalação do S4A e como vinculá-lo com a placa Arduino. Com isso, podemos prosseguir para a realização da primeira prática.

A primeira prática é bem simples e tem como maior foco a familiarização dos alunos com a placa. Ela consistirá na proposição dos alunos fazerem um sinal de trânsito, em que eles terão três LEDs, um verde, um amarelo e um vermelho, com os quais eles terão de posicionar na *protoboard* e conectar corretamente no Arduino, além de manipular corretamente o código para que seja simulado um sinal de trânsito, onde terá que passar determinado tempo no verde, um tempo menor no amarelo e um tempo determinado no vermelho. Pode-se ainda propor uma situação problema com eles a respeito de um semáforo da vida real.

A avaliação para esse procedimento pode ser dada com o resultado dos produtos produzidos pelos alunos, se todos foram capazes de produzir o semáforo, se não conseguirem, é interessante a realização de um diagnóstico para analisar os pontos do processo em que houve maior dificuldade, para então reforçá-los ou procurar trabalhar de outra maneira na próxima oportunidade.

3.0.1.2 2ª Aula: Movimento Retilíneo Uniformemente Variado

Para o plano inclinado, o professor pode iniciar com uma questão sobre plano inclinado ou trazer um experimento virtual sobre plano inclinado ¹ para indagar inicialmente os alunos a respeito da problemática e como podemos tratar esse caso. É de grande importância que os alunos sejam divididos em grupos de até quatro alunos, para que possa acontecer a interação, compartilhamento e construção de ideias em conjunto para realizar a prática.

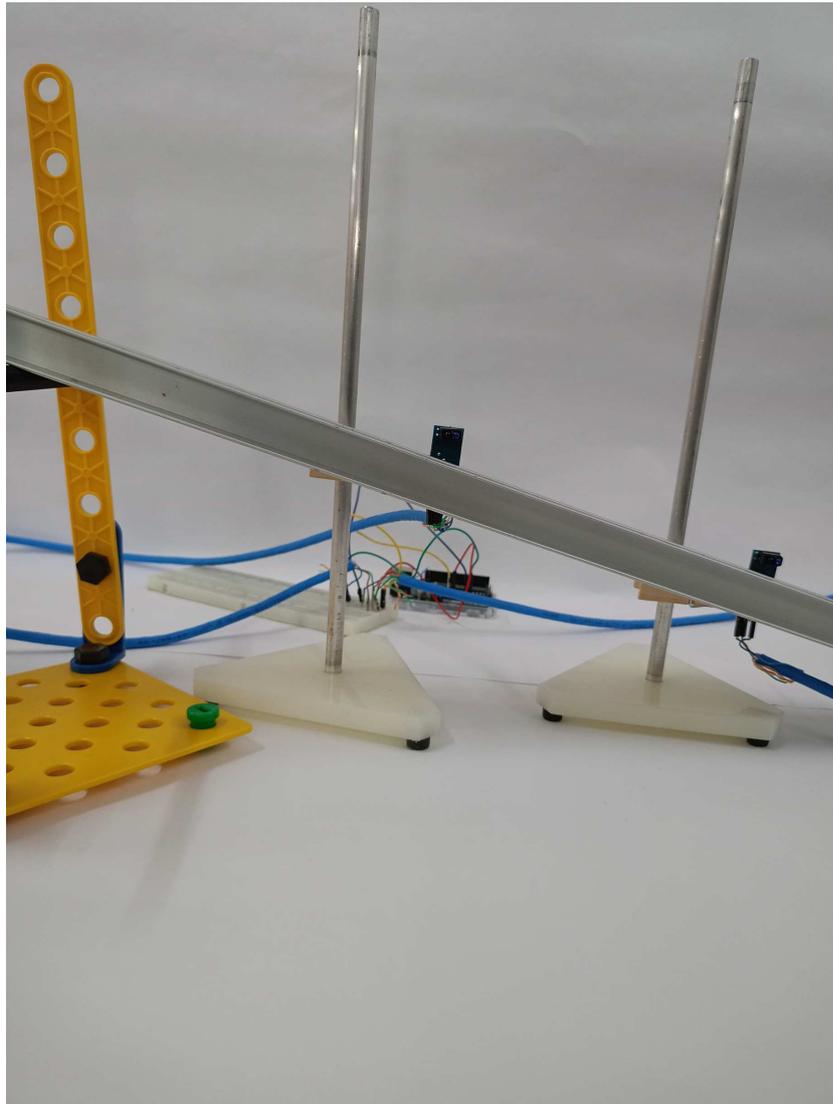
Com a introdução a respeito de como tratar o plano inclinado, os alunos receberão uma calha, uma esfera, um kit Arduíno e dois sensores infravermelho que servirão para medir os tempos de descida da esfera. Com esse tempo em mãos, podemos relacionar a inclinação da calha em relação a mesa (plano horizontal). Esse primeiro momento é ideal que os alunos se concentrem em montar a estrutura e o circuito e a lógica de programação no S4A. Uma proposta de estrutura, pode ser vista na figura 8.

O código proposto na Figura 9 se inicia ao apertar a tecla "espaço", quando pressionada ele entrará em um *loop*, onde sempre que o sensor ligado na entrada analógica 1 estiver com o "*value*" menor que 600, isto quer dizer que ele está detectando uma determinada quantidade de luz, ele esperará até este sensor desligar e irá zerar o temporizador e começará a atualizar a variável criada "cronômetro" até que o sensor conectado na entrada analógica 2 tiver um "*value*" menor que 1000, ou seja, detectar a presença de luz na frente do sensor. Após esse processo o tempo será acrescido com 75ms para compensar o atraso de comunicação entre o código e os sensores. Então o valor da variável cronômetro entrará na em uma lista de tempos e aparecerá a frase "tempo coletado", confirmando a coleta do tempo.

Para este exemplo de conexão dos circuitos visto na Figura 10, temos que ambos os sensores são introduzidos em entradas analógicas, com uma voltagem de 5V para alimentar os sensores. Para conectar, foi utilizado uma *protoboard* que dará a possibilidade de conectar múltiplos atuadores no Arduino.

¹ Recomendação de experimentação virtual sobre plano inclinado produzido pela Universidade Federal do Ceará (UFC): <https://www.laboratoriovirtual.fisica.ufc.br/plano-inclinado>.

Figura 8 – Montagem do experimento para o movimento retilíneo uniformemente variado.



Fonte: Elaborado pelo autor.

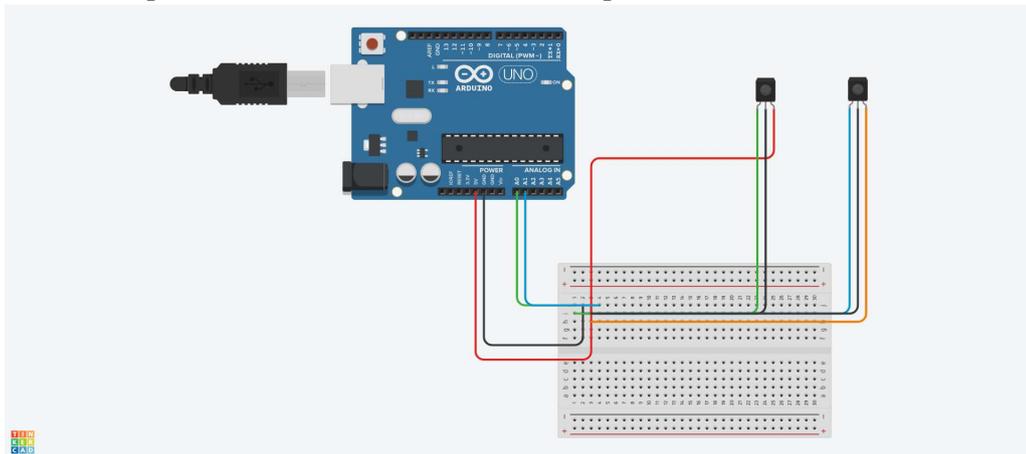
Como avaliação desta aula, será necessário observar como os alunos se saíram, se conseguiram montar o circuito e uma lógica de programação que atendesse as necessidades da prática. Os alunos que não conseguiram concluir a prática, terão a oportunidade de na próxima aula concluir.

Figura 9 – Exemplo de código de programação para o experimento.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 10 – Exemplo de conexão dos sensores com a placa Arduino.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.0.1.3 3ª Aula: Prática do Movimento Retilíneo Uniformemente Variado

Com os experimentos prontos, será então iniciado a prática em relação a plano inclinado. O roteiro de prática proposto estará disponível no Anexo B deste trabalho, onde haverá uma proposta, em que se relacione o ângulo de inclinação da calha com a mesa (plano horizontal) com a variação de tempo do movimento, e sua aceleração.

Nesta prática, os alunos além de montarem o experimento, desenvolvendo um pensamento computacional e lógico, terão a oportunidade de fazer a experimentação do plano inclinado, onde terão que fazer uma análise laboratorial do movimento repetidas vezes, buscando maior acurácia em suas análises.

A avaliação se dará pelos resultados obtidos, os resultados devem girar em torno da proposta teórica e ideal, onde não serão exatos pela presença de forças dissipativas no mundo real, porém os alunos devem chegar em resultados próximos. A experimentação poderá mostrar a eles os pontos falhos das suas estruturas e da sua lógica de programação, dessa forma ele poderá aprimorar e entender melhor o funcionamento do plano inclinado.

3.0.1.4 4º Aula: *Queda Livre*

Após serem introduzidos a mecânica newtoniana e ter seu primeiro contato com o Arduíno, o aluno pode agora trabalhar com casos específicos das aplicações das leis de Newton. A queda livre será o primeiro que iremos tratar, mas pode-se tratar qualquer um dos outros dois na ordem que o professor achar mais interessante. No primeiro momento, é interessante apresentar uma situação problema, podendo ser uma questão em que haja a situação de queda livre, ou um experimento virtual². Então após a apresentação de como funciona a queda livre, os alunos receberão o kit Arduíno, uma haste de metal e um pegador para posicionar na haste a altura da bolinha.

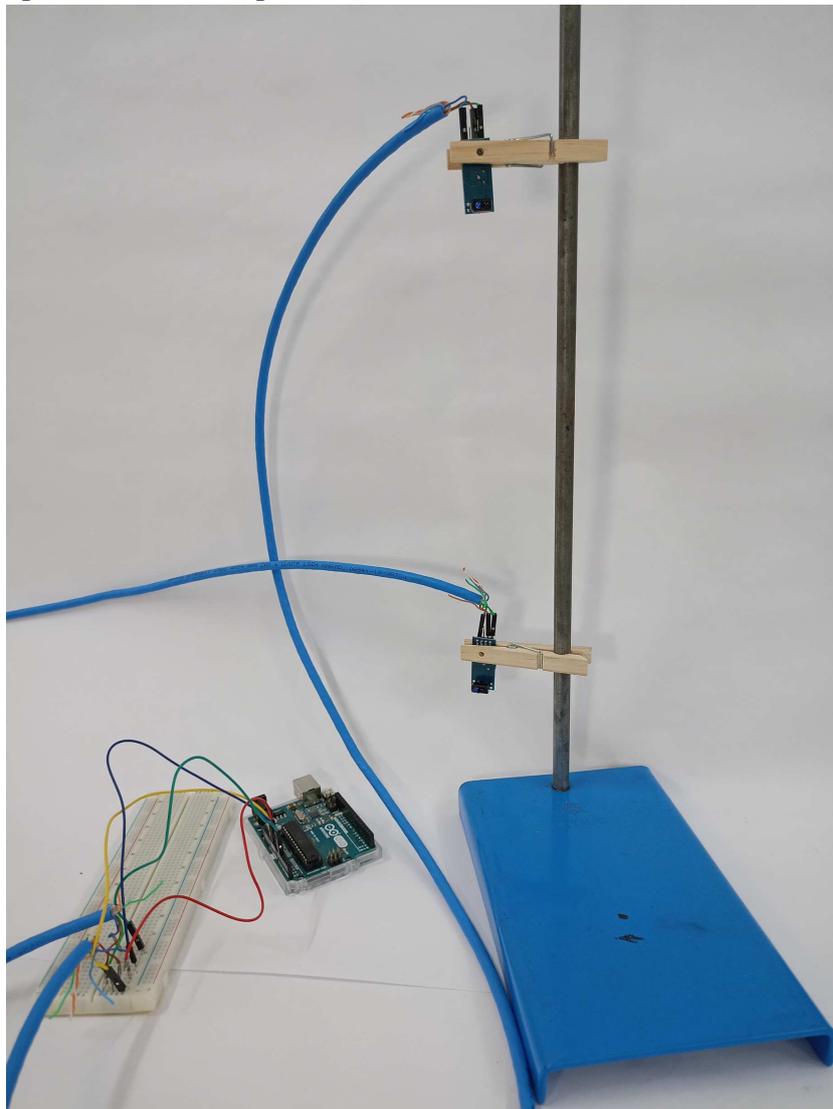
Os alunos serão instruídos sobre o que terão que fazer, como será a estrutura e o posicionamento dos sensores do Arduíno de tal forma que possa ser possível coletar dados a respeito do tempo em que a esfera cai. Durante a aula, eles focarão em formas de desenvolver o equipamento necessário para realizar a experimentação. Uma proposta de estrutura que pode ser feita para o experimento pode ser visualizada na figura 11. O código usado na prática do movimento retilíneo uniformemente variado, pode ser usado para a prática da queda livre, portanto a figura 9 é um exemplo de código a ser usado no experimento e a figura 10 mostrará uma forma de conectar os sensores com o Arduíno.

A avaliação pode ser feita partindo da observação do progresso dos alunos, tanto na montagem do circuito e da estrutura quanto na montagem do código de programação no S4A, de acordo com o que foi feito ou as dificuldades, o professor pode tanto auxiliar quanto procurar

² Experimento virtual recomendado para trabalhar Queda Livre: <https://www.laboratoriovirtual.fisica.ufc.br/queda-livre>.

formas de melhorar a compreensão dos alunos naquele determinado ponto, sempre se possível promovendo o debate entre eles, para que por si mesmos consigam desenvolver a atividade e o conhecimento.

Figura 11 – Proposta de estrutura para a Queda Livre.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.0.1.5 5ª Aula: Prática da queda livre

Neste momento, os alunos já terão certa familiaridade com o Arduino e poderão iniciar a experimentação da queda livre. Os alunos que não concluíram a montagem do experimento na aula passada, terão a oportunidade de concluir nesta aula. A prática será realizada

de acordo com o roteiro de prática que será disponibilizado no Anexo B, onde eles terão que com o material montado na última aula, determinar a aceleração da gravidade e irão repetir o experimento, buscando melhor acurácia da medição.

A avaliação dessa aula será feita de acordo com os resultados obtidos pelos alunos, a ideia é que eles consigam mensurações o mais próximas possíveis da realidade, além de conseguirem visualizar as falhas dos equipamentos montados, onde poderão corrigir os erros e buscar formas de aprimorar tanto o circuito como o código feito no S4A.

3.0.1.6 6ª Aula: As leis de Newton

Para iniciar a sequência, precisamos primeiramente apresentar como funcionam as leis de Newton, para tal podemos levar experimentações visuais para introduzir os conceitos e procurar entender melhor como funciona a mecânica newtoniana.

Primeiramente é necessário um levantamento histórico acerca de como se iniciou a mecânica newtoniana e como se deu sua construção dado seu momento histórico da época. É interessante levantar situações problemas do nosso dia a dia e buscar perguntas motivadoras acerca do tema, como: "por qual motivos sentimos nosso corpo sendo puxado para trás ao acelerar um carro?". Para entendermos melhor a primeira lei, podemos colocar algo como uma moeda em cima de um papel e puxar o papel rapidamente, com isso mostramos que um corpo sempre tende a se manter em seu estado até que uma força externa atue sobre aquele objeto.

Para refletir sobre a segunda lei, se pode questionar aos alunos o conceito de força e massa, e quais seriam as consequências de mudanças nessas grandezas, com isso podemos empiricamente determinar a relação entre força, massa e aceleração.

Sobre a terceira Lei, podemos nos questionar o que acontece quando soltamos um balão e podemos fazer uma simples experimentação visual, onde se prende um carrinho a um balão, então solta-se o balão sem amarrá-lo, com isso por mais que o ar saia para um lado, o carrinho se move na direção oposta. Isso acontece pelo fato das moléculas de ar, ao baterem no látex do balão, vão sofrer a mesma intensidade de força, mas com direção oposta, com isso as moléculas de ar são empurradas para trás e o balão, com o carrinho, irão se movimentar para frente.

3.0.1.7 7º Aula: Pêndulo Simples

Para o pêndulo simples, é importante mostrar como podemos calcular seu período, a velocidade angular do pêndulo e seus conceitos. Para melhor trabalhar isto, pode-se mostrar um experimento virtual ³ ou alguma problemática do cotidiano a respeito do pêndulo, como relógios ou outros objetos que usem essa problemática. A ideia inicial é construir nos alunos a ideia de como funciona o pêndulo para depois construir um e vê-lo em ação.

Após ver a funcionalidade do pêndulo e como ele funciona, será dado um kit Arduino, uma base, haste, pegador, uma alça metálica, um cordão e uma esfera. Com esses materiais os alunos terão de montar uma estrutura para comportar o pêndulo e o sensor do Arduino. Com a estrutura montada se voltará a atenção para a montagem de uma lógica de programação que atenda as necessidades da experimentação.

A avaliação poderá ser feita avaliando a montagem dos experimentos. Com uma montagem feita de forma funcional, será possível ver que o aluno conseguiu compreender o conceito do pêndulo e do que ele precisa para fazer as medições da maneira correta, conseguindo então avançar para a experimentação. É interessante auxiliar e refletir com os alunos que não conseguiram realizar a confecção do material acerca de onde estão seus erros e o que falta para que a montagem seja concluída.

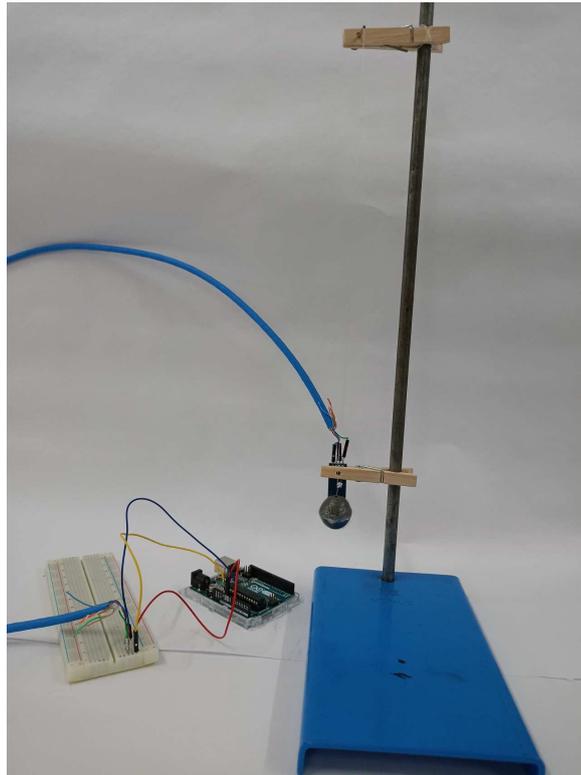
A estrutura do Pêndulo simples pode ser vista na Figura 12.

Uma forma de escrever o código no S4A pode ser vista na Figura 13, onde teremos que ao clicar na bandeira verde, se o sensor ligado na entrada analógica 0 estiver com o "value", que irá quantificar a quantidade de luz que o sensor está reconhecendo, ele esperará até que o "value" deste sensor ser menor que 900 e então irá zerar o cronômetro e substituir o valor da variável criada "cronômetro" pelo valor do temporizador, quando o "value" do sensor voltar a ser menor que 900, ele irá marcar o valor do temporizador naquele momento e irá adicionar em uma lista de períodos, gerando metade do período de todo o movimento.

Para o funcionamento do experimento e as conexões entre o sensor e o Arduino, utilizando a *protoboard*, pode ser feita da seguinte maneira, como vista na Figura 14. Onde teremos apenas a conexão de um sensor, em que ele estará ligado na entrada analógica 0 e

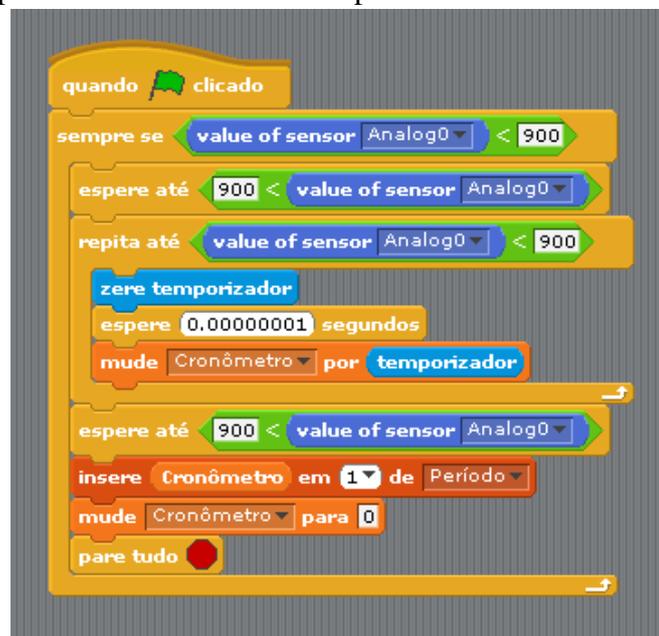
³ Recomendação de experimentação virtual sobre o Pêndulo físico: https://phet.colorado.edu/sims/html/pendulum-lab/latest/pendulum-lab_all.html?locale=pt_BR.

Figura 12 – Estrutura do Pêndulo Simples



Fonte: Elaborado pelo autor.

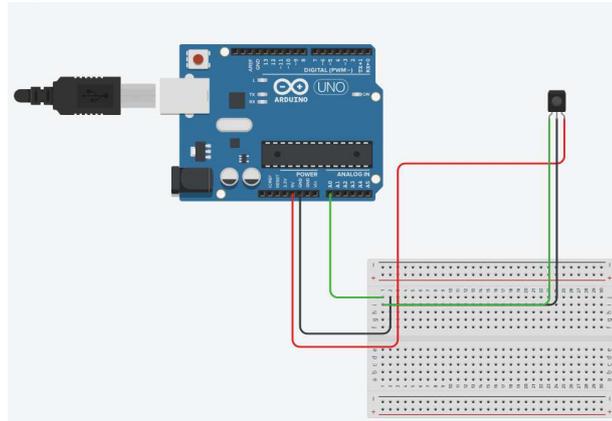
Figura 13 – Código para o S4A do Pêndulo Simples.



Fonte: Elaborado pelo autor

alimentado com uma tensão de 5V.

Figura 14 – Esquemática do circuito.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.0.1.8 8ª Aula: Prática do Pêndulo Simples

Com a concepção do caso do Pêndulo Simples bem estruturada, pode-se dar início a prática. Os alunos que não conseguiram confeccionar o material na última aula terão a oportunidade de terminar, para estes alunos é interessante o auxílio do professor para mediar este processo, de forma que os alunos consigam compreender e desenvolver o experimento.

Será proposto para os alunos um roteiro de prática, o roteiro desta prática estará disponível no Anexo B que consistirá em descobrir o comprimento da corda de acordo com o período de oscilação que será mensurado pelos sensores do Arduino. Durante o processo de

medição os alunos terão a oportunidade de utilizar o que foi produzido e então descobrir os erros cometidos no desenvolvimento do código e na estruturação do circuito.

A avaliação da prática poderá ser feita analisando os resultados. Os resultados práticos devem girar em torno do teórico, uma vez que não será exato pela presença de forças dissipativas, podemos ter uma noção da acurácia partindo da análise do resultado teórico. Além da análise de resultado se pode produzir um questionário adicional ou uma situação problema para trabalharem uma nova situação acerca da problemática.

4 RESULTADOS

O trabalho tem como principal foco mostrar a possibilidade do uso do Arduino no ensino de cinemática, para tal foram realizados os experimentos propostos, para demonstrar a precisão dos resultados obtidos com o Arduino e a funcionalidade do código proposto e da estrutura montada. Os resultados serão baseados nos roteiros de prática disponibilizados o Anexo B.

4.1 Resultados do Pêndulo Simples.

Para o Pêndulo Simples foi feita a estrutura da figura 5, onde foi feita uma estrutura com uma haste, uma alça para segurar o cordão amarrado na esfera e um pegador para segurar o sensor. O sensor foi posicionado no centro da trajetória da esfera, ao passar pelo sensor ele ativa o cronômetro e para quando a esfera passa novamente por ele, marcando assim metade do período do pêndulo.

Utilizando uma fita métrica, inicialmente se mediu um comprimento do pêndulo de 28 centímetros, então foi demarcada um ponto de referência para a esfera sempre ser soltada de uma altura aproximadamente igual. Com isso, obtemos os seguintes resultados para o período.

Tabela 1 – Mensuração do Período.

Comprimento (cm)	1/2 Período (s)
28	0,536
28	0,534
28	0,532
28	0,535
28	0,529
28	0,531

Outro passo proposto no roteiro de prática é a mensuração da aceleração da gravidade local, utilizando as medidas obtidas. Modificando a equação do período vista na fundamentação teórica, teremos a seguinte relação para o cálculo da aceleração da gravidade em função do período e comprimento do pêndulo.

$$g = \frac{4\pi^2}{\frac{T^2}{L}} \quad (4.1)$$

Com isso, podemos determinar a aceleração da gravidade. Foi montada a seguinte tabela com base nos dados obtidos:

Tabela 2 – Cálculo da aceleração da gravidade.

1/2Período (s)	Comprimento(m)	Gravidade(m/s^2)
0,536	0,28	9,79
0,534	0,28	9,61
0,532	0,28	9,68
0,535	0,28	9,75
0,529	0,28	9,65
0,531	0,28	9,87
Valor médio da Gravidade		9,68

O valor médio conhecido para a aceleração da gravidade na terra é de aproximadamente $9,8m/s^2$, como tal valor se trata de uma média global, o experimento foi realizado no estado do Ceará, que se encontra próximo a zona do equador, então há uma variação da média global, portanto o resultado se encontra dentro de uma média aceitável, uma vez que representa um erro de apenas 1,3%.

Também foi feita uma relação entre o comprimento do fio e o período medido, então foi construída a seguinte tabela:

Tabela 3 – Relação entre Comprimento e período.

Comprimento (cm)	1/2 Período (s)
28	0,538
23	0,437
20	0,429
17	0,431
13,5	0,382
10	0,379

Para verificar os resultados, podemos comparar os resultados obtidos experimentalmente com os resultados teóricos. Formulando a seguinte tabela com os valores teóricos para o comprimento do cordão, utilizando o valor médio da gravidade como $9,8m/s^2$. Com isso foi montada a seguinte tabela, comparando os resultados experimentais com os teóricos e seus respectivos erros:

Tabela 4 – Relação entre os resultados experimentais e teóricos.

Comprimento	Período (Teórico)	Período (Experimental)	Erro (%)
0,28	0,531	0,538	1,30
0,23	0,481	0,437	9,14
0,2	0,449	0,429	4,45
0,17	0,414	0,431	3,94
0,135	0,369	0,382	3,40
0,1	0,317	0,379	16,35

A tabela vai comparar os resultados teóricos experimentais, ao relacionar os dois, podemos ver um erro médio de aproximadamente 6,43%, que é um erro aceitável, visto que durante o experimento não temos um pêndulo ideal, onde poderemos ter outras forças atuantes, mas mesmo desta maneira encontrou-se um resultado satisfatório para o experimento do pêndulo.

4.2 Resultados do Movimento Retilíneo Uniformemente Variado

Para o movimento Retilíneo Uniformemente Variado, temos uma estrutura com uma calha de alumínio, que irá ser posta de forma inclinada, onde uma esfera irá rolar por ela, ganhando velocidade, o que iremos investigar é se essa taxa de ganho da aceleração é constante utilizando os sensores do Arduíno.

Para verificar, foi feita a estrutura vista na figura 5. Dessa forma podemos mensurar o tempo em que a esfera demora para percorrer determinada distância, utilizando a equação horária da posição, vista na fundamentação teórica, da seguinte forma:

$$x - x_0 = v_0 t + \frac{at^2}{2} \quad (4.2)$$

Como $v_0 = 0m/s$, pois iremos partir do repouso, e considerando x_0 como o ponto de início do movimento, teremos então:

$$a = \frac{2x}{t^2} \quad (4.3)$$

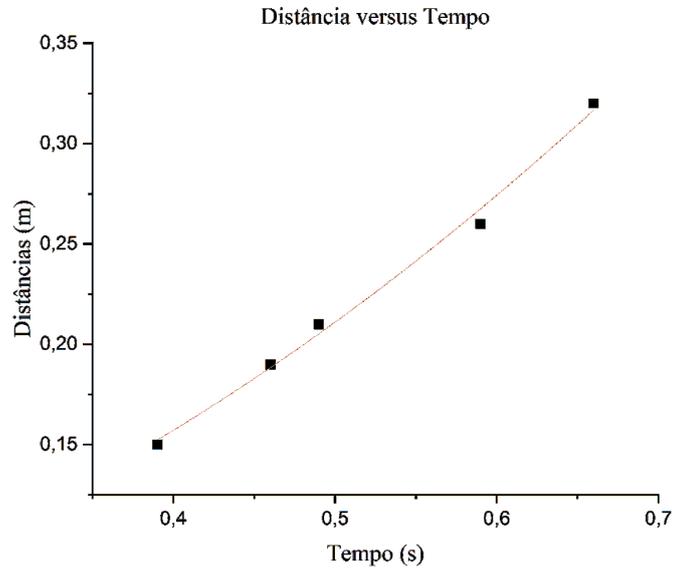
Com isso, tendo os dado do espaço percorrido e da distância, foi possível montar a seguinte tabela:

Tabela 5 – Relação entre distância, tempo e aceleração

Distâncias (m)	Tempo (s)	Aceleração (m/s^2)
0,15	0,39	1,97
0,19	0,46	1,80
0,21	0,49	1,75
0,26	0,59	1,49
0,32	0,66	1,47

Com a confecção da tabela, podemos fazer algumas relações para comprovar que os resultados satisfazem a realidade. A aceleração tende a ser a mesma para todos os testes, uma vez que teremos uma aceleração constante, relacionando o tempo e a aceleração, temos o seguinte gráfico:

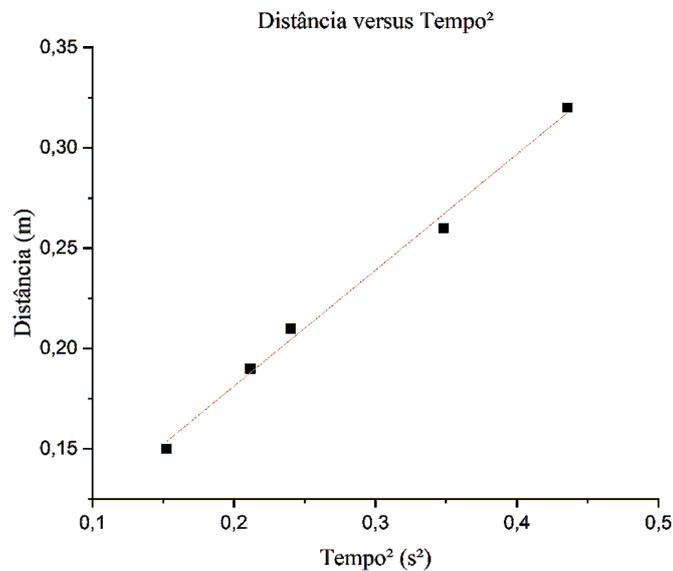
Figura 15 – Relação Tempo versus Aceleração



Fonte: Elaborado pelo autor

O gráfico irá relacionar o tempo e a distância. Para verificarmos a relação quadrática entre o tempo e a distância, foi plotado o gráfico entre a distância o tempo ao quadrado, onde os dados se apresentaram da forma mostrada na figura 13.

Figura 16 – Relação da distância versus tempo²



Fonte: Elaborado pelo autor

Relacionando as distâncias com o quadrado do tempo, teremos que a linha de tendência que melhor se encaixa ao gráfico é uma reta, de acordo com o previsto teoricamente. Além disto, foi vista a relação entre a altura de uma das extremidades da calha e o tempo, onde os dados coletados foram inseridos na tabela 6.

Tabela 6 – Relação entre altura, tempo e aceleração.

Distâncias (m)	Alturas (m)	Tempos (s)	Aceleração (m/s^2)
0,15	0,075	0,511	1,15
0,15	0,1	0,428	1,64
0,15	0,15	0,356	2,37
0,15	0,19	0,351	2,44

Onde poderemos ver a relação entre a altura, a aceleração e o tempo. Vemos que quanto maior a altura e conseqüentemente a inclinação da calha, menor será o tempo mensurado

e conseqüentemente maior sua aceleração.

4.3 Resultados do experimento de Queda Livre.

Para o experimento da queda livre, foram consideradas várias alturas diferentes, onde foi utilizado o código proposto e feita uma média dos tempos coletados para alguns lançamentos de diferentes distâncias, onde podemos ver os resultados na tabela 6:

Tabela 7 – Resultados do experimento da queda livre

Distância (m)	Tempo (s)	T ² (s ²)	g (m/s ²)
0,2	0,202	0,041	9,803
0,25	0,204	0,042	12,015
0,265	0,205	0,042	12,612
0,3	0,278	0,077	7,764
0,35	0,281	0,079	8,865
Valor médio da gravidade			10,21

A aceleração foi mensurada seguindo a equação horária da posição para o MRUV, de acordo com o resultado obtido na fundamentação teórica, teremos:

$$g = \frac{2h}{t^2} \quad (4.4)$$

O erro encontrado foi de 4,01% em relação ao valor médio teórico da aceleração da gravidade de $9,8m/s^2$, um erro que está dentro de uma margem aceitável. Com isso foi possível ver a possibilidade de uso do Arduino e do S4A para a experimentação da Física, trazendo uma forma de colocar o discente no centro desse processo, onde ele irá realizar o experimento desde sua montagem até o seu uso, desenvolvendo o pensamento computacional, letramento digital, a aprendizagem criativa e as competências e habilidades prevista na BNCC para o ensino básico em física em uma parte do campo da mecânica da qual foi proposto no presente trabalho.

5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Dentro do construcionismo de Papert, foi possível ver uma nova possibilidade de ensino e aprendizado, não só para crianças mas para adolescentes e adultos. Com o uso das TDICs, podemos expandir os horizontes das possibilidades oferecidas por tal abordagem de ensino, onde trazemos o uso do Arduíno para o ensino de componentes curriculares abordadas na BNCC.

Para se desenvolver a proposta, é necessário promover o protagonismo do aluno, trazendo o mesmo para o centro do processo e desenvolvendo o aprendizado de forma criativa, fazendo com que o mesmo entre na espiral da aprendizagem criativa proposta por Mitchel Resnick. Para isto foi proposto o uso do Arduíno com a plataforma S4A, em que temos a programação da placa em blocos, de forma mais intuitiva e simplificada para o usuário, mas preservando o pensamento computacional e promovendo o pensamento criativo.

Com o uso da experimentação, o aluno poderá trabalhar a parte empírica da física, no caso deste trabalho, da cinemática, onde além de fazer a experimentação, o mesmo será responsável pela confecção de todo o experimento, onde irá tentar construir, eventualmente irá errar e irá refletir sobre o que errou, tentará novamente e assim ele irá desenvolver uma solução criativa para o problema. É de vital importância promover o protagonismo do aluno, deixando com que ele busque resolver o "quebra-cabeça" proposto e trabalhando novas formas de pensar e solucionar problemas.

Com o desenvolvimento de novas tecnologias e estruturas sociais, há a necessidade não mais de estudantes A, como definidos pelo ex presidente da *Tsinghua University*, Chen Jining, e sim estudantes X. Chen percebeu que havia uma carência muito grande dentro das empresas chinesas de pessoas com criatividade, que soubessem reagir quando submetidas a situações atípicas. A maioria, por se tratarem de estudantes tradicionais, tinham bom desempenho com tarefas pré definidas e ao seguir instruções bem delineadas, porém quando se encontravam em situações diferentes, onde tinham que lidar com algo fora dessas instruções, se encontravam sem saber como proceder, então havia uma carência de pessoas pensando de forma autônoma, além de apresentar ideias inovadoras e novas propostas (Resnick, 2020).

Para tal é importante procurar novas formas de desenvolver a aprendizagem criativa, onde é algo extremamente escasso no sistema de ensino atual, principalmente no ensino de física, onde encontramos formas predominantemente mecanicista de resolução de questões, sem se atentar para o principal propósito do ensino. Onde é priorizada a exclusão do erro no processo,

não permitindo que o aluno erre e reflita sobre o erro, para então aprimorar seu pensamento, gerando o medo de errar e extinguindo a iniciativa de arriscar.

O Arduíno surge como uma forma de trabalhar a proposta de ensino construcionista proposta por Papert, onde foram propostos três experimentos utilizando o Arduíno e seus respectivos planos de aula baseados em sequências didáticas, para melhor trabalho com o equipamento. O principal enfoque é no desenvolvimento do pensamento criativo e em uma resolução de problemas com base no pensamento computacional, onde além da experimentação, haverá o primeiro contato com uma linguagem de computação, a linguagem Logo.

Os resultados se mostraram satisfatórios para o uso do Arduíno, nos três experimentos propostos foram calculados resultados dentro da realidade, onde foi possível observar os fenômenos da cinemática, onde se utilizou o S4A como plataforma para programar a placa e fazer as mensurações. Para o Pêndulo simples, o cálculo da aceleração da gravidade teve um erro de apenas 1,3%. Para o movimento retilíneo uniformemente variado, a relação entre a distância e o tempo se aproximou de uma exponencial, de acordo com o que é previsto teoricamente. Para a queda livre, com a estrutura montada, se teve um erro de 4,01% aproximadamente, um erro dentro do aceitável para o problema, em que tivemos ainda a necessidade de acrescentar mais 75 ms ao temporizador, para compensar o atraso de comunicação entre o S4A e os atuadores, com isso tivemos resultados satisfatórios.

Para além da mecânica clássica, o uso do Arduino pode levar a abordagem construcionista para outras vias dos conteúdos de física abordados no ensino básico, onde de acordo com os diversos tipos de atuadores e sensores disponíveis é possibilitado atuações em outras áreas trazendo as perspectivas de trabalhos futuros abordando outras áreas, levando uma abordagem construcionista e promovendo o protagonismo do discente.

O Arduíno pode-se mostrar uma alternativa as experimentações tradicionais, onde os estudantes teriam um contato não só com a experimentação mas com a elaboração dos experimentos, trabalhando um contato inicial com linguagens de computação e o pensamento computacional. No presente trabalho foi proposto uma alternativa ao ensino de física tradicional, uma forma de trabalhar uma abordagem pedagógica que se alinha com a necessidade da inclusão da tecnologia na educação, com o uso das TDICs é possível inserir e adequar a sala de aula as novas necessidades que surgem dentro da docência, promovendo o pensamento criativo e a formação de seres reflexivos e criativos.

REFERÊNCIAS

- ALONSO, Marcelo; FINN, Edward J. **Física: um Curso Universitário**. São Paulo: Editora Blucher, 2015. E-book. ISBN 9788521208327. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521208327/>. Acesso em: 30 ago. 2023.
- BANZI, Massimo. **Getting Started with Arduino**. 2. ed. Sebastopol: O'reilly Media, Inc, 2011. 130 p.
- BISCUOLA, Gualter José; BÔAS, Newton Villas; DOCA, Ricardo Helou. **Tópicos de Física 1: mecânica**. 5. ed. São Paulo: Saraiva, 2012. 16 p. v. 1.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018.
- CAMPOS, Flávio Rodrigues. **Diálogo entre Paulo Freire e Seymour Papert: a prática educativa e as tecnologias digitais de informação e comunicação..** 2008. 183 f. Tese (Doutorado) - Curso de Letras, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2008.
- CHAVES, Alaor. **Física Básica: mecânica**. São Paulo: Grupo GEN, 2007. E-book. ISBN 978-85-216-1932-1. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-216-1932-1/>. Acesso em: 02 set. 2023.
- CHAVES, Eduardo Oscar de Campos. **Tecnologia na Educação**. Encyclopedia of Philosophy of Education, edited by Paulo Ghirardelli, Jr, and Michal A. Peteres. Rio de Janeiro: IECE. p. 14, 1999
- CHAVES, Eduardo Oscar de Campos; VALENTE, José Armando; BARANAUSKAS, Maria Cecília Calani; SILVA, Heloísa V. R. Correa; RIPPER, Afira Vianna; VILLALOBOS, André Maria Pompeu. **PROJETO EDUCOM: proposta original**. Campinas: Unicamp, 1983. 16 p.
- DEVRIES, Rheta; SALES, Christina. **O ensino de física para crianças de 3 a 8 anos: uma abordagem construtivista..** Porto Alegre: Grupo A, 2009. E-book. ISBN 9788565848121. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788565848121/>. Acesso em: 07 dez. 2023. FISCHER, Gerhard; GIACCARDI, Elisa; YE, Yunwen; SUTCLIFFE, Alistair G.
- Meta-design: a manifesto for end-user development**. Communications of the ACM, v. 47, n. 9, p. 33-37, 2004. Disponível em: <https://l3d.cs.colorado.edu/~gerhard/papers/CACM-meta-design.pdf>. Acesso em: 18 set. 2023.
- GABRIELI DA SILVA, Linda; AUGUSTA, Maria. **A utilização das TDICs como estratégia de ensino e seus desafios ao processo de aprendizagem**. [S.l.: s.n.], Disponível em: <http://repositorio.upf.br/bitstream/riupf/1935/1/SOL2021Linda%20Gabrieli%20da%20Silva%20Limeira.pdf>. Acesso em: 13 set. 2023.
- GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.
- HEWITT, Paul. **Física conceitual**. Porto Alegre: Grupo A, 2015. E-book. ISBN 9788582603413. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788582603413/>. Acesso em: 28 ago. 2023.
- HOCHENBAUM, M. E. J. N. **Arduino em ação**. São Paulo: Novatec Editora Ltda, 2013.
- KENSKI, V.M. Aprendizagem mediada pela tecnologia. **Revista Diálogo Educacional**, v. 4, n. 10, p. 47-56, 2003.
- MCROBERTS, M. **Arduíno Básico**. São Paulo: Novatec Editora Ltda., 2015.

MARCOM, Guilherme Stecca; KLEINKE, Urban Kleinke. Indicadores Formativos para o Ensino de Física através do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 38, n. 3, p. 1388–1419, 2021.

NUSSENZVEIG, Herch M. **Curso de Física Básica**. São Paulo: Editora Blucher, 2013. E-book. ISBN 9788521207467. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521207467/>. Acesso em: 30 ago. 2023.

OLIVEIRA, J. Umberto Cinelli L de. **Introdução aos Princípios de Mecânica Clássica**. São Paulo: Grupo GEN, 2012. E-book. ISBN 978-85-216-2184-3. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-216-2184-3/>. Acesso em: 28 ago. 2023.

PAPERT, S. **LOGO: computadores e educação**. São Paulo: Editora Brasiliense, 1980.

PEREIRA, P. S.; et. al(2012). **Análise do Scratch como ferramenta de Auxílio ao Ensino de Programação de Computadores**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Fortaleza – CE.

PRIETO, L. M. *et al.* Uso das Tecnologias Digitais em Atividades Didáticas nas Séries Iniciais. **Renote**, Rio Grande do Sul, v. 3, n. 1, p. 1-11, maio. 2005.

RESNICK, Mitchel. **Jardim de infância para a vida toda**: por uma aprendizagem criativa, mão na massa e relevante para todos. Porto Alegre: Grupo A, 2020. E-book. ISBN 9786581334130. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786581334130/>. Acesso em: 17 set. 2023.

S4A. 2015. Disponível em: <https://s4a.cat/>. Acesso em: 29 nov. 2023.

SANTOS, Pricila K.; RIBAS, Elisângela; OLIVEIRA, Hervaldira B. **Educação e tecnologias**. Porto Alegre: Grupo A, 2017. E-book. ISBN 9788595021099. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595021099/>. Acesso em: 12 out. 2023.

SOARES, Simária de Jesus; BUENO, Flaviane de Fátima Lima; CALEGARI, Laura Maria; LACERDA, Marcelo de Miranda; DIAS, Renata Flávia Nobre Canela. **O uso das TDICs no processo de ensino aprendizagem**. Montes Claros, 2015. 10 p.

TIPLER, Paul Allen; MOSCA, Gene. **Física para cientistas e engenheiros**: mecânica, Oscilações e ondas, termodinâmica. 6. ed. New York: W.H Freeman and Company, 2008. 28 p. v. 1.

VALENTE, José Armando. **Computadores e conhecimento**: repensando a educação. Campinas: UNICAMP/NIED, 1998.

ZABALA, Antoni. **A prática educativa**. Porto Alegre: Grupo A, 1998. E-book. ISBN 9788584290185. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788584290185/>. Acesso em: 14 out. 2023.

ANEXO A – PLANOS DE AULA

O anexo A irá trazer alguns planos de aula para auxiliar o docente a trabalhar este tipo de abordagem. Todo o processo será baseado em uma filosofia construcionista, então é de suma importância o protagonismo do aluno, então as imagens dos experimentos e os códigos são apenas uma ideia, o ideal é sempre oferecer ao discente a liberdade de pensar e produzir com suas próprias ideias. Os planos estão de acordo com a ordem da sequência didática proposta na metodologia do trabalho. Essa sequência didática também pode ser alterada de acordo com a necessidade do professor e de acordo com seu tempo hábil, desde que sua lógica como sequência se mantenha, a ideia é sempre dar ao aluno um primeiro contato com o Arduino utilizando LEDs para fazer um semáforo e então ir avançando com estruturas um pouco mais complexas, para desenvolver o pensamento computacional e um letramento digital no discente, ao longo da sequência ele estará mais familiarizado com o equipamento e então as montagens e as práticas tendem a ser mais fluidas.

1º aula: Primeiro contato com o Arduino

Disciplina: Física

Equipe:

Professor:

Plano de aula

Público Alvo

Alunos do ensino médio.

Unidade temática

Introdução ao uso do Arduino

Objetos de conhecimento

- Conhecimento sobre os componentes e funcionamento do Arduino, incluindo pinagem, interfaces de comunicação e capacidades de processamento.
- Familiaridade com as técnicas de programação no Arduino, incluindo leitura de pinos analógicos ou digitais, manipulação de dados e uso de bibliotecas específicas.
- Familiaridade com exemplos de projetos e casos de uso relevantes envolvendo sensores de pulso e Arduino, permitindo a compreensão de soluções aplicadas em diferentes contextos.

Habilidades

- (EF01CO03) Reorganizar e criar sequências de passos em meios físicos ou digitais, relacionando essas sequências à palavra ‘Algoritmos’.
- (EF02CO02) Criar e simular algoritmos representados em linguagem oral, escrita ou pictográfica, construídos como sequências com repetições simples (iterações definidas) com base em instruções preestabelecidas ou criadas, analisando como a precisão da instrução impacta na execução do algoritmo.

- (EF03CO06) Reconhecer que, para um computador realizar tarefas, ele se comunica com o mundo exterior com o uso de interfaces físicas (dispositivos de entrada e saída).
- (EM13CO16) Desenvolver projetos com robótica, utilizando artefatos físicos ou simuladores.

Tema

Construção de um sinal de trânsito com o uso do Arduino.

Duração

50 minutos

Objetivos de aprendizagem

Ao final da aula, os alunos serão capazes de:

- Compreender os princípios básicos do funcionamento de um Arduino.
- Aprender a conectar corretamente os LEDs ao Arduino, seguindo as especificações e pinagem adequadas.
- Adquirir conhecimento sobre as bibliotecas e recursos disponíveis para o Arduino.
- Desenvolver habilidades de programação no Arduino.

Materiais

- Tablet ou computador portátil
- Arduino Uno
- Cabo USB do Arduino
- Placa de ensaio (Breadboard)
- Lâmpada de LED
- Cabos de conexão (jumper cables)

Metodologia

Os alunos serão recebidos e distribuídos em grupos, de acordo com o tamanho da turma e a disponibilidade de equipamentos. Então será dado kits, contendo os materiais necessários para o desenvolvimento da atividade, após isto será apresentado conceitos básicos do arduino e seus periféricos e então apresentada a prática e uma esquematização de como se pode ser feita. É importante se atentar que essa aula terá como principal objetivo a familiarização com

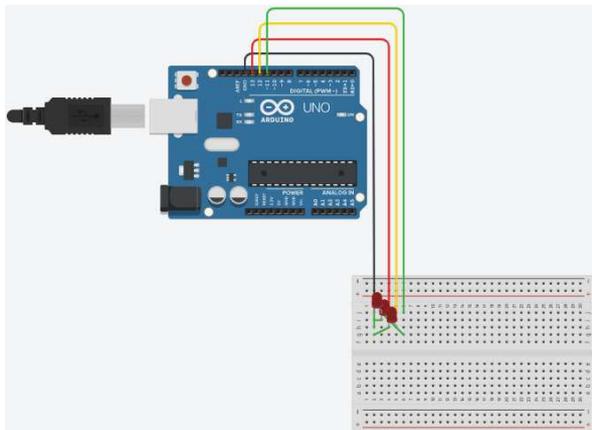
o uso do Arduino, provavelmente será o momento em que os alunos precisarão de mais auxílio e orientação, considerando que para muitos será a primeira vez que eles terão contato com a placa e a programação. O cronograma da aula ocorrerá da seguinte forma:

Introdução (10 minutos)

Os alunos serão recepcionados e, após se acomodarem, será apresentada uma breve apresentação de como funciona o arduino e um sinal de trânsito, mostrando os tempos que se demoram entre a alternância de cada cor do semáforo.

Montagem (20 minutos)

Será exibido um esquema do circuito, como o mostrado abaixo:



(Exemplo de circuito para confecção do semáforo de

trânsito)

Então, os alunos poderão ter uma ideia de como montar o circuito, após todas as equipes montarem seus circuitos, irão partir para a montagem do algoritmo para que o semáforo funcione corretamente.

Aplicação (15 minutos)

Após a montagem do circuito e a criação do algoritmo, daremos início à etapa de aplicação, onde os alunos terão de fazer com que o semáforo funcione corretamente, com isso se pode colocar tempos diferentes para mudanças de cor.

Encerramento (5 minutos)

As eventuais dúvidas dos alunos que surgirem poderão ser esclarecidas pelo professor neste momento, seguido por uma breve reflexão sobre o conteúdo aprendido durante a aula.

Avaliação de aprendizagem

A avaliação poderá ser feita analisando os circuitos e os algoritmos feitos pelos alunos e a funcionalidade dos aparelhos montados, durante o momento de aplicação do funcionamento do semáforo.

3º aula: Movimento Retilíneo Uniformemente Variado

Disciplina: Física

Equipe:

Professor:

Plano de aula

Público Alvo

Alunos do ensino médio

Unidade temática

Cinemática Vetorial

Objetos de conhecimento

- Estudo do caso do plano inclinado.
- Compreensão da relação entre a inclinação do plano e a aceleração do móvel.
- Compreensão de elementos da natureza que envolvam a mecânica clássica.

Habilidades

- (EM13CNT101) Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.
- (EM13CNT303) Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.

Tema

Estudo do Plano Inclinado

Duração

50 minutos

Objetivos de aprendizagem

Ao final da aula, os alunos serão capazes de:

- Ler e interpretar problemas envolvendo o plano inclinado
- Adquirir maior compreensão de elementos que cercam o nosso mundo.
- Introduzir os conceitos de funcionamento da mecânica newtoniana.

Materiais

- Quadro Branco
- Projetor (Opcional)
- Pincel e apagador
- Projetor
- Computador
- Calha
- Arduíno
- *Jumpers*
- Sensores infravermelho
- *Protoboard*
- Estrutura de apoio para a calha

Metodologia

Os alunos serão recebidos, e então será iniciada a aula. Para facilitar a dinâmica, é ideal que eles já sejam separados em ilhas para o momento da montagem do Arduíno, para que possam trabalhar juntos e compartilhar suas ideias. O cronograma da aula se dará da seguinte forma:

Introdução (10 minutos)

Os alunos serão recepcionados e poderá ser posto alguns questionamentos acerca da acessibilidade para cadeirantes, onde você pode questionar eles sobre o porquê de uma rampa para cadeirantes ter de despende de um percurso maior para não ser tão íngreme. Naturalmente eles darão respostas como a redução do excesso de esforço para subir a rampa ou algo do tipo, visto que suas experiências de mundo irão trazer isso à tona. Com isso você pode introduzir a eles o conceito de plano inclinado, e a relação com as Leis de Newton já vista nas aulas anteriores.

O plano inclinado (10 minutos)

Após o debate, poderemos ver como o plano inclinado funciona e porque da necessidade de se ter rampas menos íngremes para cadeirantes e como isso auxilia tanto o deficiente como quem está acompanhando ele. Com isso pode-se dar uma explicação de como funciona o plano inclinado e como ele se relaciona com as Leis de Newton e com a cinemática, mostrando também a relação entre a altura (consequentemente da inclinação) e a aceleração que um corpo tem ao ser liberado, também pode-se relacionar isso com a dificuldade de subir planos inclinados mais íngremes.

Montagem do experimento (30 minutos)

Agora que já foi visto como funciona o plano inclinado, poderá dar-se início a confecção do experimento do plano inclinado, onde será reservado um tempo para que os alunos tentem fazer a estrutura, de acordo com o que se viu em sala de aula sobre o plano inclinado, além de confeccionar o código e as conexões do circuito. Um exemplo de montagem do circuito, pode ser feita da seguinte forma:

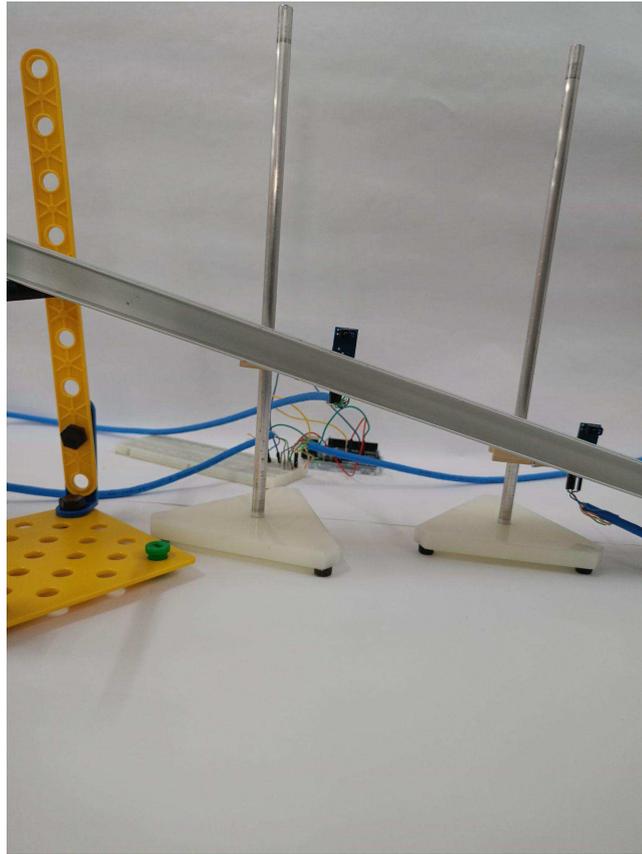


Figura 1 - Exemplo de estrutura para o experimento do MRUV

O código proposto na Figura 6 se inicia ao apertar a tecla "espaço", quando pressionada ele entrará em um *loop*, onde sempre que o sensor ligado na entrada analógica 1 estiver com o "*value*" menor que 600, isto quer dizer que ele está detectando uma determinada quantidade de luz, ele esperará até este sensor desligar e irá zerar o temporizador e começará a atualizar a variável criada "cronômetro" até que o sensor conectado na entrada analógica 2 tiver um "*value*" menor que 1000, ou seja, detectar a presença de luz na frente do sensor.

```
quando clicado
sempre se < value of sensor Analog0 < 600
  espere até 600 < value of sensor Analog0
  zere temporizador
  repita até < value of sensor Analog1 < 600
    mude Cronômetro para temporizador
  espere até 600 < value of sensor Analog1
  insere Cronômetro em 1 de Tempo
  mude Cronômetro para 0
pare tudo
```

Figura 2 - Exemplo de código para o MRUV

E para a montagem do circuito, uma forma a se propor é:

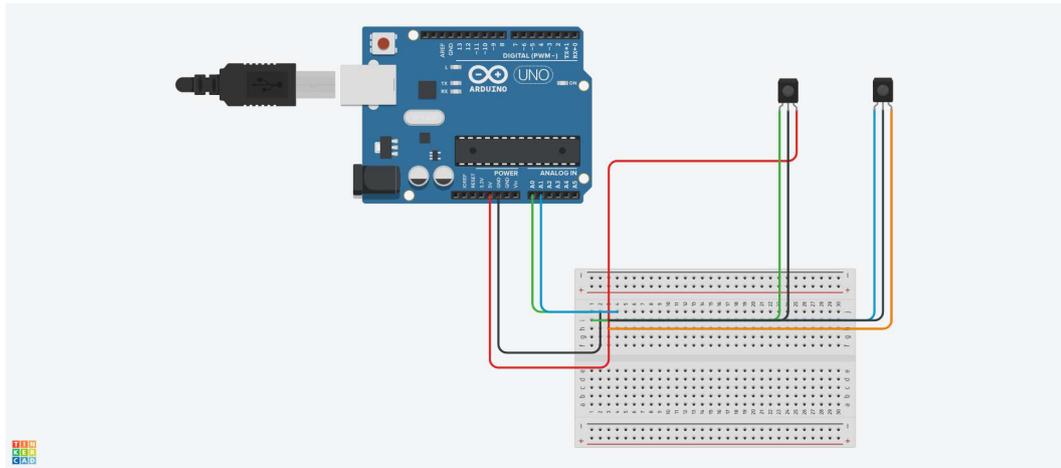


Figura 3 - Conexões dos *jumpers*

A estrutura, o código e as conexões propostas, não passam de uma proposição, não são uma regra a se seguir, se for apresentadas aos alunos, é importante frisar que é apenas um exemplo, o importante é cada um fazer da sua maneira, para promover o aprender fazendo e a aprendizagem criativa. Durante a aula terão tempo para tentar, errar e refazer, se for preciso, será disponibilizado tempo na aula seguinte, onde será focada para realização da prática e coleta de dados, para complementar o experimento.

Avaliação de aprendizagem

A avaliação poderá ser feita utilizando uma abordagem de questionário simples ou um quiz, para ter uma melhor compreensão do que foi abstraído pelos alunos durante a aula e reforçar os pontos onde tiveram maior carência de compreensão. Também pode-se ter uma boa noção de como se deu o aprendizado dos alunos, ao observar a funcionalidade dos experimentos.

5º aula: Queda Livre

Disciplina: Física

Equipe:

Professor:

Plano de aula

Público Alvo

Alunos do ensino médio

Unidade temática

Queda Livre

Objetos de conhecimento

- Conhecer acerca do movimento de queda livre.
- Resolver problemas envolvendo a queda livre.
- Montar a estrutura física, circuito e linguagem de programação para trabalhar a queda livre.

Habilidades

- (EM13CNT101) Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.
- (EM13CNT303) Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir

estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.

Tema

Estudo do movimento da queda livre.

Duração

50 minutos

Objetivos de aprendizagem

Ao final da aula, os alunos serão capazes de:

- Ler e interpretar problemas envolvendo as Leis de Newton.
- Adquirir maior compreensão de elementos que cercam o nosso mundo.
- Introduzir os conceitos de funcionamento da mecânica newtoniana.

Materiais

- Quadro Branco
- Projetor (Opcional)
- Pincel e apagador
- Arduíno
- Sensor óptico
- Jumpers
- Alça metálica
- Haste de ferro
- Pegador de ferro
- Cordão
- Esfera

Metodologia

Introdução (10 minutos)

Os alunos serão recebidos, então será dado um breve questionamento sobre a queda dos corpos “se jogarmos uma pedra extremamente pesada e uma pena no vácuo, qual dos dois chegaria primeiro ao chão?”, então pode-se fazer um breve experimento utilizando um caderno e uma folha de papel, colocando a folha de papel sobre o caderno, será visível que

ambos irão cair ao mesmo tempo, com isso se pode abrir uma introdução histórica sobre essa proposição, passando de Aristóteles, que defendia que um corpo mais massivo iria cair mais rapidamente do que um com massa menor, até Galileu que mostrou o contrário, onde o tempo de queda independe da massa.

Queda Livre (10 minutos)

Voltando a pergunta da pena e da bola muito pesada, pode-se introduzir um vídeo demonstrando o experimento. A seguir temos algumas sugestões:

- [Brian Cox visits the world's biggest vacuum | Human Universe - BBC](#)
- [O Martelo e a Pena - Experimento de Galileu na Lua](#)

Com isto, os alunos terão uma noção mais exata do que se trata a queda dos corpos, então se pode introduzir os conceitos de queda livre partindo do tratamento matemático, alterando as equações de movimento definidas ao se estudar as equações horárias. Ao fim desse momento, pode-se aplicar um rápido questionário, ou um quiz.

Montagem do experimento (30 minutos)

Nesse momento, se mostra como os alunos poderão montar um experimento de queda livre usando o Arduíno, então é interessante mostrar formas de montagem do circuito e da estrutura. O código é interessante que seja feito por conta própria, fazendo com que pensem nos conceitos de queda livre e tentem fazer um código que satisfaça esses conceitos. A prática terá como fim calcular a aceleração da gravidade, sendo assim os alunos terão que debater os conceitos e pensar em como realizar um código e uma estrutura que consiga mensurar o que se pede. Uma das formas de montar a estrutura do experimento, pode ser vista na figura 1. Já uma proposta do código e da montagem do circuito pode ser vista nas figuras 2 e 3 respectivamente.

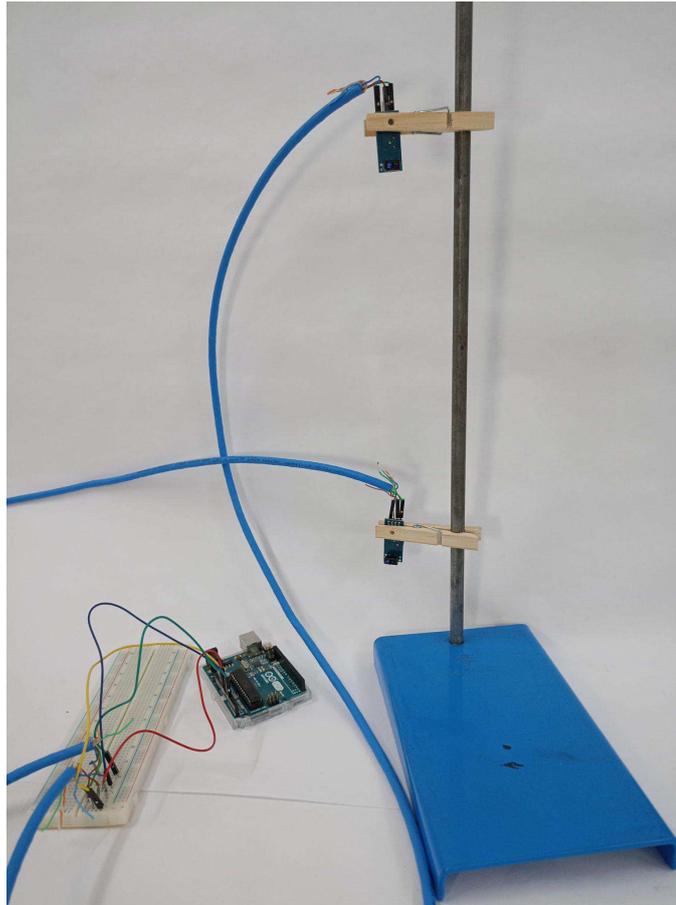


Figura 1 - Modelo de queda livre.

O código proposto na Figura 6 se inicia ao apertar a tecla "espaço", quando pressionada ele entrará em um *loop*, onde sempre que o sensor ligado na entrada analógica 1 estiver com o "*value*" menor que 600, isto quer dizer que ele está detectando uma determinada quantidade de luz, ele esperará até este sensor desligar e irá zerar o temporizador e começará a atualizar a variável criada "*cronômetro*" até que o sensor conectado na entrada analógica 2 tiver um "*value*" menor que 1000, ou seja, detectar a presença de luz na frente do sensor.



Figura 2 - Código proposto para experimento da queda livre.

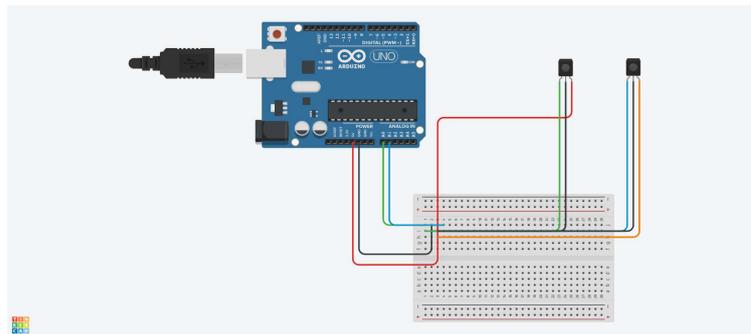


Figura 3 - Montagem do circuito

É importante frisar que as imagens mostradas refletem apenas uma proposição de como se pode montar os experimentos, mas o grande objetivo é deixar que os alunos montem da sua própria forma, buscando que seja funcional. Dessa forma será possível fomentar o aprender fazendo e desenvolver formas criativas de experimentação.

Avaliação de aprendizagem

A avaliação da aula pode ser feita utilizando um questionário ou um quiz sobre a parte teórica da aula, onde será possível avaliar o nível de aprendizagem dos alunos e também se pode avaliar a montagem dos experimentos, onde poderá ser vista a evolução dos alunos com os experimentos.

6º aula: Leis de Newton

Disciplina: Física

Equipe:

Professor:

Plano de aula

Público Alvo

Alunos do ensino médio

Unidade temática

Leis de Newton

Objetos de conhecimento

- Conhecimento acerca das três leis de Newton.
- Compreensão e resolução de problemas envolvendo as três Leis de Newton.
- Compreensão de elementos da natureza que envolvam a mecânica clássica.

Habilidades

- (EM13CNT101) Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.
- (EM13CNT303) Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.

Tema

Estudo das três Leis de Newton.

Duração

50 minutos

Objetivos de aprendizagem

Ao final da aula, os alunos serão capazes de:

- Ler e interpretar problemas envolvendo as Leis de Newton.
- Adquirir maior compreensão de elementos que cercam o nosso mundo.
- Introduzir os conceitos de funcionamento da mecânica newtoniana.

Materiais

- Quadro Branco
- Projetor (Opcional)
- Pincel e apagador
- Balão
- Cordão
- Carrinho

Metodologia

Os alunos serão recebidos, então será dada um breve questionamento acerca de elementos do nosso dia a dia, podendo dar-se o exemplo do solavanco que sentimos quando um carro começa a acelerar, também podemos questionar o movimento e os conceitos de massa e força, instigando os alunos para refletir sobre o tema. O cronograma da aula seguirá da seguinte maneira:

Introdução (10 minutos)

Os alunos serão recepcionados e será posto em debate alguns questionamentos acerca do funcionamento dos corpos e de alguns conceitos básicos. Nesse primeiro momento é importante que seja instigada a curiosidade dos alunos, para que fomente um interesse ao conhecimento. Pode-se questionar algumas situações do dia a dia e questionar o porquê delas acontecerem e com isso introduzir as leis.

Primeira Lei de Newton (10 minutos)

Para a primeira Lei de Newton, pode-se introduzir perguntas básicas do cotidiano, questionando o porquê se sente um solavanco quando se está dentro do carro e ele é acelerado ou freado, por qual motivo somos empurrados para frente quando o ônibus para, ou mostrar um vídeo de alguém puxando bruscamente uma toalha da mesa e os objetos em cima da toalha permanecendo no mesmo local. O objetivo deste primeiro momento é tentar atrair a atenção deles, para então introduzir a primeira Lei de Newton. Pode-se abordar o contexto histórico, mostrando a primeira concepção de tal Lei até as ideias mais modernas que usam este conceito.

Segunda Lei de Newton (10 minutos)

A segunda Lei de Newton vai nos mostrar as relações de Força e aceleração. Para tal pode-se usar experimentos virtuais, uma vez que demonstrar essa relação, por mais trivial que ela pareça ser, não é tão fácil sem um bom arcabouço experimental que garanta que estamos utilizando forças diferentes para obtermos acelerações diferentes. Pode-se tentar construir graficamente essa ideia, onde veremos a relação entre Força e aceleração, onde a constante de proporcionalidade seria a massa, construindo assim a relação $F = ma$.

Terceira Lei de Newton (10 minutos)

Ao abordar a terceira Lei de Newton, podemos propor um rápido experimento, utilizando um balão e um carrinho, mostrando que por mais que o ar saia para um lado, o carrinho se movimenta para outro, com isso pode-se introduzir os conceitos da terceira Lei de Newton e trabalhar problemas envolvendo-a.

Avaliação de aprendizagem

A avaliação poderá ser feita utilizando uma abordagem de questionário simples ou um quiz, para ter uma melhor compreensão do que foi abstraído pelos alunos durante a aula e reforçar os pontos onde tiveram maior carência de compreensão.

7º Aula: Pêndulo Simples

Disciplina: Física

Equipe:

Professor:

Plano de aula

Público Alvo

Alunos do ensino médio

Unidade temática

Pêndulo Simples

Objetos de conhecimento

- Conhecer acerca do movimento do Pêndulo Simples.
- Resolver problemas envolvendo o Pêndulo Simples.
- Montar a estrutura física, circuito e linguagem de programação para trabalhar o movimento de Pêndulo Simples.

Habilidades

- (EM13CNT101) Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.
- (EM13CNT303) Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir

estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.

Tema

Estudo do movimento do Pêndulo Simples.

Duração

50 minutos

Objetivos de aprendizagem

Ao final da aula, os alunos serão capazes de:

- Ler e interpretar problemas envolvendo o Pêndulo Simples.
- Desenvolver a ideia e os conceitos envolvendo um movimento harmônico.
- Adquirir maior compreensão de elementos que cercam o nosso mundo.
- Introduzir os conceitos de funcionamento da mecânica newtoniana.

Materiais

- Quadro Branco
- Projetor (Opcional)
- Pincel e apagador
- Arduíno
- *Protoboard*
- Sensor óptico
- *Jumpers*
- Alça metálica
- Haste de ferro
- Pegador de ferro
- Cordão
- Esfera

Metodologia

Introdução (5 minutos)

Os alunos serão recebidos, então poderá conversar com os alunos a respeito de alguns tipos de relógio, pode-se perguntar sobre quais modelos de relógio há atualmente e relembrá-los de um modelo mais antigo de relógio, o relógio de pêndulo, também conhecido como relógio de cuco. Com isso, podemos refletir a respeito de como funciona esse relógio, qual a função do pêndulo nele? Ao chegar na conclusão de que é para marcar o tempo, como podemos garantir que ele marque o segundo de forma mais exata possível? Com esses questionamentos pode-se dar início a aula sobre o pêndulo simples.

Pêndulo Simples (15 minutos)

Com a aula iniciada, pode-se mostrar o que é o pêndulo e como ele funciona, é importante salientar os conceitos de amplitude do movimento e o que é o período do movimento e como é o período de oscilação do pêndulo. Com isso, é interessante demonstrar um experimento básico, pode-se utilizar um [experimento virtual](#) (o experimento proposto traz o pêndulo físico, pode-se utilizar esse experimento para elucidar os conceitos de período oscilatório e sua relação com o comprimento do pêndulo, no caso sua distância até o eixo de rotação), para que os alunos tenham um primeiro contato com uma prática utilizando esse artefato. Com as ideias sobre como funciona o pêndulo formado, pode-se partir para a confecção da experimentação.

Montagem do experimento (30 minutos)

Nesse momento, se mostra como os alunos poderão montar um experimento de queda livre usando o Arduino, então é interessante mostrar formas de montagem do circuito e da estrutura. O código é interessante que seja feito por conta própria, fazendo com que pensem nos conceitos de queda livre e tentem fazer um código que satisfaça esses conceitos. A prática terá como fim calcular a aceleração da gravidade, e a relação entre o comprimento do pêndulo e seu período de oscilação, sendo assim os alunos terão que debater os conceitos e pensar em como realizar um código e uma estrutura que consiga mensurar o que se pede. Uma das formas de montar a estrutura do experimento, pode ser vista na figura 1. Já uma proposta do código e da montagem do circuito pode ser vista nas figuras 2 e 3 respectivamente.

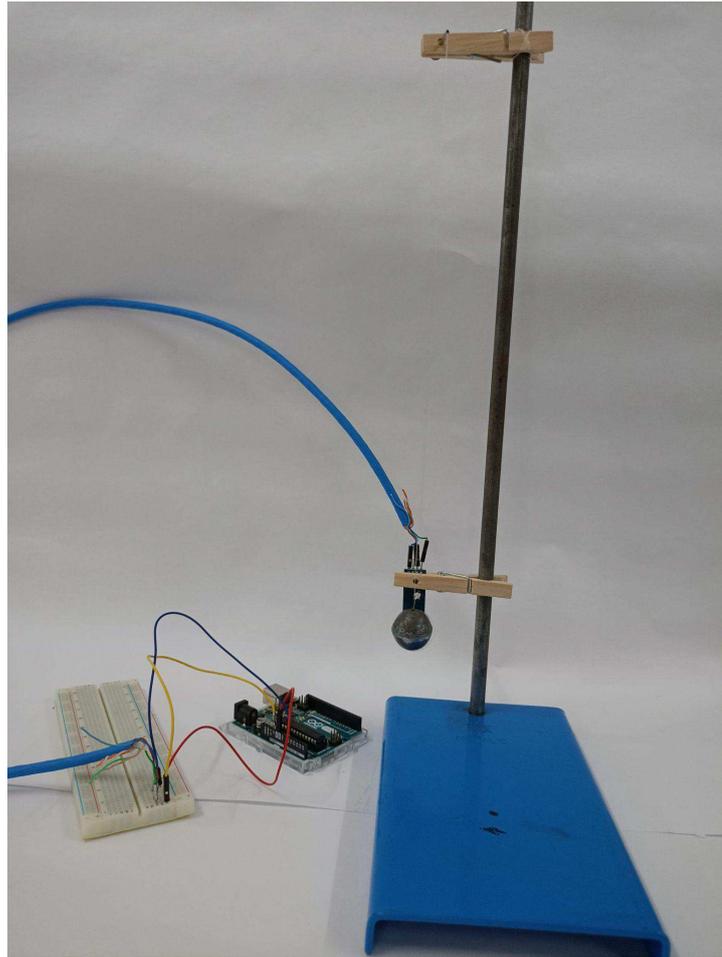


Figura 1 - Modelo de Pêndulo Simples.

Uma forma de escrever o código no S4A pode ser vista na Figura 2, onde teremos que ao clicar na bandeira verde, se o sensor ligado na entrada analógica 0 estiver com o "*value*", que irá quantificar a quantidade de luz que o sensor está reconhecendo, ele esperará até que o "*value*" deste sensor ser menor que 900 e então irá zerar o cronômetro e substituir o valor da variável criada "*cronômetro*" pelo valor do temporizador, quando o "*value*" do sensor voltar a ser menor que 900, ele irá marcar o valor do temporizador naquele momento e irá adicionar em uma lista de períodos, gerando metade do período de todo o movimento.

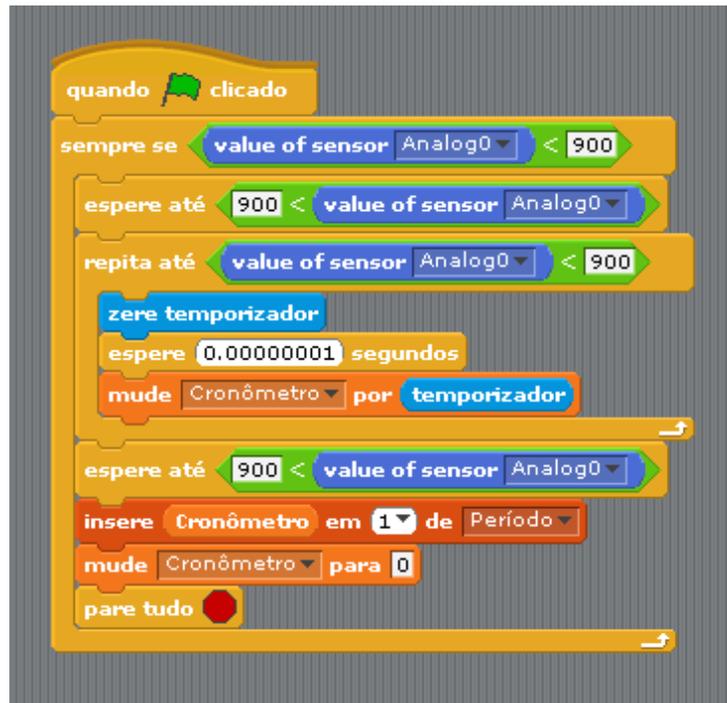


Figura 2 - Código proposto para experimento do Pêndulo Simples.

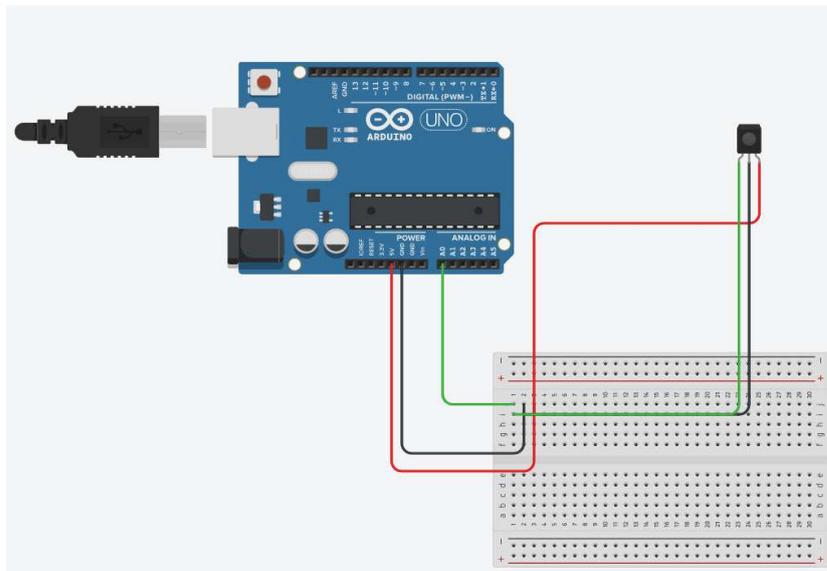


Figura 3 - Montagem do circuito

É importante frisar que as imagens mostradas refletem apenas uma proposição de como se pode montar os experimentos, mas o grande objetivo é deixar que os alunos montem da sua própria forma, buscando que seja funcional. Dessa forma será possível fomentar o aprender fazendo e desenvolver formas criativas de experimentação.

Avaliação de aprendizagem

A avaliação da aula pode ser feita utilizando um questionário ou um quiz sobre a parte teórica da aula, onde será possível avaliar o nível de aprendizagem dos alunos e também se pode avaliar a montagem dos experimentos, onde poderá ser vista a evolução dos alunos com os experimentos.

ANEXO B – ROTEIROS DE PRÁTICA

O anexo B irá trazer alguns roteiros de prática, que podem ser usados como inspiração para o trabalho dos docentes. Os roteiros, assim como os planos de aula, são modelos apenas para embasamento, podem ser alterados de acordo com a necessidade do professor e da turma. As imagens mostradas são apenas uma forma de realizar o experimento, é sempre importante oferecer ao aluno a liberdade de montar o experimento da forma que se sentir mais confortável, lembrando sempre que o discente será o protagonista do processo, onde o docente será o mediador desse processo, priorizando a promoção da aprendizagem criativa.

Prática :

Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV)

Alunos:
Professor:

I. OBJETIVOS

- Determinar a inclinação do plano;
- Relacionar a inclinação do plano com a aceleração;

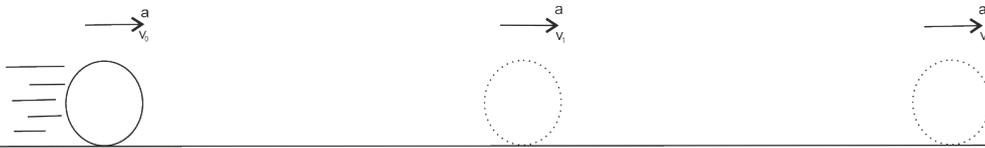
II. MATERIAL

- Calha de metal
- Arduíno
- *Jumpers*
- Sensor infravermelho (2x)
- Esfera

III. FUNDAMENTO TEÓRICO

Quando a velocidade de uma partícula se altera, é correto afirmar que a partícula experimentou uma aceleração, ou seja, foi submetida a um processo de aceleração (Halliday; Resnick; Walker, 2023).

Figura 1: A bola vai mudando sua velocidade ao longo do percurso com uma aceleração constante.



Também podemos definir a aceleração como a taxa de variação da velocidade (Tipler, 2008). Ou seja, agora teremos que a velocidade do sistema irá variar. Para tal, podemos escrever a aceleração da seguinte forma:

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}(t_2) - \vec{v}(t_1)}{t_2 - t_1} \quad (1)$$

Com isso, temos a seguinte equação relacionando a velocidade em função do tempo e da aceleração, conhecida também como a função horária da velocidade.

$$\Delta v = a\Delta t \quad (2)$$

Além disso, relacionando agora as distâncias com o tempo, a aceleração e a velocidade inicial, obteremos a função horária da posição:

$$v = v_0t + \frac{at^2}{2} \quad (3)$$

A equação 2.5 é conhecida como a função horária da posição, da qual podemos ter a posição da partícula de acordo com dados da velocidade inicial, aceleração e tempo. A seguinte equação é conhecida como a equação de Torricelli, nome dado em homenagem ao físico e matemático Evangelista Torricelli, que determinou este resultado pela primeira vez. Com isto, temos um resumo teórico das equações mais importantes que a cinemática aborda, tanto em sua forma escalar quanto vetorial.

$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta x \quad (4)$$

Com isto, temos agora sistemas com variações de velocidade, isto nos dá um novo tipo de tratamento, onde teremos as acelerações nesses sistemas. Também conhecido como Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV).

IV. PROCEDIMENTO

.1 Procedimento 1

Primeiramente, precisamos montar o experimento para gerar uma aceleração no sistema. Uma forma de fazer isso é inclinando o plano, aumentando a altura de uma de suas extremidades, fazendo isso para diferentes inclinações, insira os dados obtidos na tabela e compare os resultados.

Tempo (s)	Altura (m)

.2 Procedimento 2

Calcule as acelerações obtidas no procedimento 1 e anote na tabela:

Tempo (s)	Aceleração (m/s^2)

.3 Procedimento 3

Agora, fixe uma altura, você terá que mudar a posição dos sensores para medir diferentes intervalos de comprimento, anote as distâncias e os tempos:

Distância (m)	Tempo (s)

.4 Procedimento 4

Agora, com os dados obtidos no procedimento 4, determine a aceleração da esfera:

Tempo (s)	Aceleração (m/s^2)

V. QUESTIONÁRIO

- 1- Com os dados obtidos no procedimento 3, gere um gráfico relacionando as distâncias e o tempo.
- 2- No procedimento 4, determine a velocidade da esfera ao passar pelo segundo sensor
- 3- Qual seria o tempo necessário para a esfera percorrer 1 metro com a aceleração média mensurada no procedimento 4?

Prática : Queda Livre

Alunos:
Professor:

I. OBJETIVOS

- Determinar a aceleração da gravidade;
- Verificar a dependência da massa com a aceleração;

II. MATERIAL

- Haste de ferro
- Alça metálica
- Pegador de ferro (2x)
- Arduíno
- *Jumpers*
- Sensor infravermelho (2x)
- Esfera
- Cordão

III. FUNDAMENTO TEÓRICO

A queda livre é um caso em específico das aplicações da segunda lei de Newton, onde um corpo é libertado e a única força atuante nele é a força da terra sobre o corpo, também conhecida como força gravitacional, ou seja, a aceleração desse corpo é a aceleração gravitacional. Para tal problema, podemos utilizar uma das equações horárias, lembrando que a aceleração do sistema é apenas a aceleração da gravidade (g), ou seja, as equações ficam na seguinte forma:

$$\Delta \vec{v} = \vec{g} \cdot \Delta t \quad (1)$$

$$\vec{x} = \vec{x}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{\vec{g} t^2}{2} \quad (2)$$

$$|\vec{v}|^2 = |\vec{v}_0|^2 + \vec{g} \cdot \Delta t \quad (3)$$

Além de que, se quisermos avaliar as forças no sistema, estaremos determinando a força peso, que determinará o peso de determinado objeto. Podemos escrever a força peso da seguinte forma:

$$\vec{P} = m \cdot \vec{g} \quad (4)$$

Desta forma, podemos analisar a queda livre.

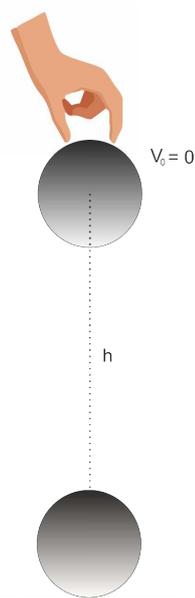


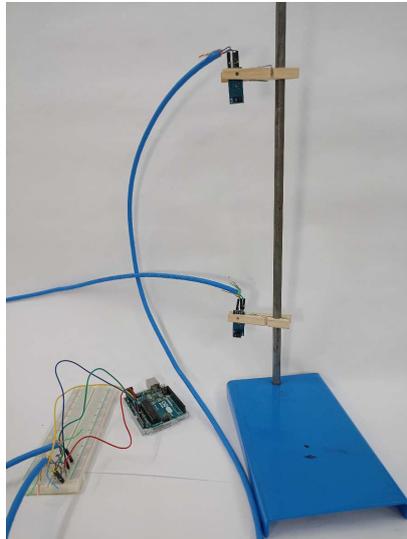
Figura 1: Queda Livre

IV. PROCEDIMENTO

1.1 Procedimento 1

Primeiramente, para montar o experimento é necessário colocar um sensor na parte superior da haste e um sensor na parte inferior da haste, de forma que ao soltar o objeto, quando o sensor superior desligar, o cronômetro começar a contar o tempo até que o objeto passe pelo sensor inferior, dessa forma calculando o tempo de queda, onde deverá ser anotado nas tabelas abaixo. Uma forma de se montar esse experimento, é da seguinte maneira:

Figura 2: Modelo de montagem do experimento



Com isto, podemos confeccionar a seguinte tabela:

$\Delta x(m)$	$\Delta t(S)$	Aceleração (m/s^2)

.2 Procedimento 2

Troque as massas e calcule o intervalo de tempo:

Massa (g)	$\Delta t(s)$

V. QUESTIONÁRIO

- 1- Se soltarmos no mesmo instante, desprezando qualquer tipo de força resistiva, uma pedra de uma tonelada e uma pena, qual das duas chegaria primeiro? Justifique sua resposta.
- 2- Um corpo em queda livre sujeita-se à aceleração gravitacional g . Ele passa por um ponto A com velocidade 10 m/s e por um ponto B com velocidade de 50 m/s. A distância entre os pontos A e B é:

Prática : Pêndulo Simples

Alunos:
Professor:

I. OBJETIVOS

- Mensurar o período de oscilação;
- Relacionar o comprimento da corda e seu período;

II. MATERIAL

- Haste de metal
- Alça metálica
- Pegador de ferro
- Arduíno
- *Jumpers*
- Sensor infravermelho
- Esfera
- Cordão

III. FUNDAMENTO TEÓRICO

Para o pêndulo simples, temos o seguinte caso:

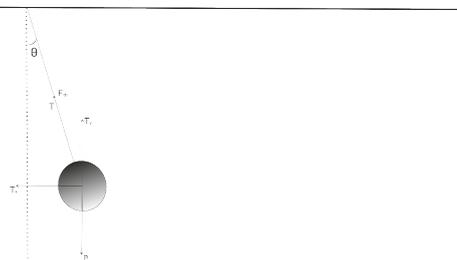


Figura 1: *Pêndulo Simples*

Para o pêndulo simples, temos um caso específico de um oscilador harmônico. Ao decompor as forças no pêndulo, iremos obter duas componentes para o peso, uma que irá produzir a aceleração

centrípeta, que será a $F = mg\cos\theta$ e outra $F = -mgsin\theta$, a segunda será a força restauradora que irá agir sobre a massa. Para o caso de pequenos ângulos, teremos a aproximação de $\sin\theta \approx \theta$, então teremos:

$$F = -mg\theta \quad (1)$$

Utilizando o conceito de setor circular, teremos que $\Delta S = \theta L$, onde ΔS é a distância percorrida pela massa. Com isso, teremos:

$$F = -mg\frac{\Delta S}{L} \quad (2)$$

Partindo da definição geral de forças restauradoras:

$$F = -kx \quad (3)$$

Onde podemos ver que $k = mg/L$. O período do movimento harmônico é dado como:

$$\begin{aligned} T &= 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \\ &= 2\pi\sqrt{\frac{mL}{mg}} \\ &= 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \end{aligned} \quad (4)$$

Essa relação é a característica para calcular o período do pêndulo simples, onde teremos somente a dependência do comprimento do fio e da gravidade.

Com isto podemos extrair que a gravidade pode ser escrita como:

$$g = \frac{4\pi^2}{\frac{T^2}{L}} \quad (5)$$

A partir desse resultado, podemos encontrar a relação $\frac{L}{T^2}$ e descobrir o valor da gravidade local.

RELEMBRANDO

PERÍODO de um pêndulo é o intervalo de tempo gasto pelo pêndulo para realizar uma oscilação completa. Representá-lo-emos pela letra T.

ELONGAÇÃO de um pêndulo, em um instante, é o ângulo que, no instante considerado, o pêndulo forma com a vertical (posição de equilíbrio).

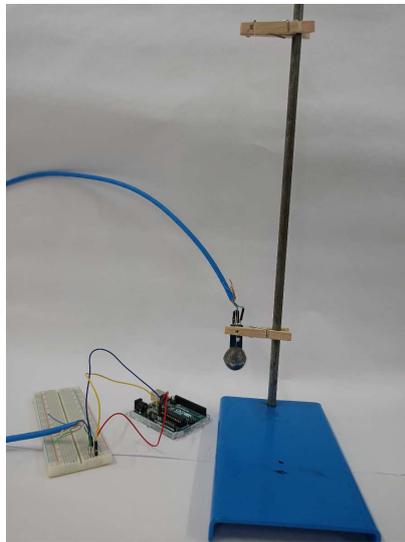
AMPLITUDE de um pêndulo é sua elongação máxima.

IV. PROCEDIMENTO

1 Procedimento 1

- 1- Mensure a massa da esfera: $m =$
- 2- Determine o comprimento do Pêndulo $L =$
- 3- Determine um ponto de referência para soltar a esfera no pêndulo, sempre solte a esfera da mesma altura para obter resultados válidos. Perceba que o sensor vai marcar metade do período de oscilação, uma vez que ele irá iniciar na primeira passagem e irá parar na segunda. Caso ele tenha sido feito da seguinte maneira:

Figura 2: Modelo de pêndulo simples



Determinar o valor do período do Pêndulo de acordo com o comprimento da corda experimentalmente:

Tabela 1 - Mensuração do Período.

Comprimento da corda (L)	1/2 Período (T)

.2 Procedimento 2

Determine o valor médio para os valores de período medidos. Também relacione o comprimento da cordão com o período, se alterarmos o comprimento do cordão, iremos alterar o período?

$$\text{Período Médio} = 2 \cdot 0,533 \text{ s} = 1,066 \text{ s}$$

.3 Procedimento 3

Com os valores do período, utilize a equação 5 para calcular a aceleração da gravidade

Tabela 2 - Cálculo da aceleração da gravidade.

Comprimento da corda (L)	Período (T)	$g \text{ (m/s}^2\text{)}$

.4 Procedimento 4

Construa um gráfico relacionando o comprimento da corda (L), com o período (T), construa uma tabela com os valores e plote o gráfico.

Tabela 3 - Relação entre Comprimento e período.

Comprimento da corda (L)	Período (T)

OBERSVAÇÕES

Os tempos devem ser medidos em segundos e anotados com uma casa decimal. O cálculo do período médio em cada caso deve obedecer às regras das operações com algarismos significativos, assim como os demais cálculos. Desta forma, embora as medidas dos períodos devam ser anotadas em segundos com somente uma casa decimal, o valor médio do período em segundos pode ter mais de uma casa decimal.

V. QUESTIONÁRIO

- 1- Qual a relação entre o comprimento da corda e o período?
- 2- Construa uma tabela calculando a velocidade angular com o comprimento da corda. Essa velocidade aumenta ou diminui?
- 3- Qual o peso de uma pessoa de massa 70,00 kg no local onde foi realizada a experiência?
- 4- Qual o peso da pessoa da questão anterior na lua?