



PPGECM

Programa de pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática
Instituto de Humanidades, Ciências, Educação e Criatividade - IHCEC

Antonio Flavio Vila Real

**ESTUDO DAS 3 LEIS DE ISAAC NEWTON: UMA
SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA
USANDO A ROBÓTICA EDUCACIONAL**

Passo Fundo

2023

Antonio Flavio Vila Real

**ESTUDO DAS 3 LEIS DE ISAAC NEWTON: UMA
SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA
USANDO A ROBÓTICA EDUCACIONAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, do Instituto de Humanidades, Ciências, Educação e Criatividade, da Universidade de Passo Fundo, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ensino de Ciências e Matemática, sob a orientação do professor Dr. Marco Antônio Sandini Trentin.

Passo Fundo

2023

CIP – Catalogação na Publicação

R288e Real, Antonio Flávio Vila
Estudo das 3 Leis de Isaac Newton [recurso eletrônico] : uma sequência de ensino investigativa usando a robótica educacional / Antonio Flávio VilaReal.
– 2023
15 MB ; PDF.

Orientador: Prof. Dr. Marco Antônio Sandini Trentin.
Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade de Passo Fundo, 2023.

1. Física (Ensino médio). 2. Robótica - Estudo e ensino. 3. Tecnologia educacional. I. Trentin, Marco Antônio Sandini, orientador. II. Título.

CDU: 372.853

Catalogação: Bibliotecária Jucelei Rodrigues Domingues - CRB 10/1569

Antonio Flavio Vila Real

Estudo das 3 Leis de Isaac Newton: uma sequência de ensino investigativa usando a robótica educacional

A banca examinadora abaixo, APROVA em 18 de dezembro de 2023, a Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática – Mestrado Profissional da Universidade de Passo Fundo, como requisito parcial de exigência para obtenção de grau de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática, na linha de pesquisa Tecnologias de Informação, Comunicação e Interação aplicadas ao ensino de Ciências e Matemática.

Dr. Marco Antônio Sandini Trentin - Orientador
Universidade de Passo Fundo - UPF

Dra. Marlise Geller
Universidade Luterana do Brasil - ULBRA

Dr. Alisson Cristian Giacomelli
Universidade de Passo Fundo - UPF

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente a DEUS, por me proporcionar a oportunidade desse estudo e me sustentar nas horas difíceis.

A minha esposa Cláudia Tubiana, meus filhos: Yasmin, Felipe, Pietra e Noah, por me apoiar nessa caminhada acadêmica.

Ao meu Orientador Dr. Marco Antônio Sandini Trentin, pelos diversos diálogos, sugestões, recomendações e intervenções ao longo da construção deste trabalho. Manifesto aqui minha gratidão por compartilhar sua sabedoria, o seu tempo e a sua experiência além da sua enorme paciência, pela ajuda desde a escolha do tema a ser abordado até a conclusão do trabalho, transmitindo conhecimentos, que com certeza não serviram apenas para o mestrado e sim para toda a minha carreira profissional.

À banca examinadora, Dr. Alisson Giacomelli, Dra. Marlize Geller e Dra. Cleci Teresinha Werner da Rosa, pelas contribuições na melhoria desse trabalho.

Aos docentes do Programa, pelos conhecimentos transmitidos, profissionais de excelência.

À minha amiga, irmã Simonia Pereira da Silva, que me incentivou a fazer esse mestrado.

Ao meu amigo, irmão Sérgio Luiz de Oliveira que esteve presente comigo nesta caminhada.

Ao governo do Estado de Rondônia e a Secretaria Estadual de Educação, pela iniciativa de financiamento do curso.

À Faculdade Católica de Rondônia, por ceder o espaço físico para as aulas presenciais.

E por fim a todos que de alguma forma participaram dessa conquista.

RESUMO

O presente texto refere-se à dissertação de mestrado, representando um estudo investigativo no âmbito do mestrado profissional em Ensino de Ciências e Matemática do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECM) da Universidade de Passo Fundo (UPF). O cerne da pesquisa aborda as dificuldades enfrentadas pelos docentes na promoção do interesse e avaliação dos estudantes pelas aulas de física, bem como a deficiência de oportunidades para que os discentes vivam experiências de investigação. Dessa maneira, as ferramentas tecnológicas, tais como a robótica educacional, podem se tornar bons aliados no processo de ensino, que é proposta desse trabalho. A principal motivação desta pesquisa foi devido ao desinteresse por parte dos alunos do 1º ano do ensino médio em aprender os conceitos físicos. Nesse sentido, formulou-se a seguinte questão que norteia essa investigação: de que forma uma Sequência Didática de Ensino Investigativa, contemplando a Robótica Educacional, pode auxiliar os alunos do 1º ano do Ensino Médio na compreensão das 3 Leis de Isaac Newton? Para responder a esse questionamento, construiu-se um produto educacional, sendo uma sequência didática para abordar os conceitos das 3 Leis de Newton, para o 1º ano do Ensino Médio, constituída de nove encontros. A proposta foi elaborada à luz dos princípios da Sequência de Ensino por Investigação, que tem como atividades chaves: Problema Contextualizado, Sistematização do Conhecimento, Contextualização, Avaliação. Essa pesquisa fez uso predominante de uma abordagem qualitativa, sendo considerados como instrumentos para coleta de dados o diário de bordo, questionários respondidos pelos estudantes e avaliação dos trabalhos realizados. A metodologia empregada envolveu a criação de uma sequência estruturada, começando com a apresentação de um problema contextualizado que motiva os alunos a explorar as leis do movimento. Em seguida, a etapa de Atividade de Sistematização promoveu a experimentação prática e a consolidação do conhecimento. A robótica educacional serviu como um recurso central, permitindo aos alunos traduzirem conceitos teóricos em ações físicas. A Contextualização estendeu a aplicação das leis para contextos do mundo real, enquanto a Avaliação ofereceu uma medida abrangente do aprendizado, incorporando feedback formativo para aprimorar o processo. O produto educacional que acompanha a presente dissertação refere-se a uma sequência didática destinada a professores de Física do Ensino Médio e reúne atividades voltadas ao estudo das 3 Leis de Newton. Ao findar esta pesquisa, foram obtidos resultados satisfatórios após análise das atividades e práticas realizadas, trabalhos apresentados, sendo observado evidências que apontam o potencial da proposta. Tal produto encontra-se disponível na página do PPGECM/UPF e no repositório do EduCapes <http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/743590>.

Palavras-chave: Sequência didática de ensino investigativa. Robótica educacional, Leis de Newton, Produto educacional.

ABSTRACT

This text refers to the master's thesis, representing an investigative study within the scope of the professional master's degree in Science and Mathematics Teaching of the Postgraduate Program in Science and Mathematics Teaching (PPGECM) at the University of Passo Fundo (UPF). The core of the research addresses the difficulties faced by teachers in promoting students' interest and evaluation in physics classes, as well as the lack of opportunities for students to have research experiences. In this way, technological tools, such as educational robotics, can become good allies in the teaching process, which is the purpose of this work. The main motivation for this research was due to the lack of interest on the part of 1st year high school students in learning physical concepts. In this sense, the following question was formulated that guides this investigation: how can a Didactic Sequence of Investigative Teaching, covering Educational Robotics, help 1st year high school students in understanding Isaac Newton's 3 Laws? To answer this question, an educational product was created, being a didactic sequence to address the concepts of Newton's 3 Laws, for the 1st year of High School, consisting of nine meetings. The proposal was prepared in light of the principles of the Research-based Teaching Sequence, which has as key activities: Contextualized Problem, Systematization of Knowledge, Contextualization, Assessment. This research predominantly used a qualitative approach, with the logbook, questionnaires answered by students and evaluation of the work carried out as instruments for data collection. The methodology used involved the creation of a structured sequence, starting with the presentation of a contextualized problem that motivates students to explore the laws of motion. Next, the Systematization Activity stage promoted practical experimentation and consolidation of knowledge. Educational robotics served as a central resource, allowing students to translate theoretical concepts into physical actions. Contextualization extended the application of laws to real-world contexts, while Assessment offered a comprehensive measure of learning, incorporating formative feedback to improve the process. The educational product that accompanies this dissertation refers to a teaching sequence intended for teachers of High School Physics and brings together activities focused on the study of Newton's 3 Laws. At the end of this research, satisfactory results were obtained after analyzing the activities and practices carried out, work presented, and evidence that points to the potential of the proposal. This product is available on the PPGECM/UPF page and in the EduCapes repository <http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/743590>.

Keywords: Investigative teaching sequence. Educational robotics. Newton's laws. Educational products.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tabela sintetizada dos encontros.....	39
Quadro 2 - Calendário de aplicação do Produto Educacional.....	43
Quadro 3 - Questionamentos sobre a 1ª Lei de Newton.....	45
Quadro 4 - Questionamentos sobre a 2ª Lei de Newton.....	45
Quadro 5 - Questionamentos sobre a 3ª Lei de Newton.....	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa Conceitual Envolvendo as Etapas da SEI.....	21
Figura 2 - Chute na bola com força de contato.....	30
Figura 3 - Aplicando a força de contato ao empurrar um carrinho de supermercado	31
Figura 4 - Demonstração da 1ª Lei de Newton.....	32
Figura 5 - Fórmula da 2ª Lei de Newton	33
Figura 6 - Exemplo da 2ª Lei de Newton	34
Figura 7 - Uma pessoa aferindo sua massa– 3ª Lei de Newton.....	36
Figura 8 - Capa do Produto Educacional.....	41
Figura 9 - Vetores de Força e Aceleração	46
Figura 10 - Reposta do Estudante.....	50
Figura 11 - Resposta do Estudante	50
Figura 12 - Resposta do Estudante	50
Figura 13 - Resposta do Estudante	50
Figura 14 - Alunos programando os protótipos.....	51
Figura 15 - Resposta do estudante.....	53
Figura 16 - Resposta do estudante.....	54
Figura 17 - Resposta do estudante.....	54
Figura 18 - Base Motriz iniciando o movimento.....	55
Figura 19 - Base Motriz em movimento.....	56
Figura 20 - Tirinha sobre a Inércia	57
Figura 21 - Reposta do estudante	57
Figura 22 - Resposta do estudante.....	58
Figura 23 - Resposta do estudante.....	58
Figura 24 - Resposta do estudante.....	58
Figura 25 - Resposta do estudante.....	58
Figura 26 - Resposta do estudante.....	60
Figura 27 - Resposta do estudante.....	60
Figura 28 - Resposta do estudante.....	61
Figura 29 - Resposta do estudante.....	61
Figura 30 - Resposta do estudante.....	61
Figura 31 - Resposta do estudante.....	61
Figura 32 - Resposta do estudante.....	62

Figura 33 - Resposta do estudante	62
Figura 34 - Resposta o estudante	62
Figura 35 - Caixa com isopor	63
Figura 36 - Caixa com areia	64
Figura 37 - Caixa com moedas	64
Figura 38 - Representação da força, massa e aceleração	65
Figura 39 - Robô levando isopor picado	67
Figura 40 - Robô levando areia	67
Figura 41 - Robô e as caixas em forma de cubo	68
Figura 42 - Robô com velocidade 30%	74
Figura 43 - Robô com velocidade 60%	74
Figura 44 - Robô com velocidade 90%	75
Figura 45 - Charge sobre a 3° Lei de Newton	76
Figura 46 - Resposta do estudante	77
Figura 47 - Resposta do estudante	77
Figura 48 - Reposta do estudante	77
Figura 49 - Resposta do estudante	78
Figura 50 - Resposta do estudante	78
Figura 51 - Resposta do estudante	78
Figura 52 - Relato do Grupo 1 sobre o que aprenderam durante as aulas	79
Figura 53 - Relato do Grupo 2 sobre o que aprenderam no decorrer das aulas	80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a	Aceleração
A	Avaliação
A.S.C.	Atividade de Sistematização do Conhecimento
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
C	Contextualização
E.E.E.M.T.I	Escola Estadual de Ensino Médio de Tempo Integral
Fr	Resultante da Força
m	Massa
MEC	Ministério da Educação
P.C.	Problema Contextualizado
PCN's	Parâmetros Curriculares Nacionais
SEI	Sequência de Ensino Investigativa
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	APORTE TEÓRICO.....	16
2.1	As Sequências de Ensino Investigativas.....	16
2.2	As Etapas da Sequência de Ensino Investigativa.....	20
2.2.1	<i>Problema Contextualizado</i>	<i>21</i>
2.2.2	<i>Atividade de Sistematização do Conhecimento</i>	<i>22</i>
2.2.3	<i>Contextualização</i>	<i>23</i>
2.2.4	<i>Avaliação</i>	<i>23</i>
2.3	A Robótica Educacional e o Construcionismo	24
2.4	A Robótica Educacional e o Ensino da Física	27
2.5	As 3 Leis de Isaac Newton.....	29
2.5.1	<i>A 1ª Lei de Newton.....</i>	<i>31</i>
2.5.2	<i>A 2ª Lei de Newton.....</i>	<i>33</i>
2.5.3	<i>A 3ª Lei de Newton.....</i>	<i>35</i>
3	METODOLOGIA.....	37
3.1	Instrumentos e Coleta de Dados	37
4	O PRODUTO EDUCACIONAL	39
4.1	O Local da Aplicação.....	41
4.2	Cronograma de Implementação da Escola.....	43
4.3	Os Encontros	43
4.3.1	<i>Primeiro Encontro.....</i>	<i>44</i>
4.3.2	<i>Segundo Encontro.....</i>	<i>44</i>
4.3.3	<i>Terceiro Encontro.....</i>	<i>44</i>
4.3.4	<i>Quarto Encontro.....</i>	<i>45</i>
4.3.5	<i>Quinto Encontro</i>	<i>46</i>
4.3.6	<i>Sexto Encontro.....</i>	<i>46</i>
4.3.7	<i>Sétimo Encontro.....</i>	<i>47</i>
4.3.8	<i>Oitavo Encontro.....</i>	<i>47</i>
4.3.9	<i>Nono Encontro.....</i>	<i>48</i>
5	DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	49
5.1	Primeiro Encontro	49
5.2	Segundo Encontro.....	52

5.3	Terceiro Encontro.....	57
5.4	Quarto Encontro	59
5.5	Quinto Encontro	65
5.6	Sexto Encontro	69
5.7	Sétimo Encontro.....	70
5.8	Oitavo Encontro.....	73
5.9	Nono Encontro	76
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	82
	REFERÊNCIAS	85
	APÊNDICE A - Termo de Autorização da Escola	89
	APÊNDICE B - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	90
	APÊNDICE C - Termo de Assentimento Livre e Esclarecido	91
	APÊNDICE D - Transcrição das figuras com respostas dos alunos.....	92

1 INTRODUÇÃO

A educação tradicional em que o aluno não tem voz ativa na sala de aula, sendo suprimido o direito de participação na construção de seu próprio conhecimento, onde esse é tratado como uma verdade única, incontestável, e impassível de modificações, atualmente não faz mais sentido. Os alunos, em sua grande maioria, desejam participar ativamente dos processos de ensino e aprendizagem, tendo a oportunidade de se envolver com a aula, trocando experiências e vivências. Porém, um dos maiores desafios enfrentados pelos professores, ainda hoje, é tornar a aprendizagem significativa de maneira que ela seja agradável, e ao mesmo tempo, instigante, motivadora e envolvente, despertando no aluno o prazer de estar em sala de aula e construir conhecimentos.

Nesse cenário, minha trajetória acadêmica na Universidade Federal de Rondônia, iniciada no ano 2000, reflete os desafios e a resiliência necessária para superá-los. Ao longo de quatro anos no curso de Licenciatura Plena em Matemática, enfrentei lutas e dificuldades, muitas vezes sem recursos financeiros para participar das aulas práticas de laboratório, realizadas em outra cidade. No entanto, a confiança em Deus e a resiliência foram constantes, impulsionando-me mesmo nas noites sem dormir, dedicadas aos cálculos, orientação e contextualizações. Essa jornada foi marcada por otimismo e determinação, guiada pelo desejo de concretizar o sonho de me tornar graduado e influenciar positivamente o cenário educacional.

No decorrer da minha vida acadêmica eu me identifiquei muito com a Física, me apaixonando cada vez mais pela arte das Ciências Exatas e, terminando a Graduação de Licenciatura Plena em Matemática no ano de 2004, decidi fazer uma Pós-Graduação em Física nas Faculdades Integradas de Jacarepaguá na cidade de Cabo Frio no Rio de Janeiro.

Comecei a buscar cursos de aperfeiçoamento e interdisciplinaridade para tornar a aprendizagem dos meus alunos mais suave e natural, com vários cursos da Positivo e trabalhando com o Conceito do Curso Objetivo, onde dava aulas de preparação para concursos, e Enem, consegui aprimorar a linguagem da Matemática e Física para que pudessem ser compreendidas usando instrumentos tecnológicos como simuladores, jogos educativos matemáticos, e projetos com robótica e Arduino, usando vivências dos próprios estudantes e adequando suas necessidades, facilitando a educação inclusiva, fazendo-os ver que o mundo gira praticamente em torno de números e tecnologia, onde a física e a matemática estão unidas para um único objetivo, que é o de tornar a vida mais fácil e prática, se usadas da forma correta.

Lecionar Física no ensino médio é um papel desafiador para qualquer docente, pois essa disciplina dispõe de todos os requisitos para estar entre as mais dinâmicas, tendo em vista que se trata de uma ciência experimental e cotidiana, no entanto o que se vê por parte dos estudantes é, na maioria das vezes, um sentimento de resistência e poucos se apropriam realmente de tal conhecimento.

A física é a ciência que estuda os fenômenos da natureza e, na maior parte das vezes, seus conceitos são abstratos e permeados de fórmulas, exigindo do discente pré-requisitos que estão fundamentados na matemática básica, e interpretação dos textos, esse último muito abordado em língua portuguesa. Para evitar o ensino dos conceitos físicos de forma desarticulada, percebe-se um movimento de muitos profissionais da educação tentando cada vez mais se apropriar de abordagens educacionais motivadoras, mais interativas, sempre na busca de tentar fazer os conteúdos atraentes para os estudantes.

No Ensino Fundamental 2, a física vem sendo inserida no currículo aos poucos, com conceitos bem relevantes, pois a intenção é fazer com que o estudante, nessa fase, aprenda conceitos básicos e entenda que os fenômenos físicos estão presentes em seu cotidiano, mas no primeiro ano do ensino médio é que os jovens vão ter sua primeira experimentação mais dirigida desta disciplina, e eis que esse é o momento crucial para que ele seja engajado nesse mundo maravilhoso de experimentos e descobertas. Dentre os muitos conteúdos estudados em física no 1º ano do Ensino Médio, um dos mais importantes que vão acompanhá-los ao longo da jornada estudantil são as famosas Leis de Newton, onde eles se deparam com um cenário muito abstrato, que na maioria das vezes dificulta a compreensão do aluno e o desmotiva a prosseguir nessa jornada científica.

As Leis de Newton (1ª Lei: Lei da Inércia; 2ª Lei: Princípio Fundamental da Dinâmica e 3ª Lei: Lei da Ação e Reação) compõem, juntamente de outros temas, o currículo do Ensino de Física no 1º ano do Ensino Médio. As características, os argumentos e a necessidade de tais conceitos tratados nessa parte da disciplina de Física, são elaborados e norteados pelas regulamentações do Ministério da Educação (MEC), por meio dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's) e da Base Nacional Comum Curricular (BNCC). A BNCC indica a necessidade do aprofundamento e desenvolvimento das habilidades, na qual todos os estudantes devem possuir ao final de cada modalidade do ensino da educação básica. A meta cinco da BNCC aponta a utilização dos recursos tecnológicos de forma crítica, significativa e reflexiva em diversas práticas, incluindo as escolares.

Um recurso que pode ser um aliado no ensino de Física, em particular no ensino das Leis de Newton, é a robótica. Percebe-se que a robótica educativa tem ganhado adesão nos últimos

anos nas escolas e, aproveitando esta situação, a robótica possibilita que todas as áreas de conhecimento conversem entre si, fazendo o estudante experimentar de forma prática e exercitar o conhecimento adquirido, despertando o pensamento científico e, inclusive, aprimorando os 4 pilares da educação: aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a ser e aprender a conviver (DELORS,1998). Como foi demonstrada por Seymour Papert (1985), a computação é uma ferramenta para dar concretude ao aprendizado de coisas complexas (NOBREGA, 2018). É sabido que o aluno aprende melhor quando está engajado em construir algo significativo. E é neste sentido que o ensino de física pode vir a se beneficiar, fazendo uso da robótica educacional para auxiliar os alunos na compreensão das 3 Leis de Newton. Além disto, através de dinâmicas e atividades específicas utilizadas por este recurso, estaremos também contribuindo para construir as principais competências e habilidades de aprendizagem para o século XXI, como o trabalho em equipe, questão fundamental para os dias de hoje, liderança emergencial, empatia, criatividade, resiliência e resolução de problemas (QUEIROZ, 2008). Nesta perspectiva, a Robótica Educacional, quando integrada aos conteúdos curriculares, coloca o aluno como construtor de sua aprendizagem, interagindo e relacionando seu aprendizado com outras áreas de conhecimento, e repensando seus conceitos preexistentes.

Ademais, tal situação vai ao encontro do que é preconizado pelo Construcionismo, que é uma teoria elaborada por Seymour Papert e diz respeito a construção do conhecimento baseada na realização de uma ação concreta que resulta num produto palpável, desenvolvido com a ajuda do computador, que seja de interesse de quem o produz. Papert (1985) denominou de Construcionista a abordagem pela qual o aprendiz constrói, por intermédio do computador, o seu próprio conhecimento. Segundo Queiroz (2018), Papert foi aluno de Jean Piaget, e iniciou sua participação no MIT (Massachusetts Institute of Technology) sendo cofundador do laboratório de inteligência artificial em 1964. De acordo com Queiroz (2018), durante a década de 80 o Construcionismo foi desenvolvido com a ajuda das pesquisas de Piaget (1967), Dewey (1959), Montessori (1949) e Paulo Freire (1968). Papert foi um dos precursores no que diz respeito ao uso de tecnologia nas práticas educativas.

Com base nas premissas acima fundamentadas na necessidade de potencializar estratégias e recursos para o ensino significativo da Física, surge o questionamento que motiva essa pesquisa: **De que forma uma Sequência Didática de Ensino Investigativa, contemplando a Robótica Educacional, pode auxiliar os alunos do 1º ano do Ensino Médio na compreensão das 3 Leis de Isaac Newton?**

O objetivo geral dessa pesquisa é desenvolver uma Sequência Didática de Ensino Investigativa do conteúdo de Física sobre as 3 Leis de Newton, para se valer da potencialidade da Robótica Educacional, afim de favorecer a sua compreensão, através de oficinas de robótica.

Destacam-se os seguintes objetivos específicos:

- Apresentar discussões teóricas relacionadas às sequências de ensino por investigação e robótica educativa;
- Desenvolver situações de aprendizagem que estão organizadas em uma sequência didática que proporcionem aos estudantes um aprendizado interdisciplinar envolvendo a Robótica e a Física;
- Avaliar os resultados das atividades desenvolvidas pelos estudantes, usando os protótipos e aplicando as 3 Leis de Newton em cada situação específica.

Desta forma, este trabalho está organizado em capítulos, sendo que no segundo capítulo serão apresentadas as teorias de uma SEI que fundamentam este trabalho, bem como as 3 Leis de Newton e a robótica pelo seu viés de aplicação ao ensino, no terceiro capítulo, será descrito o Produto Educacional, bem como o local de sua aplicação, o cronograma da aplicação do Produto Educacional e um breve relato sobre os 9 encontros que serão realizados para a aplicação de uma Sequência Didática Investigativa usando como ferramenta a Robótica Educativa, já no quarto capítulo será relatado como será a Metodologia e seus Instrumentos e Coleta de Dados, por fim no quinto capítulo que irá relatar brevemente a Continuidade dos Estudos.

2 APORTE TEÓRICO

O presente capítulo apresenta a fundamentação teórica que norteará este trabalho, discorrendo a respeito da Sequência de Ensino Investigativa (SEI), pela via da teoria da aprendizagem do Construcionismo de Seymour Papert, usando a tecnologia digital inspirada na Robótica Educativa como recurso facilitador para o ensino da Física no ensino médio.

2.1 As Sequências de Ensino Investigativas

Uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI), resumidamente, é uma sucessão de atividades planejadas e trabalhadas por meio de investigação, buscando a relação de conceitos com atividades experimentais ou simulações para compreender determinado fenômeno (CARVALHO, 2014). Uma SEI deve possibilitar a troca de ideias entre os próprios alunos e aluno-professor por meio de discussões científicas e atividades de interação social.

Segundo Carvalho (2014), as SEI's são sequências de atividades (aulas) de um determinado tópico do programa escolar. Cada atividade é planejada, do ponto de vista do material e das interações didáticas, visando proporcionar aos alunos:

[...] condições de trazer seus conhecimentos prévios para iniciar os novos, terem ideias próprias e poder discuti-las com seus colegas e com o professor passando do conhecimento espontâneo ao científico e adquirindo condições de entenderem conhecimentos já estruturados por gerações anteriores (CARVALHO, 2014 p. 10).

O aluno não apenas recebe passivamente as informações, mas passa a desempenhar o papel de um ser pensante, assumindo caráter ativo, ou seja, será o agente principal para a construção de seu conhecimento em ciências. Nesse contexto, o professor não será um mero transmissor de conhecimento, relatando os conteúdos dos livros por meio de repetição, mas sim estimulará os alunos a pensar, a questionar e a argumentar uns com os outros, incentivando sempre a aplicação de seus conhecimentos em situações novas e diferentes, vivenciadas rotineiramente.

A prática experimental pode oferecer possibilidades interessantes para o desenvolvimento de SEI. Para que ela possa ser considerada uma investigação, deve apresentar um problema a ser resolvido com procedimentos e atitudes que se tornam tão pertinentes quanto a aprendizagem por meio de conteúdos e conceitos, promovendo uma educação com ênfase na relação entre evidências e explicações, não limitando o aluno apenas na manipulação ou

observação (ZOMPERO; LABURÚ, 2016). Assim, as aulas experimentais são ferramentas importantíssimas para que ocorra uma investigação, já que é o momento em que o estudante aprende a manusear e a agir ao se deparar com algum equipamento ou ao substituir um problema por uma situação-problema.

Bachelard (1938 apud CARVALHO, 2013) também contribuiu para o ensino investigativo, visto que, para ele, todo conhecimento é a resposta para uma questão. Em Bachelard é reconhecida a necessidade de mudança na cultura experimental, supondo que a transformação deve existir no sentido da evolução da experimentação espontânea para a experimentação científica, na qual os alunos poderão aprimorar seus conhecimentos. A experimentação científica possibilita a elaboração e teses de hipóteses, fator importante para o ensino investigativo.

De acordo com Chassot (1990, p. 67) “deve-se buscar cada vez mais o entendimento científico pelo entendimento da ação, afastando-se da concepção de Ciência como conhecimento racional, acabado e imutável”. Sendo assim a partir de vários estudos, o ensino por investigação se destaca por oportunizar que o aluno participe de todo o processo de aprendizagem, Azevedo (2004, p. 22) destaca que:

Utilizar atividades investigativas como ponto de partida para desenvolver a compreensão de conceitos é uma forma de levar o aluno a participar de seu processo de aprendizagem, sair de uma postura passiva e começar a perceber e agir sobre o seu objeto de estudo, relacionando o objeto com acontecimentos e buscando as causas dessa relação, procurando, portanto, uma explicação causal para o resultado de suas ações e/ou interações.

Quando é dito Ensino de Ciências por Investigação, pretende-se sugerir alternativas de aulas de ciências, diferentes daquelas em que o professor faz anotações no quadro, explica e os estudantes anotam e ouvem dissertar sobre um determinado tópico (MUNFORD; LIMA, 2007). Neste caso, o aluno assume um papel de expectador. A proposta é aproximar a forma como o ensino é realizado na sala de aula, com a forma como o conhecimento é produzido pelos cientistas. De acordo com argumentos propostos por (MUNFORD; LIMA, 2007, p. 5) “[...] seria impossível compreender, de fato, um conceito científico como, por exemplo, seleção natural, de forma desvinculada da investigação de problemas autênticos como aqueles examinados por biólogos evolutivos”.

Pesquisas feitas com relação ao ensino e aprendizagem de ciências apontam que estudantes de todos os níveis aprendem com maior facilidade quando submetidos a uma metodologia que se baseia na investigação científica, parecida com a realizada em laboratórios

científicos (CARVALHO, 1992; CARVALHO et al., 1998; AZEVEDO, 2006; MUNFORD; LIMA, 2007; CARVALHO, 2013). Somado a isso, cabe destacar que “Os trabalhos de pesquisa em ensino mostram que os estudantes aprendem mais sobre a ciência e desenvolvem melhor seus conhecimentos conceituais quando participam de investigações científicas, semelhantes às feitas nos laboratórios de pesquisas” (AZEVEDO, 2006, p. 19).

Ao analisar as teorias de Ensino por Investigação proposta por Azevedo (2009), Barrelo Junior (2015), Bellucco e Carvalho (2013), Bellucco (2015), Carvalho e Sasseron (2015), percebemos a necessidade de interação dos alunos com a situação-problema que exige do aluno sair do paradigma de receptor para ser o pensante e ativo no processo de ensino, que através da sua resiliência aprenda como o mundo funciona. Na perspectiva da investigação o aluno pode executar atividades em sala de aula, no laboratório, realizar atividades em grupo e socializar os resultados com seus colegas de classe, ou seja:

Investigar tem, contudo, um sentido mais amplo e requer ir mais longe, delimitando os problemas a serem enfrentados, desenvolvendo habilidades para medir e quantificar, seja com réguas, balanças, multímetros ou com instrumentos próprios, aprendendo a identificar os parâmetros relevantes, reunindo e analisando dados, propondo conclusões (BRASIL, 1999).

Uma sequência de ensino investigativa (SEI) traz como uma de suas contribuições a autonomia do aluno, pois lhe proporciona a liberdade de “pensar e agir”, o que favorece, entre outras características, o desenvolvimento da sua autonomia (CARVALHO et al., 1998). Uma outra contribuição deste tipo de atividade é o fato de o aluno poder testar suas concepções alternativas e com isso dar possibilidade ao professor de criar o conflito cognitivo. Carvalho (1992) define esse conflito cognitivo como sendo um confronto entre as concepções alternativas dos estudantes e os resultados obtidos no experimento. Desse modo, por meio da observação e da ação, que são pressupostos básicos para uma atividade investigativa, os alunos podem perceber que suas concepções alternativas não estão totalmente de acordo com os conceitos cientificamente aceitos e, a partir disso, dar início ao processo de reconstrução do conhecimento.

Analisando a BNCC (Base Nacional Comum Curricular), percebemos que os processos e práticas de investigação merecem também destaque especial nessa área. Portanto, a dimensão investigativa das Ciências da Natureza deve ser enfatizada no Ensino Médio, aproximando os estudantes dos procedimentos e instrumentos de investigação, tais como: identificar problemas, formular questões, identificar informações ou variáveis relevantes, propor e testar hipóteses, elaborar argumentos e explicações, escolher e utilizar instrumentos de medida, planejar e

realizar atividades experimentais e pesquisas de campo, relatar, avaliar e comunicar conclusões e desenvolver ações de intervenção, a partir da análise de dados e informações sobre as temáticas da área.

Outra contribuição de uma SEI é proporcionar a participação do aluno de modo que ele comece a produzir seu conhecimento por meio da interação entre pensar, sentir e fazer. Segundo Azevedo (2006, p. 22):

[...] a solução de problemas pode ser, portanto, um instrumento importante no desenvolvimento de habilidades e capacidades, como: raciocínio, flexibilidade, astúcia, argumentação e ação. Além do conhecimento de fatos e conceitos, adquirido nesse processo, há a aprendizagem de outros conteúdos: atitudes, valores e normas que favorecem a aprendizagem de fatos e conceitos. Não podemos esquecer que, se pretendemos a construção de um conhecimento, o processo é tão importante quanto o produto.

A atividade investigativa se aproxima de uma atividade científica real e isso mostra aos alunos que a ciência se dá por um processo de investigação que é dinâmico. Assim o pesquisador levanta e testa hipóteses, mas não através de um “método científico” que é mostrado ao aluno como algo fechado, como uma sequência lógica e rígida, composta de passos a serem seguidos. Isso faz com que o aluno pense que a ciência é fechada, criada apenas a partir da observação. Gil e Castro (1996 apud AZEVEDO, 2006) descrevem alguns aspectos que podem ser explorados em uma atividade investigativa e que se assemelha a uma atividade científica. São eles, apresentar situações problemáticas abertas:

- Favorecer a reflexão dos estudantes sobre a relevância e o possível interesse das situações propostas;
- Potencializar análises qualitativas significativas, que ajudem a compreender e acatar as situações planejadas e a formular perguntas operativas sobre o que se busca;
- Considerar a elaboração de hipóteses como atividade central da investigação científica, sendo esse processo capaz de orientar o tratamento das situações e de fazer explícitas as concepções dos estudantes;
- Considerar as análises, com atenção nos resultados (sua interpretação física, confiabilidade etc.), de acordo com os conhecimentos disponíveis, das hipóteses manejadas e dos resultados das demais equipes de estudantes;
- Conceder uma importância especial às memórias científicas que reflitam o trabalho realizado e possam ressaltar o papel da comunicação e do debate na atividade científica;

- Ressaltar a dimensão coletiva do trabalho científico, por meio de grupos de trabalho, que interajam entre si.

Como podemos perceber, as Sequências de Ensino Investigativas (SEI) apresentam-se como uma possibilidade interessante para o ensino de ciências, propondo tarefas escolares mais significativas e contextualizadas. Como resultado espera-se um ensino centrado no aluno, de modo a torná-lo agente ativo, com aulas dinâmicas e uso de estratégias experimentais. Entende-se que uma mudança no ensino produzirá maior aprendizagem dos alunos e interesse pela ciência. Nas SEI's, quando o professor apresenta um problema ao aluno, buscam-se estratégias de resolução. A partir daí ele irá se deparar com um processo de reflexão e tomadas de decisões. Não se chega a uma solução de forma imediata ou automática, mas são feitas análises para compreender determinado fenômeno, adquirindo, nesse processo, habilidades cognitivas de alta ordem. As atividades que compõem as sequências de ensino investigativas apresentam propostas mais próximas da realidade dos alunos, envolvendo ciência, tecnologia e sociedade.

2.2 As Etapas da Sequência de Ensino Investigativa

Dada as contribuições dos teóricos apresentados anteriormente, as SEI's não objetivam replicar teorias de aprendizagens, mas, a partir dessas contribuições, buscam possibilidades de melhoria para o ambiente escolar a partir de uma concepção a respeito do ensino de ciências e da construção do conhecimento científico por parte dos estudantes. O principal objetivo desta proposta teórico-metodológica, segundo Carvalho (2013), é a criação de um ambiente investigativo nas aulas de Ciências, que possibilite ensinar os alunos o processo do trabalho científico para ampliarem progressivamente sua cultura científica.

De acordo com Carvalho (2016), as atividades-chave que compõem uma SEI são: no início há um problema experimental ou teórico, contextualizado, que introduz os alunos no tópico desejado. Após isso, deve haver uma atividade de sistematização do conhecimento construído pelos alunos. Outro momento diz respeito às atividades que proponham a contextualização e aplicação do conhecimento construído. “Algumas SEI's, para dar conta de conteúdos curriculares mais complexos, demandam vários ciclos dessas três atividades ou mesmo outros tipos delas que precisam ser planejadas” (CARVALHO, 2016, p. 9).

As SEI's são desenvolvidas para abordar alguns conteúdos do currículo escolar e, para sua aplicação, é necessário seguir algumas etapas, que serão representadas no mapa conceitual da Figura 1.

Figura 1 - Mapa Conceitual Envolvendo as Etapas da SEI



Fonte: Josemar M.B. Filho, 2021.

Analisando o mapa conceitual da Figura 1, percebemos que as etapas que compõem a SEI são: Problema Contextualizado; Atividade de Sistematização; Contextualização; e Avaliação. Essas etapas serão detalhadas nas próximas seções.

2.2.1 Problema Contextualizado

Os Problemas presentes nas SEI's podem ser expostos usando as seguintes vertentes: atividades experimentais, quando os estudantes têm a oportunidade de manusear os experimentos; demonstrações investigativas, quando os professores manuseiam os experimentos e problemas não experimentais. Segundo Carvalho (2018), um bom problema é aquele que:

- dá condições para os alunos resolverem e explicarem os fenômenos resolvidos no mesmo;
- dá condições para que as hipóteses levantadas pelos alunos levem a determinar as variáveis do mesmo;
- dá condições para os alunos relacionarem o que aprenderam com o mundo em que vivem;
- dá condições para que os conhecimentos aprendidos sejam utilizados em outras disciplinas do conteúdo escolar.

Quando o conteúdo do problema está relacionado com os conceitos espontâneos dos alunos (DRIVER; GUESNE; TIBERGHEN, 1985), esses devem aparecer como hipóteses dos

mesmos. Por outro lado, nas aulas experimentais um bom problema é aquele dá condições para os alunos:

- passarem das ações manipulativas para as ações intelectuais (elaboração e teste das hipóteses, raciocínio proporcional, construção da linguagem científica);
- construir explicações causais e legais (os conceitos e as leis).

Nas atividades experimentais, o papel do professor é guiar os alunos para o entendimento do problema, mas o manuseio e a construção experimental são feitos pelos alunos. Na demonstração investigativa, o professor será responsável por manipular o experimento, variar as grandezas e estimular o raciocínio do aluno. Essa vertente torna-se interessante quando a atividade envolve um maior cuidado no manuseio ou oferece algum risco aos estudantes. Nos problemas não experimentais, a atividade pode ocorrer por meio de figuras de jornais ou internet, texto, músicas, entre outros. Apesar da existência dessas vertentes, todas devem ter algumas características em comum: possibilitar que os alunos levantem e testem suas hipóteses sobre um determinado tema que será trabalhado. Outro ponto importante está na característica que deve ter esse problema, a ponto de possibilitar a transição da ação manipulativa para ação intelectual.

2.2.2 Atividade de Sistematização do Conhecimento

Apesar das atividades individuais e coletivas realizadas pelos estudantes, ainda assim o professor não tem a garantia do aprendizado dos seus alunos. Sendo assim, faz-se necessário um texto complementar para potencializar tal aprendizagem, que deve ser uma espécie de solução para o problema proposto apresentado com uma linguagem formal. Também deve envolver detalhamento dos conceitos e das ideias que surgiram durante a resolução do problema. Essa atividade deve ser pensada como complementar ao problema. No ensino médio, a leitura do texto deve ser feita pelo aluno, porém o professor deve investigar se foi compreendida a leitura.

A atividade que segue a sistematização, por meio da leitura de um texto, deve apresentar “questões que relacionem o problema investigado com o problema social (ou tecnológico)” (CARVALHO, 2013, p. 16). É importante que o estudante relacione o problema investigado com problemas reais do seu cotidiano. Esta atividade é desenvolvida seguindo as mesmas etapas da resolução do problema: a discussão em grupo pelos estudantes; a abertura das discussões com toda a classe, coordenada pelo professor, e a escrita individual pelos estudantes em seus cadernos.

2.2.3 Contextualização

Uma forma utilizada com frequência para a contextualização do problema da SEI ocorre pela pergunta de como o aluno percebe ou relaciona determinado fenômeno com o seu dia a dia. Caso o professor opte pela utilização de um texto, deverá seguir as seguintes etapas: discussão em grupo pelos alunos, abertura para discussão entre toda a classe e escrita individual dos alunos. Em alguns casos, a contextualização pode ir além do experimento, onde o professor pode criar uma atividade que mostre uma aplicação do conhecimento envolvido, ampliando o repertório dos estudantes, e essa aplicação pode ser extraída de livros didáticos, jornais, jogos, entre outros recursos didáticos que possam colaborar com essa função de contextualizar o assunto.

É nessa etapa que há possibilidade de ampliação do vocabulário dos alunos. Será o início do aprender a falar ciência (CARVALHO, 2013). Neste momento eles perceberão o grau de importância da atividade investigativa que desenvolveram. Se o problema foi contextualizado, levando em conta o nível e o meio onde os alunos estão inseridos, essa etapa ficará muito facilitada para os alunos.

2.2.4 Avaliação

Por fim, a atividade de avaliação e/ou aplicação finalizando uma SEI tem por objetivo mediar o processo aprendizagem dos estudantes de maneira a sistematizar o conhecimento adquirido de forma estimulante. A avaliação pode ter como objetivo não só avaliar a aprendizagem dos alunos, mas desenvolver uma nova atividade como, por exemplo, construção de painéis, cruzadinhas, dentre outras, aplicando o conteúdo já ensinado, tornando-se como mais uma atividade da SEI. É importante que, sempre que possível, a avaliação fuja dos padrões utilizados tradicionalmente (cujos objetivos concentram-se no aprendizado dos conceitos, termos e noções científicas) e concentrem-se também em avaliar os conteúdos atitudinais (aprendizado de ações, atitudes e valores próprios da cultura científica) perdendo o caráter classificatório dos estudantes, discriminando e desmotivando os mesmos.

Assim, a avaliação de uma SEI deve seguir as premissas do ensino por investigação, criando oportunidades aos alunos de autoavaliação. Nesse contexto, a avaliação deve atender as necessidades do ensino científico, ou seja, uma abordagem de ensino que se baseia na ciência e seus métodos para ensinar conceitos e habilidades. Ela se concentra na resolução de problemas, descoberta e aprendizagem através da experimentação, observação e análise de

dados, ao invés de apenas memorização de informações. Para tal é necessário que o professor assuma “a responsabilidade de refletir sobre toda a produção de conhecimento do aluno, favorecendo a iniciativa e a curiosidade no perguntar e no responder e construindo novos saberes junto com os alunos” (HOFFMANN, 1996, p. 75-76 apud CARVALHO et al., 1998, p. 34).

Torna-se necessário que o professor atue como mediador acompanhando e coordenando as atividades de forma que a avaliação dos estudantes ocorra durante o decorrer de todo o processo, que aconteça em paralelo com o ensino e a aprendizagem, permitindo a introdução de ajustamentos no sentido do seu aperfeiçoamento (BARREIRA, 2001). Na resolução de problemas a avaliação não serve apenas como um guia da ação do professor, visa permitir a este informar o aluno sobre seus progressos e possíveis correções, incentivando o aluno a autocorrigir, a autorregular e o autocontrolar as suas aprendizagens (NUNZIATI, 1990, apud BARREIRA, 2001). Portanto, a avaliação deixa de ser passiva para o aluno, estimulando-o a perceber o que faz, como o faz e porque o faz, de modo a melhorar a eficácia da sua ação (ABRECHT, 1994). Nesta ótica, criam-se condições para os alunos se auto avaliarem, tendo como objetivo conhecer as impressões, as dificuldades ou facilidades que apresentam em sua aprendizagem, permitindo a utilização de medidas autocorretivas que levem a reflexão e permitam melhorar a aprendizagem.

2.3 A Robótica Educacional e o Construcionismo

Segundo o dicionário Michaelis (2018), Robótica Educacional ou Pedagógica é um:

Termo utilizado para caracterizar ambientes de aprendizagem que reúnem materiais de sucata ou kits de montagem compostos por peças diversas, motores e sensores controláveis por computador e softwares, permitindo programar, de alguma forma, o funcionamento de modelos.

A Robótica Educacional é “uma nova relação professor/aluno, na qual ambos caminham juntos, a cada momento, buscando, errando, aprendendo [...]” (MAISONNETTE, 2002). Utiliza também o termo robótica educativa como sendo o controle de mecanismos eletroeletrônicos através de um computador, transformando-o em uma máquina capaz de interagir com o meio ambiente e executar ações definidas por um programa criado pelo programador a partir destas interações.

Além do caráter motivacional, a Robótica Educacional vem sendo apontada como ferramenta para abordagem no ensino através de uma ampla gama de disciplinas e por possuir

fortes características experimentais, gerar uma abordagem mais inovadora de ensino e aprendizagem (FRANGOU et al., 2008).

A robótica é uma área de grande interesse e incorporada no mundo atual, especialmente no que diz respeito à educação. Nas escolas, a robótica é cada vez mais utilizada como uma ferramenta pedagógica para engajar os alunos, promover o aprendizado prático e desenvolver habilidades importantes para o mercado de trabalho.

Os robôs educacionais são projetados para serem fáceis de usar e programar, permitindo que os alunos possam começar rapidamente a criar soluções para problemas do mundo real. Com a robótica, os alunos são capazes de visualizar os conceitos teóricos aprendidos em sala de aula e aplicá-los em situações práticas, o que torna o aprendizado mais dinâmico e significativo.

Além disso, a robótica nas escolas ajuda a promover o desenvolvimento de habilidades importantes, como a resolução de problemas, a criatividade, a colaboração e o pensamento crítico. Os alunos são incentivados a trabalhar em equipe, a experimentar diferentes soluções para um problema e iterar até alcançarem o resultado desejado. A robótica também é uma forma eficaz de preparar os alunos para o futuro, especialmente em relação ao mercado de trabalho. Com a automação se tornando cada vez mais presente em diversas áreas, é essencial que os alunos desenvolvam habilidades que os tornem aptos a trabalhar com tecnologia. A robótica na escola ajuda os alunos a adquirir habilidades em programação, eletrônica e mecânica, entre outras áreas, tornando-os mais preparados para os desafios do mundo profissional.

A Robótica Educacional permite ao professor demonstrar na prática muitos dos conceitos aprendidos na teoria, às vezes de difícil compreensão, motivando o aluno, que a todo o momento é desafiado a observar, abstrair e inventar. Utiliza-se dos conceitos de diversas disciplinas (multidisciplinar) para a construção de novos modelos, levando o educando a obtenção de conhecimento conjugado em diversas áreas em uma mesma atividade de aprendizagem.

A principal teoria de aprendizagem, que foi percebida como útil para abordar as questões de Robótica Educacional, foi a de um tipo especial de construtivismo, denominado ‘construcionismo’ por Papert e seu grupo do Media Lab (KAFAI; RESNICK, 1996). Essa teoria de aprendizagem, denominada Construcionismo, representa uma adaptação dos princípios do Construtivismo de Piaget e descreve atividades referentes a essa utilização de recursos tecnológicos no processo de ensino-aprendizagem. A ideia é fortalecer e perpetuar o processo concreto típico (referindo-se ao estágio de operações concretas de Piaget) até mesmo após o período etário proposto por Piaget. Ainda, segundo Resnick (1998), no Construcionismo as

peças constroem novos conhecimentos quando elas estão envolvidas na construção de produtos com significado pessoal. “Elas podem construir castelos de areia, máquinas de Lego ou programas de computador. O que é importante é que elas estão empenhadas em criar algo que seja significativo para si ou para os outros ao seu redor” (RESNICK, 1998, p. 1). De acordo com Almeida (1987, p. 67):

Papert vem fazer uma conjugação importantíssima de teoria e prática de informática com a teoria e prática de Piaget. O computador vem permitir que as crianças que têm acesso a ele construam elas mesmas suas estruturas intelectuais, espontaneamente, sem que estas lhes sejam inculcadas. O que não significa que elas sejam elaboradas a partir do nada. Ao contrário, as crianças elaboram suas estruturas de pensamento manipulando os materiais que encontra em seu ambiente.

Segundo Papert, a Escola tende a infantilizar as crianças, colocando-as numa posição de ter que fazer conforme são mandadas (PAPERT, 2008, p. 136). Isso se torna ofensivo, pois a criança aprende melhor quando assume o comando da sua aprendizagem. Cabe à criança, nessa linha de pensamento, ser o agente construtor de hipóteses e aquele que as testa, criando seu conhecimento a partir dessa relação com o objeto de aprendizagem, pois, segundo a teoria Construcionista, essa criança fará melhor se descobrir por si mesma o conhecimento específico de que precisa. Ao professor, que ao nosso ver é indispensável nesse processo, é atribuído o papel de provocador do pensamento da criança sobre o objeto de estudo, indagando-a sobre o que está acontecendo e o que ela pensa que vai acontecer, estabelecendo com ela uma relação de cordialidade e companheirismo.

Nas palavras de Papert,

Assim, o Construcionismo, minha reconstrução pessoal do Construtivismo, apresenta como principal característica o fato que examina mais de perto do que os outros ismos educacionais a ideia da construção mental. Ele atribui especial importância ao papel das construções no mundo como um apoio para o que ocorre na cabeça, tornando-se, desse modo, menos uma doutrina puramente mentalista. Também leva mais a sério a ideia de construir na cabeça reconhecendo mais de um tipo de construção (algumas delas tão afastadas de construções simples como cultivar um jardim) e formulando perguntas a respeito dos métodos e materiais usados” (PAPERT, 2008, p. 137).

Dessa forma, essa teoria da aprendizagem propõe a introdução, no processo ensino-aprendizagem, de situações desafiadoras, junto com as tecnologias, tornando a criança protagonista da construção do seu próprio conhecimento. Ela precisa criar algo de concreto para facilitar sua aprendizagem, tal como uma maquete ou um modelo, por exemplo. Com isso, a criança poderá localizar os obstáculos, analisar os erros e desenvolver novas táticas, sendo

proporcionado, dessa forma, a autonomia necessária para que a criança aprenda sem ser dependente das respostas de um adulto (PAPERT, 2008; CAMACHO, 2010).

2.4 A Robótica Educacional e o Ensino da Física

A física é a ciência que estuda a natureza e seus fenômenos, desde as partículas subatômicas até os sistemas complexos, como a Terra e o Universo. A Robótica Educacional, por outro lado, é uma aplicação prática da física, que envolve o uso de tecnologia e engenharia para criar robôs que podem realizar tarefas úteis e interessantes. A física é uma disciplina crucial na Robótica Educacional, pois fornece as bases teóricas para muitos dos conceitos e práticas usados na construção de robôs.

O uso da Robótica como ferramenta pedagógica fascina a curiosidade e impulsiona o desenvolvimento de habilidades interessantes no ensino da Física, assim como também aprimora competências comuns a todas as áreas de conhecimento. As atividades da Robótica confirmam um conjunto de necessidades cognitivas a serem adquiridas como descreve a matriz de referência do ENEM (BRASIL, 2012, p. 1):

- I. Dominar linguagens: dominar a norma culta da Língua Portuguesa e fazer uso das linguagens matemática, artística e científica e das línguas espanhola e inglesa.
- II. Compreender fenômenos: construir e aplicar conceitos das várias áreas do conhecimento para a compreensão de fenômenos naturais, de processos histórico-geográficos, da produção tecnológica e das manifestações artísticas.
- III. Enfrentar situações-problema: selecionar, organizar, relacionar, interpretar dados e informações representados de diferentes formas, para tomar decisões e enfrentar situações-problema.
- IV. Construir argumentação: relacionar informações, representadas em diferentes formas, e conhecimentos disponíveis em situações concretas, para construir argumentação consistente.
- V. Elaborar propostas: recorrer aos conhecimentos desenvolvidos na escola para elaboração de propostas de sequência de ensino solidária na realidade, respeitando os valores humanos e considerando a diversidade sociocultural.

Dialogando com as competências descritas na matriz de referência do ENEM, percebemos que conseguimos contemplá-las em atividades de Robótica dependendo da dinâmica didática e dos interesses definidos. Por exemplo, conseguimos atender a competência de dominar linguagens quando solicitamos ao estudante a determinar a velocidade de um robô medindo as suas distâncias percorridas e seus respectivos intervalos de tempos, fazendo uso da linguagem matemática para este cálculo. Também quando estimulamos o estudante a escrever e relatar as suas percepções e/ou construções expressas em registros utilizados durante as atividades de Robótica.

Além de contemplar a competência de enfrentar situações-problema, quando ele necessita organizar, relacionar e interpretar os dados a fim de tomar decisões e definir suas estratégias para determinar a sua velocidade. Ou seja, as diversas competências referidas poderão ser trabalhadas dependendo do tipo de atividades de Robótica desenvolvidas em seu plano de trabalho.

Diante da literatura de investigação, entendemos, portanto, que existe uma ampla gama de pesquisas que abordam diferentes aspectos do uso da Robótica no ambiente escolar (ACCIOLI, 2005; ZILLI, 2004; GONÇALVES, 2007; LIMA, 2012; MOREIRA, 2016; BARBOSA, 2016; SANTOS, 2016). Percebemos a Robótica como sendo um campo que cada vez mais se consolida como um importante tema de pesquisa educacional, porém expõe uma necessidade de estudos sobre as possíveis contribuições no ensino da Física com estudantes do Ensino Médio e em suas diversas áreas tais como: Eletricidade, Mecânica, Física Moderna, Ondas, Termologia, etc.

A Robótica hoje tão difundida no mundo atual, começou a ser pensada desde épocas antigas. Como é o caso de Aristóteles (322 a.C) que já imaginava o uso de máquinas para executarem trabalhos do cotidiano. Leonardo da Vinci que em 1495 desenvolveu uma armadura que dispunha de um dispositivo mecânico no seu interior. Em 1898 Nikola Tesla que desenvolveu um barco controlado por controle remoto. Entre outros pesquisadores, cientistas e inventores, pensaram e desenvolveram ideias na tentativa de que no futuro elas pudessem ser aplicadas. Com a revolução industrial e os avanços tecnológicos, o uso da robótica se tornou cada vez mais necessário e importante. Atualmente os robôs são projetados para realizarem atividades que auxiliam o ser humano. Apresentar para o estudante essa função é importante para ele entender o uso e estudos acerca da Robótica. A ficção e histórias criadas por grandes diretores e escritores ajudaram a divulgar a Robótica pelo mundo. Entre eles temos Isaac Asimov, responsável por livros que ganharam o mundo e que até viraram 32 filmes. Dentro de sua obra criou as três leis da robótica, leis que regem robôs numa realidade ainda só existente na ficção. Robôs que possuem uma inteligência artificial totalmente avançada e complexa.

1º lei: Um robô não deve ferir um ser humano, ou por omissão, permitir que um ser humano venha a ser ferido;

2º lei: Um robô deve obedecer às ordens dadas por seres humanos, exceto quando essas ordens forem conflitantes com a Primeira Lei;

3º lei: Um robô deve sempre proteger sua própria existência, somente enquanto tal proteção não contrariar a Primeira ou a Segunda Leis (ISAAC ASIMOV, 1940).

Todo esse mundo criado pela ficção também ajuda a atrair o estudante para a robótica. Utilizar da curiosidade do estudante é muito importante para promover e aplicar o ensino de Física. Criando nele o seu espírito científico e investigativo, por isso é de grande ajuda o uso da Robótica Educacional nas escolas. Por ser uma área que está sempre sendo influenciada com os avanços tecnológicos, sempre teremos algo novo para implementar e ajudar no ensino de ciências, em especial no ensino de Física. A robótica possui três pilares principais: a mecânica, a eletricidade e a programação. Sendo a junção e os estudos delas essenciais para o desenvolvimento de um projeto robótico. Outro ponto que beneficia o uso da Robótica Educacional é a possibilidade de se criar projetos interdisciplinares dentro da escola. Permitindo o trabalho ao mesmo tempo de diversas áreas do conhecimento, como a física, matemática, história e geografia. Ficando a cargo do planejamento e criação dos professores para o desenvolvimento dos projetos que integrem até mais áreas do conhecimento.

A Robótica Educacional ainda possui a característica de ser um objeto de aprendizagem. O uso da Robótica como Objeto de Aprendizagem, é uma grande ajuda para vencer o obstáculo pedagógico que é vivenciado no ensino de Física. Uma de suas principais características e vantagens é a sua reutilização. Criando a possibilidade do reuso dos recursos em diferentes contextos e atividades interdisciplinares que possam ser criadas e aplicadas dentro da escola, podendo ser também recursos digitais. Auxiliando muita a escola na questão financeira, pois não precisará arcar sempre com os custos para a implantação da Robótica Educacional. Por conta disso, o uso dos Objetos de Aprendizagens está cada vez mais presente no ensino de Física, aproximando o estudante das novas tecnologias. Com a Robótica Educacional aliada ao ensino de Física o estudante toma consciência da ciência no seu cotidiano, e percebe a sua importância para o desenvolvimento de uma sociedade.

2.5 As 3 Leis de Isaac Newton

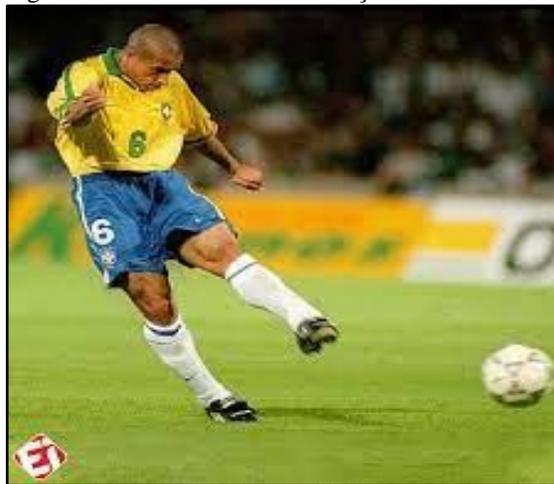
As 3 Leis de Newton são usadas para determinar a dinâmica dos movimentos dos corpos, a aplicação da Física está inserida em nosso cotidiano e exercemos constantemente as “leis do movimento” de Isaac Newton e seu conceito de Força (SERWAY et. al., 2015). Para Serway (2015), quando um corpo é empurrado ou puxado, é exercida uma força sobre ele. Isto pode ser observado nas Figuras 2 e 3, que ilustram a utilização da força de contato para colocar objetos em movimento. Nesse contexto, a palavra força está associada ao resultado de uma atividade muscular e a alguma mudança no estado de movimento de um corpo. Contudo, nem sempre a

força causa movimento em um corpo. Um exemplo disto é a força gravitacional, que é exercida diariamente sobre nós e ainda assim permanecemos parados.

De acordo com Isaac Newton, a força é uma grandeza física que representa a interação entre corpos e pode causar uma mudança no movimento de um objeto. Ele definiu a força como uma ação aplicada sobre um objeto, provocada em uma mudança em sua velocidade.

As forças são influências que podem modificar o estado de movimento ou a forma de um objeto. Existem diversas formas pelas quais as forças podem ser aplicadas, e algumas das mais comuns incluem a força de gravidade, a força elétrica, a força magnética, a força de atrito, a tensão em uma corda ou cabo, a pressão em um fluido, entre outras. É importante destacar que a consequência das forças aplicadas sobre um objeto pode determinar seu movimento ou sua deformação, conforme as leis da física. Na Figura 2 podemos observar que o jogador exerce uma força de contato sobre a bola, esta se deforma e ela adquire energia cinética e conseqüentemente se movimenta em uma velocidade proporcional a sua força exercida, uma situação comum numa partida de futebol, onde existe muita física por trás de uma partida de futebol, que na maioria das vezes passam despercebidos aos olhos dos expectadores.

Figura 2 - Chute na bola com força de contato



Fonte: <<https://www.facebook.com/TNTSportsBR/photos/RobertoCarlos/>>.

Logo abaixo, o clássico caso de uma pessoa exercendo uma determinada força para deslocar seu carrinho dentro de um supermercado, à medida que o carrinho vai enchendo a força exercida sobre ele é aumentada.

Figura 3 - Aplicando a força de contato ao empurrar um carrinho de supermercado



Fonte: <<https://www.tricurioso.com/2018/12/01/quantos-quilos-um-carrinho-de-supermercado-pode-suportar/>>.

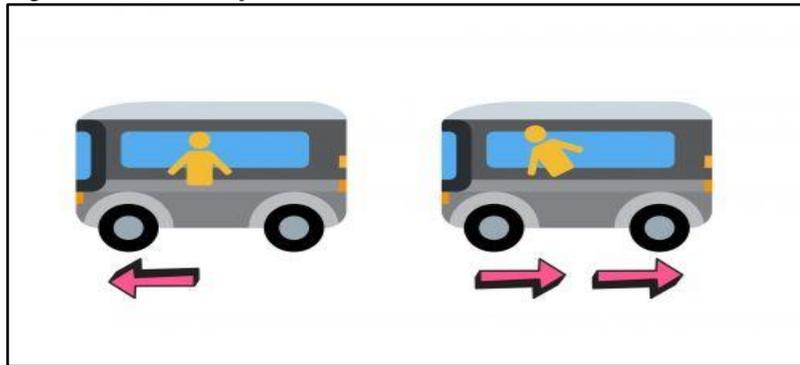
A massa do carrinho aumenta, fazendo com que a cliente aumente sua força aplicada sobre ele para manter a mesma aceleração, ocorrendo dessa forma o movimento e poder deslocar-se de uma seção para a outra do mercado.

2.5.1 A 1ª Lei de Newton

A 1ª Lei do Movimento de Isaac Newton, normalmente chamada de *Lei da Inércia*, é enunciada da seguinte maneira: “Se um corpo não interage com outros corpos, é possível identificar um sistema de referência e que o corpo tem aceleração zero” (SERWAY et al., 2015, p. 103).

Logo, essa definição nada mais é que um corpo só altera seu estado inicial se alguém ou alguma coisa aplica nele uma força resultante diferente de zero. Por exemplo, quando um ônibus está em movimento a 100 km/h, as pessoas no interior do veículo também estão se movimentando nessa velocidade em relação ao exterior do veículo. Caso o motorista freie bruscamente, as pessoas serão arremessadas para frente, pois elas tendem a manter-se em movimento a 100 Km/h. A Figura 4 logo abaixo mostra como isso é comum em pessoas que usam como meio de locomoção o ônibus diariamente para se locomover.

Figura 4 - Demonstração da 1ª Lei de Newton



Fonte: <<https://www.significados.com.br/primeira-lei-de-newton/>>.

Depois que um ônibus ou trem inicia seu movimento, a aceleração é muitas vezes tão pequena que mal podemos percebê-la. Ficamos assustados frequentemente porque parece que a estação está se movendo no sentido oposto enquanto nós parecemos estar em repouso.

A 1ª Lei de Newton, de acordo com Resnick (2010), afirma que não há maneira de distinguir entre se estamos nos movendo ou é a estação, porque há essencialmente nenhuma força total presente para alterar o estado de movimento. Uma vez que alcançamos uma velocidade constante, nossas mentes rejeitam a ideia de que o chão está se movendo para trás, mas não há uma maneira real de distinguir se o trem é quem está se movendo ou o chão está se movendo. Dessa maneira podemos concluir que se não há forças atuando sobre um corpo, qualquer referencial na qual a aceleração do corpo continua sendo zero é um referencial inercial.

A 1ª Lei de Newton somente é aplicada para referenciais inerciais, um exemplo dessa aplicação é que a Terra é um referencial inercial, porém devemos considerá-la assim desprezando os movimentos astronômicos. Quando um carrinho é usado para carregar um bloco em cima de sua carroceria de superfície de pouco atrito e o carrinho movimenta-se em linha reta, então, em relação ao carrinho, o bloco permanecerá em repouso desde que o carrinho continue se movimentando com velocidade constante.

Por exemplo, quando colocamos um livro em repouso sobre uma mesa horizontal duas forças atuam sobre ele: a força gravitacional devido à atração entre a terra e o livro, e a força normal devido a interação das partículas do livro com a mesa. A reação de apoio da mesa para cima é igual à força gravitacional para baixo, de modo que a força resultante no livro, ou seja, a soma vetorial de todas as forças é igual a zero. De acordo com a primeira lei de Newton, se o livro está em repouso sobre a mesa, ele deve permanecer em repouso.

2.5.2 A 2ª Lei de Newton

De acordo com a 1ª Lei de Newton entendemos o que ocorre quando não há forças atuando sobre um corpo ou quando a força resultante no corpo é nula, mas o que não foi explicado ainda é o que acontece quando existe força resultante não nula sendo aplicada sobre o corpo; uma situação simples é quando você empurra um bloco com uma força fazendo com que o bloco tenha sua velocidade alterada.

Podemos observar que quanto maior for a força exercida em um objeto, maior será a aceleração por ele adquirida. Logo podemos fazer a mesma observação feita por Newton, de que a aceleração do objeto é diretamente proporcional à força aplicada sobre o mesmo.

A 2ª Lei do Movimento de Newton, também conhecida como *princípio fundamental da dinâmica*, trata da relação entre a força e a aceleração de um corpo, e é enunciada da seguinte maneira: “Quando vista de um referencial inercial, a aceleração de um corpo é diretamente proporcional à resultante das forças que agem sobre ele e inversamente proporcional à sua massa” (SERWAY et al., 2015, p. 103).

Logo abaixo será apresentada a equação que representa a 2ª lei de Newton (Figura 5), onde “a força resultante (F_R) é igual ao produto da massa (m) pela aceleração (GODOY, 2020, p. 74)”.

Figura 5 - Fórmula da 2ª Lei de Newton

$$\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$$

Fonte: <<https://static.significados.com.br/foto/leis-de-newton-segunda.jpg>>.

A partir dessa relação, observamos que a força resultante pode ser calculada pela multiplicação da massa do corpo pela aceleração. Pela fórmula, constatamos também que força e massa são grandezas diretamente proporcionais. Isso significa que, para que se mantenha a mesma aceleração em um corpo, quanto maior a sua massa, maior deve ser a intensidade da força aplicada. Isso acontece devido à inércia do corpo, que é sua tendência em permanecer no seu estado de equilíbrio. A força necessária para empurrar um carro é diretamente proporcional à sua massa e à aceleração que se deseja impor a ele. Além disso, a resistência do solo e outros fatores, como a fricção entre as rodas e o solo, também afetam a quantidade de força necessária para mover o carro. Portanto, quanto maior a massa do carro e mais elevadas as forças de resistência, mais difícil será empurrar o carro.

Sobre uma superfície plana estão duas caixas de madeira, uma delas pesa 5 kg, a outra 500 kg. Caso uma pessoa tente empurrar essas caixas, ela terá muito mais facilidade em movimentar a caixa mais leve, pois sua massa é menor e, portanto, sua inércia também é menor.

Por outro lado, podemos observar que a massa e a aceleração são grandezas inversamente proporcionais. Isso porque, quanto maior a massa de um corpo, maior será sua resistência para mudar de velocidade, portanto menor sua aceleração.

A Figura 6 ilustra a dificuldade que duas pessoas encontram para tirar um carro da inércia, pois quanto maior a massa de um objeto, mais força é necessária para acelerá-lo ou mudar seu movimento.

Figura 6 - Exemplo da 2ª Lei de Newton



Fonte: <<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/segunda-lei-newton.htm>>.

Ao empurrar um veículo que está parado, as pessoas percebem que após o início o carro começa a se movimentar e o esforço realizado vai diminuindo à medida que ele ganha velocidade.

Uma aplicação interessante da 2ª lei de Newton é a força peso. Como sabemos, todo corpo próximo da Terra é atraído para ela por uma força gravitacional que chamamos de Força Peso. A força da gravidade é capaz de acelerar os corpos em direção uns aos outros. Essa aceleração é conhecida como aceleração gravitacional. Ao nível do mar, a gravidade terrestre é de aproximadamente $9,8 \text{ m/s}^2$ (metros por segundo ao quadrado), ou seja, qualquer corpo solto a essa altura é atraído em direção ao centro da Terra com uma velocidade que aumenta em $9,8 \text{ m/s}$ a cada segundo de queda, ou seja, quanto maior for o tempo que um corpo levar para cair, maior será a sua velocidade no momento em que ele chegar ao solo. Assim, se não levarmos em conta o atrito com o ar, todos os corpos que caem ao nível do mar possuem a sua velocidade aumentada em aproximadamente $9,8$ metros por segundo a cada segundo.

Força Peso está relacionada ao processo de pesagem, em uma balança ele mede a força normal que ela faz para sustentar uma carga sobre ela, é bastante comum que confundamos os conceitos de Peso e Massa, que são diferentes. Enquanto o Peso é uma força, medida em newtons (N), a Massa inercial de um corpo é a propriedade que relaciona a força aplicada a um corpo com a aceleração gerada.

2.5.3 A 3ª Lei de Newton

A 3ª Lei de Newton, conhecida como lei da ação e reação, pode ser enunciada da seguinte maneira: “A uma ação sempre se opõe uma reação de mesma intensidade, mesma direção e sentido contrário”.

A grande descoberta de Newton de acordo com Tipler (2010) foi que quando dois objetos interagem, cada um deles exerce a mesma magnitude de força um sobre o outro, assim de maneira resumida podemos enunciar a 3ª Lei de Newton da seguinte forma: “Quando dois corpos interagem, as forças que cada corpo exerce sobre o outro são iguais em módulo e têm sentidos opostos”.

Para estabelecê-la consideremos duas partículas isoladas do resto do universo, ou seja, somente interagindo entre si.

Se um corpo aplicar uma força sobre um outro corpo, receberá deste uma força de mesma intensidade, mesma direção e de sentido contrário. Essa lei permite-nos entender que, para que surja uma força, é necessário que dois corpos interajam, produzindo forças de ação e reação. Além disso, é impossível que um par de ação e reação se forneça no mesmo corpo. Outra informação contida no enunciado da Terceira Lei de Newton indica que os pares de ação e reação têm a mesma intensidade, mesma direção, porém sentidos opostos. Assim, se produzirmos uma força direcionada para baixo sobre um corpo, receberemos dele uma força de reação direcionada para cima. Por exemplo: se estivermos usando patins e empurrarmos um carrinho de supermercado lotado de compras, nos moveríamos para trás, em decorrência da fraca intensidade da força de atrito entre as rodas dos patins e o piso.

Como as forças são aplicadas sobre corpos diferentes, elas não se equilibram. Exemplos: Ao disparar um tiro, o atirador é impulsionado em sentido contrário da bala por uma força de reação ao disparo. Na colisão entre um carro e um caminhão, ambos recebem a ação de forças de mesma intensidade e sentido contrário. Quando um corpo A aplica uma força num corpo B, o corpo B irá devolver essa mesma força e com a mesma intensidade, no sentido contrário ao da primeira força.

Na Figura 7, uma pessoa está subindo em uma balança para aferir sua massa.

Figura 7 - Uma pessoa aferindo sua massa– 3ª Lei de Newton



Fonte: <<https://aulazen.com.br/wp-content/uploads/2021/03/Aplicacao-da-Terceira-Lei-de-Newton-e-exemplos-de-problemas-780x470.jpg>>.

Quando uma pessoa está na balança, a leitura na máquina não é lida pelo peso da pessoa em pé, mas por causa da força de reação gerada pela máquina. Portanto, a força de reação da balança muda por algum motivo, de modo que o ponteiro da balança muda e mostra o peso da pessoa que está sobre ela.

3 METODOLOGIA

Na realização deste trabalho as atividades foram planejadas na forma de Sequências de Ensino Investigativas (SEI's) que como já foi apresentado anteriormente, são sequências de atividades planejadas de forma a proporcionar condições para que os alunos demonstrem suas concepções alternativas, tenham ideias e as discutam com colegas e com o professor e, a partir disso, evoluam suas ideias em direção ao conhecimento científico. Esta pesquisa possuiu uma abordagem qualitativa, de acordo com Minayo (2002, p. 21):

A pesquisa qualitativa responde a questões muito particulares. Ela se preocupa, nas ciências sociais, com o nível de realidade que não pode ser quantificado. Ou seja, ela trabalha com o universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis.

Para cumprir com o objetivo dessa abordagem, aspectos sociais e do contexto das pessoas envolvidas na pesquisa são importantes. Nosso interesse da pesquisa corrobora com essa abordagem, já que temos a intenção de associar a Sequência de Ensino Investigativa, sobre o conteúdo das 3 Leis de Newton, para investigarmos através da robótica educacional com o Kit Lego Mindstorms como essa associação pode contribuir para aprendizagem de conceitos físicos.

Os problemas de Física foram transpostos para o ambiente da Robótica, pois se assume que a resolução de problemas ou as situações de resolução de problemas são essenciais para aprender um conceito. Contudo, como destaca Vergnaud (1994, p. 42): “Um problema não é um problema para um indivíduo a menos que ele ou ela tenha conceitos que o/a tornem capazes de considerá-lo como um problema para si mesmo”.

Quando um conjunto de problemas é resolvido por um estudante (o que significa que ele desenvolve um esquema eficiente para lidar com todos (ou quase todos) os problemas dessa classe), o caráter problemático dessa classe específica desaparece. Mas essa competência desenvolvida pelo indivíduo o habilita a reconhecer ou considerar novos problemas para si mesmo.

3.1 Instrumentos e Coleta de Dados

Buscando atingir os objetivos propostos, utilizamos alguns instrumentos em nossa investigação com a finalidade de auxílio no processo da coleta de dados ao longo da aplicação

da SEI, que foram o diário de bordo, questionários aos alunos e avaliação dos trabalhos realizados pelos mesmos. O diário de bordo refere-se a um caderno que foi preenchido pelo professor-pesquisador e contém anotações acerca de perguntas e intervenções dos alunos quanto aos assuntos abordados, discussões entre os grupos, sentimentos expressados pelos alunos e pelo pesquisador sobre o desenvolvimento dos encontros e reflexões sobre a metodologia e as ferramentas utilizadas em cada encontro. De acordo com Alves, “O diário pode ser considerado como um registro de experiências pessoais e observações passadas, em que o sujeito que escreve inclui interpretações, opiniões, sentimentos e pensamentos, sob uma forma espontânea de escrita, com a intenção usual de falar de si mesmo” (2001, p. 224).

Os questionários ajudaram o professor a ter uma análise melhor dos conhecimentos prévios dos estudantes bem como se a atividade proporcionou novos conhecimentos e quais suas percepções e considerações quanto a mesma. Já na avaliação dos trabalhos realizados, será fundamental que os alunos se mostrem capazes de desenvolver suas competências para pensar de forma crítica e contextualizada; analisar e sintetizar as informações, construir uma argumentação sólida, justificando seus resultados e produzindo conhecimento de forma autônoma; interagir de forma colaborativa; demonstrar organização na apresentação dos resultados e saber comunicar os resultados alcançados, tanto na modalidade escrita quanto oral.

As atividades em grupo também serão utilizadas como coleta de dados, pois como relata Carvalho (2017, p. 143):

As atividades de ensino que abrem espaço para que os alunos falem e discutam são os problemas investigativos (experimentais e/ou teóricos), isto é, problemas para os quais os alunos não têm o caminho da resposta, eles precisarão achá-lo em uma discussão com seus colegas de grupo.

A partir desses instrumentos a análise dos dados, foi feito em cada um dos 9 encontros, na intenção de analisar o comportamento dos estudantes quando estão trabalhando em grupos, seu desenvolvimento, resiliência e capacidade de compartilhar ideias, analisando também sua participação individual, que ao encerrar as atividades didáticas propostas para cada lei, foi aplicado uma avaliação que pode demonstrar se houve indícios de uma aprendizagem significativa, usando a Sequência de Ensino Investigativa aplicada ao uso da Robótica Educativa, por meio do kit Lego Mindstorms e suas simulações das 3 Leis de Newton.

4 O PRODUTO EDUCACIONAL

O Produto Educacional <http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/743590> desenvolvido consiste em uma Sequência de Ensino Investigativa, fundamentada por Carvalho (2013). Este produto foi construído para auxiliar os professores de Física que possuem um kit de robótica em sua escola, oportunizando aos alunos vivenciarem os fenômenos físicos estudados em sala de aula em atividades práticas. Para tal, foi organizada uma sequência didática com base em uma SEI, dividida em 9 encontros, sendo cada um destes com duração de 48 minutos (uma aula) e 96 minutos (duas aulas). Neles serão ministradas as 3 Leis de Newton usando 2 kits de Robótica Lego Mindstorms EV3. Cabe ressaltar que para o ensino de cada uma das 3 Leis de Newton, as atividades propostas contemplam as 4 etapas de uma SEI, e antes de iniciar cada uma das leis, será realizado uma atividade de levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos, os encontros estão sintetizados no Quadro 1 abaixo:

Quadro 1 - Tabela sintetizada dos encontros

1º Encontro				
Aulas	Tempo	Objetivo	Etapas*	Atividades
2	96 minutos	Identificar conhecimentos prévios sobre a 1ª Lei de Newton.	P.C.	Apresentação de vídeos sobre acidentes de trânsito e sua relação com o cinto de segurança e a 1ª Lei de Newton e elaborar estratégias para a montagem do Robô em 2 grupos.
2º Encontro				
Aulas	Tempo	Objetivo	Etapas	Atividades
2	96 minutos	Utilizar informações, conhecimentos e ideias resultantes da leitura complementar e dos vídeos.	A.S.C. C.	Texto Complementar sobre Inércia e vídeos ilustrando a 1ª Lei de Newton. Explorar a 1ª Lei de Newton com o Robô programado.
3º Encontro				
Aulas	Tempo	Objetivo	Etapas	Atividades
1	48 minutos	Investigar se houve compreensão da 1ª Lei de Newton.	A.	Análise de uma Charge e Pós testes.
4º Encontro				
Aulas	Tempo	Objetivo	Etapas	Atividades
2	96 minutos	Identificar conhecimentos prévios sobre a 2ª Lei de Newton.	P.C.	Apresentação de vídeos sobre automóveis menores rebocando caminhões e ônibus e sua relação entre movimento e força. Formação de 2 grupos para elaborar estratégias de programação com o Robô.
5º Encontro				
Aulas	Tempo	Objetivo	Etapas	Atividades
2	96 minutos	Associar os conhecimentos científicos básicos da 2ª Leis de Newton a situações do cotidiano.	A.S.C. C.	Discussão e debates em grupo sobre os temas Força e Aceleração. Explorar os conceitos da 2ª Lei de Newton com o Robô programado.

6º Encontro				
Aulas	Tempo	Objetivo	Etapas	Atividades
1	48 minutos	Investigar se houve compreensão da 2ª Lei de Newton.	A.	Os estudantes produzirão um relatório sobre as atividades programadas com o robô envolvendo a 2ª Lei.
7º Encontro				
Aulas	Tempo	Objetivo	Etapas	Atividades
2	96 minutos	Identificar conhecimentos prévios sobre a 3ª Lei de Newton. Apresentação da Situação Problema.	P.C.	Apresentação de um Vídeo sobre a decolagem de um foguete. Os estudantes serão separados em dois grupos para a programação dos robôs.
8º Encontro				
Aulas	Tempo	Objetivo	Etapas	Atividades
2	96 minutos	Associar os conhecimentos científicos básicos da 3ª Lei de Newton a situações do cotidiano.	A.S.C C.	Vídeo sobre as forças de Ação e Reação. Programar o Robô preparando-o para realizar o experimento e o desafio proposto.
9º Encontro				
Aulas	Tempo	Objetivo	Etapas	Atividades
1	48 minutos	Investigar se houve compreensão das 3ª Leis de Newton.	A.	Os estudantes irão fazer uma leitura individual sobre uma charge do gato Garfield. Fazer em grupo um relato em forma de redação sobre as 3 Leis de Newton e sua influência no mundo atual, locomoção e tecnologias.

Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

Etapas (*)

P.C = Problema Contextualizado.

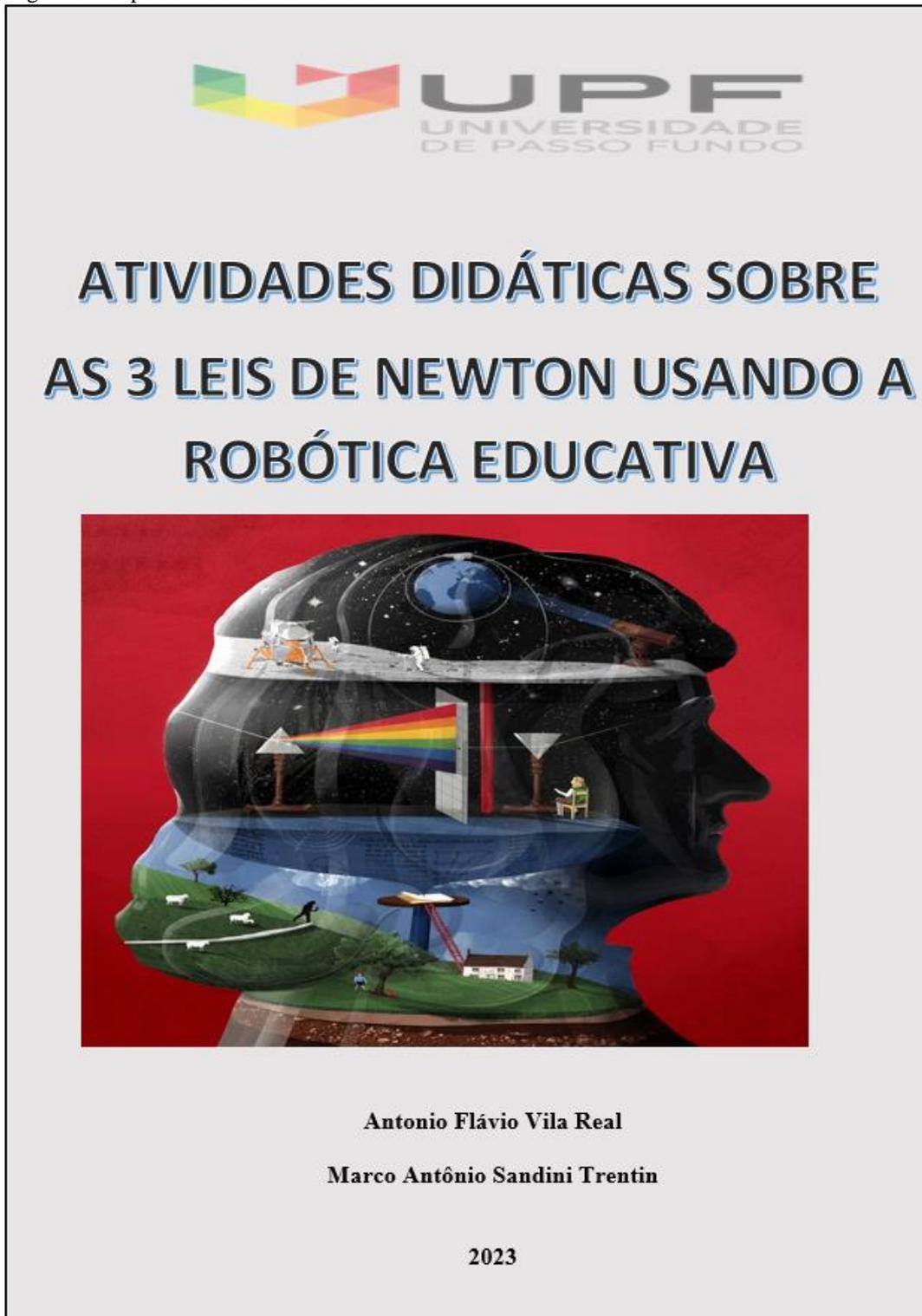
A.S.C= Atividade de Sistematização do Conhecimento.

C = Contextualização.

A = Avaliação.

Com o intuito de colocar em evidência o ensino por investigação, associamos algumas atividades experimentais como modo de efetivar a participação dos estudantes no ensino das 3 leis de Isaac Newton. A Figura 8 apresenta a capa desse material.

Figura 8 - Capa do Produto Educacional



Fonte: Autor, 2023.

4.1 O Local da Aplicação

Para a aplicação do Produto Educacional, foi escolhida uma turma do 1º ano do Ensino Médio, da Escola Estadual de Ensino Médio de Tempo Integral Capitão Sílvio de Farias, escola

da rede pública do estado de Rondônia, que funciona há 43 anos. A escola Capitão Sílvio de Farias adotou o Ensino de Tempo Integral no ano de 2017, e funciona com 195 alunos apenas com o Ensino Médio Integral no período das 7h30min às 17h e está localizada na rua Florianópolis nº 2945, Setor 02 Centro, na cidade de Jarú estado de Rondônia. A instituição oferece 9 aulas diárias, com 48 minutos cada, aos estudantes, com conteúdo da base curricular comum e base diversificada. Existe um intervalo pela manhã após as duas primeiras aulas de 20 minutos onde é servido o café da manhã, logo após os estudantes tem mais 03 aulas e o período matutino se encerra às 11h50min, ocasião esta que é servido o almoço. Nesse intervalo os alunos têm uma sala para descanso, dispõem de banheiros com chuveiros, e retornam às salas 13h28min. Após 2 aulas no período vespertino também é oferecido um lanche no intervalo, que tem 20 minutos e as aulas se encerram após mais 2 aulas às 17h.

As dependências da Escola Capitão Sílvio de Farias contam com salas climatizadas, laboratório para aplicação de experimentos, sala de informática com computadores e acesso à internet de banda larga, sala do professor, biblioteca, refeitório, auditório com capacidade para 200 pessoas, área administrativa, cozinha, sala para projeção de vídeo, sanitários em números suficientes, sala do professor, possui uma área coberta, não possui estacionamento interno, quadra poliesportiva e acessibilidade em todo local.

No que diz respeito ao sistema de avaliação, a escola segue a resolução n. 138/99 – CEE/RO, na qual estabelece as diretrizes para a avaliação no ensino-aprendizagem nas escolas públicas do estado de Rondônia, ressaltando que o Projeto Político Pedagógico da escola e o conselho de classe também tem autonomia nas tomadas de decisões. Para o registro de notas do processo avaliativo em que professores e alunos estão envolvidos, são estabelecidos os conceitos de 1,0 até 10,0 observando-se que a média mínima para a aprovação será 6,0, sendo que as avaliações são bimestrais e envolvem processos qualitativos e quantitativos.

O componente curricular de Física, para os primeiros anos, é composto por 2 aulas semanais (96 minutos), e as metodologias usadas para essa turma incluem além de aulas dialogadas e expositivas, aulas de laboratório para demonstrar alguns fenômenos, uso de tecnologias e trabalhos com projetos e existe na escola 2 Kits de Robótica Educacional Lego Mindstorms.

A sequência didática será aplicada em uma turma do 1º ano do Ensino Médio, que é composta por 28 (vinte e oito) estudantes de faixas etárias entre 13 a 16 anos, sendo uma turma considerada com participação moderada nas aulas e com muitas lacunas na aprendizagem de Física. Foi constatado que a maioria da turma veio de outra instituição de ensino, onde tiveram aulas básicas sobre montagem de robôs e iniciação simples a programação com blocos. A

escolha da turma se justifica pelo motivo do pesquisador ser o professor de Física dessa turma. A gestão escolar autorizou a realização da pesquisa e a aplicação da Sequência Didática, salientando que a participação dos estudantes nos 9 (nove) encontros dependerá da autorização de seus pais ou responsáveis que assinarão o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) que se encontra no apêndice B. Essa autorização dos pais e/ou responsáveis é necessária em respeito à legislação uma vez que se trata de menores de idade.

4.2 Cronograma de Implementação da Escola

Para a aplicação do produto educacional, prevê-se o calendário apresentado no Quadro 2. Cada aula terá uma duração de 48 minutos.

Quadro 2 - Calendário de aplicação do Produto Educacional

Encontros	Nº de Aulas	Data da Aplicação
1º	2	15/05/2023
2º	2	17/05/2023
3º	1	22/05/2023
4º	2	24/05/2023
5º	2	29/05/2023
6º	1	31/05/2023
7º	2	05/06/2023
8º	2	07/06/2023
9º	1	12/06/2023

Fonte: Autor, 2023.

4.3 Os Encontros

A seguir, será descrito um relato sucinto dos encontros que foram desenvolvidos para a aplicação das atividades da Sequência Didática, tais atividades seguiram as etapas de uma Sequência de Ensino Investigativo que são: Problema Contextualizado, Atividade de Sistematização, Contextualização e Avaliação, salientando que antes de iniciar cada lei de Newton e aplicar as etapas da SEI, faremos a Identificação dos Conhecimentos Prévios, enfatizando que para tal aplicação houve uma reunião prévia com a turma e o professor-pesquisador, no intuito de explicar a forma de aplicação, as atividades e o desenvolvimento da pesquisa, sendo solicitado aos estudantes que conversem com seus pais ou responsáveis, para que no caso de concordância preencham e assinem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. A síntese dos encontros, apresentada abaixo, está de acordo com o Produto Educacional.

4.3.1 Primeiro Encontro

Este encontro foi dividido em 2 momentos. No primeiro momento foi a Identificação de Conhecimentos Prévios sobre a 1ª Lei de Newton. Na ocasião foram apresentados vídeos sobre acidentes de trânsito, mostrando o famoso *crash test* e a importância do uso do cinto de segurança e sua relação com a Física e a 1ª lei de Newton. Em seguida, foi iniciada a primeira etapa da SEI, que consiste na apresentação do Problema Contextualizado. Foi solicitado para os estudantes demonstrarem a 1ª Lei de Newton utilizando uma base motriz robótica previamente montada, colocando um objeto que estará em uma plataforma na parte superior do robô, foi elaborada uma programação que facilitou a demonstração da inércia. Tal programação colocou o robô em movimento retilíneo uniforme por um curto espaço de tempo e em seguida efetuou uma parada brusca, fazendo com que o objeto na plataforma fosse arremessado para frente, reforçando que nesta etapa os estudantes estarão restritos apenas a programação e aos simuladores virtuais.

4.3.2 Segundo Encontro

Na oportunidade foram criados dois grupos de estudantes para trabalharem a segunda e terceira etapa da SEI. Iniciando segunda etapa, a Sistematização do Conhecimento, foi apresentado um texto complementar para a leitura com o tema Inércia e logo após foram projetados em sala de aula vídeos ilustrando a 1ª Lei de Newton. Logo após ocorreram alguns questionamentos e fomentação de debates sobre o tema. Já na terceira etapa da SEI, a Contextualização, os estudantes, ainda em dois grupos, exploraram a 1ª Lei de Newton aplicando a programação no aplicativo virtual do Lego com o auxílio de um computador, para retomarem os conceitos de inércia e 1ª Lei de Newton. Cada grupo demonstrou como sua programação ficou, para que a base motriz possa parar bruscamente, a fim de observar o objeto ser lançado para frente ou quando ele arranca rapidamente e o objeto é lançado para trás, sempre trazendo à tona as consequências da 1ª Lei de Newton sobre os fenômenos apresentados pela base motriz.

4.3.3 Terceiro Encontro

Finalizadas as atividades sobre a 1ª Lei de Newton, foi realizada a quarta etapa da SEI, a Avaliação, que consistiu em uma atividade de leitura e análise individual de uma charge sobre Inércia. Em seguida foram feitos cinco questionamentos (Quadro 3) sobre o conteúdo estudado visando buscar evidências a fim de verificar se as atividades desenvolvidas até o momento contribuíram para a melhor compreensão dos alunos sobre a 1ª Lei de Newton.

Quadro 3 - Questionamentos sobre a 1ª Lei de Newton

01 – Porque quando a base motora parou bruscamente o objeto foi projetado para frente?
02 – Se o piso onde a base motora foi colocada fosse perfeitamente liso, o que aconteceria com seu movimento?
03 – Quem tem maior inércia, um caminhão ou um carro de passeio? Explique.
04 – O que você faz para colocar um determinado corpo em movimento?
05 – Onde posso ver a aplicação da Primeira Lei de Newton no dia-a-dia?

Fonte: Autor, 2023.

4.3.4 Quarto Encontro

Para abordar a 2ª Lei de Newton, foi usada a mesma estratégia adotada com a 1ª Lei de Newton. Sendo assim, haverá houve dois momentos distintos, que se iniciou com a Identificação dos Conhecimentos prévios da 2ª lei de Newton, onde foi apresentado em sala de aula um vídeo sobre automóveis menores rebocando caminhões e ônibus, tendo como foco principal a relação entre movimento e força. Em seguida os estudantes foram provocados com os seguintes questionamentos do Quadro 4 sobre o estudo da 2ª Lei de Newton:

Quadro 4 - Questionamentos sobre a 2ª Lei de Newton

01 – Quais são os fatores físicos que levam uma caminhonete de 2 Toneladas rebocar uma carreta de 30 Toneladas?
02 – Por que, depois de iniciado o movimento, o caminhão necessita de uma certa distância para parar?
03 – Por que um ônibus com lotação máxima demora mais tempo para sair do repouso?

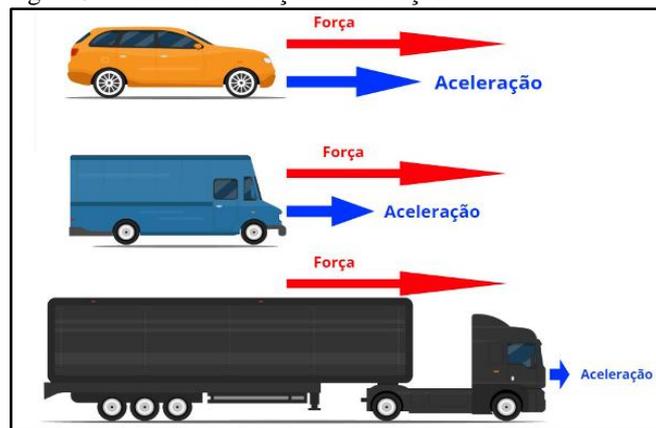
Fonte: Autor, 2023.

Logo após foi realizada a primeira etapa da SEI, que consistiu na Apresentação da Situação-Problema. A missão resultou em programar o robô no software de programação da Lego, para levar um objeto em forma de cubo com massa previamente definida de um ponto da mesa para outro. Parte do desafio-problema foi o de confeccionar três blocos cúbicos com arestas de 6 cm cada, feitos de papelão e com massas equivalentes a 20 g preenchidos com isopor, 200 g preenchidos com moedas e 350 g preenchidos com areia. Esses blocos virão a ser utilizados na etapa Contextualização do quinto encontro.

4.3.5 Quinto Encontro

Novamente foram usadas duas etapas para a continuidade da Sequência Didática, começando pela segunda etapa de uma SEI, a Sistematização do Conhecimento, que se iniciou com a apresentação da Figura 9 aos alunos, a qual demonstrou, por meio de vetores, a força e a aceleração de três automóveis distintos.

Figura 9 - Vetores de Força e Aceleração



Fonte: <<https://static.mundoeducacao.uol.com.br/mundoeducacao/2020/02/forca-massa-e-aceleracao.jpg>>.

Neste momento, fica a critério do professor projetar ou imprimir a Figura 9. Sugere-se reunir os alunos em grupos e convidá-los a refletir sobre os vetores das forças e de aceleração, postulando o seguinte questionamento: “*Você pilotando uma moto ou um carro, acha seguro parar bruscamente na frente de um caminhão em movimento?*”. Na medida que as discussões forem se encorpando, cabe ao professor fazer as devidas interferências para o esclarecimento quando necessário.

Na terceira etapa da SEI, a Contextualização, os estudantes foram reunidos em grupo e colocaram à prova o resultado de suas programações para poderem solucionar o desafio problema que é: *Programar o robô para levar um objeto em forma de cubo com uma massa pré-definida de um ponto da mesa para outro*. A intenção aqui é despertar a capacidade de investigação, dedução, planejamento e execução dos alunos envolvidos.

4.3.6 Sexto Encontro

Ao findar o estudo e atividades sobre a 2ª lei de Newton, a Avaliação encerrou a quarta etapa de uma SEI. Os estudantes formaram um grupo com no máximo 05 (cinco) componentes

e produziram um relatório sobre as atividades programadas com o robô, relatando, como itens obrigatórios, em qual momento da execução da programação eles puderam observar a ação dos vetores força e velocidade agindo sobre o robô, quais foram as dificuldades encontradas para a execução da tarefa, se a 2ª lei de Newton pode ser aplicada como uma estratégia de condução segura no trânsito e dar suas opiniões complementares sobre a importância dessa lei.

4.3.7 Sétimo Encontro

A abordagem da última lei a ser estudada pelos alunos, a 3ª Lei de Newton, assim como as outras duas leis, nossa sequência didática seguiu com dois momentos: na Identificação dos conhecimentos prévios, a abordagem começa por dois questionamentos: *Você já pensou como um foguete funciona? Por que ele sobe?* Após essa pequena reflexão e as interpelações feitas pelos alunos, sempre com a intervenção do professor para esclarecer possíveis dúvidas, foi utilizado um vídeo demonstrando o processo de decolagem de um foguete.

Já na apresentação da Situação-Problema, a primeira etapa de uma SEI, para a problemática utilizamos a base motriz do kit de Robótica Educacional Lego Mindstorm EV3. Os estudantes vão acoplar a base motora em um dinamômetro¹, que estará fixado no local e o desafio será: *Programar uma sequência com 3 velocidades (30%, 60% e 90%), para averiguar as marcações das forças exercidas pela base motora sobre o dinamômetro.*

4.3.8 Oitavo Encontro

Mais duas etapas da SEI serão abordadas neste encontro. Aplicando a Sistematização do Conhecimento, segunda etapa, os estudantes foram questionados sobre o seguinte tema: *Será que a 3ª Lei de Newton só é aplicada em foguetes?* Com esta provocação, os alunos se reuniram em grupos para discutirem entre si o tema. Na intenção de aprimorar os conhecimentos dos estudantes, foi exibido um vídeo sobre ação e reação. A seguir, eles fizeram uma breve explanação sobre suas conclusões, sempre com a intermediação do professor. Para finalizar este encontro, a terceira etapa, Contextualização do Conhecimento, foi o momento dos estudantes demonstrarem o comportamento das três velocidades que foram programadas por eles, fazendo uso do robô e do dinamômetro. Espera-se que os estudantes percebam que o robô exerce uma força de ação e a força de reação é exercida pela leitura medida pelo dinamômetro.

¹ O dinamômetro é um instrumento que mede forças diretamente da deformação por elas causada num sistema elástico.

4.3.9 Nono Encontro

Completando essa Sequência Didática com a Avaliação, em um primeiro momento foi projetada em sala de aula uma tirinha do gato Garfield que fala sobre ação e reação. Os estudantes, reunidos em grupos, tiveram três questionamentos para refletirem e depois colocarem suas conclusões para os colegas. Tais questionamentos estão representados pelo Quadro 5.

Quadro 5 - Questionamentos sobre a 3ª Lei de Newton.

01 – O pensamento do gato Garfield, reflete exatamente a 3ª Lei de Isaac Newton? Explique.
02 – Dê exemplos concretos da 3ª Lei usados em seu cotidiano.
03 – Faça um pequeno resumo sobre a 3ª Lei de Isaac Newton.

Fonte: Autor, 2023.

Em seguida foi feito um debate com os estudantes ainda reunidos em grupo, onde serão abordados os assuntos estudados sobre as 3 Leis de Isaac Newton, na oportunidade eles fizeram um relato criterioso em forma de redação com o seguinte título: *“Como As Leis de Newton influenciaram o mundo atual em que vivemos, principalmente na locomoção dos seres humanos, tecnologia e descoberta de novos planetas”*.

5 DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados e comentados os dados obtidos nos encontros que contemplam a aplicação do Produto Educacional, que é uma sequência didática cujas atividades foram planejadas segundo o que preconiza a Sequência de Ensino Investigativa (SEI). Conforme já mencionado anteriormente, a análise foi realizada a partir dos dados obtidos por meio do diário de bordo do professor pesquisador, questionários e avaliações realizadas pelos estudantes. Optou-se por apresentar os resultados de acordo com cada um dos nove encontros.

5.1 Primeiro Encontro

O primeiro momento teve como objetivo contemplar a primeira etapa da SEI, que é o Problema Contextualizado. Iniciou-se com a Identificação dos Conhecimentos Prévios, junto aos alunos, sobre a 1ª Lei de Isaac Newton. Para tal, foi apresentado aos estudantes um vídeo sobre a importância do uso do cinto de segurança, mostrando como as montadoras de carros realizam o teste de colisão, usando bonecos a fim de demonstrar os pontos de colisão no corpo de quem sofre uma batida. Durante a apresentação dos vídeos pôde-se perceber o espanto e a surpresa por parte de alguns estudantes, quando os bonecos sem cinto de segurança eram projetados para a frente, batendo fortemente suas cabeças no para-brisas e janelas do carro. Ao finalizar o vídeo, uma estudante fez uma pergunta:

Professor, pelo que eu vi então, o cinto de segurança além de salvar vidas, pode evitar grandes sequelas quando a colisão é feita em baixa velocidade, certo? Então esse Newton é gênio mesmo, porque naquela época nem tinha carro e os espertinhos usaram a lei dele para aplicar nos automóveis (DIÁRIO DE BORDO, registro do dia 15/05/2023).

Analisando o comentário da aluna, fica evidente que ela conseguiu estabelecer uma relação com os fatos evidenciados no vídeo e a aplicação da 1ª Lei de Isaac Newton no tocante a importância do uso do cinto de segurança ao andar em um automóvel. Em seguida, foi solicitado que os estudantes respondessem de forma individual quatro questionamentos sobre a 1ª Lei de Newton. Foram selecionados alguns trechos de respostas apresentados pelos estudantes. A seguir, nas Figuras 10, 11, 12, e 13 serão apresentadas respostas dos alunos a cada um destes quatro questionamentos.

Figura 10 - Resposta do Estudante

• QUANDO ACONTECE A COLISÃO, QUAIS SÃO AS CONSEQUÊNCIAS DE QUEM ESTÁ USANDO CINTO E DE QUEM NÃO ESTÁ?
 QUEM ESTÁ USANDO, QUANDO É TIRADO DE REPOUSO É SEGURADO, JÁ SEM CINTO É JOGADO PARA FRENTE.

Fonte: Autor, 2023.

Figura 11 - Resposta do Estudante

• Qual a importância de veículos equipados com Air bag?
 Ele diminui a velocidade de impacto de pessoa que se acidentou.

Fonte: Autor, 2023.

Figura 12 - Resposta do Estudante

• As pessoas nos carros estão em movimento ou em repouso?
 Em repouso, no momento do impacto o corpo é lançado na mesma velocidade do veículo retirando-o do seu estado de repouso.

Fonte: Autor, 2023.

Figura 13 - Resposta do Estudante

Requiere saber o significado do palavra inércia.
 é a propriedade de todo o qualquer corpo que faz com que ele permaneça parado ou em MRU, exceto se algum força agir sobre ele.

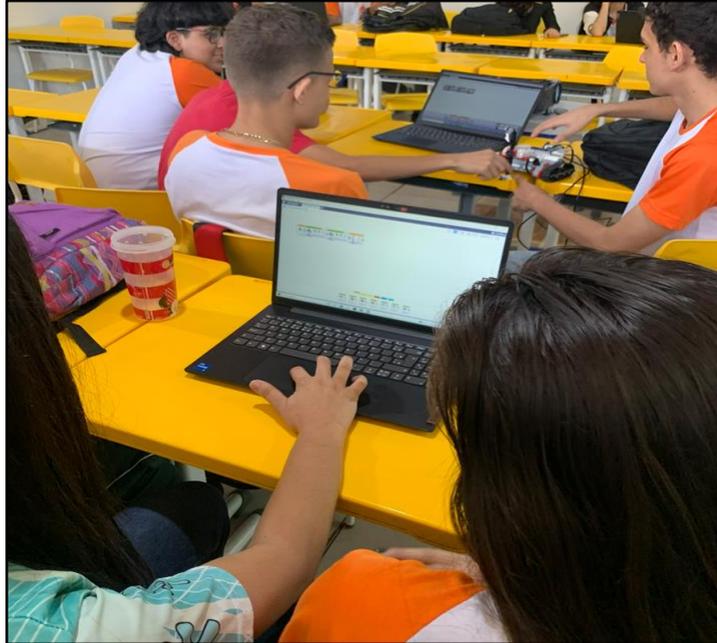
Fonte: Autor, 2023.

Percebe-se, pela análise das respostas, que os estudantes possuem um conhecimento básico sobre a 1ª Lei de Newton, porém, ainda não conseguem relacioná-la a situações do seu cotidiano.

Ao iniciar a primeira Etapa da SEI, foi executado o momento do Problema Contextualizado, onde os estudantes em grupo tiveram que montar uma base motriz de um robô e demonstrar a 1ª Lei de Newton. Tal momento teve a finalidade de fazer com que o estudante fosse desafiado a expor suas ideias, levando em consideração seus conhecimentos, seu posicionamento frente à problemática e fazendo com que ele sinta a necessidade de saber mais sobre o tema apresentado.

A seguir, na Figura 14 é possível ver na imagem, os alunos reunidos em grupo, trabalhando com o software da Lego Mindstorms, programando em blocos para que o protótipo possa realizar o Problema Contextualizado proposto com êxito.

Figura 14 - Alunos programando os protótipos.



Fonte: Autor, 2023.

Segue abaixo um pequeno fragmento do registro do diário de bordo do professor pesquisador, com base nas informações apresentadas pelos estudantes ao longo do desenvolvimento de suas atividades:

Ao iniciar a programação dos protótipos, o professor pesquisador percebeu que o trabalho em grupo pôde proporcionar aos estudantes a troca de ideias e calorosas discussões por parte dos dois grupos, sobre como chegar à programação ideal para demonstrar a 1ª Lei de Newton. No decorrer das programações e situações de tentativas e erros, percebeu-se que alguns alunos ficaram ansiosos e nervosos com as constantes tentativas sem êxito na hora da programação, mas foram auxiliados por alguns colegas mais criteriosos que perceberam que haviam pequenos erros nos códigos de programação que os impossibilitavam de chegar a uma conclusão satisfatória (DIÁRIO DE BORDO, registro do dia 15/05/2023).

Podemos constatar que essas atividades do primeiro encontro estão alinhadas com o que Carvalho (2014, p. 10) relata, ou seja, visando proporcionar aos alunos:

[...] condições de trazer seus conhecimentos prévios para iniciar os novos, terem ideias próprias e poder discuti-las com seus colegas e com o professor passando do conhecimento espontâneo ao científico e adquirindo condições de entenderem conhecimentos já estruturados por gerações anteriores.

Após a realização dessa primeira parte da atividade em grupo, obteve-se subsídios importantes que demonstraram que os alunos trabalharam bem em grupo, onde alguns conseguiram com mais facilidade em relação a outros terminarem a programação desejada para que eles pudessem demonstrar a 1ª Lei de Newton na base motriz.

5.2 Segundo Encontro

Para o desenvolvimento da segunda e terceira etapa da SEI neste encontro, que são respectivamente a Atividade de Sistematização do Conhecimento e a Contextualização, os estudantes foram reunidos em dois grandes grupos, iniciando a segunda etapa, a Sistematização do Conhecimento com a leitura de um texto que fala sobre a Inércia de um corpo, texto esse que vem reforçar os conteúdos físicos sobre a 1ª Lei de Newton, já estudados. Após a leitura, os dois grupos discutiram muito sobre o texto, sendo que alguns componentes do grupo não conseguiram ainda diferenciar Massa e Peso de um corpo. Neste momento da aula, o professor pesquisador, pediu que um membro de cada grupo pudesse falar o que significa fisicamente Peso e Massa de um corpo. Eles solicitaram alguns minutos para eleger um estudante de cada grupo para ir à frente e explicar o que os grupos entendiam por Peso e Massa. O estudante representante do primeiro grupo dissertou sobre a Massa de um corpo:

Professor, nosso grupo entende que a massa de um corpo, dando como exemplo o nosso corpo humano, é a constituição dos ossos, sangue, carne, veias, pele, ou seja todo o nosso corpo que representa a massa, toda nossa estrutura corporal, ou seja uma pessoa de 70 Kg tem massa de 70 Kg, agora vamos deixar o outro grupo falar sobre o Peso (DIÁRIO DE BORDO, registro do dia 17/05/2023).

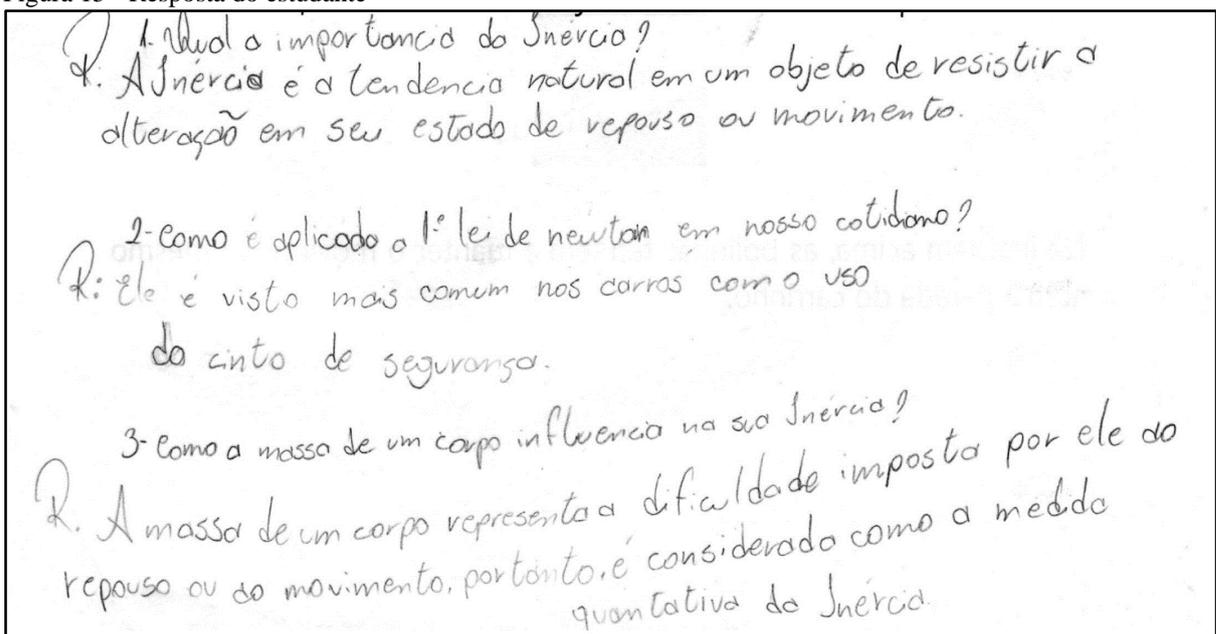
O representante do segundo grupo de estudantes argumentou da seguinte forma sobre o Peso de um corpo:

Nosso grupo concluiu que o peso de um corpo está relacionado com o local que esse corpo se encontra, porque ele tem ligação com a gravidade, que é uma força vertical e para baixo que nos mantém unidos ao planeta, dessa forma o peso de uma pessoa aqui na terra é 6 vezes maior que o peso dessa mesma pessoa na lua (DIÁRIO DE BORDO, registro do dia 17/05/2023).

Analisando parte das respostas acima, podemos constatar que os dois grupos tiveram uma boa noção do conceito físico de Peso e Massa. A intenção desta atividade foi a de criar condições para o desencadeamento de uma aprendizagem significativa por meio de questões intrínsecas a respeito da inércia e a 1ª Lei de Newton.

Dando continuidade na aplicação das atividades, foi solicitado que os alunos respondessem três perguntas: *Qual a importância da Inércia? Como é aplicada a 1ª Lei de Newton em nosso Cotidiano? Como a massa de um corpo influencia na Inércia?* As Figuras 15, 16 e 17 contêm as respostas de alguns estudantes sobre os três questionamentos:

Figura 15 - Resposta do estudante



Fonte: Autor, 2023.

Figura 16 - Resposta do estudante

• Qual é importância da inércia?
 Ela tem a tendência de resistir a alterações em seu estado original de repouso ou movimento.

• Como é aplicada a 1ª lei de Newton em nosso cotidiano?
 A gente dormindo.

• Como a massa de um corpo influencia na sua inércia? quando maior a massa de um corpo, maior é sua inércia e mais difícil é para colocar esse objeto em movimento ou pará-lo.

Fonte: Autor, 2023.

Figura 17 - Resposta do estudante

• Qual é a importância da inércia?
 Ajuda muito a não a sobressar dos movimentos de objetos e o que acontece com o corpo dependendo da sua massa.

• Como é aplicada a 1ª lei de Newton em nosso cotidiano?
 Cinto de segurança no carro.

• Como a massa de um corpo influencia na sua inércia?
 Quanto mais difícil um por o corpo em repouso.

Fonte: Autor, 2023.

Esta atividade de leitura e discussão do texto nada mais é que uma atividade apresentada na segunda etapa da SEI, a Sistematização do Conhecimento, que foi pensada como atividade complementar ao Problema Contextualizado. Ao analisar as respostas da pergunta 01) *Qual a importância da Inércia?* pode-se observar que a apresentação do vídeo, juntamente com os textos, ajudaram aos estudantes na construção de uma resposta muito próxima do conceito físico do significado da inércia. Como já foi citado no aporte teórico, a atividade que segue a Sistematização, por meio da leitura de um texto, deve apresentar “questões que relacionem o problema investigado com o problema social (ou tecnológico)” (CARVALHO, 2013, p. 16).

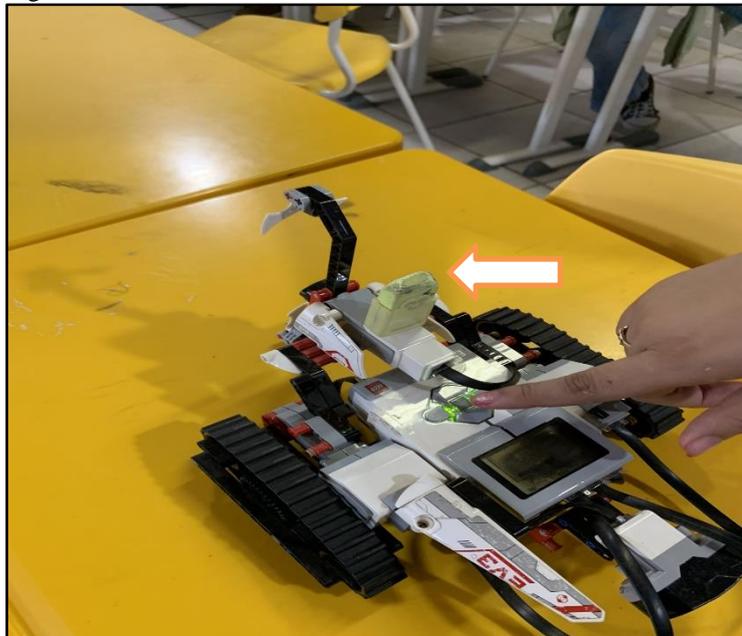
Podemos observar também através da resposta da pergunta 02) *Como é aplicada a 1ª lei de Newton em nosso cotidiano*, em que ele responde: “quando estamos dormindo, ou o cinto de segurança”. Pode-se inferir que ele entende que faz parte da 1ª Lei de Newton, mas não

conseguiu completar ainda o raciocínio físico que está por trás desses fenômenos. Analisando esta resposta, foi possível perceber que alguns estudantes ainda estão formando conceitos físicos sobre as questões, e não conseguiram explicar com mais detalhes esses fenômenos, identificando apenas o ato em que esse fenômeno está envolvido.

Analisando as respostas da pergunta 03) *Como a massa de um corpo influencia na sua inércia?* Apesar da dificuldade apresentada pelos estudantes, as respostas foram satisfatórias, observando que houve evolução do conhecimento físico sobre a massa inercial de um corpo.

Para finalizar a terceira etapa da SEI, a Contextualização, foi solicitado que os estudantes se reunissem em dois grupos, onde deveriam demonstrar sua programação utilizada na base motriz para solucionar o problema apresentado no início do primeiro encontro, que era o de demonstrar a primeira Lei de Newton usando a Base Motriz do robô. Como pode ser visto nas imagens abaixo (Figuras 18 e 19), a programação dos grupos foi bem-sucedida, pois os estudantes conseguiram fazer a base motriz realizar o movimento de parada brusca, isto culminou em resultados positivos na aplicação da Lei de Newton, podendo todos os estudantes ter a experiência de presenciar o fenômeno, fazendo parte da construção do mesmo usando a programação e a base motriz.

Figura 18 - Base Motriz iniciando o movimento



Fonte: Autor, 2023.

Figura 19 - Base Motriz em movimento



Fonte: Autor, 2023.

Como podemos observar nas Figuras 18 e 19, a programação replicou fielmente o que diz a 1ª Lei de Newton, na qual relata que um corpo em movimento tende a permanecer em movimento a menos que uma força externa seja aplicada a ele.

Assim, também é possível afirmar que um corpo em repouso tende a permanecer em repouso, a menos que uma força externa seja aplicada a ele ou tirando de seu estado de original, a borracha, colocada na base motriz, está parada e tende a ficar parada, porém quando a base motriz arranca bruscamente para frente, a borracha sai do seu estado inercial de repouso.

Dessa forma, quando a base motriz para bruscamente e a borracha é lançada para frente, o estudante pode relacionar a semelhança de, por exemplo, um acidente de carro, onde é aplicada a mesma lei. Ou seja, após uma parada brusca ocasionada pela batida, a pessoa tende a continuar em movimento, o que faz ela ser arremessada do veículo, se caso estiver sem o cinto de segurança.

Reconheceu-se que os estudantes conseguiram resolver o problema, efetuando a programação correta da Base Motriz para realizar o experimento, e ao ver a borracha sendo lançada para frente ou para trás eles perceberam a lei de Newton agindo naquele momento, percebeu-se a construção do conhecimento científico por parte dos estudantes (DIÁRIO DE BORDO, registro do dia 17/05/2023).

As respostas, discussões e interações dos estudantes com o kit Lego Mindstorms e o ambiente de programação vem de encontro do que enfatiza (AZEVEDO, 2006, p. 19), que afirma que “os trabalhos de pesquisa em ensino mostram que os estudantes aprendem mais sobre a ciência e desenvolvem melhor seus conhecimentos conceituais quando participam de

investigações científicas, semelhantes às feitas nos laboratórios de pesquisas”. E isto foi perceptível na maioria dos momentos em que os alunos realizaram atividades com o robô.

5.3 Terceiro Encontro

Neste encontro foi finalizada a quarta etapa da SEI, chamada de Avaliação. Em um primeiro momento os alunos fizeram a leitura de uma charge protagonizada pelo famoso gato Garfield que faz menção a inércia. A seguir, na Figura 20 temos a charge apresentada para os estudantes.

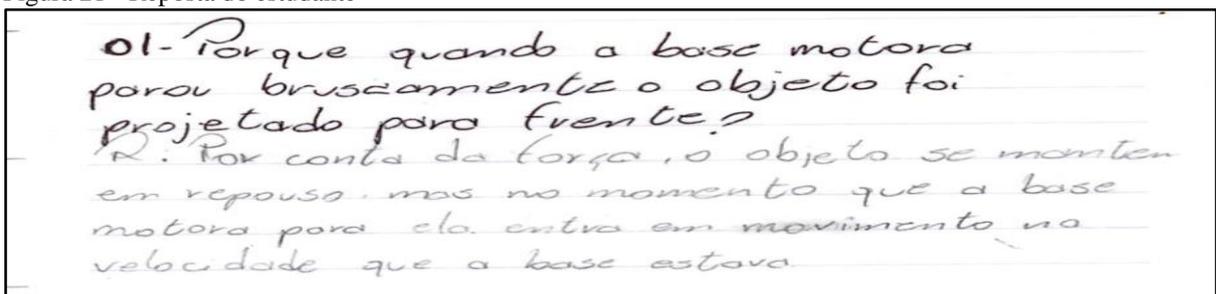
Figura 20 - Tirinha sobre a Inércia



Fonte: <<http://bionarede.com.br/wp-content/uploads/2013/01/6ineracia.jpg>>.

Em seguida foram feitos cinco questionamentos aos estudantes, de forma individual, para que através das respostas, o professor pesquisador pudesse encontrar evidências sobre a melhor compreensão pelos estudantes a respeito da 1ª Lei de Newton. Os questionamentos foram: 01) *Porque quando a base motora parou bruscamente o objeto foi projetado para frente?* 02) *Se o piso onde a base motora foi colocada, fosse perfeitamente liso o que aconteceria com seu movimento?* 03) *Quem tem maior inércia, um caminhão ou um carro de passeio? Explique.* 04) *O que você faz para colocar um determinado corpo em movimento?* 05) *Onde posso ver a aplicação da Primeira Lei de Newton no dia-a-dia?* As Figuras 21, 22, 23, 24 e 25 a seguir mostram alguns trechos selecionados de respostas dos estudantes.

Figura 21 - Reposta do estudante



Fonte: Autor, 2023.

Figura 22 - Resposta do estudante

2) Se o piso onde a base motora foi colocada fosse perfeitamente liso, o que aconteceria com seu movimento?
 A base motora não conseguiria se movimentar por não haver atrito

Fonte: Autor, 2023.

Figura 23 - Resposta do estudante

3 - O caminhão. Por ser bem mais pesado a força exigida para tira-lo da inércia é muito maior.

Fonte: Autor, 2023.

Figura 24 - Resposta do estudante

4) O que você faz para colocar um determinado corpo em movimento?
 Aplicando alguma força contra o corpo

Fonte: Autor, 2023.

Figura 25 - Resposta do estudante

03 - Onde posso ver a aplicação da 1ª Lei Newton no dia-a-dia?
 R: Quando estamos dentro de um ônibus em pé e o mesmo freia bruscamente por conta da lei da inércia somos lançados para frente.

Fonte: Autor, 2023.

Percebeu-se que, ao serem questionados com a pergunta 01) *Porque quando a base motora parou bruscamente o objeto foi projetado para frente?*, a maioria dos estudantes conseguiu entender que existem várias forças agindo sobre o objeto para mantê-lo em repouso e que esse equilíbrio se rompeu quando a base para bruscamente, remetendo claramente a explicação da 1ª Lei de Newton. Analisando a resposta da questão 02) *Se o piso onde a base motora foi colocada, fosse perfeitamente liso, o que aconteceria com seu movimento?* Constatou-se que o estudante trouxe à tona o conceito de atrito, no qual é o elemento importante para um objeto que esteja em contato com o solo possa se deslocar. Podemos perceber que a participação dos estudantes na programação e execução da problemática foi um fator importante

para elencar conceitos físicos, mesmo que eles não consigam ainda exercer totalmente uma linguagem científica, como foi abordado no aporte teórico de acordo com Almeida (1987, p. 67):

O computador vem permitir que as crianças que têm acesso a ele construam elas mesmas suas estruturas intelectuais, espontaneamente, sem que estas lhe sejam inculcadas. O que não significa que elas sejam elaboradas a partir do nada. Ao contrário, as crianças elaboram suas estruturas de pensamento manipulando os materiais que encontra em seu ambiente.

Em relação à resposta da questão 03) *Quem tem maior inércia, um caminhão ou um carro de passeio? Explique*, pôde-se constatar que o estudante conseguiu assimilar o conceito de inércia, relacionando o peso dos dois veículos com a sua dificuldade de tirá-lo do estado de repouso. Sobre a próxima questão 04) *O que você faz para colocar um determinado corpo em movimento?* percebeu-se que a maioria das respostas dos estudantes ficou limitada apenas na força que seria aplicada, necessitando então a intervenção do professor pesquisador, que explicou que a força a ser aplicada no determinado corpo deve vencer a inércia do repouso desse corpo, gerando uma aceleração cuja função é o valor da massa do corpo.

Por fim, foi realizada uma última questão 05) *Onde posso ver a aplicação da Primeira Lei de Newton no dia-a-dia?* No caso específico desta pergunta, ela já havia sido feita no segundo encontro, e agora através das respostas podemos observar que as respostas foram mais completas, contemplando vários conceitos físicos, o que pode nos dar indícios que ocorreu uma maturidade científica pelos alunos no decorrer de todas etapas aplicadas da SEI. Tal fato vem de encontro com o que foi apontado no aporte teórico, portanto, a avaliação deixa de ser passiva para o aluno, estimulando-o a perceber o que faz, como o faz e porque o faz, de modo a melhorar a eficácia da sua ação (ABRECHT, 1994).

Ao finalizar essa última etapa da SEI, constatou-se que os estudantes expressam ter entendimento sobre a 1ª lei de Newton, dominando muitos conceitos, tiveram várias discussões produtivas em grupo, ainda existe problemas conceituais por parte de alguns estudantes, mas a maioria dos discentes assimilaram satisfatoriamente os conceitos da Lei da Inércia (DIÁRIO DE BORDO, registro do dia 17/05/2023).

5.4 Quarto Encontro

Este encontro iniciou o estudo da 2ª lei de Newton, onde foi aplicado a primeira Etapa da SEI, que é o Problema Contextualizado. Iniciou-se primeiramente com uma atividade para

verificar os conhecimentos prévios dos estudantes. Tal atividade mostrou, por meio de um vídeo, uma compilação impressionante de caminhonetes rebocando caminhões e tratores, um clássico da 2ª Lei de Newton. Ao terminar o vídeo, um dos alunos fez o seguinte questionamento: “Professor, eu consegui enxergar aí o conceito da 1ª Lei, porque vi que a caminhonete conseguiu vencer a inércia do caminhão para ele entrar em movimento, mas onde está a 2ª Lei?”

Neste momento, o professor pesquisador aproveitou para explicar que, na verdade, analisando o vídeo podemos mostrar as 3 leis de Newton. Em resumo, a física explica que uma caminhonete é capaz de rebocar o caminhão porque aplica uma força de tração suficiente para superar as forças de resistência, como o atrito e a resistência do ar, e a inércia inicial do caminhão. Já a segunda lei de Newton descreve como a tração do caminhão depende da relação entre a força aplicada e a massa total do sistema, enquanto a terceira lei de Newton indica que há uma ocorrência igual e oposta exercida pelo caminhão sobre a caminhonete durante o reboque.

Dando continuidade ainda ao momento de verificação dos conhecimentos prévios, foram apresentadas aos estudantes de forma individual três questionamentos distintos, para que eles pudessem responder. Sobre a primeira pergunta, *Quais são os fatores físicos que levam uma caminhonete de 2 Toneladas rebocar uma carreta de 30 Toneladas?*, é possível verificar nas Figuras 26, 27 e 28 as respostas de alguns estudantes.

Figura 26 - Resposta do estudante

• Quais são os fatores físicos que levam uma caminhonete de 2 toneladas rebocar uma carreta de 30 toneladas quando o caminhão é puxado pela caminhonete ela faz força para tirar o caminhão do repouso

Fonte: Autor, 2023.

Figura 27 - Resposta do estudante

• quais são os fatores físicos que levam uma caminhonete de 2 toneladas rebocar uma carreta de 30 toneladas? quando a caminhonete puxa a carreta ela faz força para tirar a carreta do repouso, fazendo a carreta ter movimento.

Fonte: Autor, 2023.

Figura 28 - Resposta do estudante

Resposta,
 4- A caminhante sai da inércia do repouso mais fácil do que a carreta e uma vez em movimento a caminhante exerce mais força sobre a carreta e a tira da inércia.

Fonte: Autor, 2023.

A partir dessas respostas, podemos encontrar a palavra “inércia” e “força” colocadas de forma fisicamente correta pelos estudantes, o que evidencia o seu amadurecimento no estudo das Leis de Newton, a significação acrescentada pela experiência com a atividade utilizando a Robótica Educacional. A seguir, nas Figuras 29, 30 e 31 são apresentadas algumas respostas ao segundo questionamento 02) *Por que, depois de iniciado o movimento, o caminhão necessita de uma certa distância para parar?*

Figura 29 - Resposta do estudante

Por que, depois de iniciado o movimento, o caminhão necessita de uma certa distância para parar?
 Quanto mais massa o veículo tem mais é a demora para desacelerar.

Fonte: Autor, 2023.

Figura 30 - Resposta do estudante

Por que, depois de iniciado o movimento, o caminhão necessita de uma certa distância para parar? A inércia dele é grande sendo mais difícil parar no instante

Fonte: Autor, 2023.

Figura 31 - Resposta do estudante

A inércia do caminhão é proporcional a sua massa, ou seja quanto maior a massa, maior a inércia e maior sua dificuldade de parar

Fonte: Autor, 2023.

Ao analisar as respostas acima, podemos identificar que os estudantes fizeram uma leitura correta sobre “massa” e “inércia”, relacionando-as com a condição da dificuldade de

parar ou fazer certo corpo entrar em movimento. O fragmento retirado do diário de bordo do professor pesquisador reitera isto, trazendo o seguinte relato:

Observando os alunos responderem os questionamentos, pude constatar por meio dessas respostas que a aplicação da SEI nos três primeiros encontros foi frutífera, fiquei extremamente satisfeito ao ver como os alunos conseguiram assimilar os conceitos físicos, pois nessa próxima etapa da 2ª Lei de Newton, eles vão perceber melhor a relação entre a força aplicada em um objeto, sua massa e a consequência resultante (DIÁRIO DE BORDO, registro do dia 24/05/2023).

Finalizando a etapa dos conhecimentos prévios, segue na Figura 32, 33 e 34 as respostas ao último questionamento 03) *Por que um ônibus com lotação máxima demora mais tempo para sair do repouso?*

Figura 32 - Resposta do estudante

• Por que um ônibus com lotação máxima demora mais tempo para sair do repouso?
 $k = \text{Simplex}$, quanto maior for sua massa, maior será sua inércia;

Fonte: Autor, 2023.

Figura 33 - Resposta do estudante

3- Por que um ônibus com lotação máxima demora para sair do repouso?
 quando mais pesado o objeto mais dificuldade tem para se pegar muito mais assim quando mais pessoas existem no ônibus mais tempo ele irá demorar para pegar velocidade.

Fonte: Autor, 2023.

Figura 34 - Resposta do estudante

Por que um ônibus com lotação máxima demora mais tempo para sair do repouso?
 Por causa de peso, a inércia dele é maior

Fonte: Autor, 2023.

Observando as duas últimas respostas acima, ainda podemos perceber uma pequena dificuldade dos estudantes em distinguir peso e massa. Espera-se que ela seja totalmente sanada na próxima etapa da SEI, que é a aplicação do Problema Contextualizado.

Para aplicar a primeira etapa da SEI, que é o Problema Contextualizado, agora dando ênfase na 2ª Lei de Newton, os estudantes foram desafiados a programar um robô para levar um objeto em forma de cubo de um ponto para o outro. Parte do desafio problema consiste na confecção de três blocos cúbicos com arestas de 6 cm cada, feitos de papelão e com massas equivalentes a 20 g preenchidos com isopor, 200 g preenchidos com moedas e 350 g preenchidos com areia.

Esses objetos foram usados para que o Robô possa transportá-los de um determinado local para outro, destacando a importância das leis de Newton para entender o comportamento dos objetos em movimento. Os estudantes iniciaram a confecção das caixas, separados em dois grupos, e em seguida, com a ajuda de uma balança de precisão, começaram a aferir os valores colocados em cada caixa para que pudessem dar início a programação dos robôs. Abaixo, as Figuras 35, 36 e 37 demonstram o capricho e a preocupação dos estudantes em deixar as caixas com o valor das massas exatamente como o desafio solicitava.

Figura 35 - Caixa com isopor



Fonte: Autor, 2023.

Figura 36 - Caixa com areia



Fonte: Autor, 2023.

Figura 37 - Caixa com moedas



Fonte: Autor, 2023.

Pelas ações realizadas pelos estudantes no momento da confecção desse material e programação, segue abaixo um pequeno relato retirado do diário de bordo do professor pesquisador:

À medida que os alunos se organizavam em grupos, havia um zumbido de empolgação no ar. Eles começaram a selecionar os materiais necessários, que incluíam pedaços de isopor, moedas, uma pequena quantidade de areia, papel cartão, tesoura e cola. As conversas animadas sobre como montar a experiência e as diferentes abordagens que cada grupo planejava usar eram audíveis em toda a sala. Conforme os grupos se organizavam, pude observar uma combinação de determinação e competência. Alguns alunos estavam meticulosamente colando as caixas, enquanto outros estavam debatendo sobre a quantidade de peso que deveriam adicionar a elas e outros estavam fazendo a programação para que o robô pudesse se locomover satisfatoriamente. Era evidente que se esforçaram para

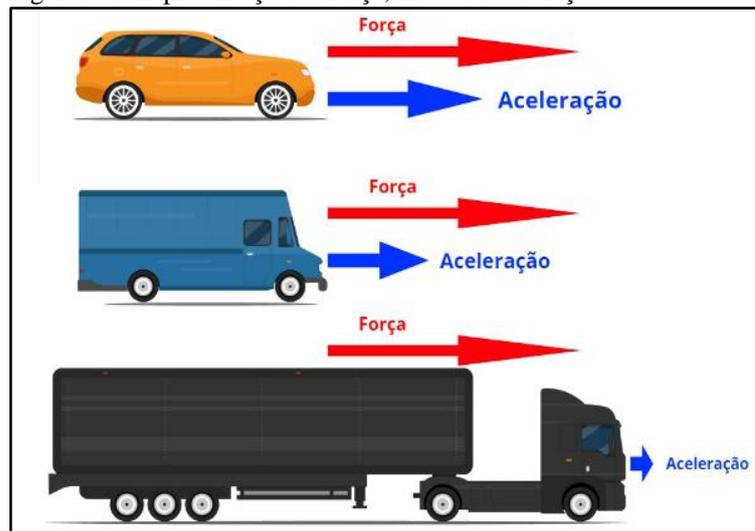
garantir que a experiência fosse realizada com bons resultados (DIÁRIO DE BORDO, registro do dia 24/05/2023).

Finalizando a primeira etapa da SEI, que aqui chamamos de Problema Contextualizado, percebemos que o relato apresentado acima do diário de bordo do professor pesquisador, vem ao encontro com o que foi apresentado no aporte teórico, ou seja, BRASIL (1999) afirma que “investigar tem, contudo, um sentido mais amplo e requer ir mais longe, delimitando os problemas a serem enfrentados, desenvolvendo habilidades para medir e quantificar, seja com régua, balanças, multímetros ou com instrumentos próprios, aprendendo a identificar os parâmetros relevantes, reunindo e analisando dados, propondo conclusões”.

5.5 Quinto Encontro

Neste encontro foi desenvolvido a segunda etapa da SEI que é a atividade de Sistematização do Conhecimento e a terceira etapa chamada de Contextualização. Iniciando a Sistematização do Conhecimento, o professor pesquisador projetou no quadro, para os estudantes, uma figura que lhes permite observar por meio de setas, os vetores importantes que são aplicados na 2ª Lei de Newton. A Figura 38 representa a projeção vista pelos alunos:

Figura 38 - Representação da força, massa e aceleração



Fonte: <<https://static.mundoeducacao.uol.com.br/mundoeducacao/2020/02/forca-massa-e-aceleracao.jpg>>.

O professor pesquisador iniciou o debate falando sucintamente sobre a segunda Lei de Newton, dizendo que ela determina que a força resultante em um corpo é resultado do produto entre sua massa e sua aceleração. Informou ainda que, se fizermos força sobre um objeto com

massa, produziremos uma aceleração. Em seguida solicitou para que os estudantes comentassem sobre o vetor força que foi aplicado nos três veículos. Três alunos responderam: “- Percebi que o vetor força tem o mesmo tamanho para os três veículos”; “- Professor, o vetor força tem intensidade igual para as três situações”; “- A força aplicada para os três veículos é a mesma”.

Após o professor pesquisador solicitar que outros estudantes comentem sobre o que aconteceu com a aceleração, tendo em vista que já perceberam que a força é a mesma para os três veículos. Dois estudantes fizeram o seguinte relato:

- Professor, a aceleração para os três veículos foi diferente, apesar da força aplicada ser igual.
- Eu consegui entender que, como eles tem massas bem diferentes, a aceleração será maior sempre em objetos com massa menor, por isso o caminhão tem pouca aceleração, ta aí de novo a inércia, esse Newton era o cara mesmo hein professor, kkkkk.

Pelas respostas apresentadas pelos estudantes, foi perceptível para o professor pesquisador que eles conseguiram assimilar bem os conceitos básicos da 2ª Lei de Newton, como diz o relato abaixo tirado do diário de bordo do professor pesquisador.

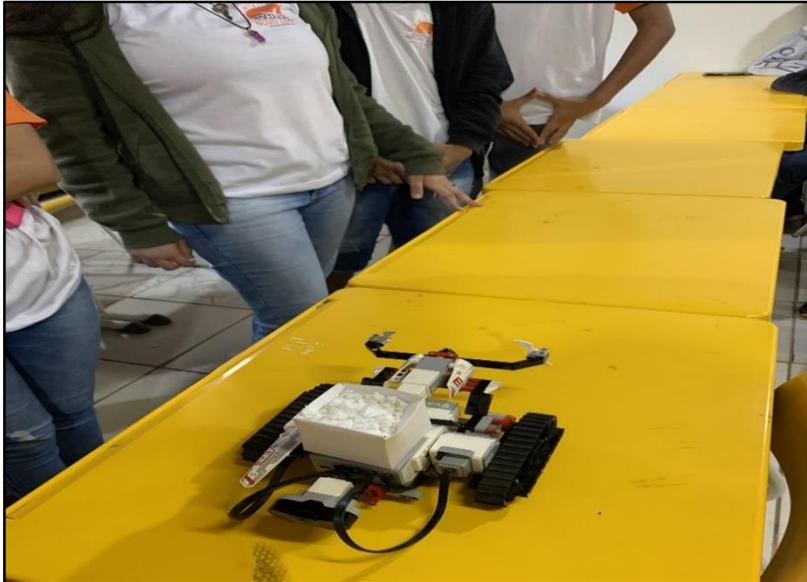
Após a projeção da imagem com vetores de força e aceleração relacionada à segunda Lei de Newton, serviu como ponto de partida para uma discussão rica e envolvente sobre física e movimento. Os alunos puderam explorar conceitos fundamentais, aplicar os exemplos do mundo real e desenvolver uma compreensão mais profunda dos princípios subjacentes à segunda Lei de Newton (DIÁRIO DE BORDO, registro do dia 29/05/2023).

Logo em seguida foi aplicada a terceira etapa da SEI, a Contextualização. Nesta etapa, os alunos reunidos em grupo colocaram à prova o resultado de suas programações afim de solucionar o desafio problema que é: Programar o robô para levar um objeto em forma de cubo com uma massa desconhecida de um ponto para outro. Os alunos se reuniram ao redor do equipamento com entusiasmo. O professor pesquisador explicou o procedimento da experiência, destacando como eles iriam variar na massa dos cubos e medir os resultados. Os olhares curiosos e focados dos alunos indicavam que eles estavam prontos para começar.

À medida que os grupos foram liberando os robôs com os cubos com isopor picado, areia e moedas, começaram a acelerar, os olhos dos estudantes se iluminaram. Eles observaram atentamente quando os carrinhos se moviam com facilidade ou dificuldade, dependendo da

caixa que o robô estava levando, os alunos faziam anotações e discutiam suas observações. Abaixo será apresentada nas Figuras 39, 40 e 41 a execução do desafio.

Figura 39 - Robô levando isopor picado



Fonte: Autor, 2023.

Figura 40 - Robô levando areia



Fonte: Autor, 2023.

Figura 41 - Robô e as caixas em forma de cubo



Fonte: Autor, 2023.

Conforme a experiência avançava e eles ajustavam a massa das caixas, os alunos foram conseguindo perceber uma clara relação entre a força aplicada (alterando a massa) e o resultado da aceleração do robô. Eles perceberam que a segunda lei de Newton estava se manifestando bem diante de seus olhos, e a motivação era explícita. À medida que a experiência chegava ao fim e os dados eram detalhados, os alunos se reuniam para discutir suas descobertas. Sorrisos de realização e compreensão iluminaram seus rostos. Eles não apenas montaram com sucesso a experiência, mas também testemunharam diretamente como a massa afetou a aceleração de acordo com a segunda lei de Newton. A seguir é apresentado um fragmento retirado do diário de bordo do professor pesquisador que corrobora tais afirmações.

Ao finalizar a aplicação da terceira etapa da SEI a Contextualização, ficou evidente que a experiência prática havia solidificado o entendimento da 2ª Lei de Newton de uma maneira que a teoria em sala de aula sozinha não poderia ter sido feita. Aqueles jovens cientistas estavam cheios de confiança e orgulho por terem conquistado mais um passo em seu entendimento da física. Foi uma aula que certamente deixou uma impressão, intenção e modernização desses estudantes a continuar explorando os mistérios do universo através da ciência (DIÁRIO DE BORDO, registro do dia 29/05/2023).

Como foi descrito no aporte teórico e ao longo dessa dissertação, a criança precisa criar algo de concreto para facilitar sua aprendizagem, tal como uma maquete ou um modelo, por exemplo. Com isso, a criança poderá localizar os obstáculos, analisar os erros e desenvolver

novas táticas, sendo proporcionado, dessa forma, a autonomia necessária para que a criança aprenda sem ser dependente das respostas de um adulto (PAPERT, 2008; CAMACHO, 2010).

5.6 Sexto Encontro

Este encontro finaliza a 4ª Etapa da SEI, a Avaliação. Finaliza também o estudo sobre a 2ª Lei de Newton. Na ocasião, foi solicitado que os dois grupos produzissem um relatório tendo como itens obrigatórios relatos sobre *como foi a montagem e o registro das estratégias para o cumprimento da situação problema proposta, indicando em cada tarefa executada pelo robô o porquê da dificuldade de transportar 3 blocos com massas tão diferentes; onde isso pode ser aplicado no dia-a-dia; e qual é a relação entre a massa, aceleração e a força trabalhadas nas atividades?*

Para a resposta sobre *como foi a montagem e o registro das estratégias para o cumprimento da situação problema proposta*, segue a resposta de um dos grupos.

Durante a montagem, identificamos que uma maior dificuldade estava relacionada à acomodação dos três blocos com massas consideravelmente diferentes em relação ao robô. Para solucionar esse problema, decidimos que os blocos seriam organizados em uma base móvel, que poderia ser ajustada para acomodar a altura dos blocos e distribuir o peso de maneira mais equilibrada.

No caso específico desse grupo, no momento dos testes de execução com o bloco móvel, eles perceberam que esse bloco se movia muito, e a cada tentativa ele caía da base motora. Por fim resolveram usar o bloco de papelão que foi produzido no início da atividade, pois ele possuía maior atrito que o bloco móvel idealizado pelo grupo.

Segue o fragmento do relato do outro grupo sobre *o porquê da dificuldade do robô de transportar 3 blocos com massas tão diferentes*:

A dificuldade no transporte dos blocos com massas diferentes reside principalmente na aplicação dos princípios da física. De acordo com a segunda lei de Newton, a produtividade de um objeto é diretamente proporcional à força aplicada e inversamente proporcional à massa do objeto ($F = ma$). Como os blocos tinham massas diferentes, o robô precisava aplicar forças diferentes para acelerar cada bloco até a mesma velocidade. Isso se tornou um desafio, pois o robô tinha que ajustar continuamente a força aplicada de acordo com a massa do bloco que estava transportando.

Através deste relato, percebemos indícios de aprendizagem por parte dos alunos e aprofundamento da 2ª lei de Newton, sendo que esse grupo faz uma ótima descrição da força,

massa e aceleração, que está relacionado com a dificuldade no transporte dos blocos com massas distintas.

Para o questionamento sobre *onde isso (2ª Lei de Newton) pode ser aplicado no dia-a-dia?* O grupo respondeu da seguinte forma:

A compreensão desses princípios técnicos tem aplicações práticas no dia-a-dia. Por exemplo:

Transporte de Cargas: Em logística e transporte, é fundamental entender como a massa afeta a movimentação de veículos, como caminhões e empilhadeiras, ao transportar cargas de diferentes pesos.

Automóveis e Segurança: No design de automóveis e sistemas de segurança, o conhecimento das relações entre massa e influência é crucial para garantir a segurança dos passageiros em caso de inclusão.

Aviação: Na aviação, a carga útil e o peso da tripulação são fatores críticos a serem considerados para o planejamento de voos e para a manutenção da estabilidade durante o voo.

As respostas do grupo a este questionamento provaram que, após o experimento com os robôs, eles fizeram pesquisas para sua aplicação na prática do mundo em que vivem. Por fim para o último questionamento: *qual é a relação entre a massa, aceleração e a força trabalhadas nas atividades?* A resposta de um grupo está registrada abaixo.

Essa atividade prática nos permitiu vivenciar na prática como a física se aplica em situações reais. Aprendemos que compreender a relação entre massa, tração e força é essencial para projetar sistemas que lidam com objetos de diferentes massas de maneira eficiente.

Esta resposta juntamente com as outras que foram citadas anteriormente, nos levam a uma conclusão que para esses três encontros, aplicando as etapas da SEI, a atividade prática de transporte de blocos com massas diferentes usando robôs foi útil para a aplicação e contextualização dos conceitos da 2ª Lei de Newton. Houve desafios reais, relacionados à necessidade de ajustar a força aplicada de acordo com a massa dos blocos, destacando a importância desses princípios na vida cotidiana. A montagem e programação dos robôs contribuíram para o aprendizado prático e o desenvolvimento de habilidades de engenharia e programação. Assim, infere-se que essa experiência enriquecedora fortaleceu a compreensão da física e sua relevância no mundo real junto aos alunos.

5.7 Sétimo Encontro

Este encontro iniciou o estudo da 3ª lei de Newton, chamada de Lei da Ação e Reação, onde foi aplicado a primeira etapa da SEI, que é o Problema Contextualizado. Primeiramente

foi realizada uma atividade para verificar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre esta lei. O professor pesquisador fez dois questionamentos para os estudantes: *Você já pensou em como um foguete funciona? Por que ele sobe?* Após um momento de silêncio e reflexão da turma, eles começaram a responder. Segue abaixo respostas apontadas por três diferentes estudantes:

- Sim, o funcionamento dos foguetes sempre me intriga. É como um empurrão gigante para o espaço! Mas não sei explicar fisicamente como eles sobem professor.
- Sim, já pensei muito sobre isso! Um foguete é uma máquina muito interessante que utiliza as leis da física e matemática para subir.
- Professor, eu sei que precisa de muita força, e que existem fases até ele chegar ao seu destino.

Por meio das respostas, o professor pesquisador percebeu que alguns alunos tem uma boa noção do funcionamento dos foguetes. Para aprimorar o conteúdo sobre a 3ª Lei de Newton e facilitar na compreensão melhor dos fenômenos físicos envolvidos no lançamento do foguete, foi apresentado aos estudantes um vídeo² de um lançamento de um foguete onde eles puderam observar todas as etapas da decolagem. Logo abaixo segue mais um fragmento retirado do diário de bordo do professor pesquisador.

Assim que o vídeo começou a mostrar a decolagem de um foguete rumo ao espaço, percebi que os olhares dos alunos estavam fixos na tela, repletos de expectativa e curiosidade. À medida que o foguete acelerava, ouvíamos os motores rugirem, e as vibrações da decolagem eram quase palpáveis no ambiente da sala de aula. À medida que o foguete se elevava majestosamente, vi expressões de admiração e assombro nos rostos dos estudantes. Alguns deles sussurravam “uau” enquanto observavam o espetáculo. Foi incrível testemunhar como a ciência se tornou real para eles naquele momento, especialmente quando os motores do foguete foram desligados e o silêncio do espaço se instalou (DIÁRIO DE BORDO, registro do dia 05/06/2023).

Logo após o vídeo, o professor pesquisador complementou que a queima do combustível cria um jato de gases quentes e rápidos que é expelido para baixo (ação). Isso cria uma força contrária para cima, vencendo a gravidade e permitindo que o foguete suba (reação). À medida que o foguete sobe, ele também muda de direção usando propulsores para alcançar sua órbita ou destino desejado. É uma combinação de física, engenharia e matemática.

Em seguida, deu-se início a primeira etapa da SEI que é o Problema Contextualizado. Para esta atividade relacionada à 3ª lei de Newton, os estudantes utilizaram a base motriz do kit

² Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=KFG-VuNZB14>>.

de Robótica Educacional Lego Mindstorm EV3, a mesma utilizada para demonstrar a 1ª Lei do Movimento de Newton. Os estudantes acoplaram à base motora em um dinamômetro³, que estava fixado no local e o desafio foi: *Programar uma sequência com 3 velocidades (30%, 60% e 90%), para averiguar as marcações das forças exercidas pela base motora sobre o dinamômetro.*

Os estudantes aprenderam a programar um motor base, do kit robótico, para operar em três velocidades diferentes: 30%, 60% e 90% de sua capacidade máxima. Isso foi feito através da interface de programação Lego, onde realizaram uma sequência de comandos relacionados aos movimentos necessários para tal. Nesta fase não houve muitas perguntas. Os dois grupos estavam bem à vontade, sendo que cada membro do grupo estava exercendo sua função e pareciam muito entrosados.

Mais uma vez retornamos ao referencial teórico desta dissertação para reiterar que a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) destaca a importância de se trabalhar atividades em grupos de alunos como parte do processo educacional. A BNCC é um documento orientador que estabelece as competências e habilidades essenciais que todos os estudantes brasileiros devem adquirir ao longo de sua educação básica. De acordo com a BNCC, a colaboração e o trabalho em grupo são fundamentais por várias razões:

- I. I - Trabalhar em grupo permite que os alunos desenvolvam habilidades sociais essenciais, como comunicação, colaboração, empatia e respeito. Essas habilidades são cruciais para o sucesso na vida pessoal e profissional.
- II. II - Grupos de alunos geralmente reúnem pessoas com diferentes experiências, conhecimentos e pontos de vista. Isso enriquece a discussão e a compreensão dos tópicos, pois os alunos são expostos a diferentes perspectivas e abordagens.
- III. III - Muitos dos desafios que os alunos enfrentam na vida esgotada fecham a capacidade de resolução de problemas complexos em colaboração com outros. As atividades em grupo preveem oportunidades para praticar essa habilidade.

Portanto, à medida que encerramos esta etapa da SEI, é essencial considerar que as atividades em grupo não são apenas uma estratégia pedagógica, mas também uma parte fundamental da formação de nossos alunos. As atividades em grupo, como as realizadas para programar robôs com diferentes velocidades, são muito mais do que simplesmente dividir tarefas e compartilhar responsabilidades. Elas são oportunidades ricas de aprendizagem colaborativa, interação social e desenvolvimento de habilidades valiosas para a vida futura destes alunos.

³ O dinamômetro funciona com a mola que se alonga conforme a força é aplicada sobre o equipamento. A partir disso, o equipamento consegue mensurar de maneira objetiva e eficiente o comportamento da tensão por deformação ou carga alargada de uma extensão de ligas metálicas de uma mola ou do deslocamento do ar.

5.8 Oitavo Encontro

Neste encontro, no sentido dar continuidade ao aprofundamento da 3ª Lei de Newton, foram aplicados a segunda e terceira etapas da SEI, que são respectivamente a Sistematização do Conhecimento e a Contextualização. Iniciando a Sistematização do Conhecimento, a segunda etapa da SEI, o professor pesquisador fez um questionamento no sentido de aguçar as ideias sobre a 3ª Lei de Newton, provocando a turma com a seguinte pergunta: *Será que a 3ª Lei de Newton só é aplicada em foguetes?*

Enquanto os estudantes pensavam no questionamento, o professor pesquisador reproduziu um vídeo⁴ que abrange de forma bem resumida e didática as 3 leis de Newton. Logo após o vídeo os estudantes começaram a responder o questionamento. Segue abaixo as respostas de três estudantes:

- Professor, penso que a 3ª lei de Newton é uma lei universal. Ela se aplica em todos os lugares e em várias situações. Mesmo na vida cotidiana, quando caminhamos, exercemos uma força no chão, e o chão exerce uma força igual e oposta em nós, nos permitindo avançar, como o senhor tinha explicado durante o vídeo.
- A terceira lei de Newton não está só em foguetes ou ao espaço. Ela está presente em praticamente tudo. Quando jogamos uma bola, a força que aplicamos nela resulta em uma ocorrência da bola na direção oposta. Isso acontece o tempo todo, não apenas no espaço.
- Não professor, esta lei do Newton se aplica a várias situações, mesmo sabendo que a física não é minha praia eu gosto muito de biologia e entendi que mesmo na biologia, quando nossos músculos se contraem para nos mover, essa lei está em ação.

Estas respostas destacam que a 3ª lei de Newton, conhecida como a lei da ação e reação, é uma lei universal que se aplica a uma ampla variedade de situações, não se limitando apenas ao contexto dos foguetes. Ela é fundamental para a compreensão do movimento e das interações físicas em nosso mundo.

Em seguida começou a aplicação da terceira etapa da SEI a Contextualização. Nesta etapa os alunos mostraram na prática o resultado das programações por meio do robô e as aferições medidas em um dinamômetro. Também presenciaram a 3ª Lei de Newton agindo

⁴ Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=kLPUG0CqMG8>>.

diante dos seus próprios olhos. As Figuras 42, 43 e 44 mostram os alunos demonstrando suas programações e as aferições do dinamômetro com as 3 diferentes velocidades propostas a eles.

Figura 42 - Robô com velocidade 30%



Fonte: Autor, 2023.

Figura 43 - Robô com velocidade 60%



Fonte: Autor, 2023.

Figura 44 - Robô com velocidade 90%



Fonte: Autor, 2023.

Os estudantes puderam observar que suas programações foram bem-sucedidas, pois constataram que, conforme aumenta a velocidade do carrinho, aumenta também a leitura feita pelo dinamômetro. Quando foi programado 30% da velocidade total do robô, o dinamômetro marcou 1N. Já para 60% dessa velocidade ele marcou 2N e com 90% da velocidade, o dinamômetro chegou a marcar 3N, notando que a força que o carrinho exerce é a ação, e que a leitura feita pelo dinamômetro é a reação, obedecendo a 3ª Lei de Newton. Abaixo segue um fragmento retirado do diário de bordo do professor pesquisador.

Ao iniciar a atividade, meus alunos estavam visivelmente animados. Eles se agruparam em equipes, cada um responsável por programar o robô a uma das três velocidades: 30%, 60% e 90% da sua capacidade máxima. A colaboração foi notável desde o início, com os alunos discutindo estratégias de programação e tomando decisões conjuntas sobre como abordar a tarefa. Quando os robôs começaram a se mover, a sala de aula encheu-se de entusiasmo. Os alunos observaram com admiração o comportamento das máquinas e as diferentes velocidades em que operavam. Eles puderam ver claramente como a variação da velocidade do robô influenciava a leitura do dinamômetro, que registrou as forças aplicadas em resposta a cada ação. Conforme a atividade progredia, os alunos começaram a fazer conexões com a 3ª lei de Newton. Eles identificaram que, à medida que a velocidade do robô aumentava, a força registrada no dinamômetro aumentava proporcionalmente. Essa observação levou a discussões animadas sobre a ação e os acontecimentos, e como a 3ª lei de Newton aplicou-se a várias situações do dia-a-dia. Ao final da aula, os alunos tiveram a oportunidade de refletir sobre o que aprenderam. Eles destacaram a importância de experimentar conceitos de física em ações práticas e de trabalhar em grupo para alcançar objetivos comuns. Aprendemos que a programação de robôs é muito mais do que linhas de código; é uma maneira tangível de explorar princípios científicos (DIÁRIO DE BORDO, registro do dia 05/06/2023).

Ao findar esta experiência e observando e escutando os alunos, percebe-se que atividades como estas demonstram a importância, sempre que possível, de atividades práticas e colaboração entre alunos em prol da aprendizagem.

5.9 Nono Encontro

Neste encontro foi aplicada a quarta e última etapa da SEI, a Avaliação. Para tal, foi solicitado que os estudantes, em grupo, analisassem uma charge que remete a reflexão sobre a 3ª Lei de Newton, que está representada na Figura 45.

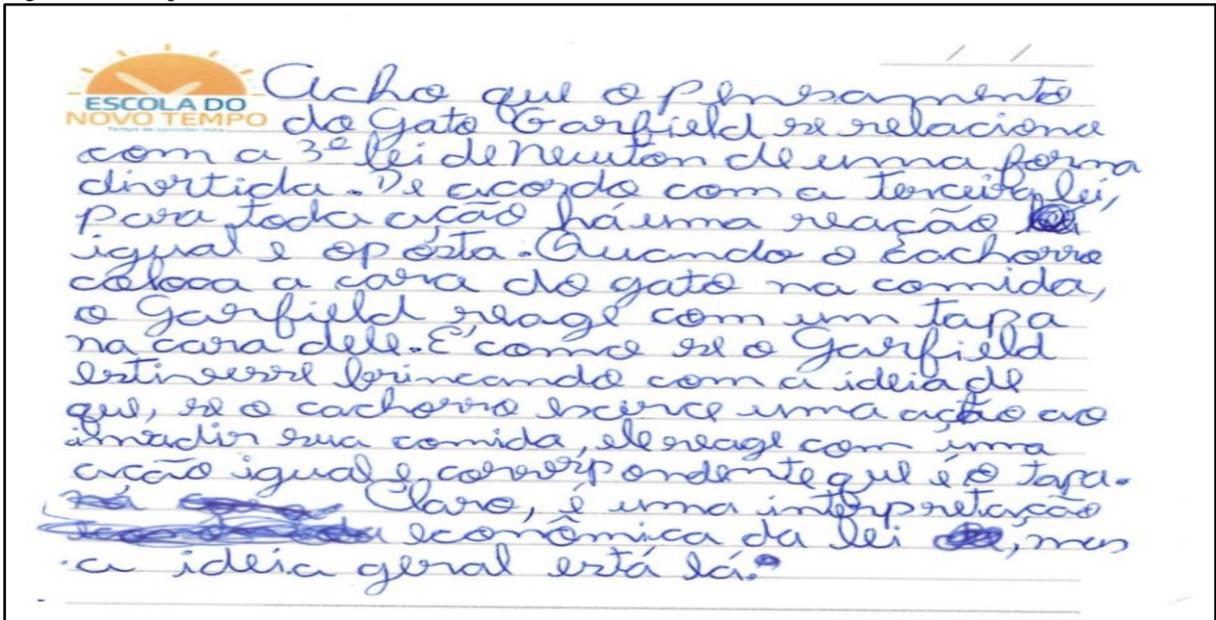
Figura 45 - Charge sobre a 3ª Lei de Newton



Fonte: <http://2.bp.blogspot.com/-TMyg6_n5rIA/TfrMMB3grYI/AAAAAAAAAEs/vy114CCfS0M/s1600/mec_001.bmp>.

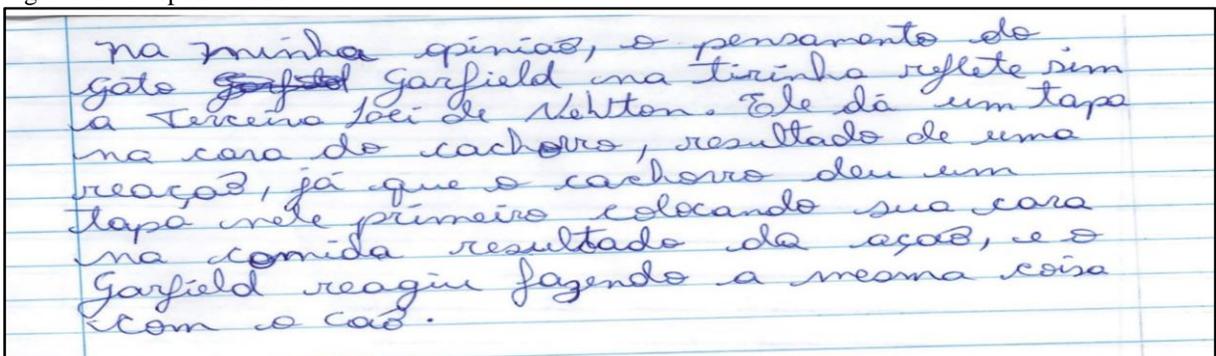
O Gato Garfield é um dos personagens de quadrinhos mais amados do mundo, conhecido por sua personalidade preguiçosa e amor pela comida. No entanto, por trás de seu comportamento cômico, Garfield ocasionalmente nos surpreende ao ilustrar princípios científicos de forma inteligente e lúdica. Em uma charge, ela nos ajuda a visualizar a 3ª lei de Newton de uma maneira que só ele poderia fazer. Uma charge muitas vezes contém elementos humorísticos e pode envolver paradoxos ou situações engraçadas. Isso desafia os estudantes a pensar criticamente sobre como as leis da física se aplicam a situações inesperadas, promovendo a reflexão e a análise. Após a leitura da tirinha foi solicitado aos estudantes que respondessem duas perguntas: 01) *O pensamento do gato Garfield, reflete exatamente a 3ª Lei de Isaac Newton?* Para este questionamento as respostas de três estudantes estão nas Figuras 46, 47 e 48.

Figura 46 - Resposta do estudante



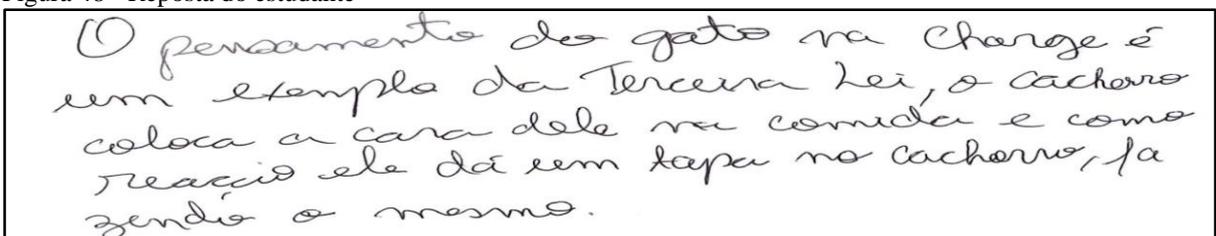
Fonte: Autor, 2023.

Figura 47 - Resposta do estudante



Fonte: Autor, 2023.

Figura 48 - Resposta do estudante

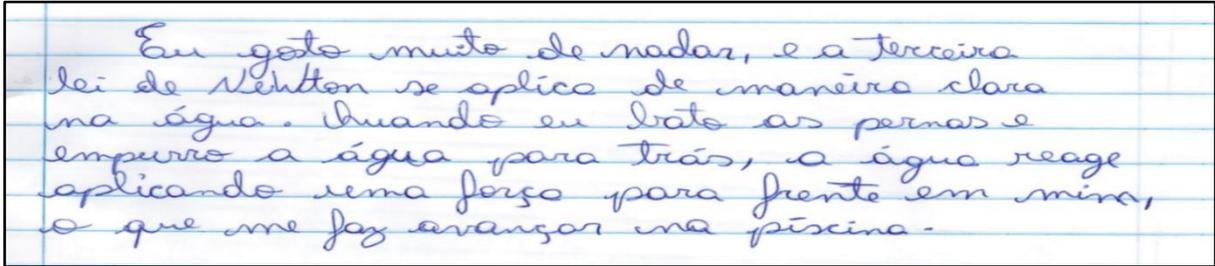


Fonte: Autor, 2023.

Analisando as respostas dos estudantes, podemos perceber indícios de aprendizagem sobre a 3ª lei de Newton, pois todos eles fizeram uma menção pertinente a essa lei, quando relatam a ação e a reação da atitude tomada pelo gato e o cachorro. Essa percepção dos estudantes foi aguçada através da realização prática que fizeram anteriormente, que os ajudou a construir esse pensamento científico. O segundo questionamento que foi feito aos estudantes

foi: 02) Dê exemplos concretos da 3ª Lei usados em seu cotidiano. Abaixo as Figuras 49, 50 e 51 ilustram mais três respostas dos estudantes.

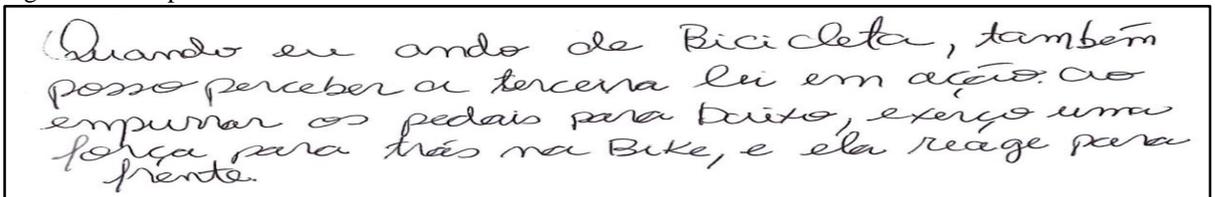
Figura 49 - Resposta do estudante



Eu gosto muito de nadar, e a terceira lei de Newton se aplica de maneira clara na água. Quando eu batô as pernas e empurrei a água para trás, a água reage aplicando uma força para frente em mim, o que me faz avançar na piscina.

Fonte: Autor, 2023.

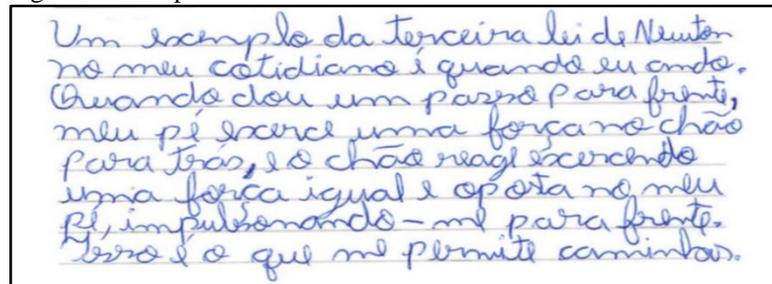
Figura 50 - Resposta do estudante



Quando eu ando de Bicicleta, também posso perceber a terceira lei em ação. Ao empurrar os pedais para trás, exerce uma força para trás na Bike, e ela reage para frente.

Fonte: Autor, 2023.

Figura 51 - Resposta do estudante



Um exemplo da terceira lei de Newton no meu cotidiano é quando eu ando. Quando dou um passo para frente, meu pé exerce uma força no chão para trás, e o chão reage exercendo uma força igual e oposta no meu pé, impulsionando-me para frente. Isso é o que me permite caminhar.

Fonte: Autor, 2023.

Como se pode perceber nas respostas, os alunos identificaram e associaram a 3ª lei de Newton quando estão realizando diferentes atividades físicas, tais como nadar, andar de bicicleta e caminhar. Finalizando a Avaliação, os alunos foram divididos em dois grandes grupos para que pudessem realizar uma última atividade referente a verificação da aprendizagem sobre as Leis de Isaac Newton. O professor pesquisador solicitou aos dois grupos que fizessem um relatório em forma de redação, onde eles deveriam relatar *como as Leis de Newton influenciaram o mundo atual em que vivemos, principalmente na locomoção dos seres humanos, tecnologia e descoberta de novos planetas*. O relato dos dois grupos está representado abaixo nas Figuras 52 e 53.

Figura 52 - Relato do Grupo 1 sobre o que aprenderam durante as aulas

Nesse grupo conversou sobre como a 1ª lei de Newton influencia na locomoção dos seres humanos, a lei da Inércia, explica por que precisamos aplicar uma força para iniciar e parar um veículo, como um carro ou uma bicicleta. A 2ª lei, que relaciona a força, massa e aceleração, é fundamental para entender como os carros modernos são projetados para oferecer desempenho e segurança.

Além disso, discutimos como a 3ª lei, a lei da Ação e Reação, desempenha um papel na 'caminhada', corrida e até mesmo nos esportes, onde cada passo ou movimento muscular envolve uma ação igual e contrária.

Sabemos que a influência das leis de Newton na Tecnologia são bem relevantes, pois através delas é possível projetar dispositivos eletrônicos e sistemas de navegação por satélite.

Por fim, a exploração espacial e a descoberta de novos planetas também dependem das leis de Newton, as sondas espaciais e telescópios utilizam princípios para viajar no espaço, coletar dados e estudar planetas distantes.

Fonte: Autor, 2023.

Figura 53 - Relato do Grupo 2 sobre o que aprenderam no decorrer das aulas

No nosso grupo, discutimos como as leis de Newton desempenham um papel significativo no mundo atual, particularmente na locomoção dos seres humanos. Um dos exemplos que mencionamos foi o uso das leis de Newton na criação de veículos modernos, como carros e aviões. A primeira lei, a Lei da Inércia, explica por que precisamos de cintos de segurança em carros para nos mantermos seguros em caso de paradas bruscas. Além disso, a terceira lei, a Lei da Ação e Reação, é evidente na propulsão dos carros com força contrária que se exerce nas rodas para movimentar o veículo para a frente.

Também exploramos como a tecnologia atual, como smartphones e computadores, é projetada com base nas leis de Newton. Os sensores de movimento em nossos dispositivos funcionam de acordo com as leis da física, permitindo que detectem rotações, acelerações e movimentos, tornando nossas vidas mais convenientes.

Por fim, destacamos a influência das leis de Newton na descoberta de novos planetas. Os telescópios espaciais e as sondas usam essas leis para calcular órbitas, velocidades e trajetórias. Graças a isso, temos sido capazes de explorar planetas distantes e entender melhor nosso lugar no cosmos.

Fonte: Autor, 2023.

Como podemos perceber, a construção dos relatórios dos estudantes foi feita com base nas aplicações das etapas de uma Sequência de Ensino Investigativa. Esse conhecimento foi sendo construído em cada etapa, desde a verificação dos seus conhecimentos prévios, passando pela apresentação dos Problemas Contextualizados, Sistematização dos Problemas e Contextualização, chegando até a Avaliação, tornando possível nas etapas da Avaliação a observação de vestígios de aprendizagem, sendo esta construída progressivamente.

Percebeu-se pelo relato dos dois grupos de estudantes, que eles conseguiram descrever exemplos específicos onde as Leis de Newton desempenham um papel, como o funcionamento de veículos, máquinas ou sistemas tecnológicos. Eles demonstraram como as leis estão relacionadas a situações práticas de locomoção, como carros, aviões, bicicletas e foguetes. Abaixo temos um fragmento retirado do diário de bordo do professor pesquisador.

Quando os dois grupos me entregaram o último relatório, fiquei muito contente ao ver as suas colocações em sua maioria muito pertinentes. Essa experiência reforçou minha crença na importância do aprendizado prático e da colaboração em sala de aula. Testar a paixão e o comprometimento dos meus alunos foi uma poderosa lembrança que, como educador, tem a obrigação de inspirar a próxima geração de cientistas e engenheiros. Estou ansioso para as próximas experiências que moldarão o futuro desses jovens talentosos (DIÁRIO DE BORDO, registro do dia 12/06/2023).

Ao finalizar uma Sequência de Ensino por Investigação é necessário avaliar todo o processo. Dessa forma, para Carvalho (2013, p. 18), “avaliar os conteúdos conceituais é uma tradição no ensino, e os professores não têm dificuldades em construir instrumentos para essa avaliação”. Sendo assim, a avaliação na Sequência de Ensino por Investigação deve ser vista como uma avaliação formativa, onde alunos e professor possam verificar se está acontecendo o aprendizado.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo apresentado teve como objetivo avaliar o potencial de uma Sequência de Ensino por Investigação, abordando as 3 Leis de Newton, usando como ferramenta de aplicação a Robótica Educacional por meio do kit Lego Mindstorms. Para a realização da pesquisa foi elaborado um Produto Educacional estruturado segundo os passos de uma Sequência de Ensino por Investigação, voltado a Professores de Física do 1º Ano do Ensino Médio. A sequência didática, organizada em nove encontros, foi aplicada em uma turma do 1º Ano do Ensino Médio da Escola Estadual de Tempo Integral Capitão Sílvio de Farias, na cidade de Jaru-RO.

Dado o contexto geral da pesquisa, a pergunta a ser respondida foi: **De que forma uma Sequência Didática de Ensino Investigativa, contemplando a Robótica Educacional, pode auxiliar os alunos do 1º ano do Ensino Médio na compreensão das 3 Leis de Isaac Newton?**

Ao finalizar esta pesquisa, será apresentado neste capítulo as principais conclusões obtidas a partir dos resultados oriundos da aplicação do Produto Educacional, junto a uma turma do 1º ano do Ensino Médio de uma escola pública do estado de Rondônia. Estas conclusões serão organizadas e expostas seguindo as quatro etapas de uma SEI, a saber: Problema Contextualizado, Sistematização dos Conhecimentos, Contextualização e Avaliação. As informações que foram analisadas, e que ajudaram na elaboração destas conclusões foram obtidas a partir do diário de bordo, das respostas aos questionamentos feitos aos estudantes e da avaliação dos trabalhos realizados junto aos alunos.

A aplicação da primeira etapa da SEI, o Problema Contextualizado, serviu como ponto de partida para o processo de aprendizagem. Essa fase despertou o interesse dos estudantes em conectar o conteúdo com situações do mundo real, teve um impacto notável no engajamento dos mesmos. Eles ficaram imediatamente intrigados com cada situação problema apresentada. A motivação dos estudantes cresceu à medida que perceberam que estavam aprendendo algo que tinha aplicação direta no dia a dia deles, e não apenas um conteúdo abstrato. A iniciativa dos alunos ao formular perguntas e buscar soluções ativamente destaca um ambiente de aprendizado dinâmico, onde a curiosidade é alimentada, e a aplicação prática do conhecimento é valorizada. O Problema Contextualizado provou ser uma etapa fundamental para criar uma base sólida de aprendizado nas Leis de Newton, ao mesmo tempo em que atraiu os estudantes para explorar o mundo da física com paixão renovada.

A segunda etapa da SEI, a Sistematização do Conhecimento, desempenhou um papel fundamental na consolidação e aprofundamento do aprendizado dos estudantes. Durante esta fase, os estudantes tiveram a oportunidade de revisar e refletir sobre os conceitos aprendidos,

organizando suas descobertas e experiências anteriores em uma estrutura coerente. A sistematização permitiu que os estudantes não apenas acumulassem informações, mas também compreendessem como essas informações estavam interconectadas e como poderiam ser aplicadas a uma variedade de situações do mundo real. A concretização de tal fato pôde ser percebida e exemplificada no relato citado por um dos estudantes: *“Eu gosto muito de nadar, e a terceira lei de Newton, se aplica de maneira clara na água, quando eu bato as pernas empurro a água para trás, a água reage aplicando uma força em mim, o que me faz avançar na piscina”*. É possível notar, no relato do estudante, que ele conseguiu perceber que intuitivamente ele aplicava a 3ª Lei de Newton em seu esporte preferido.

A terceira etapa da SEI, a Contextualização, foi ponte fundamental entre a teoria e a prática, forneceu aos estudantes um contexto no qual puderam aplicar os conceitos aprendidos. Ao introduzir essa etapa, os discentes puderam ver como as Leis de Newton, que inicialmente pareciam estranhas, têm aplicação direta em suas vidas cotidianas. Eles foram desafiados a aplicar o conhecimento adquirido em novas situações, tornando a física mais tangível e relevante para eles. A contextualização não apenas tornou o aprendizado mais significativo, mas também promoveu conexões interdisciplinares. Os estudantes puderam relacionar as Leis de Newton a uma variedade de áreas, desde o funcionamento de veículos e esportes até a arquitetura de edifícios e a segurança em parques de diversões. Isso estimulou o pensamento crítico e a análise aprofundada, à medida que eles aplicaram esses princípios em contextos diversos. Além disso, essa abordagem interdisciplinar demonstrou como a física é uma ciência fundamental que se conecta a muitas outras disciplinas e aspectos da vida cotidiana.

Por fim, a quarta etapa da SEI, a Avaliação. Esta etapa de avaliação em uma Sequência de Ensino Investigativo desempenhou um papel fundamental para indicar vestígios de aprendizagem dos discentes e na consolidação de seus conceitos. Quando aplicada em uma turma do 1º ano do Ensino Médio, com abordagem nas Leis de Newton, a avaliação revelou-se um componente essencial do processo educacional. Ela não se limitou a meros testes de memorização, mas foi projetada para avaliar a compreensão profunda e a aplicação prática das Leis de Newton em contextos do mundo real, podemos perceber evidências disso no relato final dos dois grupos, quando um deles descreve: *“No nosso grupo discutimos como as Leis de Newton desempenharam um papel significativo no mundo atual particularmente na locomoção dos seres humanos”*. Isto leva a crer que o grupo conseguiu entender que essas leis se aplicam também a todas as coisas que se locomovem. Em resumo, a etapa de Avaliação desempenhou um papel essencial na promoção de uma aprendizagem significativa, na construção de

habilidades de avaliação crítica e na preparação dos estudantes para enfrentar com confiança os desafios do futuro.

A pesquisa aqui desenvolvida abre oportunidade para investigações mais aprofundadas, elaboração de outras atividades, criação de estratégias metodológicas, e mais discussões a respeito do uso de Sequências de Atividades Investigativas no ensino de física. Mostra a importância de pensar novas possibilidades de utilização da Robótica, que fujam da maneira tradicional na qual o aluno segue um roteiro fechado com o objetivo de verificar um fenômeno, se tornando um coletor de medidas (AZEVEDO, 2006). Além disso, traz proposta para a utilização diferenciada dos kits que se encontram disponíveis nas escolas e que trazem atividades focadas apenas na coleta de dados. Uma aula experimental pensada e organizada como uma investigação científica é uma boa estratégia de ensino. Esta maneira de utilizar o laboratório da escola, diferenciada da tradicional, agradou aos alunos.

Este trabalho de pesquisa e as propostas nele apresentadas não representam o fim da pesquisa sobre esse assunto. As propostas apresentadas podem ser realizadas de forma semelhante com outros conteúdos. Assim existe um vasto campo de trabalho a ser feito se levarmos em conta os vários conceitos físicos que podem ser abordados e nas várias possibilidades de montagem experimental com os kits que são recebidos pelas escolas. Portanto, espera-se que este trabalho amplie o campo de discussão da utilização das atividades investigativas combinadas com a Robótica Educacional.

REFERÊNCIAS

- ACCIOLI, Rosângela Mengai. *Robótica e as transformações geométricas: um estudo exploratório com alunos do ensino fundamental*. 2005. 212 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2005.
- ALMEIDA, Fernando José. *Educação e informática: os computadores em sala de aula*. São Paulo: Cortez. 1987.
- ALVES, Francisco Cordeiro. *Diário – um contributo para o desenvolvimento profissional dos professores e estudo dos seus dilemas*. Educação, Ciência e Tecnologia, Instituto politécnico de Viseu. p. 222-239. Disponível em:
<<https://repositorio.ipv.pt/bitstream/10400.19/578/1/Di%c3%a1rio.pdf>>. Acesso em: 6 jul. 2020.
- AZEVEDO, Maria Cristina Paternostro Stella de. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: AZEVEDO, Maria Cristina Paternostro Stella de. *Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática*. São Paulo. Pioneira Thomson, 2006, p. 19-33.
- BARBOSA, Fernando da Costa. *Rede de aprendizagem em robótica: uma perspectiva educativa de trabalho com jovens*. 2016. 367 f. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.
- BELLUCCO, Alex; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Uma proposta de sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento, sua conservação e as leis de Newton. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 31, n. 1, p. 30-59, nov. 2013.
- BORGES, Antônio Tarciso. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 291-313. 2002.
- BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira -INEP. *Matriz de Referência ENEM*, Brasília: MEC, 2012. Disponível em:
<http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/downloads/2012/matriz_referencia_enem.pdf>. Acesso em: 19 maio 2015.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. PCN: *Parâmetros Curriculares Nacionais - ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Brasília: MEC, 1999.
- BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC, 2018.
- CAMACHO, Raquel Cristina Sousa. *Síntese Crítica ao Livro de Seymour Papert “A Máquina das Crianças: Repensando a Escola na Era da Informática”*. Trabalho acadêmico. Universidade da Madeira. 2010. Disponível em:
<<https://pt.slideshare.net/rakellcsc/maqdascrianas>>. Acesso em: 26 ago. 2023.
- CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (Org.). *Calor e temperatura: um ensino por investigação*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de; SASSERON, Lúcia Helena. Ensino de física por investigação: referencial teórico e as pesquisas sobre as sequências de ensino investigativas. *Ensino em Revista*, Uberlândia, v. 22, n. 2, p. 249-266, jul./dez. 2015.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de; TEIXEIRA, Odete P. B. *O conceito de velocidade em alunos da 5ª série do 1º grau: um estudo a partir de questões típicas de sala de aula*. *Revista da Faculdade de Educação*. São Paulo, v. 11, n. 1-2, p. 173-191, 1985.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. *O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas*. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. (Org.). *Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2013. p. 1-20.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de; OLIVEIRA, Carla Marques Alvarenga de; SCARPA, Daniela Lopes; SASSERON, Lúcia Helena; SEDANO, Luciana; SILVA, Maíra Batistoni e; CAPECCHI, Maria Candida Varone de Moraes; ABIB, Maria Lucia Vital dos Santos; BRICCIA, Viviane. *Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2013. p. 1-20.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de; VANNUCCHI, Andréa Infantsi; BARROS, Marcelo Alves; GONÇALVES, Maria Elisa Rezende; REY, Renato Casal de. *Ciências no ensino fundamental: o conhecimento físico*. São Paulo: Scipione, 1998.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. (Org.). *Um ensino fundamentado na estrutura da construção do conhecimento científico*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2017.

CHASSOT, Attico Inacio. *A Educação no Ensino de Química*. Ijuí: Unijuí, 1990.

DELORS, Jacques. Os quatro pilares da educação. In: DELORS, Jacques (Coord.). *Educação: um tesouro a descobrir*. São Paulo: Cortez. p. 89-102.

DICIONÁRIO MICHAELLIS ONLINE DE PORTUGUÊS. Disponível em <<https://www.dicio.com.br/>>. Acesso em: 28 out. 2018.

DRIVER, Rosalind; GUESNE, Edith; TIBERGHEN, Andrée. *Algumas características das ideias das crianças e suas implicações para o ensino: ideias das crianças na ciência*, 193-201. 1985.

FRANGOU, Stassini; PAPANIKOLAOU, Kyparisia A.; ARAVECCHIA, Liliane; MONTEL, Luc; IONITA, Silviu; ARLEGUI, Javier; PINA, Alfredo; MENEGATTI, Emanuele; MORO, Michele; FAVA, Nello; MONFALCON, Stefano; PAGELLO, Irene. *Representative examples of implementing educational robotics in school based on the constructivist approach*. 2008.

GODOY, Leandro Pereira de; AGNOLO, Rosana Maria Dell; MELO, Wolney Candido de. *Multiversos*. São Paulo: Editora FTD, 2020.

GONÇALVES, Paulo César. *Protótipo de um robô móvel de baixo custo para uso educacional*. 2007. 220 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2007.

KAFAI, Yasmin, RESNICK, Mitchel. (Eds.) *Construcionismo na prática*. Mahwah, New Jerse: Lawrence Erlbaum Editores Associados, 1996.

LIMA, José Roberto Tavares de. *Um estudo do uso de conceitos físicos aprendidos em sala de aula utilizando Robótica Pedagógica*. 2012. 149 f. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2012.

MAISONNETTE, Roger. *A utilização dos recursos informatizados a partir de uma relação inventiva com a máquina: a robótica educativa*. Disponível em: <<https://livrozilla.com/doc/1690955/a-utiliza%C3%A7%C3%A3o-dos-recursos-informatizados-a-partir-de-uma-....>>. Acesso em: 17 set. 2023.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. *Pesquisa social: teoria, método e criatividade*. 21. ed. Petrópolis: Editora Vozes, 2002.

MOREIRA, Leonardo Rocha. *Robótica Educacional: uma perspectiva de ensino e aprendizagem baseada no Modelo Construcionista*. 2016. 129 f. Dissertação (Mestrado em Informática Aplicada) - Universidade de Fortaleza, Fortaleza, 2016.

MUNFOR, Danusa; LIMA, Maria Emília Caixeta de Castro e. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo?. *Revista Ensaio*, v. 9, n. 1, p. 89-111, 2007.

NOBREGA, Clemente. *A tecnologia que muda o mundo*. São Paulo: Lugre, 2018.

PAPERT, Seymour. *A Máquina das crianças: repensando a escola na era da informática*. Edição Revisada. Porto Alegre. Artmed. 2008.

PAPERT, Seymour. *LOGO: Computadores e Educação*. São Paulo: Editora Brasiliense, 1985.

QUEIROZ, Cláudio. *As competências das pessoas: potencializando seus talentos*. São Paulo: DVS Editora, 2008.

QUEIROZ, Vanessa de Sousa. *Contribuições da linguagem Scratch para o ensino de geometria*. 2018. 150 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, São Paulo, 2018.

RESNICK, Mitchel. Technologies for Lifelong Kindergarten. *Educational Technology Research and Development*, v. 46, n. 4, p. 1-18, 1998. Disponível em: <<http://lk.media.mit.edu/papers/lk/index.html>>. Acesso em: 3 mar. 2013.

SANTOS, João Paulo da Silva. *Utilizando o Ciclo da Experiência de Kelly para analisar visões de ciência e tecnologia de licenciando em Física quando utilizam a Robótica Educacional*. 2016. 174 f. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2016.

SERWAY, Raymond A.; JEWETT Jr., John W. *Mecânica Clássica e Relatividade*. 5. ed. São Paulo: Editora Trilha, 2015.

TIPLER, Paul; MOSCA, Gene. *Física para cientistas e engenheiros*. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

VERGNAUD, Gerard. Multiplicative conceptual field: what and why? In: HAREL, Guershon; CONFREY, Jere. (Eds.). *The development of multiplicative reasoning in the leaning of mathematics*. Albany, Nova York: State University of New York Press, 1994.

ZILLI, Silvana do Rocio. *A Robótica Educacional no Ensino Fundamental: perspectivas e prática*. 2004. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

ZOMPERO, Andreia Freitas; LABURÚ, Carlos Eduardo. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, Belo Horizonte, v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011.

APÊNDICE A - Termo de Autorização da Escola

E.E.E.M.T.I. CAPITÃO SÍLVIO DE FARIAS
Rua Florianópolis, 2945, setor 02, Jaru-Rondônia
Fone: 3521-3689/ CEP: 76890-000
E-mail: escolacapitaosilviodefariasjaru@educ.ro.gov.br

AUTORIZAÇÃO DA ESCOLA

Eu Tatiane da Silva, diretora da Escola E.E.E.M.T.I. CAPITÃO SÍLVIO DE FARIAS, autorizo o(a) discente do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática – PPGECM da Universidade de Passo Fundo, **Antonio Flávio Vila Real**, realizar a pesquisa intitulada **“UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVO USANDO A ROBÓTICA EDUCACIONAL APLICADA AO ENSINO DA FÍSICA PARA ESTUDO DAS 3 LEIS DE ISAAC NEWTON”**, no período de 03 Maio de 2023 a 26 de Junho de 2023.

Jaru, 11 de abril de 2023.

Diretor(a) da escola

APÊNDICE B - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



PPGECM

Programa de pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática
Instituto de Humanidades, Ciências, Educação e Criatividade - IHCEC

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Seu filho(a) está sendo convidado a participar da pesquisa: “Uma Sequência de Ensino Investigativo usando a Robótica Educacional Aplicada ao Ensino da Física para estudo das 3 Leis de Isaac Newton” de responsabilidade do pesquisador Professor Antonio Flávio Vila Real e orientação do Dr. Marco Antônio Sandini Trentin. Esta pesquisa apresenta como objetivo avaliar o potencial de uma Sequência de Ensino por Investigação, abordando as Leis de Newton presentes em nosso dia a dia, aplicando Robótica Educativa para evidenciar os fenômenos estudados na teoria. A atividade será desenvolvida durante 9 encontros nas aulas de Física com duração de 1h36m e envolverá o preenchimento de questionários e relatórios durante a realização das atividades, além de registros por parte do professor/pesquisador em seu diário de classe, tudo realizado nas dependências da própria escola.

Esclarecemos que a participação do seu filho(a) não é obrigatória e, portanto, poderá desistir a qualquer momento, retirando seu consentimento. Além disso, garantimos que receberá esclarecimentos sobre qualquer dúvida relacionada à pesquisa e poderá ter acesso aos seus dados em qualquer etapa do estudo. As informações serão transcritas e não envolvem a identificação do nome dos participantes. Tais dados serão utilizados apenas para fins acadêmicos, sendo garantido o sigilo das informações.

A participação do seu filho(a) nesta pesquisa não traz complicações legais, não envolve nenhum tipo de risco, físico, material, moral e/ou psicológico. Caso for identificado algum sinal de desconforto psicológico referente à participação do seu filho(a) na pesquisa, comprometemo-nos em orientá-lo(a) e dar os encaminhamentos necessários. Além disso, lembramos que você ou seu filho(a) não terá qualquer despesa para participar da presente pesquisa e não receberá pagamento pela participação no estudo. Contudo, esperamos que este estudo auxilie seu filho(a) no processo de construção do conhecimento científico no que se refere aos conhecimentos de Física.

Caso tenham dúvida sobre o comportamento do pesquisador ou caso se considere prejudicado na sua dignidade e autonomia, pode entrar em contato com o pesquisador orientador do trabalho Professor Antonio Flávio Vila Real pelo telefone ou no Programa de Pós-Graduação de Ciências e Matemática da Universidade de Passo Fundo.

Dessa forma, se concordam que seu filho(a) participe da pesquisa, em conformidade com as explicações e orientações registradas neste Termo, pedimos que registre abaixo a sua autorização. Informamos que este Termo, também assinado pelos pesquisadores responsáveis, é emitido em duas vias, das quais uma ficará com você e outra com as pesquisadoras.

Jaru, 11 de abril de 2023.

Nome do participante: _____

Data de nascimento: ____/____/____

Assinatura do responsável: _____

Assinaturas dos pesquisadores: _____

APÊNDICE C - Termo de Assentimento Livre e Esclarecido



PPGECM

Programa de pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática
Instituto de Humanidades, Ciências, Educação e Criatividade - IHCEC

Termo de Assentimento Livre e Esclarecido - TALE

Você está sendo convidado a participar da pesquisa “Uma Sequência de Ensino Investigativo usando a Robótica Educacional Aplicada ao Ensino da Física para estudo das 3 Leis de Isaac Newton” de responsabilidade do pesquisador Professor Antonio Flávio Vila Real e orientação do Dr. Marco Antônio Sandini Trentin. Esta pesquisa apresenta como objetivo avaliar o potencial de uma Sequência de Ensino por Investigação, abordando as Leis de Newton presentes em nosso dia a dia, aplicando Robótica Educativa para evidenciar os fenômenos estudados na teoria. A atividade será desenvolvida durante 9 encontros nas das aulas de Física com duração de 1h36m e envolverá o preenchimento de questionários e relatórios durante a realização das atividades, além de registros por parte do professor/pesquisador em seu diário de classe, tudo realizado nas dependências da própria escola.

Esclarecemos que sua participação não é obrigatória e, portanto, poderá desistir a qualquer momento, retirando seu assentimento. Além disso, garantimos que você receberá esclarecimentos sobre qualquer dúvida relacionada à pesquisa e poderá ter acesso aos seus dados em qualquer etapa do estudo. As informações serão transcritas e não envolvem a identificação do nome dos participantes. Tais dados serão utilizados apenas para fins acadêmicos, sendo garantido o sigilo das informações.

Sua participação nesta pesquisa não traz complicações legais, não envolve nenhum tipo de risco físico, material, moral e/ou psicológico. Caso for identificado algum sinal de desconforto psicológico referente à sua participação na pesquisa, pedimos que nos avise. Além disso, lembramos que você não terá qualquer despesa para participar da presente pesquisa e não receberá pagamento pela participação no estudo.

Caso tenham dúvida sobre o comportamento do pesquisador ou caso se considere prejudicado na sua dignidade e autonomia, pode entrar em contato com o pesquisador orientador do trabalho Professor Antonio Flávio Vila Real ou no Programa de Pós-Graduação de Ciências e Matemática da Universidade de Passo Fundo pelo e-mail ppgecm@upf.br.

Dessa forma, se concordam em participar da pesquisa, em conformidade com as explicações e orientações registradas neste Termo, pedimos que registre abaixo a sua autorização. Informamos que este Termo, também assinado pelo pesquisador responsável.

Jaru, 11 de abril de 2023.

Nome do participante: _____

Data de nascimento: ____/____/____

Pesquisador: _____

APÊNDICE D - Transcrição das figuras com respostas dos alunos

Figura 10

Quando acontece a colisão, quais são as consequências de quem está usando o cinto, e de quem não está?

R= *Quem está usando, quando é tirado de repouso é segurado, já sem cinto é jogado para frente.*

Figura 11

Qual a importância do veículo equipado com Air bag?

R= *Ele diminui a velocidade de impacto da pessoa que se acidentou.*

Figura 12

As pessoas no carro estão em movimento ou em repouso?

R= *Em repouso, no momento do impacto o corpo é lançado na mesma velocidade do veículo, retirando-odo seu estado de repouso.*

Figura 13

Pesquise sobre o significado da palavra Inércia?

R= *É a propriedade de todo e qualquer corpo que faz com que ele permaneça parado ou em MRU, exceto se alguma força atue sobre ele.*

Figura 15

Qual a importância da Inércia?

R= *A inércia é a tendência natural em um objeto de resistir a alteração em seu estado de repouso ou movimento.*

Como é aplicado a 1ª Lei de Newton em nosso cotidiano?

R= *Ela é vista mais comum nos carros com o uso do cinto de segurança.*

Como a massa de um corpo influencia na sua Inércia?

R= *A massa de um corpo representa a dificuldade imposta por ele ao repouso ou ao movimento, portanto, é considerado como a medida quantitativa de Inércia.*

Figura 16

Qual a importância da Inércia?

R= *Ela tem a tendência de resistir a alterações em seu estado original de repouso ou de movimento.*

Como é aplicado a 1ª Lei de Newton em nosso cotidiano?

R= *A gente dormindo.*

Como a massa de um corpo influencia na sua Inércia?

R= *quanto maior a massa de um corpo, maior é sua inércia e mais difícil é para colocar esse objeto em movimento ou pará-lo.*

Figura 17

Qual a importância da Inércia?

R= *Ajuda no dia a dia a sabermos do movimento do objeto e o que acontece com o corpo dependendo da sua massa.*

Como é aplicado a 1ª Lei de Newton em nosso cotidiano?

R= *Cinto de segurança.*

Como a massa de um corpo influencia na sua Inércia?

R= *A massa dificulta em por o corpo em repouso.*

Figura 21

Porque quando a base motora parou bruscamente o objeto foi projetado para frente?

R= *Por conta da força, o objeto se mantém em repouso, mas no momento que a base motora para, ela entra em movimento na velocidade que a base estava.*

Figura 22

Se o piso onde a base motora foi colocada, fosse perfeitamente liso o que aconteceria com seu movimento?

R= *A base motora não conseguiria se movimentar por não gerar atrito.*

Figura 23

Quem tem maior inércia, um caminhão ou um carro de passeio? Explique.

R= *O Caminhão. Por ser bem mais pesado a força exigida para tirá-lo da inércia é muito maior.*

Figura 24

O que você faz para colocar um determinado corpo em movimento?

R= *Aplicando alguma força contra o corpo.*

Figura 25

Onde posso ver a aplicação da Primeira Lei de Newton no dia-a-dia?

R= *Quando estamos dentro de um ônibus em pé e o mesmo freia bruscamente por conta da lei da inércia, somos lançados para frente.*

Figura 26

Quais são os fatores físicos que levam uma caminhonete de 2 Toneladas rebocar uma carreta de 30 Toneladas?

R= *Quando o caminhão é puxado pela caminhonete ela faz força para tirar o caminhão do repouso.*

Figura 27

Quais são os fatores físicos que levam uma caminhonete de 2 Toneladas rebocar uma carreta de 30 Toneladas?

R= *Quando a caminhonete puxa a carreta ela faz força para tirar a carreta do repouso, fazendo a carreta ter movimento.*

Figura 28

Quais são os fatores físicos que levam uma caminhonete de 2 Toneladas rebocar uma carreta de 30 Toneladas?

R= *A caminhonete sai da inércia do repouso mais fácil do que a carreta e uma vez em movimento a caminhonete exerce mais força sobre a carreta e a tira da inércia.*

Figura 29

Por que, depois de iniciado o movimento, o caminhão necessita de uma certa distância para parar?

R= *Quanto mais massa o veículo tem, mais é a demora para desacelerar.*

Figura 30

Por que, depois de iniciado o movimento, o caminhão necessita de uma certa distância para parar?

R= *A inércia dele é grande sendo mais difícil parar no instante.*

Figura 31

Por que, depois de iniciado o movimento, o caminhão necessita de uma certa distância para parar?
 R= *A inércia do caminhão é proporcional a sua massa, ou seja, quanto maior a massa, maior a inércia e maior a sua dificuldade de parar.*

Figura 32

Por que um ônibus com lotação máxima demora mais tempo para sair do repouso?
 R= *Simples, quanto maior for sua massa, maior será sua inércia.*

Figura 33

Por que um ônibus com lotação máxima demora mais tempo para sair do repouso?
 R= *Quanto mais pesado o objeto, mais dificuldade terá para se “pegar” movimento, assim quanto mais pessoas estiverem no ônibus, mais tempo ele irá demorar para “pegar” velocidade.*

Figura 34

Por que um ônibus com lotação máxima demora mais tempo para sair do repouso?
 R= *Por causa do peso, a inércia dele é maior.*

Figura 46

O pensamento do gato Garfield, reflete exatamente a 3ª Lei de Isaac Newton?
 R= *Acho que o pensamento do gato Garfield se relaciona com a 3ª Lei de Newton de uma forma divertida. De acordo com a terceira lei, para toda ação há uma reação igual e oposta. Quando o cachorro coloca a cara do gato na comida o Garfield reage com um tapa na cara dele. É como se o Garfield estivesse brincando com a ideia de que, se o cachorro exerce uma ação ao invadir sua comida, ele reage com uma ação igual e correspondente que é o tapa. Claro, é uma interpretação econômica da lei, mas a ideia geral está lá.*

Figura 47

O pensamento do gato Garfield, reflete exatamente a 3ª Lei de Isaac Newton?
 R= *Na minha opinião, o pensamento do gato Garfield na tirinha reflete sim a Terceira lei de Newton. Ele dá u m tapa na cara do cachorro, resultado de uma reação, já que o cachorro deu um tapa nele primeiro, colocando sua cara na comida, resultado da ação, e o Garfield reagi fazendo a mesma coisa com o cão.*

Figura 48

O pensamento do gato Garfield, reflete exatamente a 3ª Lei de Isaac Newton?
 R= *O pensamento do gato na charge é um exemplo da Terceira Lei, o cachorro coloca a cara dele na comida e como reação ele dá um tapa no cachorro, fazendo o mesmo.*

Figura 49

Dê exemplos concretos da 3ª Lei usados em seu cotidiano
 R= *Eu gosto muito de nadar, e a terceira lei de Newton se aplica de maneira clara na água. Quando eu bato as pernas e empurro a água para trás, a água reage aplicando uma força para frente em mim, o que me faz avançar na piscina.*

Figura 50

Dê exemplos concretos da 3ª Lei usados em seu cotidiano
 R= *Quando eu ando de bicicleta, também posso perceber a terceira lei em ação ao empurrar os pedais para baixo, exerço uma força para trás na bike, e ela reage para frente.*

Figura 51

Dê exemplos concretos da 3ª Lei usados em seu cotidiano

R= *Um exemplo da terceira lei de Newton no meu cotidiano é quando eu ando. Quando dou um passo para frente, meu pé exerce uma força no chão para trás, e o chão reage exercendo uma força igual e oposta no meu pé, impulsionando-me para frente. Isso é o que me permite caminhar.*

Figura 52

Como as Leis de Newton influenciaram o mundo atual em que vivemos, principalmente na locomoção dos seres humanos, tecnologia e descoberta de novos planetas

R= *Nosso grupo conversou sobre como a 1ª Lei de Newton influencia na locomoção dos seres humanos, a Lei da Inércia explica por que precisamos aplicar uma força para iniciar e parar um veículo, como um carro ou uma bicicleta! A 2ª Lei, que relaciona a força, massa e aceleração, é fundamental para entender como os carros modernos são projetados para oferecer desempenho e segurança. Além disso, discutimos como a 3ª Lei, a lei da Ação e Reação, desempenha um papel na caminhada, corrida e até mesmo nos esportes, onde cada passo ou movimento muscular envolver uma ação igual e contrária. Sabemos que a influência das Leis de Newton na tecnologia são bem relevantes, pois através dela é possível projetar dispositivos eletrônicos e sistemas de navegação por satélite. Por fim, a exploração espacial e a descoberta de novos planetas também depende das Leis de Newton, as sondas espaciais e telescópios utilizam princípios para viajar no espaço, coletar dados e estudar planetas distantes.*

Figura 53

Como as Leis de Newton influenciaram o mundo atual em que vivemos, principalmente na locomoção dos seres humanos, tecnologia e descoberta de novos planetas

R= *No nosso grupo, discutimos como as leis de Newton desempenham um papel significativo no mundo atual, particularmente na locomoção dos seres humanos. Um dos exemplos que mencionamos foi o uso das Leis de Newton na criação de veículos modernos, como carros e aviões. A primeira Lei, a Lei da Inércia, explica porque precisamos de cintos de segurança em carros para nos mantermos seguros em caso de paradas bruscas, além disso, a terceira Lei, a lei da Ação e Reação, é evidente na propulsão dos carros com força contraída que o solo exerce sobre as rodas para movimentação o veículo para frente. Também exploramos como a tecnologia atual, como smartphones e computadores, é projetada com base nas Leis de Newton. Os sensores de movimento em nossos dispositivos funcionam de acordo com as Leis da Física, permitindo que detectem rotações, acelerações e movimentos, tornando nossas vidas mais convenientes. Por fim, destacamos a influência das Leis e Newton na descoberta de novos planetas. Os telescópios espaciais e as sondas usam essas leis para calcular órbitas, velocidades e trajetórias. Graças a isso, temos sido capazes de explorar planetas distantes e entender melhor nosso lugar no cosmos.*