



UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS  
CENTRO DE ESTUDOS SUPERIORES DE TEFÉ  
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

A APLICAÇÃO DA FÍSICA POR MEIO DE ROBÔS LEGO® MINDSTORMS NO  
ENSINO MÉDIO EM TEFÉ.

Pesquisadores: Willian Miguel Pereira Ramos (Orientador)

Luzivaldo Castro dos Santos Júnior (Coorientador)

Kacia Conceição da Silva (Orientanda)

TEFÉ - AM

2023

KÁCIA CONCEIÇÃO DA SILVA

A APLICAÇÃO DA FÍSICA POR MEIO DE ROBÔS LEGO® MINDSTORMS NO  
ENSINO MÉDIO EM TEFÉ.

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao curso de Licenciatura  
em Física, da Universidade do Estado  
do Amazonas, como parte dos  
requisitos para obtenção do título de  
licenciatura em Física do Centro de  
Estudos Superiores de Tefé.

Orientador(a): Profº Willian Miguel  
Pereira Ramos

TEFÉ – AM

2023

## RESUMO

O presente trabalho está relacionado ao uso da robótica no ensino de Física, propondo um modelo teórico de ensino e aprendizado, utilizando a interdisciplinaridade e transdisciplinaridade para tornar as aulas de física ainda mais atrativas, adotando uma abordagem qualitativa. Seu objetivo principal é desenvolver um modelo teórico utilizando o kit de robótica Lego Mindstorms EV3, como ferramenta didática, onde seja possível compreender conceitos de física praticados no 1º ano do Ensino Médio, visando enriquecer o planejamento de aulas de mecânica para os professores. Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório Municipal de Robótica por meio do Programa de Apoio à Iniciação Científica – FAPEAM da UEA. Através deste estudo, busca-se demonstrar como a utilização desses robôs pode ser integrada de maneira eficaz no processo de ensino, melhorando a compreensão dos conceitos físicos e tornando as aulas mais envolventes para os alunos. Ao empregar uma pesquisa qualitativa, o trabalho analisa a percepção dos professores em relação ao uso da robótica como ferramenta educacional e elabora um modelo teórico que pode servir como um guia para o desenvolvimento de aulas de mecânica mais eficazes e dinâmicas.

**Palavras-chave:** Física, Robótica Educacional, Plano Inclinado, Força de atrito, Lego Mindstorms.

## ABSTRACT

The present paper is related to the use of robotics in Physics education, proposing a theoretical model of teaching and learning that employs interdisciplinarity and transdisciplinarity to enhance the appeal of physics classes, adopting a qualitative approach. Its main objective is to develop a theoretical model using the Lego Mindstorms EV3 robotics kit as an educational tool, enabling the understanding of physics concepts taught in the 1st year of high school, with the aim of enriching the lesson planning for mechanics teachers. This project was carried out at the Municipal Robotics Laboratory through the Program of Support for Scientific Initiation - PAIC of UEA. Through this study, the goal is to demonstrate how the use of these robots can be effectively integrated into the teaching process, improving the comprehension of physics concepts and making classes more engaging for students. By employing a qualitative methodology, the work analyzes teachers' perception regarding the use of robotics as an educational tool and develops a theoretical model that can serve as a guide for the development of more effective and dynamic mechanics lessons.

**Keywords:** Physics, Educational Robotics, Inclined Plane, Frictional Force, Lego Mindstorms.

## Sumário

### **1. INTRODUÇÃO**

#### 1.1 Objetivos7

##### 1.1.1 Objetivo Geral7

##### 1.1.2 Objetivos Específicos7

#### 1.2 Justificativa7

### **2. METODOLOGIA8**

### **3. REFERENCIAL TEÓRICO9**

#### 3.1 Teoria da aprendizagem de David Ausubel10

#### 3.2 A Robótica Educacional11

#### 3.3 Leis de Newton12

##### 3.3.1 Plano Inclinado13

##### 3.3.2 Força de Atrito15

### **4. MATERIAS E MÉODOS16**

#### 4.1 Kit LEGO Mindstorms EV317

### **5. RESULTADOS OBTIDOS18**

#### 5.1 Procedimento e montagem do robô19

#### 5.2 Objeto Educacional20

### **6. CONCLUSÃO25**

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS26**

## 1. INTRODUÇÃO

No campo das Ciências, a Física é uma disciplina de grande importância, pois a partir dela são explicados e compreendidos fenômenos e comportamentos naturais (FORNAZA, 2016). Porém, existem diversas dificuldades para ensinar conceitos de Física, como a falta de motivação dos alunos (RABELO, 2016), que consideram esta disciplina de difícil aprendizado e dizem ter dificuldades de compreender fenômenos abstratos sem a possibilidade de experimentos virtuais ou reais (STOPPA, 2012).

Assim, o uso de kits de robótica se apresenta como um excelente recurso didático para o ensino de Física (STOPPA, 2012). Quando integrados aos conteúdos curriculares, estes kits de robótica instigam o aluno a construir seus conhecimentos, fazendo com que este se torne ator principal no processo ensino-aprendizagem, mesmo porque estes kits educacionais se assemelham a brinquedos (FORNAZA, 2016). Com isso, a Robótica Educacional auxilia no desenvolvimento do aprendizado científico e tecnológico, ultrapassando os limites da sala de aula, fazendo com que o aluno consiga elaborar ideias e criar soluções que estejam atreladas ao mundo real (FORNAZA; WEBBER, 2014). Ou seja, o aluno passa a construir e reconstruir conhecimentos necessários para solucionar os problemas enfrentados no cotidiano.

Um destes kits é o Lego Mindstorms Robotic, que são ferramentas programáveis compostas de blocos de encaixe de várias cores e tamanhos, capaz de conectar motores e sensores, permitindo, desta forma, a construção de robôs que poderiam interagir com o ambiente (SANTOS; MENEZES, 2005). Estes kits, que possuem expansões, ainda são desconhecidos pela grande maioria dos estudantes, que não possuem vivência e contato mais profundo com aspectos da robótica. Este é um fator diretamente ligado a situações cotidianas ou resolução de problemas (*problem-based learning*), que podem motivar os alunos a ter um interesse maior e ainda aperfeiçoar o raciocínio sobre abstrações de conteúdos difíceis (KALIL et al., 2013).

Nesse sentido, busca-se desenvolver um modelo teórico que promova a inserção da Robótica Educacional no ensino de Física para o Ensino Médio. Para tal, a questão de pesquisa proposta neste trabalho é a seguinte: “Como a Robótica Educacional pode ser utilizada no processo ensino-aprendizagem de Física para estimular os alunos do ensino médio a compreenderem conceitos de força de atrito e plano inclinado a partir do Kit Lego Mindstorms EV3?”

A força de atrito é um assunto da física que nos permite entender fenômenos bastante vistos no cotidiano. O qual explica como um carro se locomove ou mesmo, o fato de

deslizarmos ao caminhar em uma superfície lisa. Além disso, este conteúdo envolve uma das mais importantes grandezas físicas, a força.

A pesquisa foi desenvolvida com o caráter qualitativo e para a obtenção e armazenamento de dados, utilizaram-se registros em arquivos em forma de imagens/fotografias e os artefatos físicos produzidos pela autora.

Este trabalho está organizado em seis tópicos em que trataremos, na seção 2, sobre a metodologia utilizada. Na seção 3, está o referencial teórico com um breve histórico da Robótica Educacional, com o Construcionismo de Papert, sobre as definições de Robótica Educacional no Brasil e breve resumo contendo os conceitos físicos, leis de Newton, Plano inclinado e Força de atrito. Na seção 4, aborda-se sobre os métodos utilizados neste projeto, na seção 5, os resultados de como foi desenvolvido este projeto, por meio do trabalho com a Robótica Educacional, na seção 6, finalizamos com algumas considerações finais.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo Geral:**

Desenvolver um modelo teórico a partir de um kit de robótica, Lego Mindstorms, para contribuir no planejamento de aulas de mecânica de professores do ensino médio.

### **1.1.2 Objetivos Específicos:**

- Organizar um guia prático da utilização do kit Lego Mindstorms para aulas de Física, a partir de conceitos básicos de força de atrito;
- Elaborar um modelo teórico a partir de guias experimentais com Lego Mindstorms.

## **1.2 Justificativa**

É perceptível que o uso das tecnologias vem avançando de uma forma cada vez mais crescente em nosso cotidiano como facilitadoras de determinadas tarefas. Nada mais natural que inserir essas tecnologias na educação e utilizá-las como um meio metodológico de ensino e aprendizagem. Pois, segundo Garcia *apud* Mercado (2018), as novas tecnologias da informação trazem mais possibilidades à educação, permitindo ao aluno integrar a tecnologia com assuntos escolares. Nos últimos anos mais trabalhos com Robótica Educacional têm surgido como resultado das produções com robôs no contexto da escola e tem se destacado em diferentes níveis de ensino (BARBOSA,2018). Conforme Garcia:

“O uso da robótica educacional permite explorar diversos conhecimentos da física do ensino médio e fundamental, dependendo dos equipamentos tecnológicos disponíveis pela escola pode trabalhar, desde a mecânica clássica até a física moderna, passando por termodinâmica, ondas e eletricidade.” (GARCIA, 2018).

Estudos realizados apontam, ainda, a robótica educacional como uma ferramenta tecnológica com crescentes e importantes contribuições no ensino, tendo em vista que suas aplicações se abrange a várias áreas de ensino, como a Física que é considerada uma disciplina de difícil entendimento. Se tornando assim, um meio atrativo, dinâmico e estimulador se atrelando ao desejo do aluno de buscar entender os conteúdos de física.

Assim, o uso do kit de robótica educacional possibilita demonstrar, de maneira prática e concreta, experimentos sobre força de atrito através do kit Lego Mindstorms EV3, propiciando ao aluno abordar este conteúdo de uma forma divertida e significativa o que facilita compreender os comportamentos naturais vividos em seu cotidiano que envolvem este ramo da física, e ao mesmo tempo desperta seu interesse na busca por seu saber.

Com este modelo teórico os estudantes terão contato com uma metodologia de ensino que normalmente não é vivenciada na sua vida escolar, mas que podem ter acesso e aprender utilizando uma ferramenta inovadora para o ensino da Física.

## **2. METODOLOGIA**

A presente pesquisa científica se classifica como uma abordagem qualitativa exploratória. Foi desenvolvido no Laboratório Municipal de Robótica, como local de apoio, com o uso de kits de Robótica Educacional, mais especificamente o Lego Mindstorms EV3 e sua expansão. Em parceria com a Secretaria Municipal de Ciência e Tecnologia. Para isto, foi criado um robô que possa auxiliar o professor à explicar conceitos de Física, como força de atrito e plano inclinado.

Foram necessários três dias da semana, sendo divididos inicialmente em estudos teóricos e em seguida a prática. Nos estudos teóricos, foram realizados estudos sobre o Lego Mindstorms, os recursos que poderiam ser explorados, as peças componentes do kit de robótica e sua expansão. Além do estudo das ferramentas virtuais que compõem este kit, como o software de programação do Mindstorms que é o EV3 Classroom. E ainda, o estudo sobre a física e sobre a robótica e sua aplicação no ambiente escolar. Após os estudos teóricos, surgiu a ideia de adaptar os recursos do kit educacional para demonstrar alguns conceitos de

Cinemática e assim construir um robô simples em que poderia utilizar a programação em blocos, própria do fabricante do kit utilizado.

Neste trabalho, o modelo teórico pedagógico proposto com a robótica educacional, foi baseado nos kits Lego Mindstorms EV3 com intuito de ser utilizado para aplicação em aulas no 1º ano do Ensino Médio no estudo de Dinâmica. Segundo Filho e Struchiner (2021, p.88) o “modelo teórico é compreendido como um sistema hipotético-dedutivo representante da realidade, que pode gerar proposições a partir de proposições iniciais, ou seja, é possível realizar previsões a partir deles e simular o real”. Assim, entende-se que são integrados em teorias e que apresentem a capacidade de resolver problemas, servindo como representação dos fenômenos a serem estudados.

Este modelo é constituído de um resumo prévio contendo a parte teórica do conteúdo a ser abordado, as instruções para programar o robô utilizando o aplicativo EV3 Classroom e a descrição de como demonstrar a força de atrito através do robô (carro).

### **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

Ao longo de toda a vida as pessoas constroem os seus conhecimentos, a partir de uma intenção deliberada de fazer articulações entre o que conhece e a nova informação que pretende absorver. Essa estruturação cognitiva se constrói através de uma sequência de eventos que é única para cada pessoa, atualmente chamado de construtivismo. Um dos grandes precursores do construtivismo foi David Ausubel que elaborou a sua Teoria da aprendizagem significativa, na década de 1960, que enfatiza a aprendizagem de significados (conceitos) ressaltando como a mais relevante para seres humanos. Destacando que a maior parte da aprendizagem acontece de forma receptiva e as informações vêm sendo transmitidas dessa maneira ao longo das gerações. “O fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie nisso os seus ensinamentos.” (AUSUBEL, NOVAK & HANESIAN, 1980). Ele propõe em sua teoria a distinção entre aprendizagem significativa e a aprendizagem mecânica. Ainda segundo ele é através da diferenciação progressiva que se obtém o conhecimento de maneira mais natural.

Segundo Barbosa *et al*, o princípio das pesquisas de uso de tecnologias computacionais nas escolas, teve uma influência de Seymour Papert que desenvolveu a primeira versão da linguagem de programação LOGO em 1968, contendo apenas a parte de processamento de listas e compartilhou suas experiências e saberes. A disseminação das ideias de robótica educacional foi feita inicialmente por ele em 1975. No Brasil um dos primeiros trabalhos sobre a robótica

educacional é o de Chella (2002), trabalho de mestrado, na pós-graduação de Engenharia do Programa de Engenharia Elétrica e da Computação da Unicamp, no qual sua pesquisa visava à implementação de um ambiente de robótica educacional, composto por aplicativos e componentes de hardware. Seu objetivo era explorar conceitos das diversas áreas de conhecimento dentro de “um contexto que estimule a multi e a interdisciplinaridade, dando-lhe o controle sobre a elaboração do seu próprio conhecimento” (CHELLA, 2002, p. 13).

Com as transformações no modo de pensar e nas práticas de ensino e aprendizagem, a Robótica Educacional tem se demonstrado um ambiente pedagógico enriquecedor, no que tange um ensino integrado de diferentes disciplinas, e significativo, uma vez que o ensino de ciências exatas é tratado com receio por parte dos alunos (SANTOS e MENEZES, 2005; FRANCISCO et al 2010). De acordo com Garcia (2018) utilizar a robótica como uma ferramenta tecnológica atual para confecção e realização dos experimentos é algo bastante significativo para que os estudantes percebam que a física não é apenas uma ciência abstrata, mas sim, concreta.

### **3.1. Teoria da aprendizagem de David Ausubel**

David Ausubel nasceu nos Estados Unidos, onde passou sua vida inteira, e trabalhou em vários centros acadêmicos e universidades. Foi professor emérito da Universidade de Columbia, em Nova York, se formou em medicina, especializando em psiquiatria, porém dedicou sua carreira acadêmica à psicologia educacional. Quando se aposentou sua vida foi concentrada em seus escritos. Ele faleceu em 2008 aos noventa anos de idade.

Intitulada de Teoria de Aprendizagem Significativa, a teoria da aprendizagem de David Ausubel é baseada na construção cognitiva da aprendizagem e traz contribuições importantes para a educação que influenciaram a forma de ensinar e aprender. Segundo Farias, a teoria de Ausubel enfatiza:

“o processo da cognição, defendendo que o indivíduo atribui significados à realidade em que se encontra, e preocupa-se com o processo de compreensão, transformação, armazenamento e com a utilização das informações envolvidas na aprendizagem, procurando identificar padrões nesse processo.”(FARIAS, 2022)

Assim, para Ausubel a base do processo ensino-aprendizagem do indivíduo é o relacionamento entre aquilo que já se sabe com as novas informações sucedidas de seus estudos, sua atuação social, pessoal, educacional, etc., que são seus conhecimentos prévios e que já estão incorporados à sua estrutura cognitiva, a qual gera significados.

Para que ocorra uma aprendizagem significativa existem duas condições, conforme Farias (2022), a primeira, na perspectiva de Ausubel, está relacionada à disposição do aluno em querer aprender; a segunda vincula-se à maneira como o conteúdo a ser estudado é transmitido é recebido, ou seja, à sua potencialidade significativa. Esses conhecimentos preexistentes na estrutura cognitiva do aluno, são chamados por Ausubel de subsunçores, uma estrutura de conhecimento específica, que são atribuições da experiência humana, trazendo sentido para o educando pois vai envolver a interação da nova informação com os conhecimentos que já possui. (FARIAS, 2022, p.64)

### **3.2. A robótica educacional**

Na década de 1960, surgiu a Robótica Educacional (RE), criada pelo matemático sul-africano Seymour Papert, que idealizou e desenvolveu, como a conhecemos hoje. Papert percebia o computador como uma ferramenta capaz de ser utilizada no emprego da construção do conhecimento. (SILVA; BARBOSA, 2021). Segundo ele,

“A metáfora do computador como uma entidade que ‘fala’ uma linguagem matemática coloca o aprendiz numa nova qualidade de relacionamento com um importante domínio do conhecimento. Mesmo o melhor em matéria de televisão educativa está limitado a oferecer progressos somente quantitativos para os tipos de aprendizagem que existiam sem a televisão. ‘Vila Sésamo’ pode oferecer explicações melhores ou mais envolventes que as que a criança recebe dos pais ou de professores de pré-primário, mas a criança continua na posição de ouvinte das explicações” (PAPERT, 1980, p. 36).

Para Papert, o computador é uma ferramenta de construção de conhecimento, que romperá a barreira da educação, como diria Paulo Freire, do tipo bancária. Segundo a perspectiva de Papert, o computador representa uma ferramenta para construir o conhecimento, capaz de superar a abordagem educacional tradicional, implicando em uma ruptura de barreiras no campo da educação. Seymour Papert teve contato com a teoria de Jean Piaget e a partir deste pensamento ele identificou o processo pelo qual as crianças ativamente constroem seu próprio conhecimento através das interações com objetos e indivíduos, ao invés de simplesmente absorvê-lo de forma passiva. Conforme Silva e Barbosa,

A partir da aprendizagem com Jean Piaget, Papert propôs uma forma diferente de como as crianças desenvolvem suas ideias. Além de defender que as crianças não recebem as ideias de forma passiva, defendeu que elas constroem suas ideias e

conhecimentos, de forma mais eficaz, por meio de interações que elas fazem com o mundo, através, por exemplo, de materiais concretos. A essa abordagem Papert deu o nome de Construcionismo. (SILVA; BARBOSA, 2021, p.4)

Através da combinação da teoria do Construcionismo com a aplicação prática da Robótica, o aluno terá a oportunidade de realizar descobertas independentes, ao criar, refletir, desenvolver e aprimorar o conhecimento que assimilou. Isso também pode envolver a busca por novos saberes visando enriquecer ainda mais o processo de aprendizagem (SILVA e BARBOSA, *et. al.*,2021). As duas teorias indicam que os estudantes alcançam uma aprendizagem mais eficaz ao se envolverem ativamente no decorrer do processo educacional.

Na década de 1980, teve início no Brasil a área da robótica educacional através da colaboração entre especialistas nacionais e internacionais, com o propósito de explorar diversos tipos de materiais e compreender suas possibilidades no contexto do ensino. (NUNES; VIANA; VIANA, 2021).

A partir desse ponto, algumas universidades no Brasil criaram projetos de robótica educacional de forma isolada. No entanto, segundo Campos & Libardoni (2019), foi somente a partir dos anos 2000 que se observou o surgimento de um ambiente mais propício para a expansão da robótica educacional em todo o país, como, por exemplo, a Olimpíada Brasileira de Robótica (OBR), o fórum científico Workshop de Robótica Educacional (WRE) e a Mostra Nacional de Robótica (MNR) (NUNES; VIANA; VIANA, 2021).

### **3.3. Leis de Newton**

O físico inglês Isaac Newton (1642-1727), propôs uma série de leis para movimento, essas leis envolvem o conceito de **força** e, por isso, essa parte da Mecânica ficou conhecida pelo nome **Dinâmica**, palavra derivada do grego *dynamis*, que significa “força”. De acordo com Newton, para saber que movimento apresentará um corpo qualquer do Universo, é necessário conhecer as condições que o corpo está e as forças que atuam nesse corpo e assim aplicar as leis por ele propostas. Mas o que é força? Para Newton, forças são coisas do tipo “puxão” ou “empurrão”. As forças podem ser separadas em duas classes. A primeira classe de forças é a formada pelas chamadas **forças de contato** que são forças que aparecem quando há contato entre os corpos. A segunda classe de forças é formada pelas forças de ação a distância como o próprio nome indica, são forças que ocorrem mesmo que os corpos não estejam em contato. Como exemplos podemos citar as forças gravitacional e magnética. A primeira lei do movimento, Lei da Inércia, tem o seguinte enunciado:

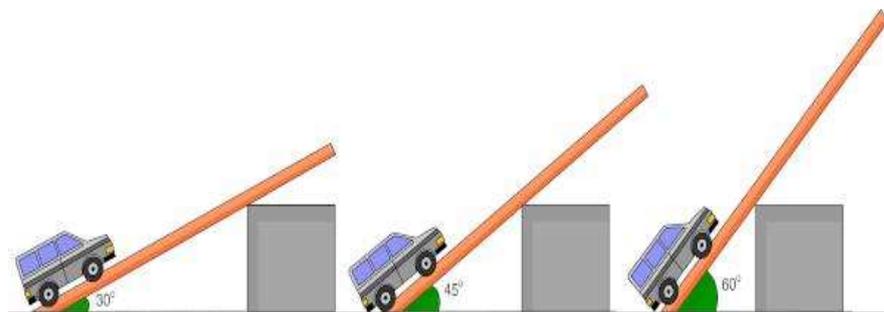
*Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento retilíneo uniforme, a menos que seja obrigado a mudar esse estado por forças aplicadas sobre ele.* (SAMPAIO; CALÇADA, 2005) Devido a essa concepção, a Primeira Lei de Newton é conhecida como **Lei da Inércia**. O enunciado da segunda lei de Newton é: *Sendo  $\vec{F}$  a resultante de todas as forças que atuam em um corpo, este deve ter uma aceleração  $\vec{a}$ , proporcional a  $\vec{F}$ , isto é:  $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$ , onde a constante de proporcionalidade é a massa do corpo.* (SAMPAIO; CALÇADA, 2005)

A terceira lei apresentada por Newton pode ser enunciada do seguinte modo: *Se um corpo A exerce sobre o corpo B uma força  $\vec{F}_{AB}$ , então o corpo B também exerce sobre o corpo A uma força  $\vec{F}_{BA}$ , de modo que essas duas forças têm o mesmo módulo, a mesma direção e sentidos opostos, isto é:  $\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$*  (SAMPAIO; CALÇADA, 2005) A Terceira Lei de Newton ficou conhecida como a **Lei da Ação e Reação**.

### 3.3.1 Plano Inclinado

Em nosso cotidiano frequentemente nos deparamos com situações que corpos deslizam ao longo de superfícies inclinadas. Plano inclinado é a parte da Dinâmica newtoniana que estuda o movimento de objetos em superfícies inclinadas que formam um ângulo com o eixo horizontal, com ou sem atrito. Podemos encontrá-lo em rampas, escadarias, ou seja, tudo que gere um movimento inclinado. Veja um exemplo na Figura 1, a seguir.

**Figura 1:** Representação das diferentes inclinações de um plano dependendo do ângulo que ele faz com o eixo horizontal.

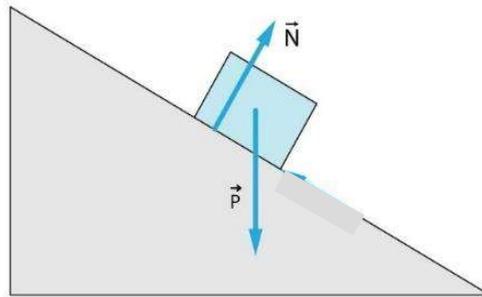


**Fonte:** Imagem retirada da referência [12]

Assim podemos fazer o estudo do movimento de um corpo que desliza em um plano inclinado fazendo análise mecânica. Para calculá-lo, utilizamos a segunda lei de Newton, que determina que a força resultante que atua no bloco é igual ao produto da massa pela aceleração. Também utilizamos a força peso. Caso haja atrito atuando sobre o bloco, usamos a força de atrito. Sabemos de qual caso se trata de acordo com as informações do enunciado.

**Plano inclinado sem atrito:** No caso do plano inclinado sem a força de atrito  $\vec{f}_{at}$ , as forças presentes no bloco sempre são a força normal  $\vec{N}$ , que é perpendicular à superfície do plano, e a força peso  $\vec{P}$ , que aponta para o centro da Terra (na maioria dos casos, para baixo). Caso haja algo puxando o bloco, haverá também a força que puxa  $\vec{F}$ . Na imagem, podemos ver as forças atuantes no plano contido no plano inclinado sem atrito.

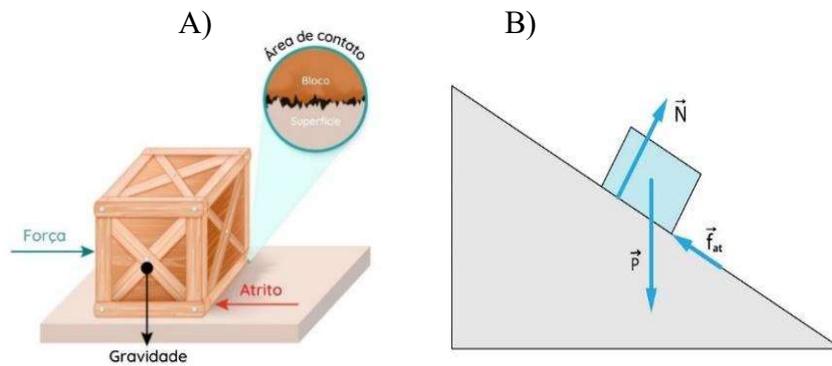
**Figura 2:** Bloco em um plano inclinado sem atrito



**Fonte:** Imagem retirada da referência [12]

**Plano inclinado com atrito:** No caso do plano inclinado com a força de atrito  $\vec{f}_{at}$ , essa força atua rente ao chão seguindo o movimento, como se estivesse arrastando o chão, conforme a imagem abaixo (Figura 3). Além disso, há a força normal  $\vec{N}$ , a força peso  $\vec{P}$  e caso haja algo puxando o bloco, haverá também a força que puxa  $\vec{F}$ . Na Figura 3, podemos ver as forças atuantes no plano contido no plano inclinado com atrito.

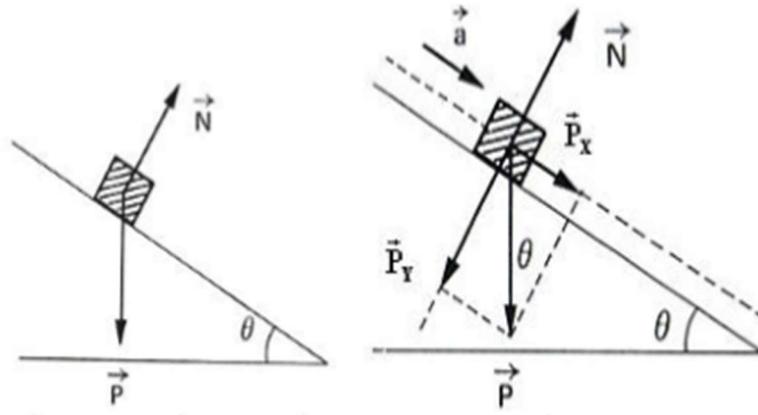
**Figura 3:** A) Atrito gerado entre a caixa e a superfície. B) Bloco em um plano inclinado com atrito



**Fonte:** Imagem retirada da referência [12]

Para a decomposição das forças de um plano inclinado, analisemos o comportamento de um bloco de massa  $m$  apoiado sobre um plano inclinado de ângulo  $\theta$  em relação à horizontal; desprezemos os atritos. (Figura 4)

**Figura 4:** Decomposição de forças que atuam em um plano inclinado.



**Fonte:** Imagem retirada da referência [13]

A decomposição dessas forças envolve a análise delas ao longo das direções paralela e perpendicular ao plano inclinado. Para fazer isso, usamos trigonometria: A força Peso ( $\vec{P}$ ) pode ser decomposta em duas componentes: uma perpendicular ao plano inclinado ( $\vec{P}_Y$ ) e outra paralela a ele ( $\vec{P}_X$ ). A força Normal ( $\vec{N}$ ) também pode ser decomposta em duas componentes: uma perpendicular ( $\vec{N}_Y$ ) e outra paralela ( $\vec{N}_X$ ) ao plano inclinado (Figura 4).

A relação entre essas componentes depende do ângulo  $\theta$  que o plano inclinado faz com a horizontal. Geralmente, utiliza-se o seno e o cosseno do ângulo  $\theta$  para calcular essas componentes.

$$P_Y = P \cdot \cos(\theta) \quad (1)$$

$$P_X = P \cdot \sin(\theta) \quad (2)$$

$$N_Y = N \cdot \cos(\theta) \quad (3)$$

$$N_X = N \cdot \sin(\theta) \quad (4)$$

Em um plano inclinado sem atrito, a Força de Atrito ( $\vec{f}_{at}$ ) não existe. No entanto, se houver atrito entre o objeto e o plano inclinado, haverá uma força de atrito paralela à superfície do plano, oposta ao movimento do objeto. (RICARDO, 2022). Essa é uma descrição simplificada da decomposição de forças em um plano inclinado. Em situações reais, podem haver outros fatores a considerar, como a massa do objeto, a aceleração devido à gravidade, a presença de atrito e assim por diante.

### 3.3.2 Força de Atrito

O atrito é um tipo de força que está presente quando duas superfícies entram em contato. Quando caminhamos, empurramos o chão para trás e o atrito existente entre nossos pés e a superfície é o responsável por nos impulsionar para frente. Ao esfregar as mãos, pode-se sentir calor por causa do atrito gerado com o movimento. As forças de atrito podem ser opostas aos movimentos, dificultando-os, ou a favor dos movimentos, quando facilitam a sua execução. (JÚNIOR, 2020)

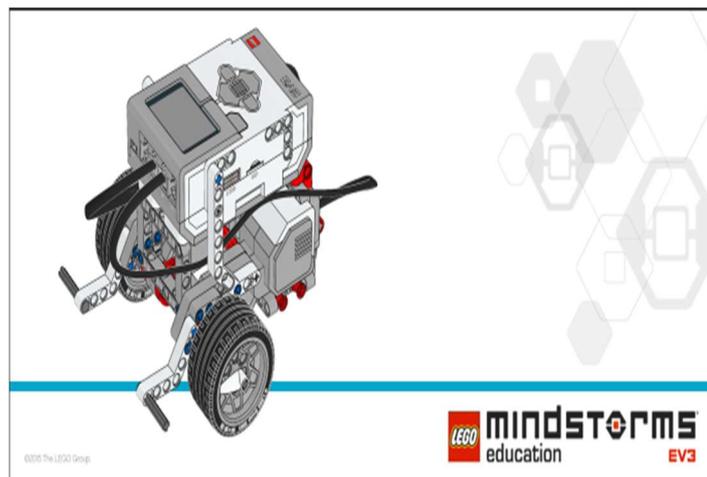
A força de atrito é determinada a partir da força Normal e de uma grandeza denominada de coeficiente de atrito ( $\mu$ ). A Normal é uma força que atua verticalmente e para cima sobre todo objeto depositado em uma superfície. Já o coeficiente de atrito é uma grandeza adimensional que caracteriza a superfície que abriga o objeto. Quanto maior o valor dessa grandeza, maior será a resistência gerada pela superfície sobre o objeto e vice-versa. Por definição, a força de atrito pode ser mensurada a partir do produto da força Normal pelo coeficiente de atrito. (JÚNIOR, 2020) Conforme a equação (5) abaixo:

$$f_{at} = \mu \cdot N \quad (5)$$

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

A fim de realizar a apresentação dos conceitos físicos, empregou-se um conjunto educacional LEGO® MINDSTORMS Education EV3. Além disso, uma reprodução de planos inclinados foi construída como rampa, na qual o robô seguidor de linha EV3 atuou como veículo. Esse robô, ilustrado na Figura 5 do guia de montagem, teve seus movimentos programados por meio do software EV3 Classroom, permitindo a criação e execução das ações do robô.

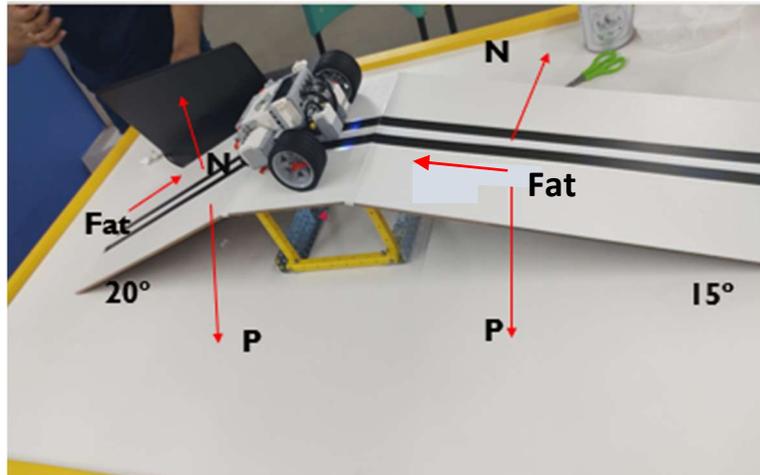
**Figura 5:** Robô Seguidor de Linha



**Fonte:** Imagem retirada da referência [22]

As rampas foram confeccionadas a partir de uma folha de compensado em MDF, simulando uma situação real com duas rampas, conforme ilustrado na Figura 6. A inclinação das rampas foram determinadas utilizando um transferidor, mantendo os ângulos em 15° e 20°.

**Figura 6:** Rampa para demonstração do movimento do carro (robô).



**Fonte:** Autoria própria, 2022.

A rampa foi fixada em uma mesa contendo dois planos inclinados a um suporte central, em que o robô ficava parado por alguns segundos, conforme a sua programação, para facilitar a demonstração e evitar que ele caísse da rampa. Foi colocado também algumas fitas isolantes que seriam as linhas seguidas pelo robô. (Figura 6)

#### 4.1 Kit Lego Mindstorms EV3

O kit da LEGO® MINDSTORMS Education EV3 é uma possível solução em Robótica Educacional, que estimula o aprendizado a partir da educação STEAM (Ciências, Tecnologia, Engenharia, Matemática e Artes). É destinado a alunos até o Ensino Médio e também para projetos de cursos do Ensino Superior.

O LEGO MINDSTORMS EV3 proporciona aos alunos oportunidades de aprendizagem utilizando os recursos familiares de construção LEGO combinados com um software intuitivo e fácil de manusear. O EV3 representa a terceira geração da plataforma Educação MINDSTORMS LEGO e o "EV" significa Evolução. O MINDSTORMS plataforma EV3 Educação LEGO foi criado para o ensino primário e secundário, proporcionando uma aproximação da robótica com a sala de aula. Ela ajuda os alunos do ensino primário e secundário a desenvolver a solução de problemas, pensamento criativo e habilidades de comunicação necessárias para o sucesso na escola e fora dela.

**Figura 7:** Kit LEGO® MINDSTORMS e a sua expansão



**Fonte:** Imagem retirada da referência. [22]

Este kit possui um total de 541 peças, entre elas está o bloco EV3 (Figura 7), o micro controlador que é o componente central do kit, um bloco inteligente programável que controla motores e sensores. As demais ferramentas programáveis são os motores (grande e médio), sensor de toque, giroscópio, sensor de cor, sensor ultrassônico e a bateria recarregável. Além das demais peças de encaixe e os cabos conectores. A sua expansão possui peças que não estão no kit principal do LEGO Mindstorms básico. Elas complementam os recursos que esse kit já possui, com elementos estruturais e mecânicos e ainda os elementos padrão tais como vigas, eixos e conectores. O kit de expansão contém 941 peças.

As vantagens educacionais do LEGO MINDSTORMS Education EV3 são diversas, entre elas, permite desafiar os alunos a pensar em soluções de uma forma criativa através da experimentação, por meio de teste e modificando robôs para alcançar os objetivos. Além de desenvolver habilidades essenciais dos alunos no trabalho colaborativo, gestão de tempo e solução de problemas. Pode ser combinado com outros recursos para ampliar o leque de possibilidades dentro do processo ensino-aprendizagem.

## **5 RESULTADOS OBTIDOS**

Com o auxílio dos pré-projetos disponíveis no Laboratório Municipal de Robótica, foi possível a familiarização com essa ferramenta educacional, e assim, a análise de como aplicar suas funções para construir robôs capazes de serem utilizados na explicação de conceitos de Física em sala de aula. Com isso, foi construído um robô e sua execução foi realizada na prática

para demonstrar o conceito de Plano Inclinado e Força de Atrito e se fez o estudo do movimento de um corpo em uma situação real.

### 5.1 Procedimento de montagem do robô

Com o estudo das peças componentes do kit de Robótica Educacional Lego Mindstorms EV3 e suas expansões e o conhecimento das ferramentas virtuais que compõem este kit, como o software de programação do Mindstorms EV3 Classroom e o Studio 2.0. Iniciou-se a construção e adaptação do robô seguidor de linha para demonstração dos conceitos de Plano Inclinado e Força de Atrito.

**Figura 8:** Sequência de montagem do robô seguidor (A, B, C, D, E, F, G e H)



(A)



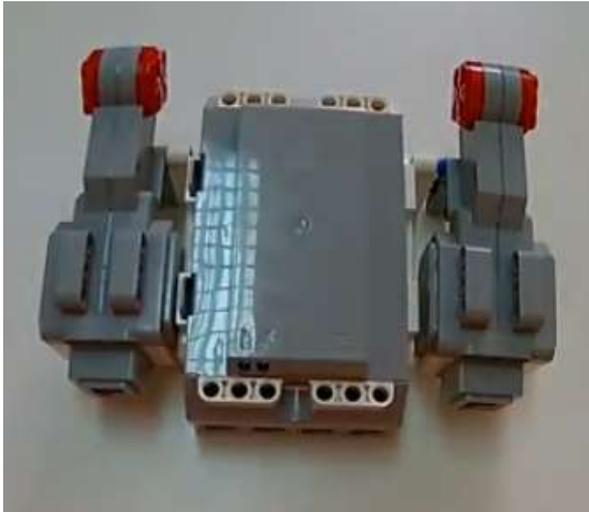
(B)



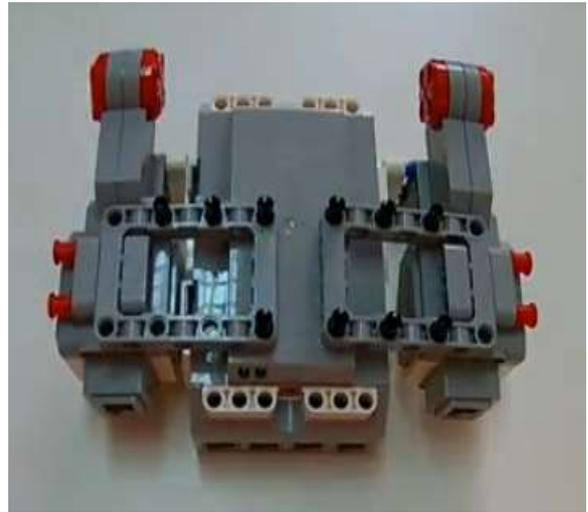
(C)



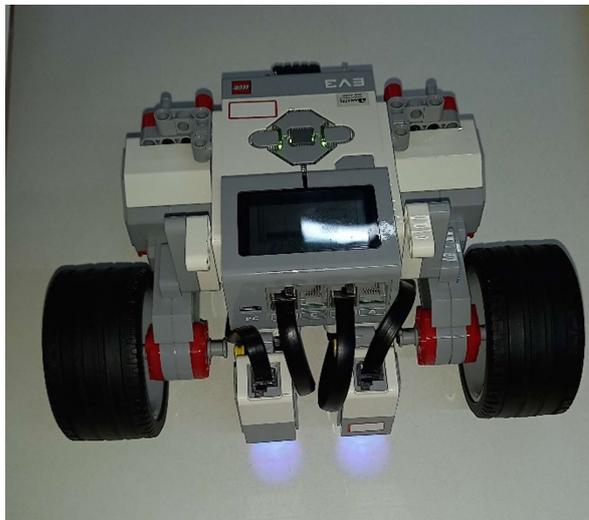
(D)



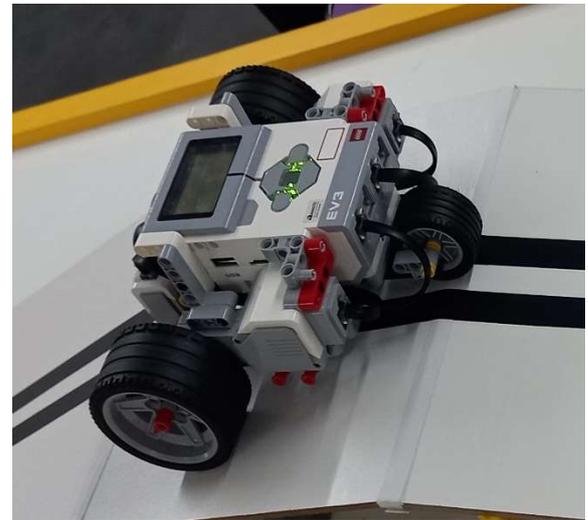
(E)



(F)



(G)



(H)

## 5.2. Objeto Educacional

O robô base deste objeto educacional foi o seguidor de linha, com seu manual de montagem disponibilizado pelo laboratório de robótica, dentre vários outros do kit educacional Lego Mindstorms. Optou-se por este robô por ser de fácil entendimento e descrever uma situação real que percebemos no nosso cotidiano no qual a Física está inserida e que muitas vezes não percebemos.

Por conter uma variedade de peças e funções, percebemos que o robô seguidor de linha poderia ser adaptado para demonstrar a força de atrito e plano inclinado (Figura 9), fazendo a troca dessas rodas que são feitas de materiais diferentes, uma era de metal e a outra de borracha. Essa adaptação foi feita na parte traseira do robô, com encaixes que podem ser trocados na

demonstração sem precisar desmontá-lo e assim facilitar a explicação. A comparação com esses dois tipos de materiais é de fácil percepção, pois o coeficiente de atrito entre eles e a madeira (rampa) é diferente e essa condição física faz com que o carro (robô) se desloque de maneira diferente em cada situação.

Para a sua realização, procedemos da seguinte maneira:

- 1- Coloca-se a esfera de metal, no local adaptado atrás do carro, e posiciona na parte de baixo do plano inclinado que faz um ângulo de  $20^\circ$  com a mesa, ou outra superfície plana.
- 2- Em seguida, liga-se o robô para iniciar a subida e é colocado no centro para o sensor de cor seguir a cor programada.

Percebe-se então, que o carro não consegue subir na rampa devido ao atrito da roda utilizada, de metal, pois o atrito entre ela e a madeira é muito pequeno o que acaba fazendo o carro deslizar, mesmo que tenha as outras rodas de borracha na parte frontal do carro. Ou seja, o atrito que existe no contato de duas superfícies não consegue impulsioná-lo para frente, pois se trata de uma subida em um plano inclinado.

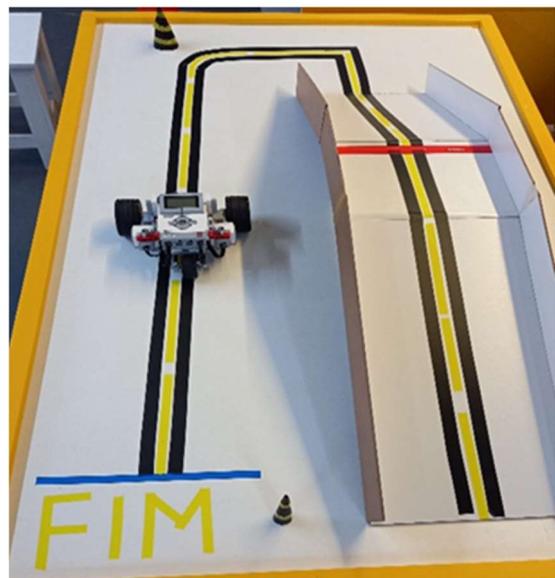
Fazendo, então, a troca da esfera de metal por uma roda de borracha, o carro consegue fazer a subida no plano inclinado em  $20^\circ$  e a descida no outro plano inclinado de  $15^\circ$ , com isso pode perceber que, na subida, o atrito estático que mantinha o carro parado na rampa foi rompido e ele se movimentou para frente, subindo, assim como na descida. (Figura 10)

**Figura 9:** Robô do projeto



**Fonte:** Acervo próprio

**Figura 10:** Rampa



**Fonte:** Acervo próprio

As superfícies dos corpos, por mais polidas que possam parecer do ponto de vista macroscópico, apresentam rugosidade quando analisadas microscopicamente. Como consequência, se duas superfícies em contato apresentarem tendência a se mover uma em relação à outra, surge uma força "resistente": força de atrito. No caso de uma força aplicada não ser suficiente para colocar o corpo em movimento, a força de atrito se opõe à força aplicada e é chamada força de atrito estático.

Na figura 11, ao colocar o carro no meio do plano inclinado, usando a roda de borracha, ele ficou parado, em repouso, diferente da roda de metal que fez o carro deslizar para baixo, isso acontece devido às forças que estão atuando nele, a força normal  $N$  e a força de atrito  $f_{at}$  que é o atrito entre as rodas do carro e a madeira. Podemos observar que o coeficiente de atrito entre a borracha e a madeira é maior que o coeficiente de atrito entre o metal e a madeira.

**Figura 11:** Carro em repouso sobre o plano inclinado

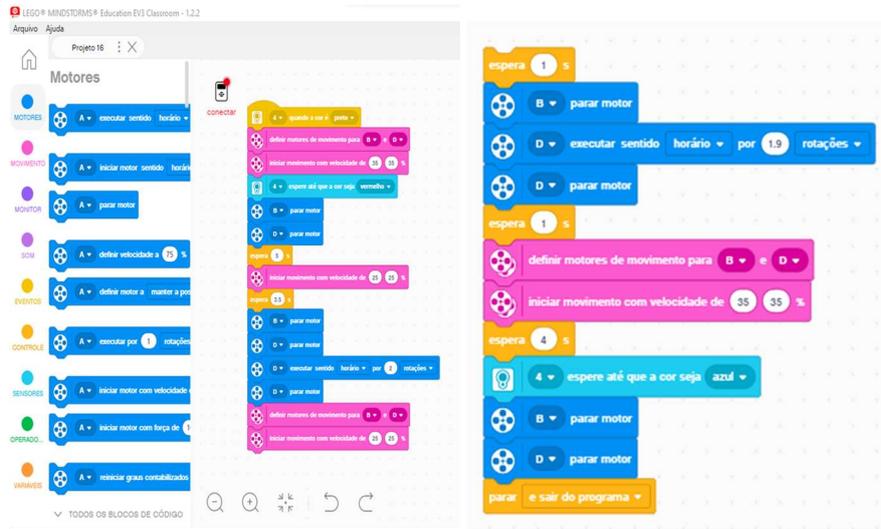


**Fonte:** Autoria própria

Isso acontece devido a força de atrito  $\vec{f}_{at}$ , pois, está atuando no sentido contrário à tendência do movimento fazendo com que o carro fique estático sobre o plano inclinado. Na literatura encontramos os valores dos coeficientes entre vários materiais diferentes.

A ferramenta virtual que compõe este kit utilizado no decorrer desta pesquisa científica é o EV3 Classroom, um software de programação do LEGO Mindstorms EV3. Sua linguagem de programação é feita em blocos e está disponível para a maioria dos dispositivos e sistemas operacionais.

**Figura 12:** Estrutura da programação do robô.



**Fonte:** Autoria própria

A imagem da Figura 12 mostra a programação do robô feita para ser usada na demonstração do plano inclinado e força de atrito. Para os motores foram programadas uma determinado força em que o carro se movesse em uma velocidade constante e por ser um seguidor de linha, nos blocos foram selecionadas as cores que foram utilizadas na confecção da rampa, como preta, amarela, vermelha e azul, para cada cor o carro executava uma função. Quando o sensor identificar a cor preta ele seguia em frente até identificar a cor vermelha que faz ele parar por alguns minutos e segue novamente até identificar a cor azul programada para parar totalmente. Durante a movimentação do robô pode-se observar os fenômenos físicos presentes nesta situação.

Este trabalho foi apresentado na 18ª Semana Nacional de Ciência e Tecnologia, realizada entre 18 a 22 de outubro de 2021, no Laboratório Municipal de Robótica de Tefé-AM. Sendo voltado para alunos do 1º ano do Ensino Médio, porém como era a Semana de Ciência e Tecnologia, estava aberta para diferentes públicos da cidade e como esperado, abrangeu não só esses alunos do 1º ano, mais alunos do 2º a 3º ano do Ensino Médio, como também alunos do Ensino Fundamental, do 6º ao 9º ano, professores de Escolas Públicas e até mesmo do Centro de Estudos Superiores de Tefé - CEST. Como envolveu diferentes públicos, veio diferentes desafios para a elaboração da comunicação científica. Com isso, foi explicado os conceitos para alunos que já tinham ouvido falar do assunto e para os que ainda não chegaram nessa etapa, que eram os estudantes do ensino fundamental e alunos que estudaram de modo remoto, com diferentes mudanças na linguagem para cada público e para o melhor entendimento de cada um.

A comunicação científica que era realizada para alunos do Ensino Médio ou professores, não era mesma para alunos do Ensino Fundamental, pois falando de uma forma teórica e física eles não compreendiam, então como a física está diretamente inserida no nosso cotidiano, sendo usados exemplos do nosso cotidiano e uma linguagem mais lúdica para explicar tais conceitos, como por exemplo: O que ocorria com nosso corpo quando estivéssemos subindo ou descendo uma ladeira? Para falar sobre as forças atuantes no nosso corpo, ou o que ocorria se tentássemos subir essa ladeira cheia de sabão com uma sandália sem solado? Para exemplificar o atrito. Com isso, percebemos que os alunos não só se interessavam pelo robô e pela pista chamativa, como também em entender o que estávamos explicando. No decorrer da apresentação, foi observado também vários casos dos alunos do ensino médio, que por conta das aulas remotas, haviam estudado esse conteúdo da física rapidamente, logo estavam vendo e entendendo na prática com o nosso projeto o que era o Plano inclinado e a força de atrito.

No decorrer das visitas foi possível perceber o interesse dos alunos ao demonstrarmos a execução do robô e o modo como ele se movimentava pela pista, além de observarem e identificarem a diferença da subida em relação aos materiais que utilizamos para mostrar a relação do atrito entre eles. Puderam, também, ver na prática a relação do Plano Inclinado através da rampa de modo objetivo e interessante e de perceberem a relação da robótica com a física através do movimento do robô. Esta foi uma experiência marcante, pois proporcionou a oportunidade de aplicar um projeto novo, utilizando uma ferramenta inovadora para o ensino da física, além da interação com diferentes públicos.

**Figura 13:** Apresentação para alunos do Ensino Médio



**Fonte:** Acervo próprio

## 6. CONCLUSÃO

Apesar da abstração presente na física, explorar novas abordagens para torná-la cativante aos estudantes é uma eficaz estratégia para estimulá-los a compreender esses conceitos científicos. Diante da procura por métodos de ensino inovadores e eficazes, o presente trabalho buscou explorar a aplicação da física através do uso do robô Lego Mindstorms no contexto do ensino médio. Desenvolver este projeto permitiu constatar a relevância de utilizar novos métodos para ensinar de uma forma lúdica assuntos complexos. Assim, realizou-se um modelo de robô funcional para aulas de Física, que pode ser utilizado como um recurso didático ainda novo para alunos do Ensino Médio no município de Tefé. Podendo fazer com que os alunos compreendam os conceitos de força de atrito de forma concreta.

A utilização dessa abordagem inovadora visou não apenas proporcionar uma maneira engajadora de aprender os princípios da física, mas também desenvolver um modelo teórico sólido que pudesse enriquecer o planejamento de aulas de mecânica ministradas por professores do ensino médio.

Ao longo deste estudo, examinamos a interseção entre a educação e a tecnologia, destacando o potencial dos robôs Lego Mindstorms como ferramenta pedagógica para promover a compreensão conceitual e prática da Física, como o estudo do plano inclinado e força de atrito. Através da construção, programação e manipulação desses robôs os alunos têm a oportunidade de vivenciar na prática os princípios teóricos da mecânica, o que pode tornar o processo de aprendizagem mais concreto e significativo.

No contexto específico de Tefé, essa abordagem pode se revelar especialmente relevante, considerando a importância de proporcionar uma educação de qualidade mesmo em contextos desafiadores. Através desta ferramenta, os educadores podem enriquecer suas estratégias de ensino, tornando as aulas mais atrativas e proporcionando aos estudantes a oportunidade de se envolverem ativamente na construção do conhecimento.

Portanto, percebe-se que a Robótica Educacional é uma ferramenta que alcança bons resultados no processo de ensino aprendizagem, quando utilizada de forma a estimular a curiosidade e criatividade do aluno para assuntos relacionados à Física. E não apenas aprimorar a compreensão da física, mas de cultivar habilidades como resolução de problemas, trabalho em equipe e pensamento criativo, competências essenciais para o século XXI. Assim, ao desenvolver um modelo teórico, este trabalho oferece um ponto de partida valioso para educadores que desejam explorar essa abordagem e proporcionar uma educação enriquecedora e estimulante aos seus alunos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] FORNAZA, R. **Robótica educacional aplicada ao ensino de física**. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática), Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul, RS. 2016.
- [2] FORNAZA, R.; WEBBER, C. G. **Robótica Educacional aplicada à aprendizagem em física**. RENOTE-Revista Novas Tecnologias na Educação, v. 12, n. 1, 2014.
- [3] KALIL, FAHAD; HERNANDEZ, H.; ANTUNEZ, M. F.; OLIVEIRA, K.; FERRONATO, N.; DOS SANTOS, M. R. **Promovendo a robótica educacional para estudantes do ensino médio público do Brasil**. Novas Ideias em Informática Educativa, TISE, p. 739-742, 2013.
- [4] RABELO, A. P. S. **Robótica educacional no ensino de Física**. Dissertação (Mestrado Profissional de Ensino de Física). Universidade Federal de Goiás, Catalão, GO. 2016.
- [5] SANTOS, C. F.; MENEZES, C. S. **A Aprendizagem da Física no Ensino Fundamental em um Ambiente de Robótica Educacional**. In: Anais do Workshop de Informática na Escola. XXV Congresso da Sociedade Brasileira de Computação. São Leopoldo, RS. 2005.
- [6] STOPPA, M. H. **A Robótica Educacional em experimentos elementares de Física**. Juiz de Fora, 2012.
- [7] AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva**, Lisboa: Editora Plátano, 2003.
- [8] AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D. e HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 2<sup>a</sup> edição, 1980.
- [9] BARBOSA, Fernando da Costa, et all. **Mapeamento das pesquisas sobre robótica educacional no ensino fundamental**. Programas de pós-graduação. Universidade Federal de Goiás, 2018.
- [10] CHELLA, M. T. **Ambiente de robótica para aplicações educacionais com superlogo**. 2002. 186 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica e de Computação) – Curso de Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.
- [11] GARCIA, Leonardo da Silva. **Experimentos no ensino de Física utilizando a Robótica Lego EV3 no ensino médio e fundamental**. Universidade Federal Rural Do Semi-Árido, Mossoró – RN. 2018.
- [12] MELO, Pâmella Raphaella. **Plano Inclinado**. Acessado em: 20 de Julho de 2022. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/plano-inclinado.htm>.

- [13] RICARDO, Alberto. **Plano Inclinado**. Acessado em: 20 de Julho de 2022. Disponível em: <https://www.fisica.net/mecanicaclassica/planoinclinado.pdf>.
- [14] FILHO, B.A.B. S., Struchiner C.J. **Uma proposta teórico-metodológica para elaboração de modelos teóricos**. Cad Saúde Colet, 2021;29(1): 86-97. <https://doi.org/10.1590/1414-462X202129010180>.
- [15] FARIAS, Gabriela B. de. **Contributos da aprendizagem significativa de David Ausubel para o desenvolvimento da Competência em Informação**. Perspectivas em Ciência da Informação, v.27, n. 2, p. 58-76, abr/jun 2022. Disponível em: [www.googleacademico.com.br](http://www.googleacademico.com.br). Acessado em: 31 de Julho de 2023.
- [16] SILVA, M.P.; BORBOSA, F.C., **Matemática e Física em experiências de Robótica Livre: explorando o sensor ultrassônico**. Revista Texto Livre: linguagem e tecnologia. Belo Horizonte, v.14, n.3, e29629, Minas Gerais, 2021.
- [17] Papert, Symon. (1980). Mindstorms: children, computers, and powerful ideas. Basic Books.
- [18] NUNES, T. F. B; VIANA, C.C; VIANA, L. A. F. C.; **Perspectivas da robótica como recurso pedagógico aplicada a educação 4.0: Uma análise bibliométrica sobre robótica educacional**. Research, Society and Development, v. 10, n. 4, e6310413889, 2021. Acessado em: 25 de Julho de 2023.
- [19] JÚNIOR, Joab Silas da Silva. **"O que é força de atrito?"**; Brasil Escola, 2020. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-forca-atrito.htm>. Acesso em 09 de agosto de 2023.
- [20] SAMPAIO, J.L.; CALÇADA, C. S. **Física: volume único**. 2ed. São Paulo: Atual, 2005.
- [21] HELERBROCK, Rafael. **"Plano inclinado com atrito"**; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/fisica/plano-inclinado-com-atrito.htm>. Acesso em 04 de agosto de 2023.
- [21] **Robótica Educacional, Brinquedos STEM e Ciências**. Escritório Maceió-AL. Acessado em: 12 de Junho de 2023. Disponível em: Lego EV3 Mindstorms EV3 45544, Robô Lego Education EV3, Kit Robotica LEGO ([wskits.com.br](http://wskits.com.br)).