



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

CHRISTIAN DRAYTON DE LIMA

**ROBÔS EDUCACIONAL LEGO® MINDSTORMS:
um recurso didático facilitador para o ensino de física**

Caruaru
2019

CHRISTIAN DRAYTON DE LIMA

**ROBÔS EDUCACIONAL LEGO® MINDSTORMS:
um recurso didático facilitador para o ensino de física**

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Área de concentração: Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Ernesto Arcenio Valdés Rodriguez.

Caruaru
2019

Catálogo na fonte:
Bibliotecário – Raul César de Melo - CRB/4 - 1735

L732r Lima, Christian Drayton de.
 Robôs educacionais Lego® Mindstorms: um recurso didático facilitador para o ensino
 de física / Christian Drayton de Lima. – 2019.
 87 f. : il. ; 30 cm.

 Orientador: Ernesto Arcenio Valdés Rodriguez.
 Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Programa de
 Pós-Graduação em Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, 2019.
 Inclui Referências.

 1. Robótica. 2. Tecnologia educacional. 3. Física – Estudo e ensino. 4.
 Aprendizagem. I. Rodriguez, Ernesto Arcenio Valdés (Orientador). II. Título.

CDD 371.12 (23. ed.)

UFPE (CAA 2019-466)

CHRISTIAN DRAYTON DE LIMA

**ROBÔS EDUCACIONAL LEGO® MINDSTORMS:
um recurso didático facilitador para o ensino de física**

Dissertação apresentada ao Mestrado
Profissional em Ensino de Física da
Universidade Federal de Pernambuco,
como requisito parcial para a obtenção do
título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em: 20/12/2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ernesto Arcenio Valdés Rodriguez (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. João Francisco Liberato de Freitas (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Ramon Enrique Ramayo Gonzalez (Examinador Externo)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

AGRADECIMENTO

A minha esposa Juliene Drayton, que sempre esteve ao meu lado durante todos os momentos, sempre me dando forças e confiança durante o período do curso de mestrado, bem como na elaboração da dissertação.

Aos meus familiares, por toda fé depositada em mim durante os duros dias na construção da dissertação, especialmente o meu tio e pai João Ferreira Neto, que sempre acreditou e me incentivou a seguir em frente nos estudos, permanecendo ao meu lado todo o tempo.

Ao meu orientador, professor-doutor Ernesto Arcenio, que acreditou e me incentivou bastante durante a construção do produto educacional, trazendo bastante conhecimento e técnica.

Aos meus professores de Mestrado por me ensinarem e me acolherem na Universidade, entre eles destaco os professores doutores, João Freitas e Gustavo Camelo, por todas as cobranças, as quais foram importantes na minha formação.

A EREM – Presidente Tancredo Neves, que oportunizou o momento de elaboração e aplicação do produto educacional.

Aos meus amigos e irmãos do curso de mestrado, no qual dividimos juntos os momentos de frustrações e alegrias.

RESUMO

O trabalho descreve um procedimento metodológico para a construção de um Robô Volante inercial, utilizando a tecnologia educacional LEGO®. Apresentamos um produto educacional que foi desenvolvido a partir de uma experiência realizada com estudantes de terceiro ano do Ensino Médio da EREM – Presidente Tancredo Neves (Belém de Maria – PE). No texto descrevemos todas as teorias que fundamentam o trabalho, assim como detalhamos também os procedimentos teóricos, práticos e avaliativos realizados para a construção do robô, ao passo que apresentamos e discutimos conteúdos relacionados a Volantes inerciais e a Avaliação do produto e da metodologia de ensino aprendizagem. As teorias e conteúdos que fundamentam o nosso trabalho e que estão de alguma forma apresentados no texto são de cunho Sociointeracionista, Robótica LEGO® e Volante inercial. Nas considerações finais apresentamos como resultado relevante que, uma experiência com robótica LEGO®, bem planejada metodologicamente pode levar a uma melhoria no interesse dos estudantes pelos conteúdos trabalhados assim como incremento de aprendizagem. Ademais permite a construção de ferramentas metodológicas de ensino de ciências e tecnologia para os professores.

Palavras-chave: Robótica Educacional. Sociointeracionista. Volante inercial.

ABSTRACT

The paper describes a methodological procedure for the construction of an inertial flywheel robot using educational technology LEGO®. We present an educational product that was developed from an experience with third year high school students from EREM - President Tancredo Neves (Belém de Maria - PE). In the text we describe all the theories that underlie the work as well as detail the theoretical, practical and evaluative procedures performed for the construction of the robot as well as to present and discuss contents related to inertial wheels and the evaluation of the teaching and learning methodology. The theories and contents that underlie our work and that are somehow presented in the text are Partner Interactionist, LEGO® Robotics and Inertial Flywheel. In the concluding remarks we present as a relevant result that a methodologically well designed LEGO® robotics experience can lead to an improvement in the students' interest in the worked content as well as an increase in learning. In addition it allows the construction of methodological tools of teaching of science and technology for the teachers.

Keywords: Educational Robotics. Partner Interactionist. Inertial flywheel.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 –	Mapa Conceitual da dissertação de mestrado que visa o uso da Robótica educacional como recurso didático.....	15
Figura 1 –	Seymour Papert, 1967, e a Tartaruga Logo Gênio da inteligência artificial a serviço da pedagogia.....	21
Figura 2 –	Tijolo programável <i>Red Programmable Brick</i> , desenvolvido.....	23
Figura 3 –	Tijolo programável <i>MINDSTORMS RCX</i> , primeira geração.....	23
Figura 4 –	Kit LEGO® MINDSTORMS NXT 2.0.....	24
Figura 5 –	Várias pás de madeira que são empurradas pela correnteza....	28
Figura 6 –	Volante de fibra de carbono (carbono <i>fiber flywheels</i>).....	30
Figura 7 –	Volante Velkess.....	30
Figura 8 –	Sistema KERS, utilizado em ônibus.....	31
Figura 9 –	Motor a vapor do tipo Watt.....	31
Figura 10 –	Exemplo de um volante automotivo.....	35
Figura 11 –	Volante inercial, motor VOLVO de quatro cilindros.....	42
Fotografia 1 –	Organização das bancas, para aulas de robótica.....	43
Figura 12 –	Kit LEGO® Mindstorms Education base set 9797.....	43
Figura 13 –	<i>Kit LEGO® Mindstorms Education resource set 9695</i>	44
Fotografia 2 –	Verificando montagem e programação.....	45
Figura 14 –	Resultado da velocidade de rotação de uma das equipes.....	47
Fotografia 3 –	Resultado da velocidade de rotação, no tijolo NXT.....	47
Fotografia 4 –	Motor e acoplado no volante inercial, determinando a velocidade de rotação no display do tijolo NXT.....	48
Quadro 2 –	Resultado da energia acumulada em um dos volantes inerciais, apresentada em uma planilha Excel.....	50
Fotografia 5 –	Obtenção do resultado da velocidade em radianos, no display do tijolo NXT.....	51
Fotografia 6 –	Valor da velocidade de rotação em radianos, quando conectado no volante inercial.....	51
Quadro 3 –	Resultado da energia acumulada, obtida por um dos grupos, utilizando o Excel.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Levantamento de satisfação sobre criar e programar, com robôs educacionais LEGO®.....	52
Tabela 2 –	Levantamento de satisfação sobre gostar de utilizar os com robôs educacionais LEGO® em aulas de física.....	52
Tabela 3 –	Resultado da satisfação em compreender o assunto depois de aula de física com aplicação dos com robôs educacionais LEGO®.....	53

LISTA DE SIGLAS

CEO	Chief Executive Officer
CIMM	Central de Informação Metal Mecânica
FABEJA	Faculdade de Formação de Professores de Belo Jardim
KERS	Kinetic Energy Recovery Systems
LCD	Liquid Crystal Display
MIT	Massachusetts Institute of Technology
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
RCX	Robotic Command e Xplores
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFRPE	Universidade Rural Federal de Pernambuco
TCI	Tecnologia da Informação e Comunicação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	13
1.2	MAPA CONCEITUAL	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1	SOCIOINTERACIONISTA	18
2.2	ROBÓTICA, UM RECURSO TECNOLÓGICO E EDUCACIONAL	19
3	A HISTÓRIA POR TRÁS DOS ROBÔS LEGO® MINDSTORMS	21
3.1	MINDSTORMS E SUAS GERAÇÕES	22
3.2	MODELO DE EDUCAÇÃO TECNOLOGIA LEGO® E ZOOM	25
4	VOLANTE INERCIAL	28
4.1	HISTÓRIA DOS VOLANTES INERCIAIS	28
4.2	VOLANTES INERCIAIS COMO ARMAZENAMENTO DE ENERGIA CINÉTICA	29
4.2.1	Giroscópio	34
4.2.2	Atrito	36
4.3	PONTOS POSITIVOS E NEGATIVOS DOS VOLANTES INERCIAIS	36
5	METODOLOGIA	38
5.1	LOCAL, PÚBLICO E DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO EDUCACIONAL	38
5.1.1	Instituição utilizada na pesquisa	38
5.1.2	Sujeitos responsáveis pelo produto educacional	39
5.2	DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO EDUCACIONAL	40
5.2.1	Momento 1: Abordagem sobre carros híbridos e o volante inercial	41
5.2.2	Momento 1: da construção do volante inercial uso do kit LEGO® Mindstorms	42
5.2.2.1	As engrenagens e suas relações com o armazenamento de energia no volante inercial	45
5.2.3	Momento 3: compreendendo o volante inercial tendo como ferramenta para estudo o software EV3	46
5.2.3.1	Descobrimos a velocidade de rotação	46

5.2.3.2	Teoria para explicar o momento de inercia e a energia acumulada no volante inercial	48
5.2.3.3	Usando blocos para determinar a quantidade de energia em Joule	50
5.3	AVALIAÇÃO SOBRE A SATISFAÇÃO DO ESTUDANTE APÓS A CONSTRUÇÃO DO VOLANTE INERCIAL	52
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
	REFERÊNCIAS	57
	APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL	60

1 INTRODUÇÃO

Há bastante tempo que o ensino da Física vem tendo papel importante na sociedade contemporânea, pois com os avanços tecnológicos a física vem se tornando uma aventura intelectual, despertando nos estudantes atuais uma busca maior sobre o conhecimento da natureza, levando as Escolas a terem que buscar educação com características mais investigativas no ensino da Física.

Desta forma se faz necessário que a Escola promova mecanismos para que o professor possa desenvolver técnicas junto aos seus estudantes, desenvolvendo neles habilidades para resolver certos desafios, assim como, obter conhecimento para realização de atividades do dia a dia.

Levando em conta os quatro pilares do conhecimento, que de acordo com o relatório de Jacques Delors são:

- **Aprender a conhecer**, o qual vai indicar o interesse e a abertura para o conhecimento.
- **Aprender a fazer**, que enfocar a coragem de executar, correr risco e, até mesmo, errar buscando acertar.
- **Aprender a conviver**, que traz o desafio da convivência, do respeito a todos e da fraternidade como caminho do entendimento.
- **Aprender a ser**, que explicita o papel do cidadão e o sentido da vida.

Este trabalho surge com a proposta de viabilizar um aprendizado fundamentada na teoria sociointeracionista de Vygotsky, para isto estaremos utilizando a Robótica Educacional como ferramenta pedagógica no ensino da Física, a fim de desenvolver nos estudantes um melhor interesse pela disciplina da Física, pois o estudante não é um mero receptor de informações, pelo contrário, ele deve fazer uso do conhecimento já canalizado, de maneira substantiva e não arbitrária, para poder captar os significados dos conteúdos educativos, desta forma, o aprendiz constrói e produz seu próprio conhecimento (MOREIRA, 2010).

É neste contexto que a utilização da robótica educativa se mostra com um instrumento robusto, pois ela desenvolve no estudante a capacidade de resolver problema, de levantar hipótese, de criar relações, levando os estudantes a tirarem suas próprias conclusões, em suma, “à educação cabe fornecer, de algum modo, os mapas de um mundo complexo e constantemente agitado e, ao mesmo tempo, a bússola que permita navegar através dele.” (DELORS, 1999, p. 89).

Cabe ao professor que é o mediador do conhecimento, procurar recursos que levem os estudantes a um aprendizado significativo, cabendo a eles se utilizarem de ferramentas didáticas que facilitem a aprendizagem não só dos conteúdos, mas também levando a realidade tecnológica mais próxima deles. Este foi o ponto que levou a realização deste trabalho, procurar mecanismos que unissem a tecnologia ao aprender do estudante na disciplina de Física, a seguir veremos como foi amadurecido esse trabalho, para isto irei fazer uma viagem pela formação acadêmica até o presente momento.

Em 1999, após concluir o Ensino Médio, busquei inicialmente uma graduação em Engenharia Cartográfica pela Universidade Federal de Pernambuco, mas acabei optando por uma Licenciatura em Matemática, pela FABEJA (Faculdade de Professores de Belo Jardim). Logo no primeiro período, fui chamado para ensinar Matemática (onde sou professor até hoje), para turmas de 5º série (hoje equivalente ao 6º ano), já nos meus primeiros dias de aula, buscava criar um mecanismo mais fácil para o ensino da matemática.

Em 2002, passei a ser professor contratado pela Escola Estadual Presidente Tancredo Neves, em Belém de Maria - PE, como professor de Física, onde leciono até hoje, o que me levou no ano de 2010, a fazer licenciatura em Física, pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), neste mesmo ano fui convidado pela escola a participar de uma formação continuada, oferecida pela Secretaria de Educação do Estado de Pernambuco, o qual capacitava professores para utilização dos kits Robótica Educacional que a escola havia recebido. Foi neste período que percebi a importância da robótica Educacional como uma ferramenta metodológica inovadora, sendo motivadora para a melhoria do processo de ensino e aprendizagem da Física no ensino médio.

Foi essa busca por contribuição no processo de ensino e aprendizagem que me levou depois de terminar a Licenciatura em Física em 2014, a fazer o processo seletivo em 2016 no programa do Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF) no polo Agreste – PE.

1.1 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Como o objetivo deste trabalho visa a utilização da robótica educacional, na qual, procura conceder aos estudantes a oportunidade de entrar em contato com

novas tecnologias, levando-os a prática cotidiana na qual eles tem que fazer uso não só das programações, mais também de conhecimento nas áreas de Física, Matemática, Biologia, entre outras. Foi isso que me fez mostrar, que o kit LEGO® Mindstorms se faz uma excelente ferramenta de recurso didático para esses fins.

Na fundamentação teórica buscamos as ideias de autores que abordem de maneira significativa o aprender através da educação tecnológica, evitando levar o estudante para as definições científicas, pois para muitos estudantes estes conceitos são apenas abstratos, impossibilitando a questionar algo que nunca viram ou ouviram falar, por isso, cabe ao professor levar os estudantes a situações-problemas que possuam relevância social e relacionem com conceitos da realidade estudantil.

Neste contexto, o kit educacional LEGO® Mindstorms se apresenta como instrumento muito eficiente para o ensino da Física, e com ele, iremos explorar diferentes leis da física, levando o estudante de um conhecimento teórico, a um conhecimento prático, com isso estendendo o que aprendeu a outras questões da mesma natureza, fazendo o conhecimento deixar de ser apenas um conteúdo ensinado para ser uma ferramenta de reflexão.

Contudo, a construção com o kit LEGO® Mindstorms deve estar associada à situação-problema original ou a uma situação nova, sendo na maioria das vezes, a aplicação desse conhecimento podendo ocorrer durante a realização da atividade coletiva, desempenhando uma função didática específica no processo ensino-aprendizagem.

Este trabalho foi desenvolvido com as turmas de 3º ano da EREM Presidente Tancredo Neves, estes estudantes que já possuíam certa experiência com o Kit LEGO® Mindstorms há pelo menos dois anos, foram levados a criar um volante inercial, cuja ideia dessa construção ocorreu depois de um estudo sobre uma leitura do texto de um sistema híbrido de volante inercial para carros de estrada, foi a partir dessa leitura que se elaborou uma sequência didática de atividades nas áreas da cinemática e dinâmica, fortalecido com a utilização do kit Mindstorms, enfatizando assim o foco principal do conceito.

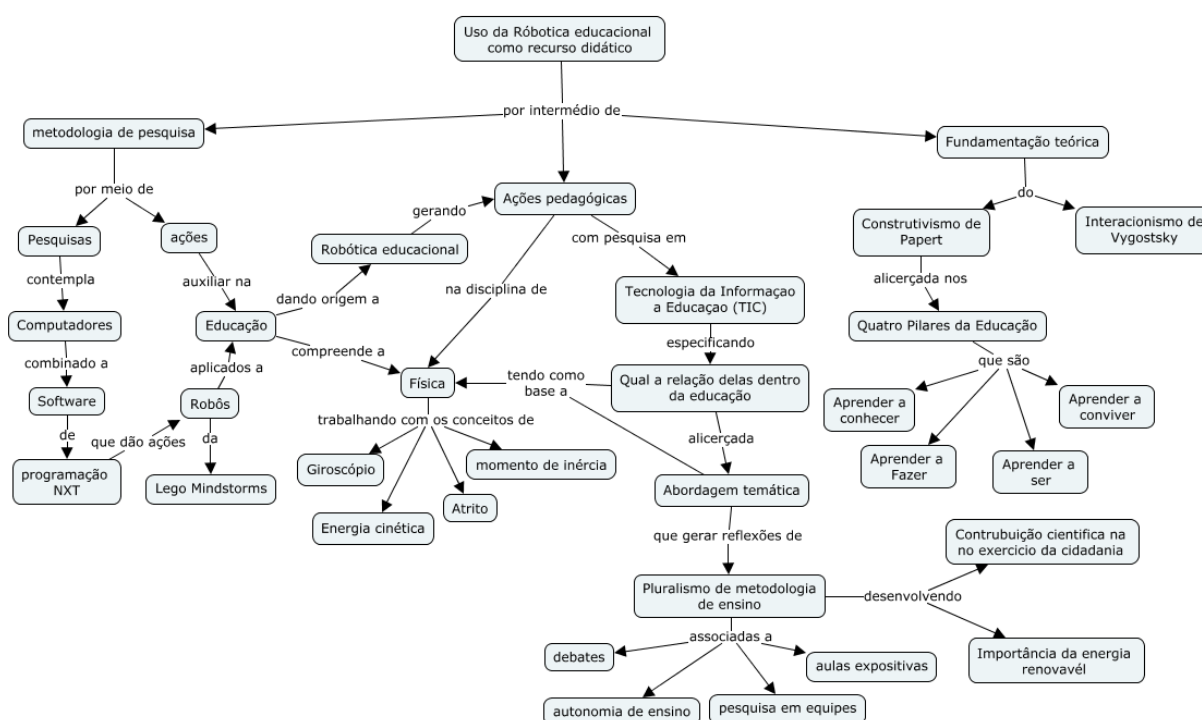
Este estudo se preocupou em não ser apenas de causa, pois foi feito uma pesquisa qualitativa, no qual se analisou a receptividade dos estudantes durante todo o processo de construção através de relatório. Buscando de forma mais significativa o ensino da Física do Ensino Médio através da robótica educacional, fundamentando-se com base na teoria sociointeracionista de Vygotsky.

1.2 MAPA CONCEITUAL

Buscando mostrar relações entre conceitos, temos a elaboração de um mapa conceitual ao qual buscamos sua utilização como ferramenta no auxílio dos pesquisadores, sistematizando assim as informações obtidas nesta dissertação.

Pois, os mapas conceituais segundo Novak e Cañas (2007) são gráficos hierárquicos que se apresentam como uma ferramenta de organizar e representar o campo de conhecimento abordado.

Assim, seguindo a proposta desta dissertação, temos na figura 1 o mapa conceitual que foi elaborado como recurso de auxílio na sistematização das informações que estão inseridas nesta dissertação. Saliento que este mapa conceitual, não faz parte das ações metodológicas aplicadas nessa dissertação e sim de um diagrama de relações de conceitos.



Quadro 1 – Mapa Conceitual da dissertação, que visa o uso da Robótica educacional como recurso didático.



2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A muito tempo buscamos uma educação que mude o ensino tradicional, tantos nas escolas públicas quanto nas escolas privadas. Na física, por exemplo, aquele método de ensino no qual o estudante decora fórmulas sem entender suas aplicações, parece não fazer mas sentido. Nos dias atuais se busca uma educação que ligue as informações pedagógicas às novas tecnologias, formando estudantes críticos, no qual possa fazer paralelos dessas novas tecnologias às ideologias, fazendo com que eles sejam responsáveis por tudo que é adquirido em seus conhecimentos. Para isso se faz necessário que a escola, aquela que a muito tempo distanciou o ensino pedagógico da vida cotidiana do estudante, entenda, e com isso, busque um ensino no qual esteja incorporado o uso da tecnologia, ou seja, seja capaz de gerar o desenvolvimento de competências e habilidades no qual, a escola seja um trampolim no projeto de vida estudantil.

No século XXI, segundo Morin (2004), a educação não só deve levar informações aos estudantes, mas também prepará-los no uso dessas informações, não só em seu conhecimento próprio em toda sua comunidade.

Se a pedagogia se propõe a capacitar os seres humanos para ir além de suas predisposições “inatas”, devem transmitir “a caixa de ferramentas” que a cultura tem desenvolvido para fazê-los. (ARROYO, 2000, pg. 181)

Uma educação inovadora ocorrerá a partir de um trabalho conjunto e estruturado, onde o professor terá papel fundamental, pois as metodologias precisam acompanhar os objetivos pretendidos. É nesta busca de envolvimento mais criativa e elaborada que desenvolvemos um estudante pró-ativo. Mas para isso, se faz necessário não só uma mudança do professor, mais também dos estudantes e da própria instituição a qual tem o dever de proporcionar mecanismos para tal obtenção.

Em uma era informatizada, é importante criar habilidade de ensino na qual só o conteúdo não é o mais importante, pois é dever do educador buscar e levar aos estudantes um ensino mais significativo, pois para Bates (2015) a educação como um todo deve se utilizar de recursos, metodologias e tecnologias digitais, que sejam cada vez mais explícitas e significativas.

Segundo Horn e Starker (2015) todas as inovações educacionais devem afetar à educação formal, em todos os níveis e formas de organização, trazendo configurações híbridas dinâmicas e integradoras. Para que se tenha sucesso em uma educação inovadora a escola e os professores devem buscar um ambiente acolhedor, onde o ensino-aprendizagem seja aplicada de forma ampla, no qual o estudante ao entrar, encontre não só professores competentes mais também gestores com disposição para o ajudar a ganhar engajamento nas atividades que serão submetidos a participar.

Cabe as instituições de ensino e aos professores também, buscarem meios de integrar as áreas do conhecimento as várias situações e contextos do dia a dia, de forma competente e ampla, buscando levar o estudante a uma visão humanista e sustentável.

Aos estudantes, é licito que desenvolvam caminhos de aprendizagem segundo os seus estilos, expectativas e ritmos, buscando um currículo que mais lhe seja pertinente tendo como orientador o professor, o qual é responsável por esse aprendizado, seja por processo individual ou coletivo. Onde o aprendizado significativo se dá também pela interação estudantes X estudantes. Se faz necessário também, fazer com que o sujeito aprenda com outro, e dessa forma não deixando que o professor seja responsável por toda tarefa de ensinar.

Podemos dizer que nesse processo temos a parte da qual o professor não só faz o trabalho individual, mas também integra suas atividades com outras e a instituição de ensino tem a responsabilidade de planejar de forma mais ampla um currículo baseado em problemas, competências e habilidades, tudo isso junto aos currículos, criando uma mistura híbrida de conteúdos e competências, de técnica e inversões do antes e do depois.

É neste ensino híbrido, a qual parte da ideia de que os estudantes não aprendem da mesma forma, levando o professor a entender que o aprender de cada estudante é diferente, assim o professor percebe que a forma comum que habitualmente ele ensina, não vai atingir todo mundo. Assim, uma forte ferramenta aliada ao professor pode ser os recursos tecnológicos, na qual o ensino começa em sala e dá continuidade na internet. O professor deve procurar o máximo de potencial nas duas formas de ensinar, fazendo com que os estudantes possam buscar mais e o melhor dentro das potencialidades deles.

Na verdade, a educação precisa acabar com a visão errônea de que, a utilização dos recursos tecnológicos e educacionais leva ao mesmo caminho do ensino tradicional, o que na realidade não é verdade, pois os recursos tecnológicos e educacionais não são apenas instrumentos de ensino, e sim ferramentas na construção deste ensino.

Um modelo de construção de conhecimento chamado de construtivismo por Papert (1986), afirma que o estudante aprenderá por ele mesmo o conhecimento específico que necessita, ou seja, o tipo de conhecimento que os estudantes precisam será aquele o qual o estudante obterá maior conhecimento, mas para isso se faz necessário usar bons materiais didáticos, é nesse momento que o Kit LEGO® Mindstorms se mostra como bom recurso material.

2.1 SOCIOINTERACIONISMO

Quando Vygotsky, em sua teoria a respeito do ensino-aprendizagem, mostrou que o indivíduo tem seu desenvolvimento diretamente interferido pelo contexto em que ele está inserido e que nos faz pensar: como pode o professor, que é um mediador, fazer os estudantes em uma época tão tecnológica, serem motivados a ficar em sala de aula? E digo mais, como impulsioná-lo a um desenvolvimento cognitivo que o leve a um futuro profissional?

Este é o objetivo aqui, buscar analisar a importância da utilização da robótica educacional como ferramenta de ensino e suas aplicações em sala de aula. Pois para Almeida (2000) a concepção de desenvolvimento do homem é criada das relações das interações sociais e de seus processos mentais superiores. Dessa forma, associando aos dias atuais, esta concepção é mediada por ferramentas educacionais fornecida pela cultura que ele está submetido.

Para Vygotsky (1987), o aprendizado quando posto de forma organizada, leva o processo de desenvolvimento mental possível, onde o estudante se apropriará dos conhecimentos exteriores a partir de suas interações com o meio. Assim as implicações das teorias sócio interacionais de Vygotsky, nos mostra quanto é importante novos métodos para impulsionar o desenvolvimento do estudante em sala de aula.

É da relação entre, o professor, a tecnologia e o estudante que surge o desenvolvimento de habilidades a qual coloca o estudante como sujeito ativo do

processo. Pois a cada compartilhamento de informações e em cada construção, o estudante é levado a um desenvolvimento potencial de sua interatividade, trazendo para o cotidiano as ideias virtuais.

Todos esses avanços vêm ao encontro dos objetivos de aprendizagem aberta e permitem o desenvolvimento de ações educacionais a partir de concepções mais “construtivistas” do processo de aprendizagem de sujeito adultos e autônomos. (BELLONI, 2009, pg. 76)

A teoria sociointeracionista de Vygotsky, propõe aos professores que eles devem se adequar ao processo de ensino-aprendizagem e as necessidades do meio (contexto social) a qual o estudante está inserido, no nosso caso, o contexto de interação nas produções científicas e suas inovações tecnológicas.

São dessas tecnologias que surgem os instrumentos responsáveis pelas transmissões de informações, a qual dá possibilidade de que os estudantes realizem de forma eficaz o seu conhecimento.

Destes métodos tecnológicos, a robótica educacional se mostra como um ótimo recurso. Pois em uma época, nas quais as tecnologias são cada vez mais expostas, devemos nos apropriar de métodos de ensino que desenvolva no estudante, percepções tecnológicas e científicas que os possibilite a ter uma interação.

2.2 ROBÓTICA, UM RECURSO TECNOLÓGICO E EDUCACIONAL

Não é tão difícil assim imaginar que a robótica em geral, e não em particular, vem ajudando a resolver certas complexidades dos assuntos científicos de maneira mais divertida, fazendo com que certos conceitos abstratos sejam ilustrados de forma mais concreta.

Vivendo em um mundo o qual depende a cada dia mais de energia, a robótica vem permitindo não só ensino, mais também novas adequações sociais e mostrando-se como novos caminhos para diferentes profissões.

Criatividade, trabalho colaborativo, raciocínio lógico são algumas das contribuições que a robótica educacional pode oferecer. Buscando e facilitando a aplicação dos conteúdos de física, matemática entre outras áreas das ciências, sendo uma facilitadora divertida para que os estudantes aprendam de forma prática.

Para D'abreu e Garcia (2012), quando falamos sobre o ensino-aprendizagem, a robótica educacional é o mecanismo que favorece o processo cognitivo dos estudantes por meio de concepção, construção, automação, preparação e controle mecânico, sendo que nessas etapas ocorrem a construção de conhecimento.

ZILLI (2004, pg. 40) pontua os principais pontos da robótica educacional como:

- Favorecimento à interdisciplinaridade, promovendo a integração de conceitos de diversas áreas do conhecimento/currículo escolar;
- A permissão para construir e testar em um equipamento físico o que foi aprendido em aulas teóricas;
- Transformar a aprendizagem em algo positivo, proporcionando acessibilidade aos princípios de Ciência e Tecnologia;
- Estimulo à execução de um trabalho organizado;
- Preparação do estudante para o trabalho em grupo;
- Proporcionar o desenvolvimento da capacidade de comunicação e arguição;
- Estimula a criatividade;
- Desenvolver a autossuficiência na busca e obtenção do conhecimento;
- Gerar habilidades em que o estudante pode investigar e resolver problemas concretos.

É na busca dessas competências que nossa abordagem será com o kit LEGO® Mindstorms.

3 A HISTÓRIA POR TRÁS DOS ROBÔS LEGO® MINDSTORMS

Foi assistindo a uma entrevista de TV com o professor Seymour Papert, do MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), no qual ele demonstrava que era possível que crianças teriam condições de utilizar no seu aprendizado linguagem de programação (tartaruga controlada em LOGO), em que ele aliava a teoria do construtivismo com a educação tecnológica. Aproximadamente 30 anos, para ser mais específico no outono de 1984, na Dinamarca, o então CEO da LEGO®, Kirk Kristiansen, criou a divisão de educação especial junto com o *MIT Media Lab* (LEGO® e Logo). Kristiansen percebia assim as vastas possibilidades a qual a LEGO® poderia oferecer as crianças a capacidade de construir, controlar e programar suas próprias criações.

Figura 1 – Seymour Papert, 1967, e a Tartaruga Logo.



Fonte: (Computer History Museum, 2019)

Desta parceria surgiu a ideia de que era possível fazer as crianças usarem a programação logo para comandar os tijolos LEGO®, em projetos conectados a um computador.

Foi com o surgimento dos computadores pessoais, que o LEGO®/Logo mudou a programação para um mundo mais físico, onde as crianças não usam as máquinas pré-fabricadas e sim elas mesmas projetam suas próprias máquinas.

A LEGO®/Logo traz a tartaruga de Papert de volta, mais com diferença bem significativa, pois o usuário não recebe mais a máquina pronta, ele agora construirá sua própria máquina antes mesmo de programá-la. Com isso, as crianças não estão

mais presas a uma tartaruga, ela pode criar variedades de máquinas diferentes, seja por meio de design estrutural, design mecânico ou design de software, sendo vista como um Kit de construção multimídia, permitindo assim ao usuário a criar mídias diferentes.

Para alcançar tal objetivo, a primeira coisa a se pensar foi, de criar peça LEGO® que servisse como computador. Esta peça seria um tijolo totalmente programável e que fosse barato, pequeno e leve, pois, tinha que ser carregado e ainda mais, tinha que ser um LEGO®.

3.1 MINDSTORMS E SUAS GERAÇÕES

No final da década de 80 a LEGO® desenvolve a conhecida primeira geração de *Brick* Programável, que devido ao seu microprocessador foi chamado de 6502 *Programmable Brick*, ele possuía um próprio sistema de Intérprete Logo, no qual não precisava está ligado a um computador *desktop*. Estes tijolos programáveis foram criados com intuito de ligar as ideias computacionais ao mundo real de maneira profunda e ampla, na qual fosse capaz de agir ao ambiente e sentir a reação do mesmo, ampliando assim a variedade de atividade que poderia ser criada, com várias modalidades de entrada (luz, som, temperatura).

Em 1995, a LEGO® cria o Programável *Brick*, era menor que o antecessor, e mais portátil, porém infelizmente não muito barato para produzir em grande quantidade, dessa forma poucas pessoas tiveram acesso.

No ano de 1996, foi desenvolvido um novo produto chamado *Red Programmable Brick*, este produto já foi criado com uma proposta bem diferente das últimas versões, pois devia atender as necessidades em sala de aula, dessa forma foi produzido um tijolo programável mais robusto e econômico, mas que mantivesse as características da anterior (Figura 3).

No final da década de 90, a LEGO® Mindstorms chega ao mercado, essa nova versão vem com propostas bem específicas para área da Educação Tecnológica. O kit *Mindstorms RCX (Robotic Command e Xplorers)*, surgia com uma bateria de 9 V e com sensores da versão anterior acompanhado com novos sensores, o de toque e o óptico (Figura 4). O RCX foi criado para ser programado com *upload* de programa na qual usava um infravermelho dedicado, dessa forma, quando o usuário carrega esse programa, ele não precisa mais do computador. Esta versão vem com um LCD

integrado, podendo informa assim quais programas estão em execução, *status* da porta, nível da bateria entre outras informações.

Figura 2 – Tijolo programável *Red Programmable Brick*, desenvolvido.



Fonte: (Tech Insider, 2019)

Figura 3 – Tijolo programável *Mindstorms RCX*, primeira geração.



Fonte: (SwiftOnSecurity, 2019)

No final de junho de 2006, a LEGO®, lança o *Mindstorms NXT*, ele vem substituir a versão anterior. Com essa nova versão o kit vem com um conjunto base para educação (9797), vindo também acompanhado de um *software* de programação NXT-G, com opcional do *LabVIEW* for LEGO® Mindstorms.

O grande potencial desse novo Kit, é o computador em forma de tijolo chamado de *NXT Intelligent Brick*, no qual pode receber 4 sensores e controlar 3 motores. Com um LCD monocromático, no qual quatro botões podem ser utilizados para navegar em

sua interface, neste tijolo também vem o alto falante no qual pode reproduzir arquivos de som. Para seu funcionamento, pode ser usada 6 pilhas de 1,5 V ou por uma bateria de lítio recarregável.

O kit de sensores do LEGO® Mindstorms NXT, é composto por:

- 3 servos motores, o qual detecta as rotações com um grande grau de precisão;
- 1 sensor de toque, que permite habilitar o robô a responder aos obstáculos no ambiente;
- 1 sensor de luz, que habilita o robô a responder as variações dos níveis de luz e cor;
- 1 sensor de som, o qual habilita o robô a responder aos níveis de som;
- 1 sensor ultrassônico, que permite o robô a medir a distância até um objeto, dessa forma comandando seu movimento.

Em agosto de 2009, a LEGO® lança o LEGO® Mindstorms NXT 2.0, que é o kit utilizado nesse estudo, o Kit (8547), não vem com grandes mudanças. Este conjunto contém as mesmas 619 peças, mas inclui um novo sensor que pode detectar cores.

Figura 4 – Kit LEGO® Mindstorms NXT 2.0.



Fonte: (ResearchGate, 2019)

Em agosto de 2013 a LEGO®, lança a terceira geração, o LEGO® Mindstorms EV3, as maiores mudanças dessa geração para geração anterior, é o uso de um processador mais robusto no tijolo programável.

3.2 MODELO DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA LEGO® E ZOOM

A educação atual nos coloca em uma posição da qual não tem como não unir a tecnologia e seus conteúdos tecnológicos, aos assuntos didáticos de sala de aula. É desta proposta que a tecnologia da LEGO® e ZOOM *education* busca ligar o ensino das ciências as questões diárias inovadoras, a qual a cada dia está mais focada em avanços tecnológicos.

O modelo LEGO® de educação, busca fazer com que o estudante desenvolva seu potencial criativo, fazendo com que ele consiga construir competências e habilidades que as faça alcançar o desenvolvimento educacional pleno e integral.

Para isso, o modelo LEGO® de educação, se fundamenta nos quatro pilares de Jacques Delors, no qual o estudante deve, **APRENDER A CONHECER**, ou seja, vai proporcionar condição para que o estudante apresente interesse e consequentemente abra caminho para o conhecimento, desenvolvendo nele a capacidade de raciocínio lógico e de habilidades intelectuais, como condição de autoavaliação, criação, resolução de questões proposta entre outras. **APRENDEDER A FAZER**, neste caso, busca encorajar o estudante a executar as tarefas e desafios, retirando dele aquele terrível medo de errar, e mostrando que é errando que as vezes se consegue o acerto, dessa forma ensinando a serem capazes de gerenciar seus próprios projetos, saber trabalhar em equipe, enfim, saber lidar com as mais diferentes situações do desafio proposto pela vida; **APRENDER A CONVIVER**, com os desafios propostos, vem a necessidade de fazer com que os estudantes se relacione entre si, de forma respeitosa e humana. Neste contexto é desmistificado aquela ideia que muitas vezes permeia o estudante, de que o projeto proposto é uma competição, mas sim promovendo uma cooperação nas mais diversas diferenças e semelhanças que ligam os estudantes, buscando assim, desenvolver neles a capacidade de imparcialidade, integração, diálogo, liderança emergencial entre outras; **APRENDER A SER**, busca com esse modelo fazer com que o estudante desenvolva responsabilidade pessoal e espiritual, preparando o estudante para convivência em qualquer tipo de sociedade nos dias atuais e futuras.

Conferir a todos os seres humanos a liberdade de pensamento, discernimento, sentimentos e imaginação de que necessitam para desenvolver seus talentos e permanecer, tanto quanto possível, donos do próprio destino. (Delors et al., 1996)

Nesse contexto, o modelo LEGO® de educação, busca trabalhar as qualidades pessoais, no qual o estudante aprende a conviver, e na busca de habilidades intelectuais, onde o estudante aprenda a pensar, para que este modelo tenha maior sucesso, deve ser trabalhada por meio de uma **Aprendizagem Mediada**, permitindo assim, uma ligação entre o aprender concreto e o aprender abstrato, ou seja, o estudante se utiliza do conhecimento tecnológico associado aos estudos das ciências, como, Física, Matemática entre outras, levando a pensar e raciocinar com suas habilidades intelectuais, que vão desde resolver problemas propostos até o planejar atividades.

Com essa proposta, o modelo LEGO® de educação, se utiliza de uma maleta tecnológica, que permitem aos estudantes, obterem conhecimento a partir da construção de um raciocínio tridimensional e quadrimensional, assim como, desenvolverem suas habilidades motoras.

Ligado a isto, a LEGO® unificou seu modelo à *ZOOM education*, criando a LEGO® ZOOM, com intuito de dar condições para que o professor possa se nortear nessa empreitada. No Brasil, por exemplo, todos os conteúdos dos fascículos (Fascículos foram criadas pela LEGO® ZOOM Brasil) estão de acordo com os Conteúdos Transversais dos Parâmetros Curriculares Nacional (PCNs).

A metodologia LEGO® ZOOM, busca por meio de contextualização, estabelecer uma conexão entre os novos conhecimentos e os conhecimentos prévios dos estudantes, permitindo que eles entrem em contato com os conceitos tecnológicos. Após estes passos os estudantes buscam construir montagem relacionada aos temas discutidos, depois da construção o estudante é levado a analisar sua montagem, fazendo explicações e resolvendo qualquer erro que venha a ocorrer, neste momento se faz muito importante a mediação do professor, pois ela levará o estudante a um desenvolvimento do raciocínio tecnológico. Passados estes três passos o estudante é levado a responder situações problemas proposto pelos fascículos, levando o discente a se aprofundar nos conteúdos propostos em sua montagem.

Durante toda essa metodologia os estudantes devem estar trabalhando em equipe, no qual de forma de rodízio eles devem fazer as seguintes funções:

- **Organizador:** que é o estudante responsável pela maleta da LEGO®, sendo esse responsável pela distribuição e ordem do material durante toda a montagem, assim como a elaboração do relatório da maleta.

- **Construtor:** é o estudante responsável pela montagem do produto, sendo também o responsável pela organização e participação dos outros membros da equipe.
- **Programador:** é o estudante responsável pela execução da programação, assim como responsável por fornecer informações do relatório ao organizador.
- **Líder:** é o estudante responsável pela coordenação no desenvolver do projeto, assim como responsável pela apresentação do projeto.

Esta forma de abordagem seguida pela LEGO®ZOOM está alicerçada nos Três Momentos Pedagógicos de Angotti e Delizoicov, no qual o princípio da aprendizagem se dá por um processo de enfrentamento de problema, em busca da solução, trazendo um confronto entre o conhecimento prévio do estudante e os novos conhecimentos trazido pelo professor, levando o estudante a obter sentido e aprofundamento no que lhe foi ensinado.

4 VOLANTE INERCIAL

Volantes inerciais são dispositivos de armazenamento de energia. Estes dispositivos absorvem energia de um corpo acelerado armazenando-o para um uso posterior. Estes dispositivos são muito usados em máquinas industriais e motores, como por exemplo: compressores, esmagadores, motor de combustão entre outros.

Um bom volante é constituído basicamente de rodas pesadas, a qual requer muita força para girar e consequentemente muita força para o fazer parar. Assim quando um volante é girado com bastante velocidade ele obtém muito momento angular, ou seja, ele pode armazenar uma grande quantidade de **energia cinética**.

Existem vários tipos de volantes, diferenciados por formas e tamanhos, os volantes atuais são muito diferentes dos volantes antigos e até mesmo muito diferente dos volantes da Revolução industrial (1760), que foi marco na história dos volantes.

4.1 HISTÓRIA DOS VOLANTES INERCIAIS

Um princípio de volante já vem de muito tempo atrás, eram encontrados na roda de oleiro, uma das mais antigas rodas existentes. A roda de oleiro depende de sua plataforma giratória ser pesada e sólida para seu funcionamento, pois, com isso, ela obtém um momento de inércia, que o faz continuar girando sozinha, enquanto o artesão molda a argila. Outro mecanismo a usar o princípio de volante inercial, são as rodas de água, pois elas usam um princípio simples de volante para se manter girando por muito tempo com uma velocidade constante. Figura 6, mostra uma roda de água que é girada pela água que corre por baixo dela.

Figura 5 – Várias pás de madeira que são empurradas pela correnteza.



Fonte: (Lagoartificial.com)

Mas foi durante a revolução industrial que surgiram os volantes inercial mais conhecidos, pois durante o século XVIII e XIX, as fábricas se utilizaram de enormes volantes em suas máquinas e motores. Com o surgimento da eletricidade e de sua ampla disponibilidade, as máquinas que se utilizavam de volante foram sendo substituídas, com isso a tecnologia do volante foi sendo esquecida durante os séculos seguintes.

Mas, nos últimos anos, o interesse pelos volantes vem aumentando novamente, isto porque com a escassez dos combustíveis fósseis que vem elevando o valor desses combustíveis e ainda com a preocupação ambiental, os volantes ressurgem e se apresentam como ótimas ferramentas neste sentido.

Hoje, ônibus, trens e carros modernos estão fazendo uso generalizado de freios volantes regenerativo, que proporciona economia de energia. Para se ter uma ideia, até os modernos carros de F1, vem se utilizando dos volantes inerciais. Estes carros se utilizam de uma tecnologia chamada *KERS* (Sistema de Recuperação de Energia Cinética), que contrário dos casos citados anteriormente, se aproveitam do volante para gerar mais aumento de potência do que economizar energia.

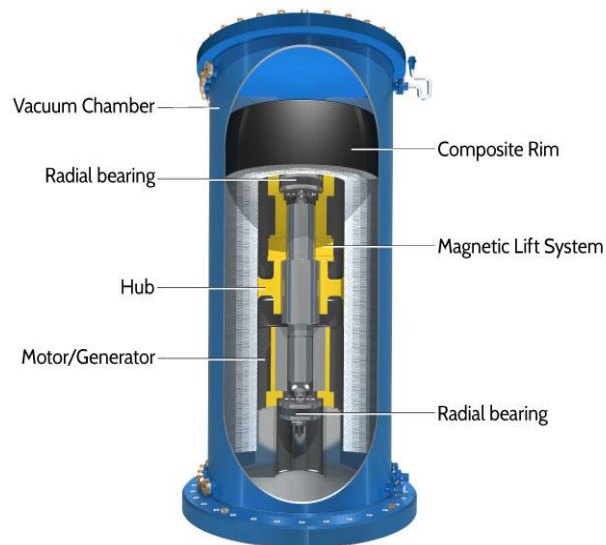
4.2 VOLANTES INERCIAIS COMO ARMAZENAMENTO DE ENERGIA CINÉTICA

Um disco ou roda acoplado a sistemas rotacionais como motores ou geradores de força, torque ou energia tem diferentes funções, uma delas é manter o movimento rotacional “estável”, ou seja, evitar “saltos” na velocidade angular do sistema que provoquem vibrações e golpes que desgastem o sistema. Um exemplo disso é o Volante de motor de combustão interna utilizado na maioria dos veículos e barcos nos tempos modernos. O Volante de motor transmite Torque do virabrequim para a caixa de velocidades e mantém o equilíbrio do sistema diminuindo vibrações provocadas pelas explosões dentro dos cilindros. Outras das funcionalidades do volante se devem a ele ser um reservatório de Energia Cinética Rotacional, por isso em outras situações o Volante é utilizado justamente para este fim: armazenamento de energia.

Dependendo do dispositivo, o volante é utilizado em forma de “bateria” em que a energia é armazenada por um tempo longo e com mínimo de perdas.

Por exemplo temos duas situações, os “*Beacon’s Flywheel*” (Figura 7), “*Velkess*” (Figura 8).

Figura 6 – Volante de fibra de carbono (carbono fiber flywheels).



Fonte: (beaconpower.com)

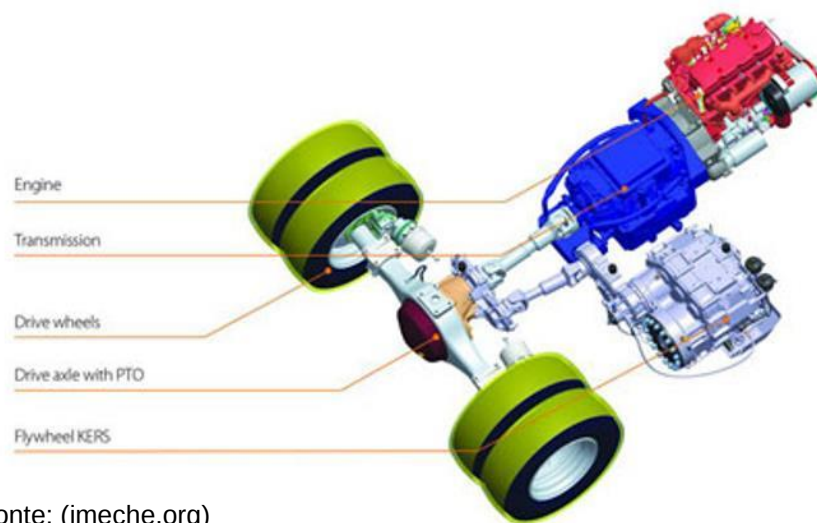
Figura 7 – Volante Velkess.



Fonte: (Kickstarter.com)

Mas o volante pode ser entendido também como um “Capacitor”, em que a energia é armazenada momentaneamente para o momento em que seja necessária uma transmissão de energia em tempo curto, ou seja “potência”. Este é o caso do sistema KERS (Figura 9) utilizado em veículos. Com este sistema eletromecânico, a energia cinética translacional do veículo é armazenada por um intervalo de tempo em forma de energia cinética rotacional do volante até a próxima partida, recuperando assim a energia química do combustível que se perderia a cada diminuição de velocidade parcial ou total do veículo seja numa cidade ou na estrada.

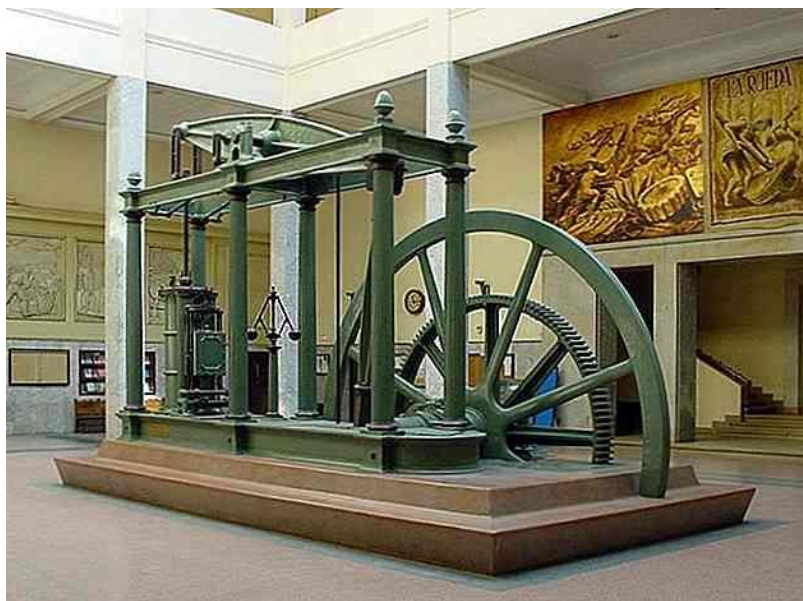
Figura 8 – Sistema KERS, utilizado em ônibus.



Fonte: (imeche.org)

A Máquina de vapor de James watts já usavam Volantes Inerciais (Figura 10).

Figura 9 – Motor a vapor do tipo Watt.



Fonte: (pt.thpanorama.com)

O funcionamento do Volante baseia-se na sua “Capacidade Inercial”, por isso os volantes são dispositivos com uma massa considerável e distribuída numa geometria otimizada para seus fins, pois a capacidade inercial de um dispositivo rotacional, seja um disco, anel, cilindro ou roda, é determinada pelo Momento de Inércia, que depende da massa e da geometria do objeto. Embora todos estes sistemas são altamente tecnológicos, modernos e complexos, podemos dizer que os

conceitos básicos em que se baseiam o seu funcionamento são estudados nos cursos de Física Geral.

Talvez o conceito mais importante a ser compreendido pelos estudantes é o de Momento de Inércia, o qual é definido a partir da energia cinética de uma partícula em movimento. Na medida em que vamos aprofundando no estudo destes sistemas complexos que utilizam volantes inerciais então vamos sentindo a necessidade de migrar por conceitos como força de atrito, forças centrífugas inerciais, precessão giroscópica e até sistemas magnéticos para diminuição do atrito nos eixos dos volantes.

A energia cinética de uma partícula de massa m em movimento com velocidade v é definida pela equação:

$$E = \frac{1}{2}mv^2 \quad (1)$$

Mas se a partícula realiza um movimento rotacional em relação a um ponto fixo então é importante definir a energia em função da velocidade angular w :

$$E = \frac{1}{2}mw^2r^2 \quad (2)$$

Assim a energia cinética é definida a partir de uma grandeza relacionada às características inerciais da partícula que depende não apenas da massa, mas também da distância da partícula até o centro de rotação, ou seja, da geometria. Esta grandeza é o momento de inércia I :

$$E = \frac{1}{2}Iw^2; I = mr^2 \quad (3)$$

A energia cinética de um corpo em rotação com velocidade angular w em relação a um eixo fixo é a soma da energia cinética de todas as partículas do corpo em relação ao eixo de rotação:

$$E = \frac{1}{2} \sum_i I_i w^2 = \frac{1}{2} I w^2 \quad (4)$$

Onde fica definido o momento de inércia do corpo da forma:

$$I = \sum_i m_i r_i^2 \quad (5)$$

Na prática, para calcular o momento de inércia de corpos com a massa distribuída de forma contínua como é o caso de discos, cilindros ou esferas esta equação se resolve usando a cálculo diferencial:

$$I = \int dm r^2 \quad (6)$$

Dependendo da geometria do corpo, esta integral pode ser linear, de superfície ou de volume.

Por exemplo, na situação mais simples, o momento de inércia de um anel fino de raio r , seção transversal constante de Área a , material homogêneo de densidade ρ e massa m distribuída uniformemente se calcula da seguinte forma:

$$dm = \rho dV = \rho a dS = \rho a r d\theta \quad (7)$$

$$I = \int dm r^2 = \int r^2 \rho a r d\theta = \quad (8)$$

$$I = r^2 \rho a \int_0^{2\pi} r d\theta = r^2 \rho a 2\pi r = \rho V r^2 = m r^2 \quad (9)$$

Compreendemos então que no caso do Anel, a forma da seção transversal não afeta o momento de inércia, ademais, é equivalente ao momento de inércia de uma partícula em movimento circular.

Um disco é formado por um número grande de anéis de seção transversal retangular onde a área da seção transversal é $a = b dr$ onde b é a espessura do disco e dr é o diferencial do raio, com isto a massa do anel pode ser escrita da forma:

$$dm = \rho b 2\pi r dr \quad (10)$$

O momento de inércia de um disco de massa m e raio R é calculado da forma:

$$I = \rho b 2\pi \int_0^R r^3 dr = \rho b 2\pi \frac{R^4}{4} = \frac{\rho V R^2}{2} = \frac{m R^2}{2} \quad (11)$$

Observe que aqui também o momento de inércia não depende da espessura do disco, pelo qual esta expressão vale também para cilindros. Ou seja, dois cilindros de massas e raios iguais, mas de materiais diferentes tem o mesmo momento de inércia.

Se o eixo de rotação está deslocado uma distância d do eixo que passa pelo centro de massa do disco ou cilindro então a esta expressão deve ser incrementado o valor $m d^2$, que representa o momento de inércia do centro de massa do disco, cilindro ou roda.

Alguns volantes inerciais têm forma de cilindros ocos, a roda por exemplo. Então Finalmente vamos ver como se calcula o momento de inércia de um cilindro

oco, que logicamente é equivalente a um anel oco. Supondo que o anel tenha um raio interior R_i e um raio exterior R_e então a integral deve ser calculada neste intervalo:

$$I = \rho b 2\pi \int_{R_i}^{R_e} r^3 dr = \rho b 2\pi \frac{(R_e^4 - R_i^4)}{4} = \rho b \pi \frac{(R_e^2 - R_i^2)(R_e^2 + R_i^2)}{2}$$

$$= \frac{\rho V(R_e^2 + R_i^2)}{2} = \frac{m(R_e^2 + R_i^2)}{2} \quad (12)$$

Aqui utilizamos a expressão:

$$V = b\pi(R_e^2 - R_i^2) \quad (13)$$

Pelas equações fica evidente que enquanto maior for a massa, velocidade angular ou diâmetro dos volantes, maior será a energia cinética armazenada. Logicamente o efeito velocidade angular e do diâmetro são quadráticos, mas existem limitantes tecnológicas para a dimensão e para a velocidade. Mas tem um agravante em aumentar bastante a velocidade de rotação do volante. Então, se consideramos as forças centrífugas inerciais que afetam objetos em rotação, a energia que uma roda pode armazenar é limitada pela resistência do material que compõe, desta forma se ela for girada com suficiente velocidade, chegaremos a um ponto em que a força é muito alta ao ponto de quebrar em fragmentos toda a roda.

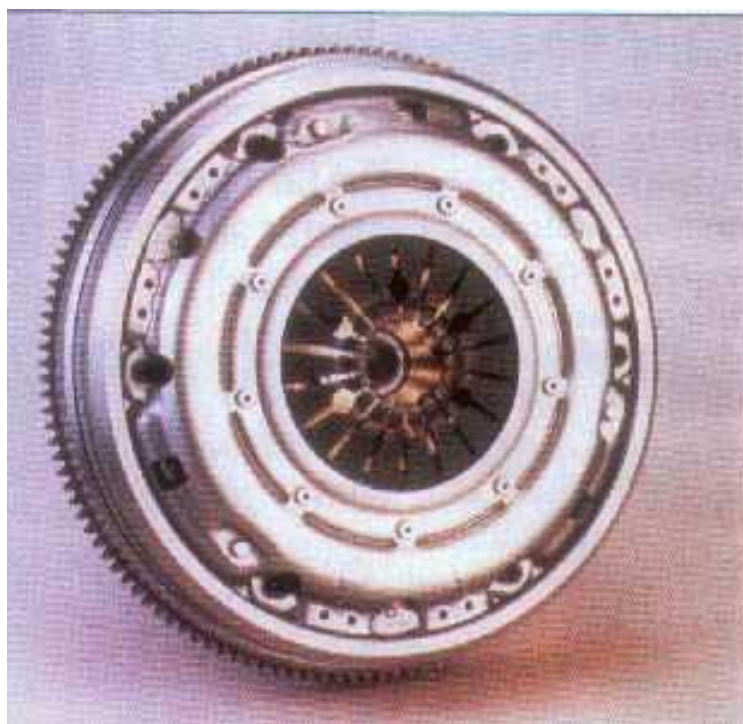
Projetistas modernos sabendo disso buscam matérias leves e resistentes, podendo assim, fazer os volantes girarem rápidos sem se partir em fragmentos. Alguns volantes modernos são produzidos por materiais de liga leve, cerâmicos de fibras de carbonos entre outros materiais resistentes.

4.2.1 Giroscópio

Um fenômeno físico importante a ser levado em consideração em sistemas rotacionais é o Efeito Giroscópio. Este efeito é puramente inercial e tem várias aplicações na tecnologia, por exemplo, é utilizado para ajustar o giro de satélites artificiais.

Estes volantes são feitos de materiais pesados (fibra de carbono especial, aço entre outros) cuja função é armazenar e controlar certa quantidade de movimento de rotação (Figura 11).

Figura 10 – Exemplo de um volante.



Fonte: (ipv.pt)

O efeito giroscópico é um efeito inercial em que uma roda ou disco em rotação se manifesta como uma reação a mudar a direção do eixo de rotação, assim como para mudar o momento de um corpo em movimento retilíneo é necessário realizar uma força, para mudar o momento angular de um sistema rotacional é necessário realizar um torque. Lembrando que as velocidades são vetores, então a velocidade de um objeto pode ser alterada mudando seu valor modular ou sua direção. Este efeito pode ser compensado com pares de volantes de velocidades angulares de sentidos opostos.

Por causa dos grande giros que esse tipo de volante vai obter dentro do seu contentor, ele gerar o efeito giroscópico, trazendo instabilidade ao automóvel que o contém. Para resolver este problema os automóveis devem possuir dois volantes (como já citado acima), de tal maneira que os mesmos girem em sentidos contrários para que possa ser anulado esse efeito.

Muitos investimentos vêm sendo aplicado em busca de melhores volantes, um exemplo disso são os carros híbridos, que já vem buscando maneiras de substituir as baterias químicas por volantes, a fim de criar momento de aumento de potência no arranque dos motores a combustão fóssil, reduzindo gasto desses combustíveis por quilômetro.

4.2.2 Atrito

O giro do volante é comprometido pelo problema do atrito, pois o giro acaba sendo submetido a ações de forças que são contrária ao movimento. Para isso, seria ideal utiliza volantes que gire livremente na sua região, onde deve haver vácuo e não ter contato com outras peças.

Uma das formas de conseguir este movimento livre, é colocar o volante em compartimento com vácuo, onde esse rotor é levitado por meio magnético, sendo uma aliada para isso a chumaceiras magnética, fazendo com que não ocorra contato entre as peças. Mas surge um problema quando se trata dos volantes nos automóveis, pois eles estarão sujeitos a movimentos vibratórios, geradas pelas estradas irregulares, dessa forma, fazendo ocorrer contato da roda em levitação magnéticas, com as paredes fixas, gerando assim atritos e consequentemente perda de energia.

Para resolver isso, novos volantes automotivos vêm sendo criados, buscando isolar o volante por meio de amortecedores e sistema elastomérico.

4.3 PONTOS POSITIVOS E NEGATIVOS DOS VOLANTES INERCIAIS

Podemos dizer que os volantes apresentam grandes vantagens quando comparada a outras ferramentas de armazenamento de energia, pois:

- São tecnologia relativamente simples;
- Tem um custo de produção e manutenção bastante barata;
- Tem duração bastante longa (existem volantes inerciais funcionando desde a época da revolução industrial);
- Trabalha em quase todos os tipos de climas;
- Tem um rápido processo de aceleração quando comparado aos seus concorrentes, como por exemplo, as baterias que podem passar muitas horas para carregar;
- Tem uma ótima eficiência;
- São energia limpa.

Existem também alguns pontos negativos dos volantes, entre eles:

- O peso é um dos pontos mais negativos do volante inercial, por exemplo, o volante *KERS*, acrescenta ao carro cerca de 25 kg, o que é um peso significativo,

se tratando de carro de alta performance. Por outro lado, a sua capacidade para armazenar energia depende desta massa;

- Outro aspecto está relacionado ao uso dos volantes em carros de F1, pois o movimento de giro das rodas do volante nestes carros, faz com que esses carros passem a agir como um giroscópio, resistindo as alterações de direções pelos pilotos;

- Outro ponto negativo está relacionado as tensões e estresse que os volantes são submetidos quando estão girando a altas velocidades, podendo fazer com que esses volantes quebrem e até mesmo explodam.

5 METODOLOGIA

Veremos agora, a metodologia aplicada no produto educacional desta dissertação, descrevendo o desenvolvimento do projeto educacional dentro do ensino da Física.

Sendo o assunto deste desenvolvimento o **volante inercial**, a pesquisa foi feita a partir de uma situação-problema, na qual despertou interesse dos estudantes, levando-os a uma busca de conhecimento para o desenvolvimento do mesmo.

Com uma proposta de exploração descritiva, foram levados a realizar este trabalho a partir de conhecimentos já prévio, associado a conceitos novos implementados em salas.

5.1 LOCAL, PÚBLICO E DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO EDUCACIONAL

As boas condições para trabalho, se faz essencial no bom desenvolvimento de um projeto, mesmo quando não se tem todos os recursos necessários, uma boa organização facilita muito o bom andamento do projeto, ligado a isso, vem também o local da execução do projeto, que deve ser bem conhecido pelos seus responsáveis, e claro, temos o público, o qual deve ter uma noção clara do que será desenvolvido por eles, para isso se deve propor logicamente uma boa pesquisa para ser trabalhada, aquela pesquisa que estimule a curiosidade e o interesse por resolução ou entendimento do problema.

5.1.1 Instituição utilizada na pesquisa

Este produto foi desenvolvido na EREM – Presidente Tancredo Neves (EREM-PTN), cidade de Belém de Maria – PE, uma escola de Ensino Médio pertencente ao Estado.

A EREM – Presidente Tancredo Neves é uma escola de dimensões pequenas, e que se encontra em uma zona rural, apesar de estar bem próxima a zona urbana. Possuem instalações tais como: biblioteca, secretaria, sala de professores, refeitório, sete salas de aula, e uma pequena sala de informática que dispõem de 10 computadores e internet.

Como a aprendizagem é um processo contínuo, onde não só basta um bom projeto e uma metodologia interessante, a escola tem papel fundamental, pois deve dá condições estruturais para que esse processo se desenvolva. Neste quadro, a EREM – Presidente Tancredo Neves, se apresenta muito bem para esse fim. Apesar de não possuir um rico investimento tecnológico, ela oferece estrutura física e humana, para realização deste produto educacional. Pois com salas amplas, os estudantes conseguem desenvolver interação com professores estudantes, fazendo com que eles possam aprender a trabalhar em equipe.

No ano de 2012, a EREM – Presidente Tancredo Neves, foi contemplada com os *Kit's* LEGO® Mindstorms NXT 2.0, com isto, foram incluídos os recursos tecnológicos nos ensinamentos da escola, entre eles, as disciplinas de Física e Matemática, e com as formações continuadas oferecidas pela GRE – MATA SUL, foi possível demonstrar aos professores envolvidos, as vantagens do uso da metodologia inovadora e motivadora da robótica educacional.

Devido a estes fatores, a realização deste produto ocorreu nesta instituição. Tiveram também outros fatores que vão desde a ordem profissional até o apoio total da equipe docente para realização deste produto educacional, que mesmo sem um bom laboratório de informática, foi possível realizar as atividades de robótica nas salas de aula, para isso foram utilizadas as mesas dos estudantes, na qual agrupadas, atendem 5 equipes com quatro estudantes por equipe. A decisão do número de estudantes por equipe está fundamentada na proposta pedagógica da LEGO® Zoom *Education For Life* (como já citado no 3.2).

5.1.2 Sujeitos responsáveis pelo produto educacional

Para o desenvolvimento desse produto, foram selecionados os estudantes de terceiro ano do Ensino Médio do ensino semi-integral no ano de 2019, cuja seleção dessa turma, se deu pela experiência deles com os robôs da Mindstorms, assim como, possuírem conhecimento de várias áreas do ensino da física.

A escolha também se deu pelo reconhecimento de suas personalidades, na qual estes estudantes apresentam uma boa personalização da aprendizagem autônoma, apresentando uma grande flexibilidade em determinar o que pretende escolher e de que maneira aprender dentro do produto desejado.

Mas, para promover essa participação, se faz preciso uma parceria entre professores, gestores e estudantes, no qual foram criados diálogos buscando equilibrar a responsabilidade do professor, junto às contribuições que vieram dos estudantes.

O número de estudantes envolvidos foi de 20 inscritos, entre faixa etária de 16 a 18 anos, sendo utilizada por eles uma carga horária de mais de 300 minutos, equivalente a 6h/a, semanais, desconsiderando os tempos gastos com relatórios e reuniões de grupos.

5.2 DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Tendo em base toda fundamentação teórica, a elaboração desse produto se deu por forma participativa, sendo organizado de modo coletivo as articulações do desenvolvimento teórico.

Para Moreira (2004) a pesquisa deve descrever o desenvolvimento do produto educacional, visando uma melhoria na área específica a qual é aplicada. Dessa forma, a construção desse produto deve refletir uma gama significativa de desenvolvimento processual dentro do ensino da Física.

Para isto foi promovido um produto educacional participativo, aberto para novas abordagens e interpretações. Pois conforme Teixeira:

como a escola visa formar o homem para o modo de vida democrático, toda ela deve procurar, desde o início, mostrar que o indivíduo, em si e por si, é somente necessidade e impotência; que só existe em função dos outros e por causa dos outros; que a sua ação é sempre uma transação com as coisas e as pessoas e que saber é um conjunto de conceitos e operações destinados a atender àquelas necessidades, pela manipulação acertada e adequada das coisas e pela cooperação com os outros no trabalho que, hoje, é sempre de grupo, cada um dependendo de todos e todos dependendo de cada um. (TEIXEIRA, 2006, p. 262)

A construção deste produto educacional se deu pela necessidade de fazer um paralelo da física por trás de volantes inerciais presentes nos carros híbridos, por meio de uma construção de um robô LEGO®. O desenvolvimento da proposta relacionada ocorreu em etapas, a qual discutiremos.

5.2.1 Momento 1: Abordagem sobre carros híbridos e o volante inercial

O primeiro passo para construção do produto educacional, ocorreu com uma matéria da CIMA (Central de Informação Metal Mecânica), a qual falava que a empresa Volvo está lançando um carro híbrido que prevê reduzir em 25% o consumo de combustível.

Nesta matéria, o diretor da Volvo Derek Crabb, revela que os carros híbridos construídos pela Volvo, tem um sistema de volante inercial (*Flywheel kers*), que combinando-se com o seu motor turbo de quatro cilindros, o faz ganhar 80 cavalos de potência, fazendo-o acelerar como um carro de seis cilindros, e ainda por cima reduzindo em 25% o consumo de combustível.

Nestes carros existe um volante inercial no eixo traseiro que acumula a energia cinética que é perdida sempre que o freio é acionado e depois devolve esta energia para acelerar novamente o veículo. Por exemplo, imagine que um ônibus com este sistema se aproxime da parada para deixar ou pegar os passageiros, no momento da frenagem, o motor de combustão interno que aciona as rodas dianteiras se desliga e o volante inercial gira com uma velocidade que pode chegar até 60.000 rpm. Quando o carro começa a se mover novamente, a “inércia” é transferida para as rodas traseiras fazendo-o arrancar e só depois deste arranque é que o motor de combustão volta a ser utilizado novamente.

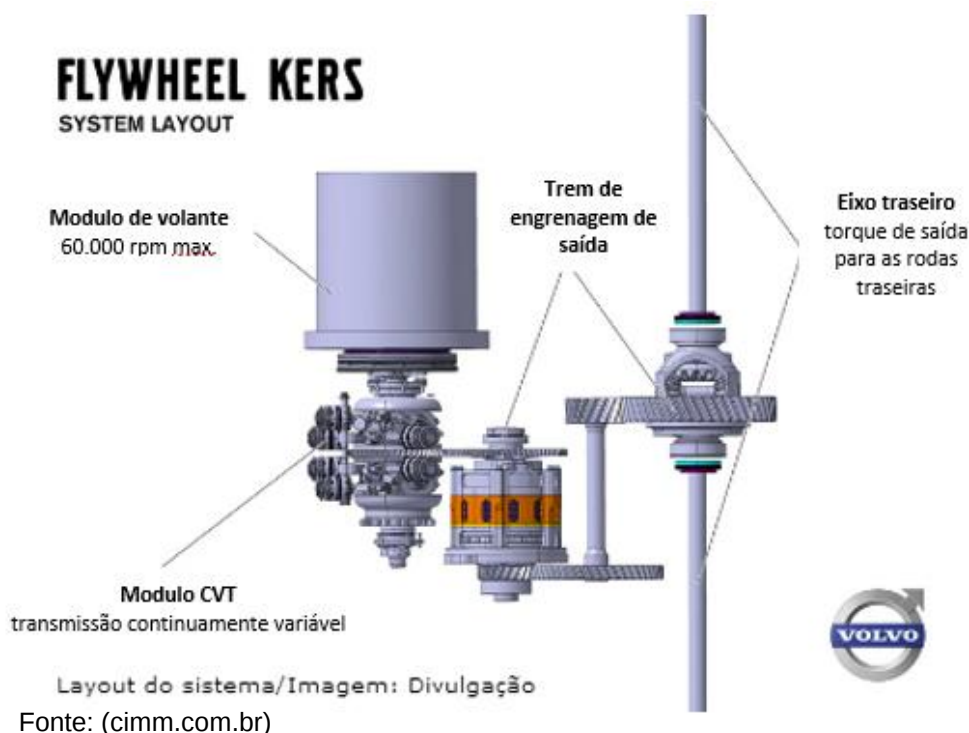
O volante inercial desses carros é feito de fibra de carbono, sendo leve, e com aproximadamente 6 kg e com 20 cm de diâmetro.

Este volante inercial não tem a condição de levar o carro a percorrer distância significativa, mas ele consegue fornecer energia suficiente para que ocorra o arranque do carro sem precisar do motor a combustão, sendo muito bom para uso no trânsito caótico das grandes cidades. A matéria na íntegra pode ser acessada pelo link em nota¹.

O volante inercial desenvolvido para os carros VOLVO, pode ser visto logo abaixo (Figura 12).

¹ Link para acesso a informação sinalizada: Disponível em: https://www.cimm.com.br/portal/noticia/exibir_noticia/10298-volvo-cria-sistema-hibrido-de-volante-inercial-para-carros-de-estrada Acesso em: 10 abr 2019.

Figura 11 – volante inercial, motor VOLVO de quatro cilindros.



Após a leitura e uma breve discussão sobre o assunto, parte desta primeira aula e toda a segunda aula, foram voltadas para o estabelecimento de propostas de conteúdo associado a volante de inércia e o seu armazenamento de energia, para isto, foi utilizado projetor, fazendo-se uma breve revisão (já que este trabalho foi desenvolvido com estudantes de 3º ano) sobre: Energia cinética, velocidade de rotação, momento de inércia. Após o término foi solicitado que os estudantes fizessem pesquisas sobre o tema antes do próximo encontro, no qual seria trabalhada a montagem e a introdução da física, dentro dos volantes inercias criados com LEGO® Mindstorms.

5.2.2 Momento 2: da construção do Volante Inercial com uso do kit LEGO® Mindstorms

Neste momento, ocorreu com a montagem dos grupos, como já se trata de uma turma veterana eles já possuem grupos definidos, desta forma o pesquisador só bastou organizar as bancas das salas em formatos por ele já definido, (Figura 13). Em

seguida os integrantes foram divididos em suas respectivas funções (líder, organizador, construtor e programador).

Fotografia 1 – Organização das bancas, para aulas de robótica.



Fonte: Autoria Própria (2019)

Com as definições das funções em cada grupo, foi utilizado o Datashow, onde foi mostrado o passo a passo da montagem do volante inercial, no qual os estudantes utilizaram os Kit LEGO® Mindstorms *Education base set* 9797, (Ver figura 14). Neste conjunto eles encontraram peças básicas como: Eixos técnicos, conector de fricção, buchas, engrenagens entre outros, ver lista das peças utilizadas no apêndice A.

Figura 12 – Kit LEGO® Mindstorms Education base set 9797.



Fonte: Pinterest.com

Como a quantidade de algumas peças do Kit LEGO® Mindstorms *Education base set* 9797 não foi suficiente para montagem, os grupos se utilizaram dos *kit's LEGO® Mindstorms Education resource set* 9695, (figura 15), neste *kit* possuem peças adicionais, permitindo mais opções na construção do volante inercial.

Figura 13 – Kit LEGO® Mindstorms *Education resource set* 9695.

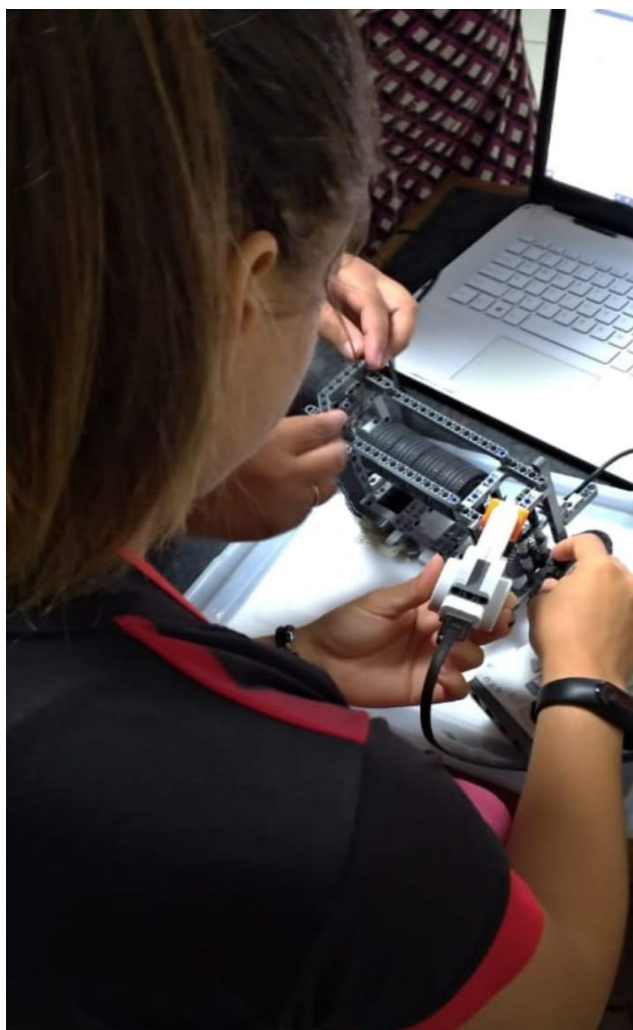


Fonte: Amazon.fr

Para a montagem foi seguido as instruções com auxílio do Datashow, o passo a passo se encontra no apêndice A. Durante a montagem, por ser uma turma com experiência na construção de robôs, surgiram poucas reclamações quanto ao tempo de exposição dos slides, não interferido muito no tempo didático do momento 2.

Com o término da construção, foi solicitado algumas observações com uma programação básica, como fazer o bloco se acelerar armazenando assim um pouco de energia no volante (Figura 16).

Fotografia 2 – Verificando montagem e programação.



Fonte: Autoria Própria (2019)

5.2.2.1 As engrenagens e suas relações com o armazenamento de energia no volante inercial

Com o volante inercial construído, foi possível se fazer algumas observações, dentre estas observações, pode-se pedir que os estudantes girassem o volante, e dessa forma observassem que os pneus internos começam a girar e a armazenar alguma energia nele. A partir dessa observação, pode se questionar se é possível utilizar essa energia em outro momento? Outras discussões também podem ser levantadas, como a que relaciona os acoplamentos das engrenagens as que fazem as rodas internas continuarem rodando, mesmo quando paramos de rodar o volante.

Este assunto sobre engrenagem, rendeu o restante da aula do momento 2, pois com o uso do Datashow, quadro branco e da observação da engrenagem presente no volante, foi feita uma abordagem matemática e física a respeito dela, em que:

- Foi feito um estudo simples com frequência e sua unidade de medidas;
- Foram abordadas as classificações das engrenagens, observando as peças que fazem parte do kit e as que estavam presentes no volante inercial construído;
- Falou-se sobre as nomenclaturas das partes da engrenagem;
- Fez-se uma abordagem simples sobre 2 engrenagens acopladas, em que seus círculos primitivos rolam uma sobre a outra, observando também como se calcular a velocidade no círculo primitivo e a relação entre as velocidades angulares;
- Alertou-se também sobre o perigo da existência de interferência, que aumenta quando se aumenta o número de dentes das rodas.

Com o fim da abordagem sobre engrenagem, foi encerrado o momento 2, mas não se fez necessário desmontar o volante construído, pois no momento 3, será utilizado essa montagem para que seja feita as programações e suas validações a partir de cálculos físicos utilizando o quadro branco.

5.2.3 Momento 3: Compreendendo o volante inercial tendo como ferramenta para estudo o software EV3

O momento 3, corresponde a última parte do estudo com volante inercial criado. Este momento foi dividido em três partes, onde foi feito estudos sobre energia cinética, momento de inércia e velocidade angular, comparando resultados de programação obtidos pelo software EV3 e os resultados obtidos no quadro branco por meio de equações e conceitos matemáticos e físicos.

Abaixo está abordado cada parte que compôs o momento 3.

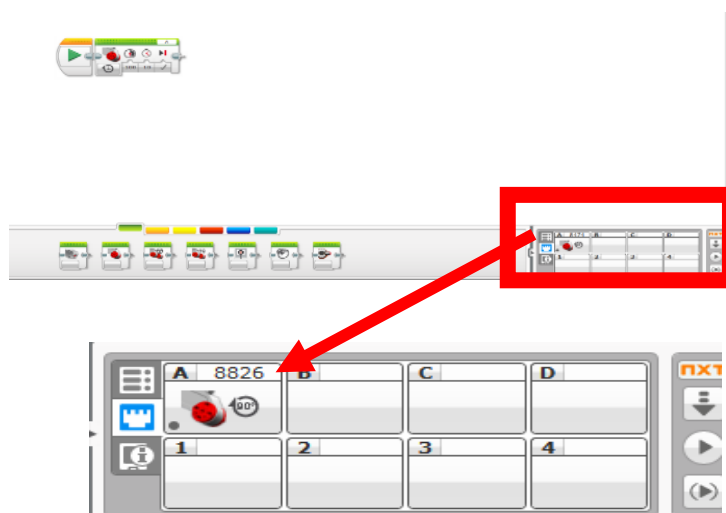
5.2.3.1 Descobrimos a velocidade de rotação

A obtenção da velocidade de rotação ocorreu com o uso do *software* EV3, mesmo sendo o tijolo NXT 2.0, pois é muito mais robusto e compatível com sua versão anterior.

Seguindo a programação 1, presente no apêndice A, é possível obter a velocidade de rotação na potência máxima. Assim como obter o número de graus em um determinado intervalo de tempo.

Todos os resultados podem ser visualizados no canto inferior da tela *desktop* do *software*.

Figura 14 – Resultado da velocidade de rotação de uma das equipes.



Fonte: Autoria Própria (2019)

Fazendo uma programação 2, ver apêndice A, será possível apresentar o resultado do número de graus e número de rotação por unidade de tempo na tela, facilitando a observação dos resultados.

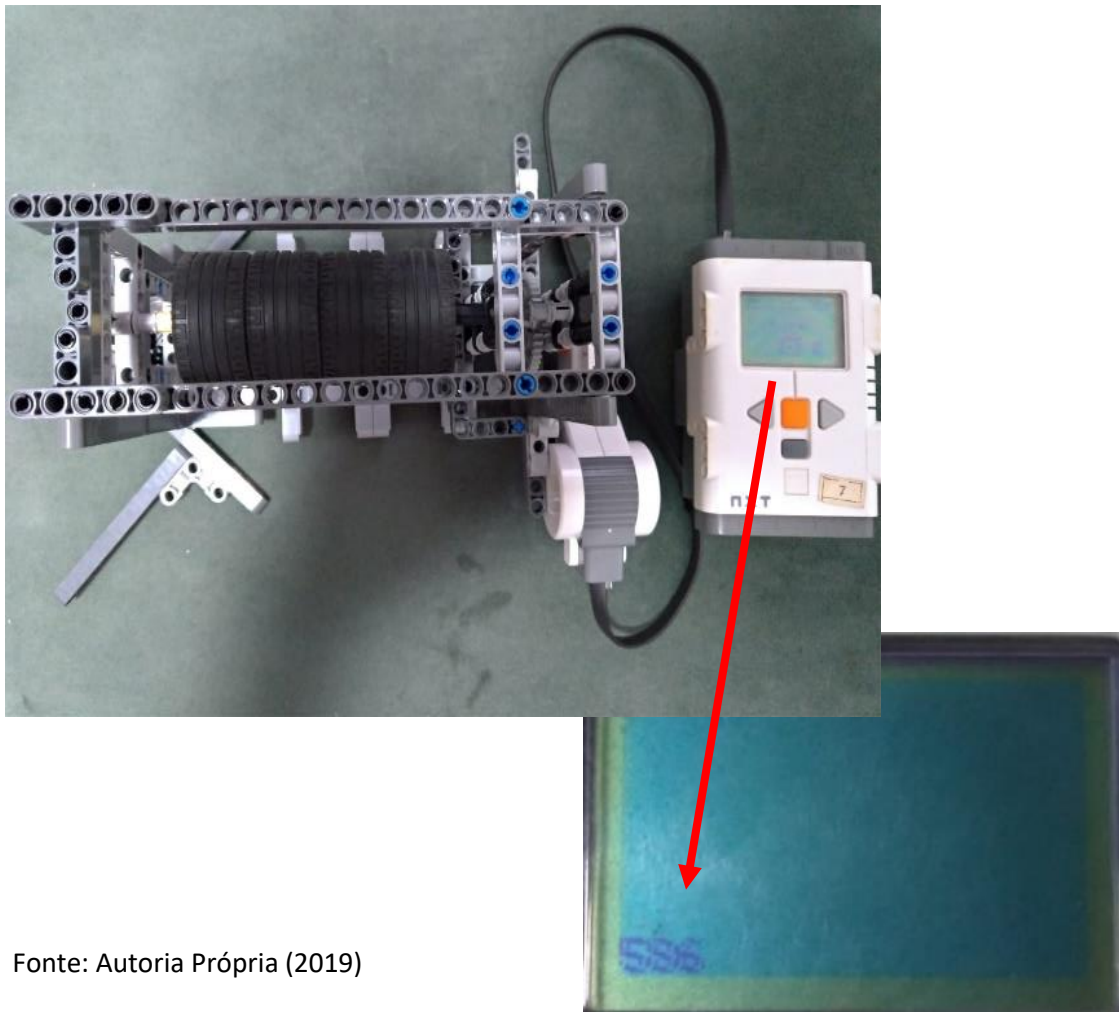
Fotografia 3 – Resultado da velocidade de rotação, no *display* do tijolo NXT.



Fonte: Autoria Própria (2019)

Uma comparação pode ser feita, quando se acoplar o motor no volante inercial, dá para ver que o resultado obtido pelo motor desacoplado é maior do que o motor quando está acoplado, abrindo assim, questionamentos para ser discutida na próxima parte.

Fotografia 4 - Motor acoplado no volante inercial, determinando a velocidade de rotação no *display* do tijolo NXT.



Fonte: Autoria Própria (2019)

5.2.3.2 Teoria para explicar o momento de inércia e a energia acumulada no volante inercial

Nesta parte, é possível mostrar como o momento de inércia nos dá compreensão do quanto é difícil parar um objeto quando este está girando e também mostrar o quanto é difícil fazer o corpo voltar a girar depois de parado.

A abordagem pode ser feita utilizando o conceito de um cilindro, o qual em sua rotação surge a energia cinética, abrindo assim um caminho para discutir o momento de inércia e a velocidade de rotação.

Depois do conceito sobre cilindro, é possível fazer uma análise do momento de inércia no volante inercial, mas obviamente levando em condições que, o cilindro formado pelos pneus, não são cilindros sólidos, sendo necessário assim medir o peso e raios destes pneus em busca de determinar o momento de inércia. Para isso, podem ser utilizados os dados obtidos pelo *software* EV3, fazendo uma comparação entre os valores obtidos pelo *software* e os valores obtidos pelas equações apresentadas. Além disso é possível trabalhar as relações de conversão entre rotação por segundo para radianos por segundos, que é uma coisa importante, já que a construção envolve um sistema de engrenagem, onde a relação engrenagem e rodas são as responsáveis pelo aumento ou redução da velocidade de rotação.

No caso do volante inercial construído, a relação entre a roda e as engrenagens, permite aumentar a velocidade de rotação, pois a engrenagem 1 (maior) presente na conexão do volante tem 40 dentes, e a engrenagem 2 (menor) tem 8 dentes. Quando determinado o quociente entre eles pode-se perceber que a cada volta da engrenagem maior, a menor gira cinco vezes e como no volante construído o sistema possui duas combinações dessa, e que as rodas estão no mesmo eixo, se conclui que para uma rotação do motor obtemos 25 rotações da roda dentro do volante geradora da energia. No caso de um motor que apresenta 14,9 rad/s, (um resultado apresentado em uma das aulas), foi obtido na roda do volante uma velocidade de 374 rad/s ($14,9 \times 25$). Com esta relação é possível obter a energia acumulada em Joule. Na figura 19, temos uma planilha Excel, na qual pode ser visto um exemplo da obtenção da dessa energia acumulada no volante, obtida durante uma das aulas.

Os valores obtidos da energia acumulada no volante, foram encontrados utilizando as informações obtidas pelo *software* (número de rotações por segundo, no qual foi convertido em radianos por segundo), foram feitas medições com as rodas do kit LEGO® utilizado na construção de volante determinado, os raios dos pneus, aro e de sua massa. E a partir desses dados, foram determinado o momento de inércia e a energia armazenada no volante inercial construído.

Vale ressaltar que o resultado total da energia acumulada foi determinado pelo número de pneus utilizado no cilindro do volante inercial construído.

Quadro 2 – Resultado da energia acumulada em um dos volantes inerciais, apresentada em uma planilha Excel.

A	B	C	D	E	F	G
		resultado com 1 pneu	unidade (SI)			
Massa	m	0,04	Kg			
raio externo	ro	0,035	m			
raio interno	ri	0,0245	m			
rotação motor	w	374	rad/s			
Momento inercial	I	0,000036505	kg*m ²			
Energia	E	2,55308669	J			
		resultado com 2 pneu	unidade (SI)			
Massa	m	0,08	Kg			
raio externo	ro	0,035	m			
raio interno	ri	0,0245	m			
rotação motor	w	374	rad/s			
Momento inercial	I	0,00007301	kg*m ²			
Energia	E	5,10617338	J			
		resultado com 3 pneu	unidade (SI)			
Massa	m	0,12	Kg			
raio externo	ro	0,035	m			
raio interno	ri	0,0245	m			
rotação motor	w	374	rad/s			
Momento inercial	I	0,000109515	kg*m ²			
Energia	E	7,65926007	J			

Onde:

$$I = 1/2 \cdot m \cdot (r_o^2 + r_i^2)$$

$$E = 1/2 \cdot I \cdot \omega^2$$

Fonte: Autoria Própria (2019)

Próxima parte é fazer uma programação e ver o quanto esses resultados teóricos estão sendo úteis.

5.2.3.3 Usando blocos para determinar a quantidade de energia em Joule

Com a utilização do *software EV3*, é possível utilizar o bloco matemático para fazer cálculos adequado na determinação do número de rotação do volante para radiano por segundo. Assim conhecendo suas velocidades, massas e raios das rodas foram possíveis determinar quanto de Joule está acumulado no volante.

Nesta parte, pode-se construir uma programação que mostre no *display* do tijolo LEGO®, o valor da velocidade de rotação do motor em rad/s, fazendo uso da programação do apêndice A.

A programação 1, determina o valor do número de graus que ele girou na tela do *display* do tijolo LEGO®, ou seja, apresenta a velocidade angular. Mas para mostrar está velocidade em radiano é possível fazer uma nova programação, utilizando um bloco matemático, que pode ser vista na programação 3, do apêndice A.

Na figura 21, é possível ver um resultado obtido em um dos blocos, quando o servo motor está livre do volante inercial, informando este valor obtido em rad/s (neste

caso $\cong 15,3$). Lembrando que esse valor pode mudar de motor para motor, devido a carga de energia que o tijolo tem no momento da análise.

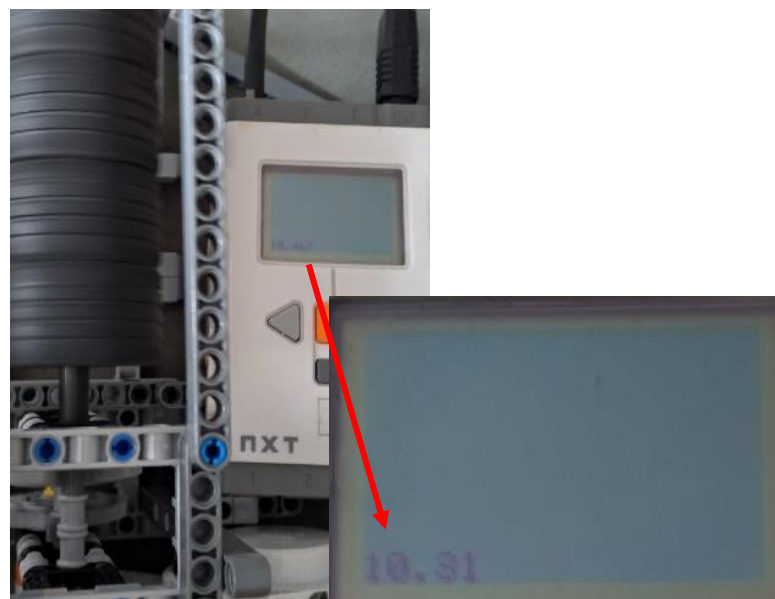
Fotografia 5 – obtenção do resultado da velocidade em radianos, no display do tijolo NXT.



Fonte: Autoria Própria (2019)

Testando essa nova programação, agora com o servo motor, conectado no volante LEGO® construído, foi obtido neste mesmo tijolo o seguinte valor.

Fotografia 6 – Valor da velocidade de rotação em radianos, quando conectado no volante inercial.



Fonte: Autoria Própria (2019)

Pode ser feito um estudo sobre o que causou a redução da velocidade de rotação, é possível mostrar também que ao introduzir o motor no volante, o sistema de engrenagem aumenta a velocidade angular do volante em 25 vezes mais que a do motor, logo, a velocidade de rotação das três rodas é cerca de 250 rad/s.

Com esta informação é possível saber quanta energia é acumulada quando o volante é submetido a esta velocidade angular (10 rad/s), resolvendo alguns cálculos, a partir dos dados obtidos em cada montagem.

Quadro 3 – Resultado da energia acumulada, obtida por um dos grupos, utilizando o Excel.

A	B	C	D	E	F	G
		resultado com 3 pneu	unidade (SI)			
Massa	m	0,12	Kg			Onde:
raio externo	ro	0,035	m			
raio interno	ri	0,0245	m			$I = 1/2 \cdot m \cdot (r_o^2 + r_i^2)$
rotação motor	wm	10	rad/s			
rotação	w	250	rad/s			$E = 1/2 \cdot I \cdot \omega^2$
Momento inercial	I	0,000109515	kg*m ²			
Energia	E	3,42234375	J			

Fonte: Autoria Própria (2019)

Alguns questionamentos podem ser abordados, como por exemplo, o que fazer para manter a energia no sistema? Quanto joules dever ser colocado no volante para que essa energia seja mantida? Cabendo ao mediador fazer, se desejar uma abordagem para responder a estas perguntas.

Todas essas abordagens devem ser feitas em sala, envolvendo apresentação dos resultados e discussões sobre a não obtenção de algum resultado. Após todas as conclusões, se faz necessário a desmontagem do volante, no qual os líderes das equipes, faz todo acompanhamento.

5.3 AVALIAÇÃO SOBRE A SATISFAÇÃO DO ESTUDANTE APÓS A CONSTRUÇÃO DO VOLANTE INERCIAL

Após o término das aulas, os estudantes se mostraram bastante satisfeitos com o resultado obtido, isto foi constatado pelo questionário entregue aos grupos, ao final da aula (Ver apêndice A), na qual responderam sobre suas perspectivas em relação ao uso do LEGO® Educacional e o volante inercial.

Em relação a pergunta sobre dificuldade e gosto de criar e programar, destaca-se a média elevada sobre gostar de criar e programar com média de 80%, como pode ser vista na tabela abaixo.

Tabela 1 – Levantamento de satisfação sobre criar e programar, com robôs educacionais LEGO®.

	Não concordo totalmente	Não concordo parcialmente	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
Gostou de criar e programar o volante inercial			20%	80%
Achei difícil criar e programar o volante inercial	60%	40%		

Fonte: Autoria Própria (2019)

Em relação ao questionamento: gostou de aprender física utilizando o kit LEGO® e gostaria de ter mais aula de física utilizando o LEGO®, a satisfação foi excelente, como podemos ver no resultado obtido pelo questionário, ver tabela 2, nela podemos ver que, apesar de alguns estudantes terem demonstrado algumas dificuldades durante a construção do conhecimento, eles unanimemente, gostariam de mais aulas de física utilizando a robótica educacional LEGO®.

Tabela 2 – Levantamento de satisfação sobre gostar de utilizar os robôs educacionais LEGO® em aulas de física.

	Não concordo totalmente	Não concordo parcialmente	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
Gostou de aprender física utilizando o LEGO			20%	80%
Gostaria de ter mais aulas de física utilizando o LEGO				100%

Fonte: Autoria Própria (2019)

Quanto ao questionamento do conhecimento de física adquirida na construção do volante inercial, os resultados também foram bastante satisfatórios, como podemos ver na tabela 3 tendo em vista, que o assunto abordado trabalhou com assuntos não

tão comuns no ensino médio, como por exemplo o estudo da engrenagem, que foi abordado no primeiro momento.

Tabela 3 – Resultado da satisfação em compreender o assunto depois de aula de física com aplicação dos com robôs educacionais LEGO®.

	Não concordo totalmente	Não concordo parcialmente	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
Entendeu a física utilizada por trás da construção do volante inercial			40%	60%
Achou difícil a física utilizada por trás da construção do volante inercial	60%	40%		
Considera que aprendeu física utilizando a construção do volante inercial			40%	60%

Fonte: Autoria Própria (2019)

Quanto ao quadro de sugestões, foi unânime a solicitação do desejo de mais aulas de física utilizando a robótica educacional. O que nos dá compreensão bastante satisfatória de que a robótica educacional abre portas para que o estudante possa ser o próprio protagonista, e assim se sentir mais seguro em questionar e responder durante todo o processo de ensino aprendizagem.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As metodologias empregadas na transposição do ensino do volante inercial para o ensino médio por meio do uso de robótica educacional LEGO®, se mostrou válida nas análises realizadas. Nesta dissertação foi proposto uma metodologia com uso da robótica considerando elementos da teoria sócio interacionista apresentada por Vygotsky.

A proposta desse trabalho foi mostrar a importância da robótica educacional LEGO® na educação dos estudantes de ensino médio, assim como a divulgação de tecnologias no contexto da educação presente no cotidiano. Dentro do estudo foi verificado um determinado aumento da aprendizagem dos conteúdos de física, por parte dos estudantes, evidenciando e validando a metodologia aplicada.

Com a construção do robô volante inercial, foi possível verificar o quanto a robótica educacional pode ser uma ferramenta robusta, no qual vários conteúdos podem ser analisados tanto pelos estudantes, quanto pelos professores nos diferentes níveis de ensino, já que este recurso tem caráter interdisciplinar. Por ser uma ferramenta robusta, ela não só necessita de pesquisas técnicas, mas também de pesquisa metodológica, foi por esse motivo que nesta dissertação tentamos nos esforçar para criar uma direção que norteie o estudante e educador a superar tais dificuldades, acredito que obtivemos resultados úteis. A metodologia foi aperfeiçoada durante as aplicações aos estudantes.

No que diz respeito a utilização da robótica educacional, ela ajuda bastante na ligação dos conteúdos aplicados, estreitando a relação estudante professor, durante o processo de ensino aprendizagem, pois, por este mecanismo o professor deixa de ser um transmissor e passa a agir como um mediador, levando os estudantes a participar de forma ativa nas atividades.

Devo destacar que a utilização da robótica educacional, tem suas dificuldades, seja pelo custo, seja pelos conceitos que nem sempre estão disponíveis de forma imediata e simples ou até mesmo pela didática aplicada nas escolas, assim se buscou com esse trabalho, encontrar conhecimentos práticos e pedagógicos dentro da robótica educacional.

Vale dizer também que, a robótica tecnológica sozinha não pode ser responsável pelo processo de aprendizagem, cabendo às escolas e professores o papel de se articularem na busca de conhecimento para uso dessa ferramenta.

Buscamos mostrar uma nova montagem e explicar a física por trás dela. Sendo que, se o procedimento utilizado nesta dissertação for em alguma medida relevante, será possível então estender a metodologia em outros assuntos ou áreas de conhecimentos.

Porém hoje, mesmo compreendendo que as metodologias voltadas ao uso da robótica educacional, já está sendo bem aceita e implementada por algumas instituições, saliento que ainda falta muito a percorrer, seja pelo custo, seja pela estrutura ou por capacitação dos professores.

Dessa forma, podemos concluir que esta dissertação apresenta apenas uma proposta de várias possíveis, para um bom uso da tecnologia. O tema volante inercial, foi um de vários que vem sendo utilizado no ensino médio. Finalmente, este resultado significativo no ensino de estudantes da EREM – Presidente Tancredo Neves, fortalece aos objetivos aqui propostos e atesta validade da proposta.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. A. **TCI e educação no Brasil: breve histórico e possibilidades atuais de apropriação**. Pró-deiscente. V.15. n2. Ago/dez, 2009.

ALMEIDA, M. E. B. **Informática e formação de professores**. São Paulo - SP: Pama, 2000.

ALTIN, H; PEDASTE, M. **Learning approaches to applying robotics in science education**. Journal of Baltic Science Education. V. 12, n. 3, p. 365 – 377, 2013.

ANGOTTI, J. A. P; DELIZOICOV, D. **Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro “Física”**. Ciência e Educação. Bauru, v. 20, n. 3, p. 617 – 638, 2014.

ARROYO, M. G. **Ofício de Mestre: imagens a auto-imagens**. 13. Ed. Petrópolis – RJ: Vozes, 2000.

BELLONI, M. L. **Educação a distância**. 5. Ed. São Paulo - SP: Autores Associados, 2009.

BORBA, M. C.; PENTEADO, M. G. **Informática e Educação Matemática**. Belo Horizonte – MG: Autêntica Editora, 2007.

BORBA, M. C.; PENTEADO, M. G. **Informática e Educação Matemática**. Belo Horizonte – MG: Autêntica Editora, 2001.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: MEC/Semtec, 1999.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC); Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília – DF: MEC/Semtec, 1999.

CASTELLS, M. **A sociedade em rede**. 6. ed. São Paulo – SP: Editora Paz e Terra, 1999.

COLL, C. **Aprendizagem escolar e construção do conhecimento**. Porto Alegre – RS: Artmed, 1994.

D`ABREU, J. V. V.; GARCIA, M. F. Robótica Pedagógica e Currículo. In **Anais do I Congresso de Práticas Inovadoras na Educação**. São Paulo, 2012.

DELORS, J., et al. **Educação um tesouro a descobrir**. São Paulo - SP, Cortez Editora, 1999.

DEWEY, J. **Experiência e educação**. 3. ed. São Paulo – SP: Nacional, 1979.

FREIRE, P. **A Educação na cidade**. 2. ed. São Paulo – SP: Cortez, 1995.

GARDNER, H. **Inteligências Múltiplas: a teoria na prática**. Porto Alegre – RS: Artes Médicas, 1995.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo – SP: Atlas, 2010.

GONÇALVES, V; ROQUE, L. **Introdução ao kit robótico LEGO® EV3**: Programe seus robôs com linguagem de blocos. Rio de Janeiro – RJ: 2014.

HALLIDAY, D; RESNICK, R; WALKER, J. **Fundamentos de física, volume 1**. 8. Ed. Rio de Janeiro – RJ: LTC, 2009.

HORN, M. B; STAKER, H. **Blended**: usando a inovação disruptiva para aprimorar a educação. Porto Alegre - RS: Penso, 2015.

KELLER, F J. et al. **Física Volume 1**. São Paulo – SP: Makron Books, 1997.

MACHADO, M. M. **O brinquedo sucata e a criança**: a importância do brincar, atividades e materiais. São Paulo – SP: Edições Loyola, 2007.

MATARIC, M. J. **Introdução à robótica**. São Paulo, Editora unesp, 2006

MÁXIMO, A; ALVARENGA, B. **Curso de Física, volume 1**. 5ª ed, São Paulo: Scipione, 2000.

MEIRIEU, P. **Aprender...sim, mas como?** São Paulo – SP: Artes Médicas, 1998.

MORAN, J. M.; BEHRENS, M. A.; MASETTO, M. T. **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. 7. ed. Campinas: Papirus, 2003.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa crítica**. UFRGS, Porto Alegre - RS, 2010.

MORIN, E. **A cabeça bem-feita**: repensar a reforma, reformar o pensamento. 9. ed. Rio de Janeiro - RJ: Bertrand Brasil, 2004.

MORIN, E. **Os sete saberes necessários a educação do futuro**. São Paulo: Cortez, 2006.

NOVAK, J. D; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. 2. Ed. Rio de Janeiro - RJ: Interamericana, 1980.

OLIVEIRA, M. K. **Vygotsky** – Aprendizado e desenvolvimento: Um processo sócio-histórico. São Paulo - SP: Scipione, 1997.

PAIS, L. C. **Educação escolas e as tecnologias da informática**. Belo Horizonte – MG: 2002

PAPERT, S. **A Máquina das Crianças**: Repensando a Escola na Era da Informática. Porto Alegre - RS: Artes Médicas, 1994.

PAPERT, S. **LOGO**: Computadores e Educação. São Paulo - SP: Brasiliense, 1988.

PERRENOUD, Philippe. **10 novas competências para ensinar**. Artmed. Porto Alegre: 2000.

PIAGET, J. **A Formação do Símbolo na Criança**: imitação, jogo e sonho, imagem e representação. 3. Ed. Rio de Janeiro – RJ: Zahar, 1978.

POZO, J. I. **Teorias cognitivas da aprendizagem**. 3ª. ed. São Paulo – SP: Artes Medicas, 1998.

RESNICK, M; OCKO, S. **LEGO/Logo: Learning Through and About Design**. Cambridge, EUA. Disponível em: <<https://llk.media.mit.edu/papers/ll.html>>, Acesso em: 20 mar. 2019.

SANTOS, B. S. A. **Crítica da Razão Indolente. Contra o Desperdício da Experiência**. São Paulo – SP: Cortez, 2019.

TEIXEIRA, A. S. **Educação e o mundo moderno**. 9. Ed. Rio de Janeiro – RJ: Editora UFRJ, 2006.

ULLRICH, Roberto A. **Robótica – Uma Introdução**. O porquê dos robôs e seu papel no trabalho. Rio de Janeiro – RJ: Editora Campus, 1987.

UNESCO. **Educação - Um tesouro a descobrir**. 7ª ed. Relatório para a UNESCO da Comissão Internacional sobre Educação para o século XXI. Brasília, Cortez: 2012

VIGOTSKY, L.S. **Pensamento e Linguagem**. 1. Ed. São Paulo – SP: Martins Fontes, 1987.

WARSCHAUER, M. **Tecnologia e inclusão social**: a exclusão digital em debate. São Paulo – SP: Editora SENAC, 2006.

ZILLI, S. R. **A Robótica Educacional no Ensino Fundamental: Perspectivas e Práticas**. 2004. 89 f. Dissertação de Mestrado (Pós-graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC, 2004.

APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL

INVESTIGANDO O VOLANTE INERCIAL LEGO® MINDSTORMS

CHRISTIAN DRAYTON DE LIMA

Orientador:

Profº. Dr. Ernesto Arcenio Valdés Rodríguez

APRESENTAÇÃO

Prezados (as) professores (as)

Este apêndice é parte integrante da construção e do estudo investigativo do volante inercial a partir do uso da robótica educacional a fim de promover um aprendizado mais significativo nas aulas de física.

Na abordagem do volante inercial, buscamos criar um ambiente no qual fosse possível mostrar o assunto não só de forma prática, mais também prazerosa durante o processo de aprendizagem.

Por meio de uma aprendizagem mediada, esta ferramenta auxiliará, a uma experiência de mediador, dando ao seu estudante a condição de sistematizar o conhecimento teórico da física com a prática nas construções de robôs educacionais, fazendo-os perceber o quanto é fácil aprender sobre o conceito por via do volante inercial.

Esperamos que através dessa construção você possa se utilizar de forma prazerosa, desde a construção até a programação.

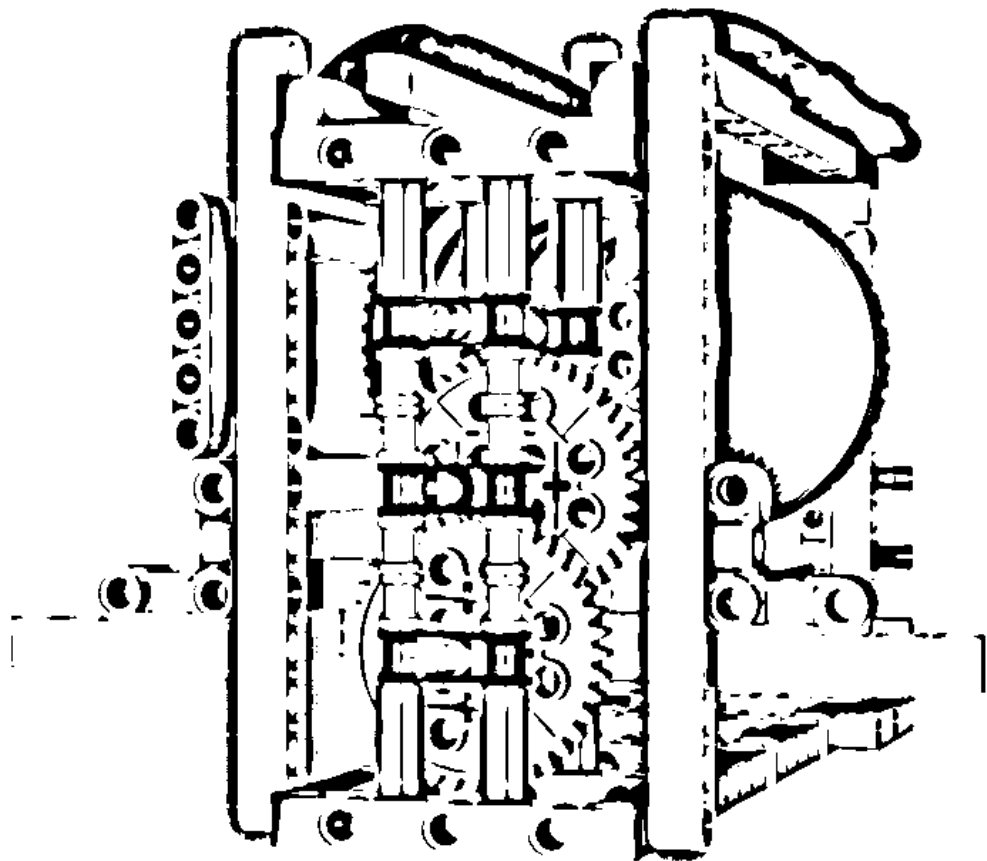
Que possam ter um belíssimo aprendizado!

Christian Drayton de Lima

SUMÁRIO

	SEGMENTO DIDÁTICO	4
1	DA ENERGIA ARMAZENADA NO VOLANTE INERCIAL.....	8
1.1	INSERINDO UM PROBLEMA	8
1.2	COMPREENDENDO O PROBLEMA	8
1.3	CONCEBENDO UM PLANO	8
1.4	PEÇAS, MONTAGEM E PROGRAMAÇÃO	9
2	PROGRAMAÇÕES	10
2.1	DETERMINANDO A VELOCIDADE DE ROTAÇÃO	10
2.2	VISUALIZANDO A VELOCIDADE DE ROTAÇÃO NA TELA DO TIJOLO NXT	12
2.3	CRIAR UM BLOCO MATEMÁTICO QUE CONVERTA GRAUS EM RADIANOS	15
2.4	DETERMINAR O VALOR DA ENERGIA EM JOULES, ACUMULADA PELO VOLANTE INERCIAL	17
3	TESTANDO O CONHECIMENTO	20
4	QUESTIONÁRIO DE EQUIPES SOBRE O VOLANTE INERCIAL	23
5	PEÇAS UTILIZADAS NA CONSTRUÇÃO DO VOLANTE INERCIAL ..	24
6	PASSO A PASSO DA MONTAGEM	27
6.1	RECURSO OPCIONALCOM HADWARE DE BAIXO CUSTO	28

Seguimentos didáticos



Tema: Conservação de Energia

Conteúdo: Volante Inercial

SEGUIMENTO DIDÁTICO			
Tema:	Conservação de Energia		
Conteúdo:	Volante Inercial	Área:	Ciências da Natureza
Disciplina:	Física	Nível:	3º ano A

APRESENTAÇÃO
No estudo da mecânica, existem elementos que são passivos, oferecendo ao sistema uma forma de adicionar inércia e o permitindo armazenar energia cinética, este elemento é conhecido como volante inercial. Um princípio de volante já vem de muito tempo atrás, eram encontrados na roda de oleiro, uma das mais antigas rodas existentes. A roda de oleiro depende de sua plataforma giratória ser pesada e sólida para seu funcionamento, pois com isso, ela obtém um momento de inércia, que o faz continuar girando sozinha, enquanto o artesão molda a argila. Outro mecanismo a usar o princípio de volante inercial são as rodas de água, pois elas usam um princípio simples de volante para se manter girando por muito tempo com uma velocidade constante. Mas foi durante a revolução industrial que surgiram os volantes inerciais mais conhecidos, pois durante o século XVIII e XIX, as fábricas se utilizaram de enormes volantes em suas máquinas e motores. Mas com o surgimento da eletricidade e de sua ampla disponibilidade, as máquinas que se utilizavam de volante foram sendo substituídas, com isso a tecnologia do volante foi sendo esquecida durante os séculos seguintes. Mas nos últimos anos o interesse pelos volantes vem aumentando novamente, isto porque, com a escassez dos combustíveis fósseis, que vem elevando o valor desses combustíveis e ainda com a preocupação ambiental, os volantes ressurgem e se apresentam como ótimas ferramentas. Hoje, os ônibus, trens e carros modernos estão fazendo uso generalizado de freios volantes regenerativo, que proporciona economia de energia. Para se ter uma ideia, até os modernos carros de F1, vem se utilizando dos volantes inerciais. Estes carros se utilizam de uma tecnologia chamada KERS (Sistema de Recuperação de

Energia Cinética), que ao contrário dos casos citados anteriormente, se aproveita do volante para gerar mais aumento de potência do que economizar energia.

Este tipo de volante encontrado em alguns carros, é responsável por armazenar energia e regular o movimento do motor durante toda sua operação.

Podemos dizer que os volantes apresentam grandes vantagens quando comparada a outras ferramentas de armazenamento de energia, pois são tecnologias relativamente simples, são energias limpas, com ótima eficiência, mas que ainda encontram alguns pontos negativos, um exemplo é o seu peso, que sem sombra de dúvida é um dos maiores obstáculos do KERS nos carro de F1, pois chega a acrescentar aproximadamente 25 kg, que é um peso significativo, se tratando de um carro de F1.

Projetistas modernos, sabendo disso, buscam matérias leves e resistentes, podendo assim fazer os volantes girarem rápidos sem se partir em fragmentos, para evitar isto alguns volantes modernos são produzidos por materiais de liga leve, cerâmicos de fibras de carbonos entre outros materiais bastante resistentes.

OBJETIVOS

- Demonstrar o volante inercial como uma ferramenta de armazenamento de energia;
- Entender os principais mecanismo que compõe o volante inercial;
- Montar um volante inercial utilizando o kit Mindstorms NXT 2.0
- Realizar programação do NXT 2.0 a partir da plataforma Mindstorms EV3.

RECURSOS

- Datashow;
- Computadores e notebook;
- Quadro branco;
- Caneta de quadro branco;
- Kit LEGO® Mindstorms NXT 2.0 e/ou EV3
- Software Mindstorms EV3.
- Régua

PROCEDIMENTOS

Momento 1: Abordagem sobre carros híbridos e o volante inercial;

- Leitura apresentada com Datashow sobre a matéria publicada pela CIMM, sobre os carros de estradas da Volvo que apresenta um sistema híbrido de volante inercial;
- Utilização do Datashow e do quadro branco, para realização da aula expositiva;

Momento 2: da construção do volante inercial com uso do kit LEGO® Mindstorms NXT 2.0

- Estudante são divididos em grupos com quatro integrantes: Líder, organizador, construtor e o programador;
- Os estudantes irão fazer uma montagem que simule o volante inercial, fazendo uma análise sobre as engrenagens aplicada;
- Aula expositiva com uso de Datashow e do quadro branco no qual será efetivado os estudos físico e matemático sobre engrenagem;

Momento 3: Compreendendo o volante inercial tendo como ferramenta para estudo o software EV3

- Os estudantes irão criar programações com software EV3, seguindo as seguintes programações: descobrir a velocidade de rotação na interface do software e depois na interface do tijolo NXT 2.0; determinar o valor da velocidade em radiano utilizando bloco matemático do EV3;
- Comparar e usar os resultados obtidos com o software EV3 com resultados matemáticos, se utilizando do quadro branco.

AVALIAÇÃO

- Mediante as observações e resoluções das atividades;
- Respostas do questionário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HALLIDAY, D; RESNICK, R; WALKER, J. **Fundamentos de física**. 8. Ed. Rio de Janeiro – RJ: LTC, c2009 vol. 1

1 – DA ENERGIA ARMAZENADA NO VOLANTE INERCIAL

1.1 – INSERINDO UM PROBLEMA

Os volantes inerciais utilizado em alguns veículos atuais por exemplo, os chamados carros “híbridos”, são capazes de gerar energia suficiente para que o carro consiga obter arranque sem a necessidade do motor de combustão. Como é que consegue isto?

Para responder essa pergunta, seria bom ter um volante inercial para estudo, o que na realidade não é uma coisa muito fácil, mas isso não significa que não possamos fazer uma.

Pois, lembre-se que dispomos de uma ferramenta muito ampla, a qual nos fornecem materiais necessários para construir um volante inercial.

1.2 – COMPREENDENDO O PROBLEMA

O entendimento do armazenamento de energia por volante inercial, nem sempre é fácil de ser compreendido, isso se agrava mais ainda quando falamos de volante inercial mais modernos, no qual se utiliza um sistema de recuperação de energia cinética obtida por um engenhoso conjunto de engrenagem que é responsável pelo giro do volante no vácuo minimizando assim a fricção que o desgasta.

Este sistema de volante fica acoplado ao eixo traseiro do carro, onde no momento da travagem, o motor de combustão interno que aciona as rodas traseiras se desliga e o volante inercial gira até aproximadamente 60 000 rpm. Quando o carro começa a se mover novamente a inércia é transferida para as rodas traseiras e o motor arranca de novo.

A compreensão desse mecanismo pode ser um pouco melhor entendida se fizermos uso de recursos tecnológicos educacionais como o kit LEGO® Mindstorms NXT, pois a partir dele podemos obter construções que facilite a compreensão da funcionalidade de um volante inercial.

1.3 – CONCEBENDO UM PLANO

Vamos com base na ideia de um sistema de volante inercial, fazer um experimento que mostre o funcionamento deste tipo de volante, e a partir deste experimento, analisar as seguintes situações:

- Descobrir qual a velocidade de rotação.
- Visualizar a velocidade de rotação na tela do tijolo NXT.
- Criar um bloco matemático que converta graus e radianos.
- Determinar o valor da energia em Joule, acumulada pelo volante inercial.

Faça sua análise em sala e discuta com sua equipe, veja que blocos usar nas programações e verifique quais os melhores caminhos para solucionar estes casos.

1.4 – PEÇAS, MONTAGEM E PROGRAMAÇÃO

Para construção do nosso volante inercial, nos utilizaremos da lista de peças apresentada na (pag.24), selecionando-as de acordo com o passo a passo da montagem do nosso modelo de volante inercial (pag.28).

Ambos se encontram também disponíveis nos sucessíveis links ou QRcode:

<https://drive.google.com/file/d/1s0lGEmUco3heBqWJmn4HAOAI5XkKNMt7/view?usp=sharing>

<https://drive.google.com/file/d/118y2dX8u9kkn2k3Z3sLfbnqRucsd19Y/view?usp=sharing>



Com o passo a passo da construção em mãos, e sob atenção do líder, o organizador deve ser responsável pelo repasse das peças ao construtor, para que esse, seguindo os passos possam montar o volante inercial.

Depois de montado o volante, o grupo deve, junto ao seu programador, solucionar os questionamentos através de programações. Para isso devendo-se utilizar dos softwares, NXT 2.0 *programming* ou o LEGO Mindstorms EV3 home que é mais robusto e também compatível com o NXT 2.0. Para isto, serão utilizados os computadores e notebook, que possam estar na própria sala de montagem ou na sala de informática.

Para uma possível ajuda didática na sala, foi criado os passos a passo das programações (pág. 10), assim como algumas possíveis maneiras de relacionar os resultados obtidos pelo *software* com os resultados teóricos.

No final, cada líder deve apresentar os resultados obtidos, para os demais grupos, revelando como obteve o resultado. Logo após a demonstração desses resultados, as equipes devem responder, atestando o conhecimento logo abaixo, utilizando-se dos conhecimentos adquiridos nas aulas teóricas e no processo de construção, seguidas de um questionário de satisfação.

2 - PROGRAMAÇÕES

2.1 – DETERMINANDO A VELOCIDADE DE ROTAÇÃO

Utilizando a plataforma NXT EV3 (ver figura A), podemos fazer uma configuração de uma programação que nos dará a velocidade de rotação do motor NXT.

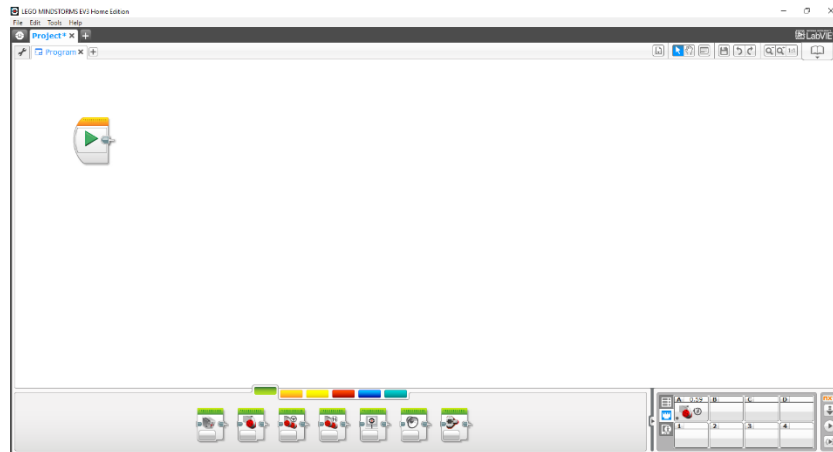


Figura A

Para isso vamos inserir um motor grande (*Lager motor*) localizado na paleta *action* (paleta verde), ver figura B, feito isso configuramos o motor na porta A, e colocar a opção por segundo (*on for seconds*), em seguida colocando força (*power*) em 100 e o tempo (timer) em 10 segundos, após isto, o programa fornecerá a velocidade do motor, indicando quantas rotações faz por segundo.

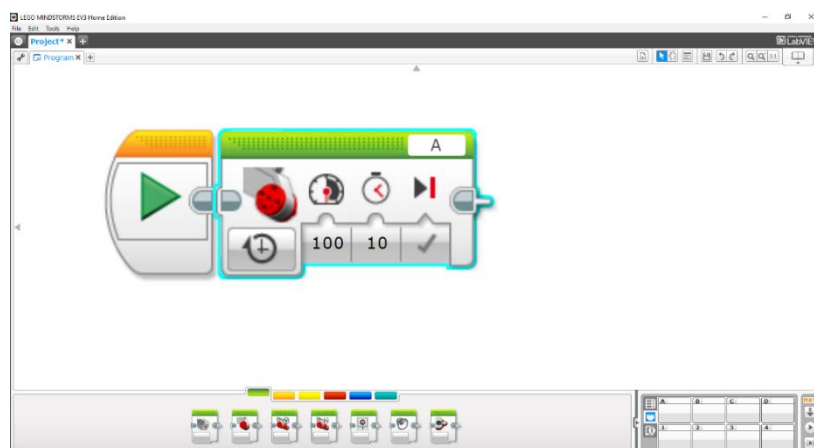


Figura B

Para visualizar essas informações, podemos proceder de duas maneiras, a primeira é configurando a seleção de entrada (*select input*) localizada na parte inferior da direita do programa. Em seguida utilizando a porta A, seleciona na entrada a opção grande motor (*lager motor*) e em seguida selecionando graus (*degrees*), ver figura C.

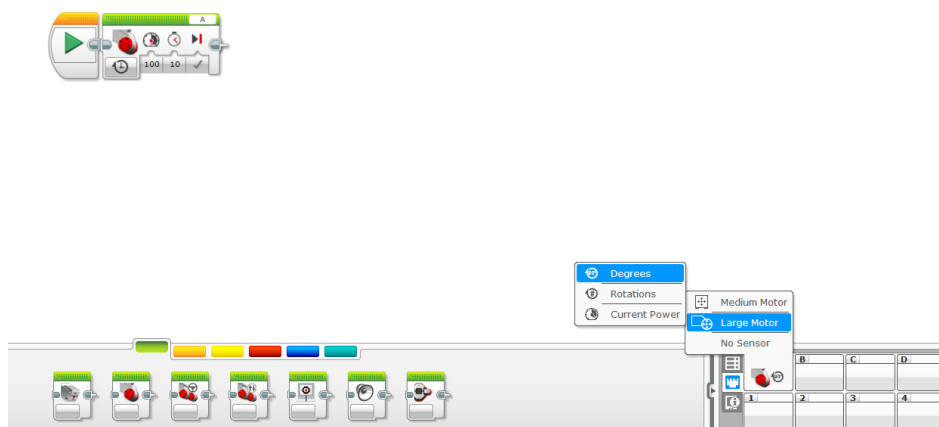


Figura C

Rodando o programa e passando os 10 segundos programados, surge na porta de entrada um valor, que corresponde ao número de graus gerado neste intervalo, Ver figura D.

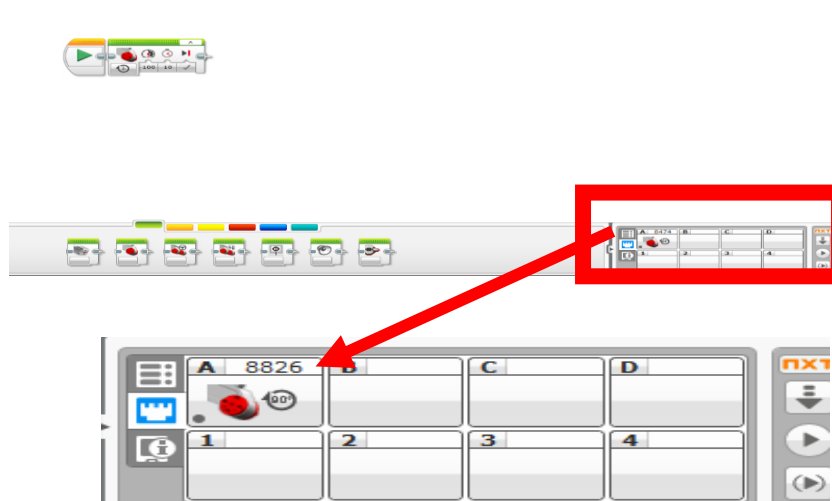


Figura D

Pode-se também determinar qual o número de rotação por segundos, para isso basta configurar a porta de entrada (*select input*) e escolher a opção rotação (*rotation*). Feito isso é só iniciar, e após os 10 segundos aparecerá um valor, que corresponde ao número de rotações neste intervalo de tempo, ou seja, para obter a velocidade do motor por segundo basta só dividir o valor por 10 (que foi o tempo utilizado com o motor girando), ver imagem E, obtida em um dos experimentos.

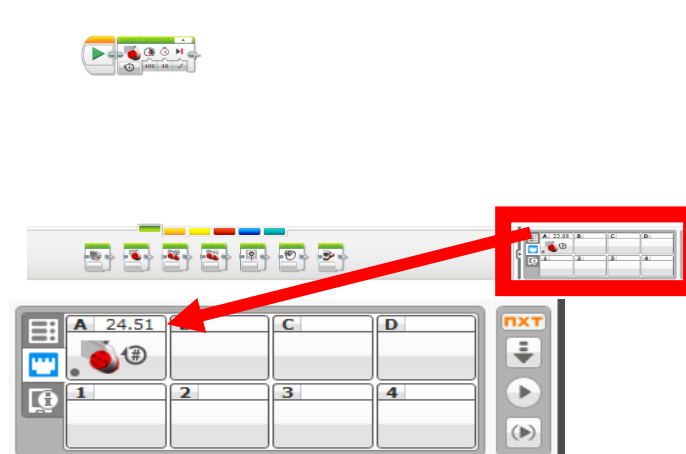


Figura E

2.2 – VISUALIZANDO A VELOCIDADE DE ROTAÇÃO NA TELA DO TIJOLO NXT

Podemos também mostrar essa velocidade de outra maneira, dessa vez utilizando a tela do tijolo do NXT, facilitando assim a visualização na hora do experimento. Para isso, como já sabemos que a velocidade de rotação é na verdade o número de rotações por segundo. Então para demonstrar esta velocidade no tijolo do NXT, devemos inserir na programação o motor de rotação (*motor rotation*), que se localiza na paleta, sensor (paleta amarela) ver figura F, em seguida na opção medida e graus (*measure – degrees*), colocar a opção resetar (*reset*).

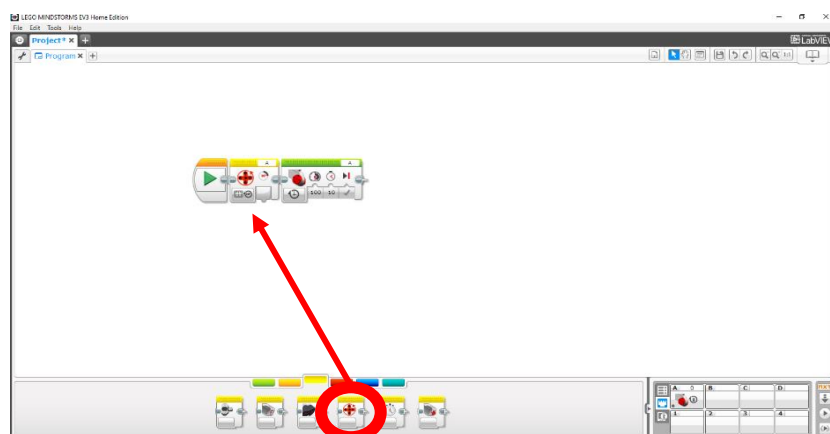


Figura F

Agora no motor devemos configurar a opção *on*, em seguida inserir da paleta laranja o comando espera (*wait*). Depois disto se deve inserir mais uma vez outro comando motor rotação (paleta amarela), mas desta vez deixando com a opção

normal (*measure – degrees*), como mostrado na figura G. Com esta configuração estará sendo obtido o número de graus que esse motor girou em 1 segundo.

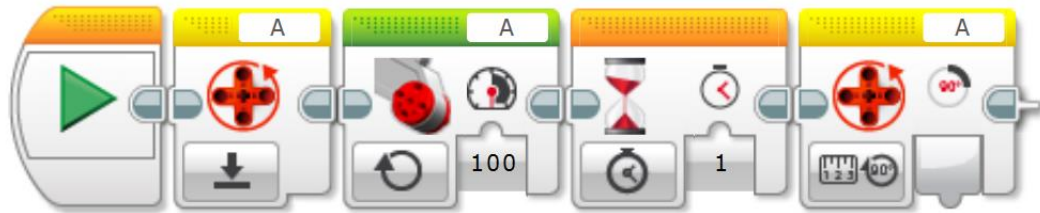


Figura G

Para ver esse resultado na tela do tijolo do NXT, se deve colocar na programação a opção **display** (que se encontra na paleta verde). Este *display* tem opções de mostrar o texto e valores, para isso, se necessita ligar a função motor com a função *display* a partir de um fio. Essa ligação é feita fazendo os seguintes procedimentos.

Primeiro: na parte opção da paleta *display*, se deve fazer a troca da pasta imagem pela de texto, em seguida selecionar texto *pixel*, ver figura H.

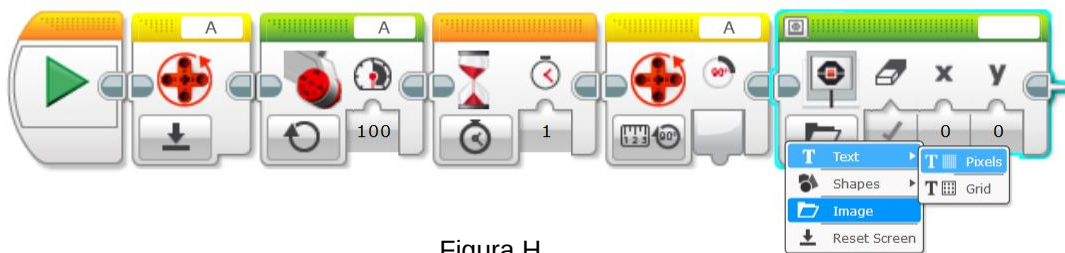


Figura H

Segundo: clicar na caixa de texto onde está o nome MINDSTORMS e mudar para opção *wired*. Com isto temos um comando que vai indicar o número de graus que estamos obtendo em 1 segundo. Depois disto se deve ligar com um fio, os comandos motor rotação e *display*, ver figura I.

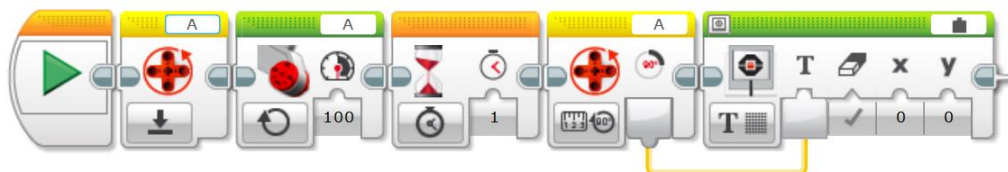


Figura I

Para fazer a programação continuar marcando para sempre. Para isto, vá na paleta controle

de fluxo (*flow control*) paleta laranja, e selecione o comando *loop*, arrastando todos os comandos para dentro dele, ver figura J.

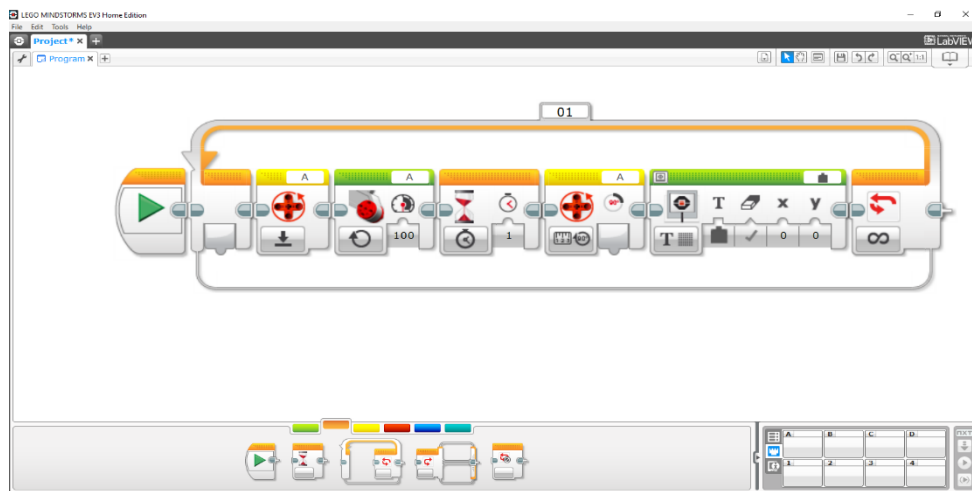


Figura J

Começando a programação, o motor começar a girar e no *display* o valor da velocidade de rotação se apresenta no *display* do tijolo NXT, ver figura K.



Figura K

2.3 – CRIAR UM BLOCO MATEMÁTICO QUE CONVERTA GRAUS EM RADIANOS

Com finalidade de melhorar nosso estudo sobre a velocidade do volante, devemos criar uma programação que converta velocidade de rotação em radianos por segundo.

Utilizando a programação anterior, ver figura J, no qual foi possível obter a velocidade de rotação em graus com seu resultado no display do NXT. Podemos programá-la para converter essa velocidade em radianos por segundo, com uso do bloco matemático.

Na paleta operação de dados (*Data operation*), basta selecionar o comando matemático (*Math*), e o arrastar para dentro da programação, entre o comando motor de rotação e o comando *display* já montada, ver figura L.

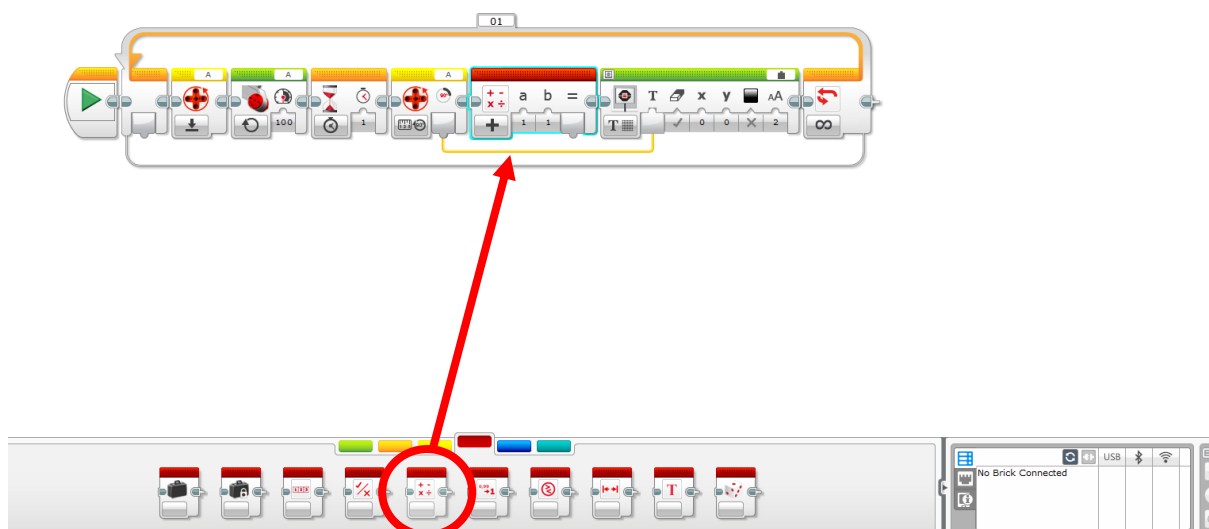


Figura L

No botão adicionar (+) selecionar a opção avançado (*Advance*), neste momento serão liberados mais variáveis, ver figura M.

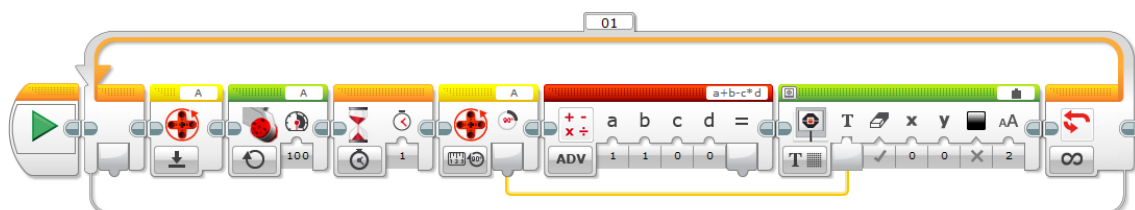


Figura M

Em seguida deve retirar o fio de dados, que conecta o comando motor e o comando *display*, e conectá-lo ao comando motor e o comando matemático, porta a (1), como mostra a figura N.

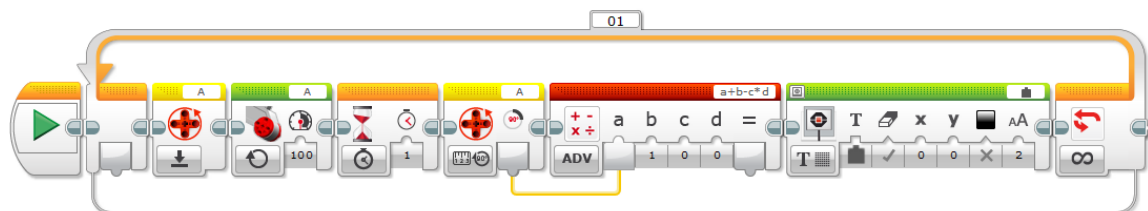


Figura N

Na opção equação (*equation*), apagar a expressão $(a+b-c*d)$ e digitar $(a/360)*2*3,14$, ver figura O. Com este comando, você está dividindo o valor da rotação do motor por 360° e multiplicando por dois, o valor de 3,14 (valor aproximado de π). Com este comando, o resultado da velocidade será convertido para radianos por segundos.

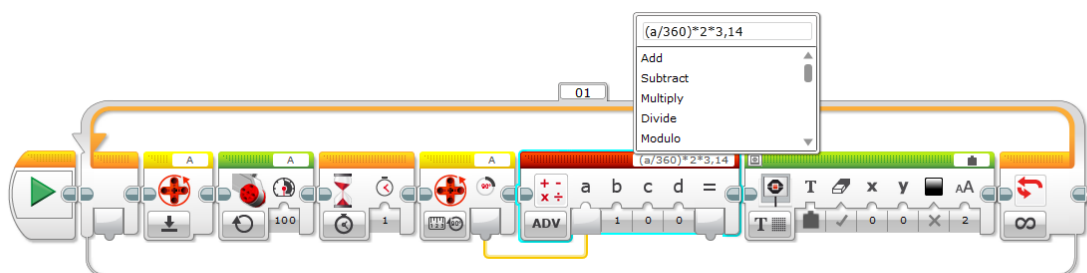


Figura O

Mas, precisaremos que este resultado apareça no *display* do tijolo NXT, para isso será necessário ligar um novo fio de dados, só que agora do comando matemático para o comando *display*, como pode ser visto na figura P.

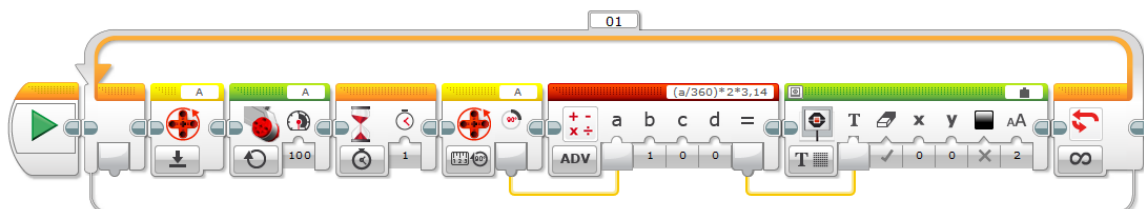


Figura P

2.4 – DETERMINAR O VALOR DA ENERGIA EM JOULES, ACUMULADA PELO VOLANTE INERCIAL

Para determinar a energia acumulada no volante inercial, será utilizado a programação anterior, cuja velocidade é dada em radianos por segundo.

No primeiro momento, será iniciado a programação com o servo motor desconectado do volante inercial, em seguida será verificado o valor que aparece no display do NXT, figura Q, podemos ver um resultado obtido.



Figura Q

Agora, conectado o servo motor ao volante inercial, através do eixo de rotação presente no volante, e voltando a iniciar o programa, o motor começará a girar as rodas cada vez mais rápida até atingir uma velocidade máxima, no qual poderá ser visto no *display* do tijolo NXT, ver figura R.



Figura R

O valor obtido quando o servo motor está conectado no volante inercial, terá sua velocidade máxima menor do que a apresentada sem conexão ao volante. A causa dessa redução se deve ao fato das engrenagens, isto é, se dá pelo fato de que o sistema de montagem do volante envolve um sistema de engrenagem, sempre uma grande com uma pequena, como pode ter visto durante a montagem.

As relações entre as rodas de engrenagem permitem aumentar a velocidade de rotação porque esta roda de engrenagem grande utilizada é composta de 40 dentes e as engrenagens pequenas compostas de 8 dentes, obtendo assim uma razão de 5 vezes, ou seja, para cada volta da engrenagem grande a pequena dará cinco voltas, resultando em um total de 25 voltas já que temos uma segunda engrenagem de mesma característica conectada no mesmo eixo, caso de dúvida ver a figura do passo 12 (Passo a passo da construção).

O sistema de volante é composto de pneus (no caso do volante construído, são 3), que devem ser girados pelo servo motor, o valor obtido no *display* indica a velocidade em radiano entregue pelo servo motor. Com base no que foi dito no parágrafo anterior, fazendo 25 vezes esse valor obtido no *display*, teremos informação

de quanta velocidade em radianos por segundo está sendo obtido pelo sistema. A conclusão é que esse motor tem um poder finito.

Quanta energia é acumulada no volante quando o servo motor está conectado ao volante? Para isso deverá ser feito uso do quadro branco ou de uma planilha de Excel (foi o caso utilizado para obtenção do exemplo em sala de aula).

Utilizado a balança de precisão para medir a massa de um dos pneus e tirando a medida dos raios interno e externo deste mesmo pneu (não se faz necessário desmontar o volante para isso, basta só pegar o quarto pneu que se encontra no *kit*), será possível determinar o valor do momento de inércia e em seguida o valor da energia acumulada em Joule, como pode ser observado em um dos exemplos trabalhado, ver figura S.

A	B	C	D	E	F	G
		resultado com 3 pneu	unidade (SI)			
Massa	m	0,12	Kg			Onde:
raio externo	ro	0,035	m			
raio interno	ri	0,0245	m			$I = 1/2 \cdot m \cdot (r_o^2 + r_i^2)$
rotação motor	wm	10	rad/s			
rotação	w	250	rad/s			$E = 1/2 \cdot I \cdot \omega^2$
Momento inercial	I	0,000109515	kg*m ²			
Energia	E	3,42234375	J			

Fonte: Autoria Própria (2019)

Figura S

Alguns questionamentos podem ser abordados em relação a essa energia obtida. Para se ter uma dica, se pudesse ter uma lâmpada de 30 W, essa energia poderia alimentá-la por aproximadamente 80 milésimos de segundos. Outros questionamentos podem ser feitos, cabendo nesse momento que o professor seja o mediador da situação.

3 – TESTANDO O CONHECIMENTO

Para fazer uma análise do conhecimento sistematizado durante o processo de construção e programação, que tal responder as questões em relação ao volante inercial?

1º Em relação ao momento de inércia, qual a sua relação com o aumento da massa dos pneus? Justifique sua resposta.

A large, empty rectangular box with rounded corners and a light orange background, outlined with a thick yellow border. It is intended for the student to write their answer to the first question.

2º Havendo uma troca das rodas do volante inercial construído, por outras rodas com maior diâmetro, poderíamos obter mais momento de inércia? Justifique e demonstre caso exista uma relação entre eles.

A large, empty rectangular box with rounded corners and a light orange background, outlined with a thick yellow border. It is intended for the student to write their answer to the second question.

3º Foi visto que durante a construção do volante inercial, foram utilizadas engrenagem de 40 dentes, acoplada a engrenagem de 8 dentes. Ocorrerá alguma diferença no número de voltas no volante, se invertermos a engrenagem? Justifique sua resposta, demonstrando a relação entre elas?

4º Sabendo que a massa da roda usada é de aproximadamente 0,04 kg, que os raios interno e externo são respectivamente aproximados a 0,05 m e 0,07 m, utilize as informações sobre o valor da velocidade angular apresentado no seu tijolo NXT, e determine:

- a) o valor do momento de inércia

b) o valor da energia acumulada no seu volante inercial



4 – QUESTIONÁRIO DE EQUIPES SOBRE O VOLANTE INERCIAL

Equipe

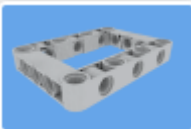
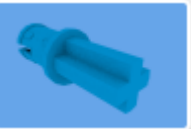
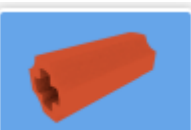
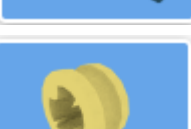
1 ☐2 ☐3 ☐4 ☐5 ☐

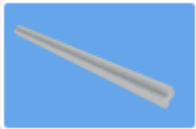
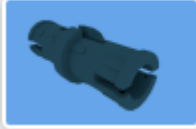
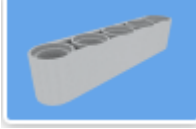
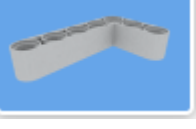
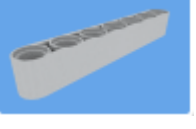
Opinião da equipe sobre o Volante Inercial

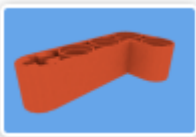
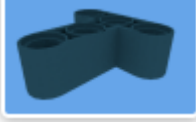
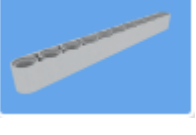
	Não concordo totalmente	Não concordo parcialmente	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
Gostou de criar e programar o volante inercial				
Achei difícil criar e programar o volante inercial				
Gostou de aprender física utilizando o LEGO				
Entendeu a física utilizada por trás da construção do volante inercial				
Achou difícil a física utilizada por via da construção do volante inercial				
Considera que aprendeu física utilizando a construção do volante inercial				
Gostaria de ter mais aulas de física utilizando o LEGO				

Comentários/Sugestões

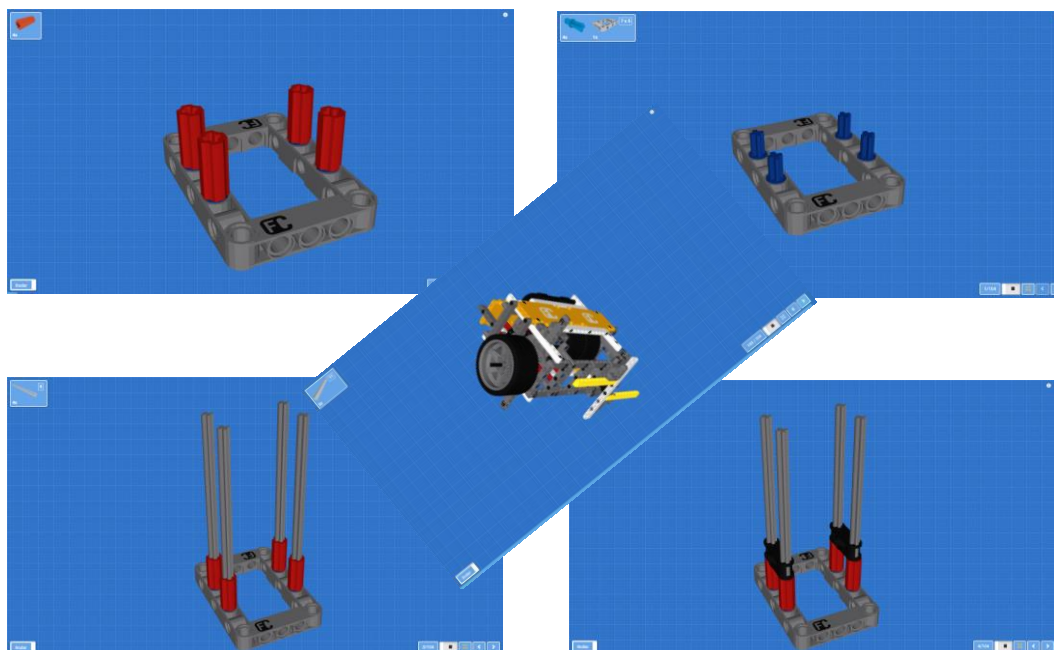
5 – PEÇAS UTILIZADAS NA CONSTRUÇÃO DO VOLANTE INERCIAL

Peça	Número	Descrição	Quantidade
	64179	Feixe técnico 7 x 5 com centro aberto 5 x 3	7
	43093	Conector eixo com fricção	12
	59443	Luva conectora para eixo técnico	10
	60485	Eixo técnico 9	4
	32184	Bloco transversal 1 x 3 (eixo / pino / eixo)	6
	3649	Engrenagem de 40 dentes	2
	3706	Eixo técnico 6	3
	32123a	1/2 bucha com furo do eixo reduzido suave	2
	3713	Bucha	19
	10928	Engrenagem 8 dentes reforçado	2

	32073	Eixo 5	1
	6558	Conector de fricção tripo	6
	2780	Conector de fricção	113
	32316	Viga 1 x 5	5
	55615	conectores de pinos 3 x 3 dobrado 90 graus com 4 pinos	4
	32278	Viga 1 x 15	11
	32526	Viga L 3 x 5	4
	32524	Viga 1 x 7	3
	3708	Eixo técnico 12	1
	15038	Jante de roda 34/56 com 6 raios e 6 cavilhas	4
	44771	Pneu 35/46 x 56 ZR	4
	6538b	Luva deslocador axial	1

	74782	Painel técnico	6
	32140	Viga L 2 x 4	2
	3749	Conector eixo	1
	87082	Pino Longo com furo de alfinete	1
	60484	Viga T 2 x 3	2
	32525	Viga 1 x 11	5
	99009	Mesa disco 28 sem dentes	1
	99010	Mesa 28 com dentes	1

6 – PASSO A PASSO DA MONTAGEM



Com o QRcode abaixo é possível obter o passo a passo da montagem do volante inercial.



6.1 – RECURSO OPCIONAL COM HARDWARE DE BAIXO CUSTO

Observando vários trabalhos publicados sobre robótica educacional, podemos perceber que muitos deles usam o LEGO como ferramenta, mas que devido a seu alto custo levar os pesquisadores a se utilizar de outros meios de hardware, entre eles podemos destacar o Arduino, que é uma plataforma eletrônica de software e hardware livre.

O Arduino (figura T), é um hardware livre ou também chamado de *open source*, ou seja, os seus projetos são de acesso livre. Sem contar que o Arduino é uma controladora multiuso em uma única placa, essas placas podem ser conectadas a outros dispositivos. Uma das grandes vantagens do Arduino é sua programação **C/C++**, que é uma das linguagens de programação mais usada no mundo.



Figura T

Com o Arduino em mãos o estudante pode criar várias programações feita pela LEGO, claro que não é parte dessa dissertação falar como construir o volante inercial com o Arduino, o que está tentando se mostrar aqui é que será possível fazer o estudo do volante inercial com outras ferramentas didáticas.

Dessa forma com custo muito baixo o Arduino pode ser uma ferramenta útil para produção não só de um volante inercial mais também de outras construções e programações feita pela LEGO.