

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E
MATEMÁTICA
MESTRADO PROFISSIONAL**

ROSELI FORNAZA

ROBÓTICA EDUCACIONAL APLICADA AO ENSINO DE FÍSICA

CAXIAS DO SUL, RS

MAIO

2016

UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E
MATEMÁTICA

ROBÓTICA EDUCACIONAL APLICADA AO ENSINO DE FÍSICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPECiMa) Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática, da Universidade de Caxias do Sul (UCS), sob a orientação da Prof. Dra. Carine Geltrudes Webber e coorientação da Prof. Dra Valquíria Villas Boas Gomes Missell, como pré-requisito para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

CAXIAS DO SUL

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Universidade de Caxias do Sul
UCS - BICE - Processamento Técnico

F727r Fornaza, Roseli, 1979-
Robótica educacional aplicada ao ensino de física / Roseli Fornaza. –
2016.
162 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado) – Universidade de Caxias do Sul, Programa de
Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, 2016.

Orientação: Profa. Dra. Carine Geltrudes Webber ; Coorientação: Prof.
Dra. Valquíria Villas Boas Gomes Missell.

1. Física - Estudo e ensino. 2. Robótica. 3. Aprendizagem. 4. Jogos
educativos. I. Título.

CDU 2. ed.: 37.016:53

Índice para o catálogo sistemático:

| | |
|-----------------------------|-----------|
| 1. Física - Estudo e ensino | 37.016:53 |
| 2. Robótica | 681.5 |
| 3. Aprendizagem | 37.013 |
| 4. Jogos educativos | 37.015.3 |

Catalogação na fonte elaborada pela bibliotecária
Paula Fernanda Fedatto Leal – CRB 10/2291

Robótica educacional aplicada ao ensino de física

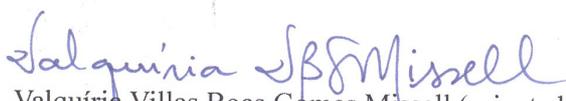
Roseli Fornaza

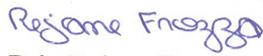
Dissertação de Mestrado submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade de Caxias do Sul, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática, Área de Concentração: Ensino de Ciências e Matemática.

Caxias do Sul, 15 de abril de 2016.

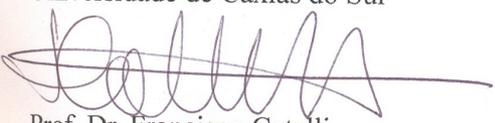
Banca Examinadora:


Prof.^a. Dr.^a. Carine Geltrudes Webber (orientadora)
Universidade de Caxias do Sul


Prof.^a. Dr.^a. Valquíria Villas Boas Gomes Missell (orientadora)
Universidade de Caxias do Sul


Prof.^a. Dr.^a. Rejane Frozza
Universidade de Santa Cruz do Sul


Prof.^a. Dr.^a. Helena Graziottin Ribeiro
Universidade de Caxias do Sul


Prof. Dr. Francisco Catelli
Universidade de Caxias do Sul

Dedico este trabalho às pessoas mais Importante da minha vida:

Minha mãe, pelo exemplo de vida que é.

Meu pai, o mais generoso e humano de todos os pais.

Meus irmãos pelo incentivo e as palavras de conforto.

Ao meu filho, Arthur, amor da minha vida, que soube entender minhas ausências e esperar calmamente pela minha atenção.,

À professora e amiga Carine Geltrudes Webber por acreditar em mim e me fazer crer também.

AMO MUITO VOCÊS !!!

Agradecimentos

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus que nos dá saúde, força, respiração.

Agradeço aos meus irmãos por sempre me encorajarem nesta luta, força, incentivo.

Agradeço aos meus pais pelo incentivo, amor, carinho, luz e possibilitar que eu realizasse os meus sonhos.

Ao meu filho, Arthur Fornaza, amor da minha vida que soube esperar com calma minha atenção, entendendo minha ausência.

Agradeço profundamente aos meus alunos com os quais convivi ao longo destes dois anos de muito trabalho, estudo, alegria, afeto, carinho e diversão. Trabalhamos nos divertimos, e por isso aprendemos fazendo.

A Diretora, professores e funcionários do Colégio Mutirão Caxias pelo apoio, oportunidade de viver intensamente este momento.

À Minha Orientadora, Carine Geltrudes Weber, que foi minha guia, Inspiração, amiga, que me dedicou seu tempo, sua casa, sabedoria, exigência, humildade, compreensão e que me motivou quando estava cansada.

À Minha Coorientadora, Valquíria Villas Boas Gomes Missell, sabedoria, exigência e compreensão.

Ao professor Francisco Catelli pelo incentivo, sabedoria, alegria, humildade.

Aos meus colegas do curso, por tornarem a jornada mais leve, agradável e divertida.

Aos professores do Mestrado Profissional de Ciências e Matemática.

RESUMO

O ensino da Física está fundamentalmente baseado na resolução de problemas. A experimentação tem também se tornado um elemento presente nas situações de aprendizagem. Mesmo assim, o estudo da Física é um campo rico para o desenvolvimento de concepções prévias. Observa-se que o ensino de certos conceitos de Física (como força de atrito, gravidade e movimento) a partir das metodologias tradicionais (baseadas na conceituação, exemplificação e resolução de problemas) parece não garantir que certas concepções prévias sejam corrigidas. Diversos estudos têm demonstrado que concepções prévias podem se estabilizar ao longo dos anos e se tornar persistentes a tal ponto que mesmo após diversos anos de estudo, os estudantes chegam aos cursos universitários com tais concepções. Materiais concretos, que permitam aos estudantes construir, testar e confrontar teorias são uma abordagem indicada para complementar o ensino, buscando desestabilizar concepções prévias. Diversos materiais podem ser úteis nesse processo (brinquedos, sucata e outros). Idealmente, materiais pedagógicos são mais apropriados, destacando-se materiais robóticos educativos. Kits educacionais de Robótica lembram um brinquedo, mas quando integrados aos conteúdos curriculares, colocam o estudante como construtor de sua aprendizagem, repensando seus conceitos preexistentes. Situado nessa problemática, o presente estudo descreve o desenvolvimento e experimentação de um jogo didático destinado ao ensino de conceitos de Física, fazendo uso de materiais robóticos. Kit de Robótica Lego MINDSTORMS foram utilizados na realização das atividades. A primeira atividade teve por objetivo identificar concepções prévias sobre os conceitos de força de atrito, gravidade e movimento. A partir das concepções identificadas foi desenvolvido um jogo de equipes composto por diversas etapas. Cada etapa teve por objetivo testar certas concepções e promover a aprendizagem. Os experimentos foram realizados com um grupo amostral de 11 estudantes (inicialmente do 5º e no ano seguinte do 6º ano do Ensino Fundamental) em uma escola da rede privada. A escolha por estudantes do Ensino Fundamental foi movida pela necessidade de avaliar tanto as concepções prévias quanto as contribuições do trabalho antes do ensino formal dos conceitos de Física trabalhados. Considera-se que a contribuição do presente trabalho está em elaborar situações de aprendizagem que incluam materiais robóticos e uma metodologia fundamentada em jogos de equipe em nível de Ensino Fundamental. A análise dos resultados, observações e respostas dos estudantes permitiu verificar que os estudantes foram ativos durante todo o processo de desenvolvimento das atividades propostas. Pela forma como interagiram com os materiais, os estudantes foram criativos nas construções que visavam a produção do conhecimento. Comparando-se as concepções dos estudantes antes e após o jogo, há evidências de que houve evolução, pois eles conseguiram se apropriar dos conceitos em torno dos temas, aspecto que pode revelar a ocorrência de uma aprendizagem.

Palavras-chave: Robótica Educacional, Física, Teoria das Concepções.

ABSTRACT

Teaching Physics is fundamentally based on problem solving. Experimentation has become a present element in such learning situations. Still, Physics is a rich field for the development of misconceptions. It is observed that teaching certain concepts in Physics (such as Force, Gravity and Friction) from traditional methodologies (based on conceptualization, building examples and solving problems) seems not to ensure that certain misconceptions be corrected. Several studies have shown that misconceptions may become stable over the years and persist to the point that even after several years of study, learners arrive at the university courses with such conceptions. Concrete materials, which allow learners to build, test and confront theories are one approach indicated to complement teaching, seeking to destabilize misconceptions. Several materials can be useful in this process (toys, scrap, etc.). Ideally, pedagogical materials are most appropriated, such as educational robotics components. Educational Robot kits seem a toy, but when integrated to curricular contents, they place the learners as a constructor of his/her learning, rethinking pre-existent concepts. Situated in this problem context, the present study describes the development and experimentation of a didactic game to assist Physics teaching. Educational Robot Kits from LEGO MINDSTORMS were used in the accomplishment of the activities. The first activity had the objective of discovering learners misconceptions about friction, Gravity and Movement. From this point on, it has been developed a collaborative game made of three stages. Each stage has the objective of testing certain conceptions and promoting the learning. The experiments were accomplished with a group of eleven students (from elementary level) in a private school. The choice of elementary school students was driven by the need to evaluate both the preconceptions as the contributions of the work before the formal teaching of Physics concepts started. It is assumed that the contribution of this work is to draw up learning situations that include robotics material and a methodology based on collaborative games in elementary school level. Results, observations and students answers have allowed to attest that students were active during the experiment. Comparing initial and final conceptions it is possible to attest that there was evidence of learning.

Keywords: Educational Robotics, Physics, Theory of Conceptions.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 Exemplo de descrição de Força extraído de Helou, Gualter e Newton (2007)..... | 27 |
| Figura 2 Representação das diversas forças que atuam sobre um corpo, nesse caso, em repouso. | 27 |
| Figura 3 Exercício sobre conceitos de equilíbrio e força de atrito extraído de (HELOU, GUALTER E NEWTON 2007). | 28 |
| Figura 4 Fórmula do trabalho | 31 |
| Figura 5 Componentes do kit Arduíno | 36 |
| Figura 6 Kit Fischertechnik Designer School | 37 |
| Figura 7 Componentes do kit Lego 9797 | 38 |
| Figura 8 Exemplo de questão sobre gravidade | 48 |
| Figura 9 Exemplo de veículo que deve trafegar sobre diferentes materiais | 48 |
| Figura 10 Explanação dos Conceitos de Física | 49 |
| Figura 11 Ilustra as medalhas a serem disponibilizadas para as equipes | 55 |
| Figura 12 Tabuleiro do jogo (pista para veículos)..... | 57 |
| Figura 13 Pista de 4 metros em madeira lisa | 58 |
| Figura 14 Ilustração dos robôs..... | 58 |
| Figura 15 Modelos de robôs | 60 |
| Figura 16 Percurso de 4 metros em linha reta, com subida e descida da rampa. | 60 |
| Figura 17 Percurso em madeira, rampa, caixa de areia. | 62 |
| Figura 18 Material áspero de concreto (4 metros)..... | 62 |
| Figura 19 Material que simula grama (4 metros) | 62 |
| Figura 20 Tabuleiro do jogo..... | 72 |
| Figura 21 Percurso em linha Reta da Primeira Atividade com robôs. | 73 |
| Figura 22 Estudante realizando testes em linha reta na pista na primeira fase do jogo | 74 |
| Figura 23 Programação realizada pelos estudantes para o robô andar para frente..... | 74 |
| Figura 24 Programação com regulagem de rotação de 60..... | 75 |
| Figura 25 Programação com regulagem de rotação 100 | 75 |
| Figura 26 Programação com regulagem de rotação 30 | 76 |
| Figura 27 Programação com regulagem de rotação 60 | 76 |
| Figura 28 Programação com regulagem de rotação 100 | 77 |
| Figura 29 Ilustração da programação para o robô realizar uma curva. | 78 |
| Figura 30 Equipes envolvida nos testes..... | 78 |

| | |
|---|-----|
| Figura 31 Robôs utilizados na segunda fase do jogo | 83 |
| Figura 32 Percurso de 4 metros em linha reta, com subida e descida da rampa. | 83 |
| Figura 33 Programação da equipe 1 | 84 |
| Figura 34 Programação da equipe 2 | 85 |
| Figura 35 Programação da equipe 3 | 85 |
| Figura 36 Programação de testes de força de regulação | 86 |
| Figura 37 Programação da equipe 4 | 86 |
| Figura 38 Estudante da equipe 1 testando seus robôs na rampa..... | 87 |
| Figura 39 Estudante da equipe 2 testando seus robôs na rampa..... | 88 |
| Figura 40 Estudante da equipe dois testando seus robôs na rampa no percurso inverso | 88 |
| Figura 41 Estudante da equipe quatro testando seus robôs na rampa | 88 |
| Figura 42 Programação da equipe nº 4 (Elas se intitularam "Engenheiras do Lego") | 89 |
| Figura 43 Descrição da programação da equipe 4..... | 89 |
| Figura 44 Programação dentro do laço de repetição | 90 |
| Figura 45 Resposta de uma equipe sobre Gravidade..... | 91 |
| Figura 46 Robôs da terceira fase do jogo | 95 |
| Figura 47 Percurso de rampa com caixa de areia | 96 |
| Figura 48 Robô Ilustrando Movimento para realizar curva | 98 |
| Figura 49 Resposta da questão 02 equipe 02..... | 99 |
| Figura 50 Programação com sensor de luz..... | 100 |
| Figura 51 Testando o robô realizar curva em uma folha quadriculada | 100 |
| Figura 52 Transcrição da programação da questão 4 | 102 |
| Figura 53 Programação para o robô fazer curva..... | 103 |
| Figura 54 Estudantes testam os robôs em diferentes materiais | 104 |
| Figura 55 Percurso material áspero (4 metros)..... | 104 |
| Figura 56 Percurso grama artificial (4 metros)..... | 104 |
| Figura 57 Carrinho de uma das equipes sendo testado sobre piso emborrachado. | 139 |
| Figura 58 Registro descritivo de estudante após o experimento com o kit de Robótica. | 140 |
| Figura 59 Registro descritivo de estudante e imagem do veículo. | 140 |
| Figura 60 Registro descritivo de um estudante sobre a atuação da gravidade. | 141 |
| Figura 61 Respostas do estudante E1 da equipe 1..... | 143 |
| Figura 62 Respostas do estudante E2 da equipe 1..... | 143 |
| Figura 63 Respostas do estudante E3 da equipe 1..... | 143 |
| Figura 64 Respostas do estudante E4 da equipe 2..... | 144 |

| | |
|--|-----|
| Figura 65 Respostas do estudante E5 da equipe 2..... | 144 |
| Figura 66 Respostas do estudante E6 da equipe 2..... | 144 |
| Figura 67 Respostas do estudante E7 da equipe 3..... | 145 |
| Figura 68 Respostas do estudante E8 da equipe 3..... | 145 |
| Figura 69 Respostas do estudante E9 da equipe 3..... | 145 |
| Figura 70 Respostas do estudante E10 da equipe 4..... | 146 |
| Figura 71 Respostas do estudante E11 da equipe 4..... | 146 |
| Figura 72 leiaute geral do programa software Lego MINDSTORMS 2.0 | 153 |
| Figura 73 Mover (motor)..... | 153 |
| Figura 74 Opção de escolha da porta do motor | 153 |
| Figura 75 Sentido que vai andar o motor | 154 |
| Figura 76 Escolha da força | 154 |
| Figura 77 Exemplo de programação dos motores | 155 |
| Figura 78 Seleção das funções do programa do NXT 2.0 | 155 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|-----|
| Tabela 1 Descrição das Etapas do Trabalho..... | 47 |
| Tabela 2 Lista de concepções identificadas no primeiro experimento..... | 50 |
| Tabela 3 Apresentação geral do jogo..... | 64 |
| Tabela 4 Organização das equipes, nomes e identificadores..... | 65 |
| Tabela 5 Transcrição das respostas dos estudantes para a primeira questão..... | 66 |
| Tabela 6 Transcrição das respostas dos estudantes para a segunda questão..... | 67 |
| Tabela 7 Transcrição da resposta de cada estudante da terceira questão..... | 68 |
| Tabela 8 Comparando as respostas das três questões..... | 70 |
| Tabela 9 Concepções da primeira fase do jogo..... | 73 |
| Tabela 10 Anotações da realização e Distância cumprimento das equipes 1, 2, 3 e 4..... | 77 |
| Tabela 11 Fechamento das anotações das equipes e a pontuação final de cada equipe..... | 81 |
| Tabela 12 Respostas Transcritas das Equipes Sobre Trajeto da Rampa..... | 87 |
| Tabela 13 Transcrição das respostas das equipes para questão 3..... | 90 |
| Tabela 14 Respostas transcritas das equipes para a questão a e b..... | 92 |
| Tabela 15 Tabela de acompanhamento do desenvolvimento das atividades da segunda fase..... | 94 |
| Tabela 16 Registros das equipes na rampa e caixa de areia..... | 96 |
| Tabela 17 Transcrição da resposta da equipe 2 para a questão 2..... | 100 |
| Tabela 18 Transcrição das respostas das 4 equipes para a questão 3..... | 101 |
| Tabela 19 Fechamento das anotações das equipes e a pontuação final de cada equipe..... | 105 |
| Tabela 20 Pontuação total de cada equipe..... | 106 |
| Tabela 21 Relação de concepções prévias apresentadas pelos estudantes..... | 107 |
| Tabela 22 apresenta as concepções dos estudantes ao término da segunda fase do jogo..... | 110 |
| Tabela 23 Avaliação das concepções nas três fases do jogo..... | 112 |
| Tabela 24 Como a Concepção (C8) foi desestabilizada..... | 114 |
| Tabela 25 Como a Concepção (C12) foi desestabilizada..... | 116 |
| Tabela 26 Kits e softwares que podem ser usados no jogo..... | 129 |
| Tabela 27 Tabela para anotações da realização e cumprimento da atividade..... | 147 |
| Tabela 28 Levantamento das concepções de acordo com a solução de situações problemas..... | 148 |
| Tabela 29 Tabela para anotações da realização e cumprimento da atividade..... | 150 |
| Tabela 30 Fechamento das anotações das equipes e a pontuação final de cada equipe..... | 152 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|------|-----------------------------------|
| EF | Ensino Fundamental |
| EM | Ensino Médio |
| ENEM | Exame Nacional do Ensino Médio |
| LDB | Lei de Diretrizes e Bases |
| MBL | Microcomputer-Based Lab |
| PCN | Parâmetros Curriculares Nacionais |
| RE | Robótica Educacional |

SUMÁRIO

| | | |
|-----------|--|------------|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 15 |
| 1.1 | Objetivos do Trabalho | 17 |
| 1.2 | Organização do Documento | 17 |
| 2 | FUNDAMENTOS TEÓRICOS | 18 |
| 2.1 | O Desafio de Ensinar | 18 |
| 2.2 | Teoria dos Campos Conceituais | 19 |
| 2.3 | Teoria das Concepções | 21 |
| 2.4 | Concepções em Física..... | 23 |
| 2.5 | Ensino de Física | 24 |
| 3 | ROBÓTICA APLICADA AO ENSINO | 32 |
| 3.1 | Robótica Educacional | 32 |
| 3.2 | Materiais Robóticos | 36 |
| 3.3 | Robótica Educacional Aplicada ao Ensino de Física | 38 |
| 4 | MATERIAL E MÉTODOS | 43 |
| 4.1 | Metodologia..... | 43 |
| 4.2 | Descrição das Etapas do Trabalho | 45 |
| 4.3 | Descrição da Primeira Etapa..... | 47 |
| 4.4 | Segunda Etapa: Visão Geral do Jogo..... | 54 |
| 4.5 | Primeira Fase do Jogo..... | 56 |
| 4.6 | Segunda Fase do Jogo..... | 59 |
| 5 | CENÁRIO DE APLICAÇÃO DO JOGO | 64 |
| 6 | CONCLUSÕES..... | 121 |
| 7 | TRABALHOS FUTUROS | 128 |
| 8 | APRESENTAÇÃO DO PRODUTO FINAL DA DISSERTAÇÃO | 129 |
| 8.1 | Relatório da Atividade | 130 |
| 9 | REFERÊNCIAS..... | 131 |
| 10 | APÊNDICES | 137 |
| 10.1 | A - Atividades para levantamento de concepções. | 137 |
| 10.2 | B – Levantamento das concepções iniciais..... | 139 |
| 10.3 | C - Questões da Primeira Fase do Jogo | 142 |
| 10.4 | D – Respostas dos estudantes das questões abertas..... | 143 |
| 10.5 | E Tabela de Execução da Atividade | 147 |
| 10.6 | F Tabela para Levantamento das Concepções dos Estudantes | 148 |

| | | | |
|-------|---|---|-----|
| 10.7 | G | Questões da Segunda Fase do Jogo | 149 |
| 10.8 | H | Tabela de Execução da Atividade..... | 150 |
| 10.9 | I | Questões da Terceira Fase do Jogo. | 151 |
| 10.10 | J | Tabela de Acompanhamento da Atividade da Fase 3 | 152 |
| 10.11 | L | Software para Programação do NXT 2.0 | 153 |
| 10.12 | M | Autorização de uso de Imagem e Depoimentos | 157 |
| 10.13 | N | Registro Fotográfico Durante o Jogo..... | 160 |

1 INTRODUÇÃO

No ensino das Ciências, são comuns as situações de aprendizagem baseadas na resolução de problemas. Identificar quais problemas são mais propícios a suscitar determinadas aprendizagens é uma tarefa importante. Os trabalhos de Vergnaud, nesta área, propõem que se considere a organização do conhecimento em campos conceituais cujo domínio ocorre progressivamente (VERGNAUND, 1982). Para Vergnaud, um campo conceitual é um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros e que se entrelaçam durante o processo de aprendizagem (MOREIRA, 2002). Assim, a importância de definir um campo conceitual está no fato de que uma situação de aprendizagem não pode ser analisada a partir de um único conceito e este não pode ser formado a partir de uma única situação.

Segundo Vergnaud, um conceito adquire sentido por meio de situações e problemas a resolver. Balacheff (2013) estendeu tal definição e propôs o modelo $cK\zeta$ (concepção, conhecimento e conceito). Nele, a aprendizagem pode ser entendida como um processo de aquisição de concepções, observadas a partir da resolução de problemas. Toda concepção (C) possui um domínio de validade, sendo representada formalmente por quatro elementos: $C = \{P, O, L, \Sigma\}$, assim descritos:

P representa um conjunto de problemas onde a concepção se manifesta;

O corresponde a um conjunto de operações que resolvem os problemas P;

L representa uma linguagem do domínio de P; e

Σ representa uma estrutura de controle aplicada pelo estudante para validar a sua solução de acordo com a concepção em questão.

Sendo assim, à medida que um estudante resolve problemas, ele mobiliza as suas concepções. Tais concepções podem se revelar errôneas durante um processo de resolução de problemas, no momento em que os operadores não são aplicados como esperado (estado de desequilíbrio). Para superar esse desequilíbrio, o estudante precisa ser capaz de identificar quais outros operadores podem ser aplicados. Nesse processo, as concepções mobilizadas podem ser reforçadas (quando cientificamente corretas) ou desestabilizadas e substituídas por outras corretas (BALACHEFF, 2013).

Para autores como McDermott (1991), algumas concepções prévias são tão graves que podem tornar a aprendizagem uma tarefa impossível. A origem de certas concepções

prévias pode estar na ausência de experimentos complementares ou ainda em falsas interpretações. Nesses casos, as concepções prévias podem se tornar altamente resistentes ao método convencional de ensino-aprendizagem, onde o estudante não assume um papel ativo no processo. O professor poderá, por meio de atividades diferenciadas, promover a participação dos estudantes, troca de experiências, trabalho em equipe, em que os mesmos possam trocar e discutir as ideias. “Um processo colaborativo entre professores e estudantes pode gerar transformações a partir de concepções prévias” Zilli (2004). Dessa forma, o processo de identificação das ferramentas tecnológicas, muitas vezes, é um desafio para o professor; porque, ao mesmo tempo, possibilita inovações e oportunidades de troca de saberes entre professores e estudantes. A partir daí, estabelece-se a relação entre os sujeitos e os objetos do conhecimento. Isso possibilita o reforço das concepções corretas e desestabiliza concepções prévias. Neste escopo, pretende-se explorar a aprendizagem de conceitos que demandam recursos além da sala de aula tradicional, incluindo experimentação e planejamento, confrontação com a realidade, o que permite ao estudante ver, pegar, tocar, e confrontar teorias com aquilo que pensa.

Nesta perspectiva, a Robótica Educacional, quando integrada aos conteúdos curriculares, coloca o estudante como construtor de sua aprendizagem, interagindo, relacionando seu aprendizado com outras áreas do conhecimento e repensando seus conceitos preexistentes. Como refere Coutinho (2003), a aprendizagem passa a ser vista como um processo ativo de construção. A Robótica Educacional - ao reproduzir os problemas do dia a dia - propicia um contexto mais significativo e motivador, testando na prática a montagem dos robôs e verificando as suas percepções.

Situado nesta problemática, o presente trabalho constitui uma sequência natural de estudos precedentes que colocam a Robótica como uma importante ferramenta de auxílio ao ensino das Ciências (Maisonnette, 2002; Castilho, 2003; Coutinho, 2003; Zilli, 2004; Fagundes, 2008; Lopes, 2008; Maliuk, 2009; Furletti, 2010 e Nascimento, 2014). Baseado neste cenário complexo, a originalidade do presente trabalho está em elaborar situações de aprendizagem que incluam materiais robóticos e uma metodologia fundamentada em jogos colaborativos. Assim, busca-se desenvolver e testar um produto pedagógico que promova a inserção da Robótica Educacional no ensino de Física em nível de Ensino Fundamental. Para tal, a questão de pesquisa proposta neste trabalho é a seguinte:

“A Robótica Educacional, integrada ao ensino de Física, pode reforçar e (ou) desestabilizar concepções prévias dos estudantes?”.

1.1 Objetivos do Trabalho

O objetivo deste trabalho é se valer da potencialidade da Robótica Educacional, integrada a estratégias ativas de aprendizagem, a fim de propor um material didático para promover a ocorrência da aprendizagem significativa de conceitos de Física em nível de Ensino Fundamental. Tal material deve contemplar situações de aprendizagem que desestabilizem as possíveis concepções prévias presentes no processo.

Destacam-se os seguintes objetivos específicos:

- a) Identificar quais são as concepções prévias mais comuns apresentadas pelos estudantes durante a aprendizagem de conceitos de Física (Força de atrito, gravidade e movimento);
- b) Elaborar situações ou vivências de aprendizagem que favoreçam a ocorrência da aprendizagem de conceitos de Física (Força de atrito, gravidade e movimento), a partir das práticas de Robótica Educacional;
- c) Desenvolver atividades baseadas nas situações de aprendizagem elaboradas que proporcionem aos estudantes uma experiência de aprendizado interdisciplinar, envolvendo as disciplinas de Robótica e Física;
- d) Desenvolver competências sociais junto aos estudantes de forma a favorecer o trabalho em equipe, as criações e o gerenciamento de projetos, o desenvolvimento de estratégias para a resolução de problemas, a valorização de conhecimentos prévios, a superação de conflitos e a construção das normas de convivência;
- e) Avaliar os benefícios e resultados das atividades propostas, mapeando as concepções mobilizadas pelos estudantes;
- f) Apresentar como produto final um Jogo Didático, construído a partir de concepções prévias dos estudantes sobre os conceitos de Força de Atrito, Gravidade e Movimento.

1.2 Organização do Documento

Este documento está organizado em oito capítulos. No capítulo dois, é apresentada uma breve revisão de autores, cujas teorias fundamentam este trabalho. No capítulo três, apresenta-se a robótica pelo seu viés de aplicação ao ensino. No capítulo quatro, material e método são explicitados e descreve-se a metodologia utilizada para desenvolver este trabalho. No capítulo cinco, o foco é o cenário de aplicação do jogo. Já no capítulo seis, é feita a análise

do jogo em termos de concepções. No capítulo sete são apresentadas as conclusões e trabalhos futuros. Por fim, o capítulo oito contém a apresentação do produto final da dissertação.

2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

A abordagem construtivista trata o processo de aprendizagem como uma atividade daquele que aprende, a partir de situações onde ele constrói o seu conhecimento partindo de experiências anteriores. O processo de ensino visto dessa forma não pode se limitar a seguir um caminho bem definido, pois obstáculos fazem parte dele. Muitas vezes, falsas concepções se impõem; em outras, dificuldades emergem. Cabe ao professor intervir, se valendo de metodologias e materiais didáticos apropriados. Sob esta perspectiva, o presente capítulo aborda metodologias de ensino e materiais que permitam criar um cenário de aprendizagem em Física capaz de incorporar problemas e desestabilizar falsas concepções.

2.1 O Desafio de Ensinar

Para Papert (2008), as crianças são aprendizes inatas, construtoras de seu próprio conhecimento. Ele afirma que qualquer assunto é simples de aprender se a pessoa consegue incorporá-lo ao seu arsenal de modelos. Papert coloca a criança “como um construtor”, ou seja, a instrução formal fornece os conteúdos necessários para a construção e reestruturação dos conhecimentos preexistentes. A velocidade com que essa construção é feita está fortemente ligada à quantidade de conteúdos acessíveis e à sua utilização de maneira eficaz. Ele defende a ideia de que os seres humanos aprendem melhor quando são envolvidos no planejamento e na construção dos objetos.

Como compara Papert (2008), a educação tradicional codifica o conhecimento e informa ao estudante apenas o necessário. Para ele, uma proposta construtivista moderna, mediada pelas tecnologias, deve partir da suposição de que o estudante deve buscar o conhecimento específico de que necessita por si só, sendo subsidiado pela educação formal e, assim, apoiado moral, psicológica, material e intelectualmente em seus esforços.

Para o processo de ensino ser eficaz, o professor precisa planejar suas aulas de modo que sejam significativas, visando trabalhar de forma criativa e estimuladora para desafiar os conceitos prévios dos estudantes e desestabilizar concepções prévias sobre os mesmos. Quando os estudantes são desafiados a buscar respostas, há o desejo da descoberta, da

pesquisa, de conhecer mais sobre determinados assuntos. É este estudante, ativo na construção dos conhecimentos, que torna a sua aprendizagem significativa; e o professor, o sujeito que apontará caminhos para a construção do saber.

Para que se possa viver uma educação de qualidade e que possa ocorrer a construção dos conhecimentos de maneira eficaz, é fundamental que o professor seja mestre. Mestre é alguém capaz de aprender com os mais novos, inovador, criativo, não se restringindo apenas à sabedoria que os anos de vida lhe concederam (FAZENDA, 2011). A partir do momento em que o professor planeja a sua atividade de ensino, é preciso que busque temas com abordagens que consiga integrar às diferentes disciplinas do currículo escolar, para que os mesmos possam relacionar as diferentes áreas do conhecimento, deixando de lado as temáticas fragmentadas. Quando o professor se propõe a planejar desta maneira, ele busca uma forma de ensino interdisciplinar.

O professor precisa desenvolver um planejamento adequado para facilitar a construção do conhecimento, já que alguns conceitos são dificilmente compreendidos pelos estudantes durante a vida escolar. No que se refere a conteúdos abstratos e complexos, alguns estudantes chegam à universidade com concepções prévias. A fim de superar tal dificuldade decorrente do próprio processo de ensino tradicional, o professor precisa trabalhar com as relações entre conteúdos e o cotidiano do estudante, dando sentido para o que ele está estudando. Esse pode ser um passo importante para superar também a desmotivação dos estudantes com a aprendizagem. Percebe-se que, em geral, a aprendizagem ocorre por que existe um diferencial motivacional significativo entre as atividades desenvolvidas na sala de aula em comparação ao que acontece na vida real do estudante. Para reduzir tal diferença, a escola necessita empregar métodos de ensino que acompanhem a evolução da sociedade e das tecnologias, fazendo uso de recursos que insiram os estudantes ativamente nos processos de ensino-aprendizagem.

2.2 Teoria dos Campos Conceituais

A teoria dos campos conceituais de Gérard Vergnaud é uma teoria psicológica cognitivista que supõe que o núcleo do desenvolvimento cognitivo é a conceitualização do real (VERGNAUD 1996). Como teoria psicológica de conceitos, a conceitualização é considerada a peça principal da cognição (VERGNAUD 1998). Para Vergnaud, o conhecimento está organizado em campos conceituais, cujo domínio, da parte do aprendiz,

ocorre ao longo de um largo período de tempo, por meio de experiência, maturidade e aprendizagem (VERGNAUD 1982).

Campo conceitual é um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros e, provavelmente, entrelaçados durante o processo de aquisição. Em primeiro lugar, é definido também como sendo um conjunto de situações cujo domínio requer, por sua vez, o domínio de vários conceitos, procedimentos e representações de naturezas distintas (VERGNAUD, 1990).

Conceitos são definidos por três conjuntos: o primeiro é um conjunto de situações (S) que constituem a referência dos conceitos; o segundo é um conjunto de invariantes operatórios (I) (teoremas e conceitos-em-ação) que dão o significado do conceito; e o terceiro é um conjunto de representações simbólicas (R) que compõem seu significante. De acordo com o autor, são as situações que dão sentido aos conceitos. É natural definir campo conceitual como sendo, sobretudo, um conjunto de situações. Um conceito torna-se significativo por meio de uma variedade de situações (VERGNAUD, 1994), mas o sentido não está nas situações em si mesmas, assim como não está nas palavras nem nos símbolos (VERGNAUD, 1994). O sentido é uma relação do sujeito com situações significantes. Mais precisamente, são os esquemas, i.e., as ações e sua organização, evocados no sujeito por uma situação ou por um significante que constituem o sentido dessa situação ou desse significante para esse indivíduo (VERGNAUD, 1993). Os conhecimentos contidos em um esquema são denominados conceitos-em-ação e teoremas-em-ação. Esses também podem ser chamados pela expressão mais abrangente, invariantes operatórios. Esquema é o que há de invariante na organização da conduta frente a certa classe de situações. Teoremas-em-ação e conceitos-em-ação são componentes essenciais dos esquemas. Teorema-em-ação é uma proposição tida como verdadeira sobre o real. Conceito-em-ação é um objeto, um predicado, ou uma categoria de pensamento tida como pertinente, relevante a uma dada situação. Há uma relação dialética entre conceitos-em-ação e teoremas-em-ação, uma vez que conceitos são ingredientes de teoremas, e teoremas são propriedades que dão aos conceitos seus conteúdos. Conceitos e teoremas explícitos são uma pequena parte da conceitualização; sem a parte implícita formada pelos invariantes operatórios, a parte explícita não teria significado. Da mesma forma, não há como falar dos invariantes operatórios sem a contribuição do conhecimento explícito. (VERGNAUD, 1993).

Vergnaud considera que os esquemas necessariamente se referem a situações, a tal ponto que se deve falar em interação esquema-situação em vez de interação sujeito-objeto.

Esquemas têm como ingredientes essenciais os invariantes operatórios, que são os conceitos em ação e teoremas em ação que constituem a parte conceitual dos esquemas (os conhecimentos que estão contidos nos esquemas). O conhecimento é, principalmente, implícito e o aprendiz tem dificuldades em explicá-lo ou expressá-lo, mas isso não significa que tal conhecimento não possa ser explicado. Isso pode ocorrer por meio do processo de explicação do conhecimento. Nesse contexto, o professor tem um papel fundamental como mediador. Os teoremas em ação e conceitos em ação podem tornar-se verdadeiros teoremas e conceitos científicos (VERGNAUD 1996).

2.3 Teoria das Concepções

Um estudo importante sobre concepções é apresentado por Confrey (1990), que propôs o paradigma de concepções errôneas. Uma concepção errônea é aquela que viola alguma interpretação tomada como científica. Já uma concepção prévia é algo que “existe antes”, não necessariamente uma concepção errônea. De acordo com Confrey, se procurarmos atentamente atribuir um sentido a uma resposta incorreta apresentada por um estudante, poderá descobrir que ela é plausível e razoável. O mesmo problema ao tratar de erros e concepções prévias dos estudantes foi estudado por Balacheff (2013). Segundo Balacheff, ao analisar-se o comportamento dos estudantes, deve-se considerar a existência de estruturas mentais contraditórias e incorretas do ponto de vista de um observador. Tais estruturas mentais podem, entretanto, ser consideradas coerentes quando aplicadas a contextos particulares (uma classe de problemas).

A Teoria das Concepções (CK ϕ - *concept, knowledge, conception*) de Balacheff (1995) constitui uma extensão do trabalho de Vergnaud. Ela tem o objetivo de estudar as relações entre os conceitos, os conhecimentos e as concepções que podem ser explicitados por meio de atividades que os estudantes desenvolvem.

Para Balacheff (1995), buscar a noção de concepção é estimular ações no estudante, mediante a realização de atividades. A teoria das Concepções considera o fato de que ao resolver um problema, o estudante age de forma coerente. Para isto considera que uma concepção **C** envolve uma quádrupla (**P, R, L, S**) na qual:

P é um conjunto de problemas, sobre o qual **C** é operatório;

R é um conjunto de operadores (ferramentas cognitivas para ação);

L é um sistema de representação, que permite exprimir os elementos de **P** e de **R**;

S é uma estrutura de controle, que assegura a não contradição de C.

Nesta quádrupla, um sujeito diante de um problema a resolver, pode dispor de várias concepções sobre um mesmo objeto e mobilizar uma ou outra em função do problema proposto. Essas concepções podem ser verdadeiras, considerando que cada uma delas tem um domínio de validade, mas que o estudante pode mobilizá-las fora deste domínio. Isto pode se originar de várias situações identificadas no ensino e na aprendizagem do conceito. A caracterização do conjunto de problemas é considerada por Balacheff (1995) como muito complexa, afirmando que a opção sugerida por Vergnaud (1996) de considerar todos os problemas para os quais a concepção considerada fornece ferramentas eficientes para elaborar uma solução, é insuficiente. Balacheff argumenta que o conjunto de problemas deve incluir apenas os problemas que dão significado à concepção.

Os operadores são as ferramentas cognitivas que os estudantes empregam para resolver os problemas. Um exemplo de operador seria o uso de regra sintática para transformar uma expressão algébrica ou teorema. Para Balacheff (1995), o sistema de representação consiste em um conjunto de significantes que podem ser compreendidos como a representação de um objeto ou pensamento e deve ser adequado para dar conta dos problemas e permitir a ação dos operadores. São exemplos de sistemas de representação: a linguagem algébrica, o desenho geométrico e a representação gráfica. Por último, o autor define a estrutura de controle como a estrutura que permite exprimir os meios do estudante fazer escolhas, tomar decisões e validar uma ação. Balacheff considera esta estrutura muito mais complexa do que a estrutura proposta por Vergnaud (1996), que faz referências aos teoremas em ação e aos invariantes operatórios. Ela é considerada mais complexa e inovadora, pois Balacheff (1995) acredita que a problemática da validação está intrinsecamente relacionada à compreensão, ou seja, a estrutura de controle tem a função de julgar a validade e a adequação da ação realizada pelo sujeito que resolve um problema. É essa validação que nos permitirá identificar determinada concepção. Todavia, para Vergnaud (1996) as ações vão apenas até os procedimentos utilizados para se verificar que as ações são legítimas e corretas, sem a preocupação de validá-las e, dessa forma, propiciar a compreensão.

Assim, a Teoria das Concepções se diferencia da Teoria dos Campos Conceituais no duplo papel dos invariantes operatórios. Enquanto na primeira, estão organizados em duas categorias (operadores e estrutura de controle); na segunda, eles estão agrupados em uma ampla classe de invariantes. Para que se possa identificar alguma concepção, a aplicação de uma atividade se faz necessária, pois segundo Balacheff (1995), a concepção é uma instanciação do conhecimento de um sujeito com o problema, ou seja, as concepções são

influenciadas pelo problema. Neste trabalho, segue-se a terminologia proposta por Balacheff para tratar das concepções prévias dos estudantes. Uma concepção é um observável neste trabalho de pesquisa, que pode ser comprovada por prova textual ou oral (achado da pesquisa). Portanto, considera-se que os estudantes mobilizam suas concepções no momento em que resolvem problemas. Uma concepção se estabiliza quando ela encontra um domínio de validade. Uma concepção se desestabiliza quando os operadores definidos nela falham ao resolver um problema proposto. Neste caso, tal concepção prévia pode vir a ser substituída por outra.

2.4 Concepções em Física

Em Física, desde o final dos anos 70, encontra-se em pleno desenvolvimento de uma área de pesquisa que tem como foco a investigação de concepções prévias (JOHNSTONE, MACDONALD, WEBB, 1977; ERICKSON, 1979; FREDETTE e LOCHHEAD, 1980; CARAMAZZA e MCCLOSKEY, 1981; CLEMENT, 1982; ZYLBERTSZTAJN, 1983; MCDERMOTT, 1984; CONFREY, 1990; PFUNDT e DUIT, 1993; CHI, 2005). Desde então, estudos têm evidenciado que crianças e adolescentes desenvolvem e trazem, para as salas de aula, concepções a respeito de fenômenos físicos. Pesquisas têm demonstrado que estas concepções (na forma de expectativas, crenças, princípios intuitivos) cobrem uma vasta gama dos conceitos que fazem parte dos currículos de disciplinas científicas. Tais noções são fortemente incorporadas à estrutura cognitiva do estudante, tornando-se resistentes à instrução.

Somente a partir dos anos noventa, diversos pesquisadores começaram a documentar a existência de concepções prévias nas outras ciências (PFUNDT E DUIT, 1993), com o intuito de compreender como interferem durante os processos instrucionais. Estudos prévios (CONFREY, 1990; CHI, 2005) destacam que elas tendem a prevalecer, sendo estáveis, resistentes e duradouras, apesar das instruções. Diversos trabalhos (JOHNSTONE, MACDONALD, WEBB, 1977; ERICKSON, 1979; FREDETTE e LOCHHEAD, 1980; CARAMAZZA e MCCLOSKEY, 1981; CLEMENT, 1982; ZYLBERTSZTAJN, 1983; MCDERMOTT, 1984; CONFREY, 1990; PFUNDT e DUIT, 1993; CHI, 2005) identificaram concepções prévias apresentadas pelos estudantes. Na área da Física, McDermott (1984) efetuou estudos de diversas concepções sobre o que é “força” e a sua relação com o movimento. Assim, estudou os casos das forças "passivas" (como a tensão de uma corda, que

se ajusta em face de uma força aplicada) e a força gravitacional, e ainda a velocidade e a aceleração de corpos sob a influência de forças.

Neste trabalho, assume-se que as concepções iniciais dos estudantes lhes proporcionam uma compreensão pessoal da realidade, influenciando nos processos de aprendizagem e na compreensão dos conceitos que lhes são ensinados. Por exemplo, concepções sobre a Gravidade estão comumente presentes no repertório dos estudantes desde as séries iniciais no estudo das Ciências até o Ensino Médio. Uma falsa concepção dos estudantes a respeito da “Gravidade” é a de que a força de Gravidade aumenta com a altura (BAR, 1994). Ainda, a concepção de que a Gravidade só atua nos corpos que se encontram em queda livre é bem difundida (BAR, 1994).

Outras concepções associadas à Gravidade assumem que:

1. os corpos pesados caem mais depressa do que os corpos leves;
2. a aceleração de um corpo em queda livre depende da sua massa;
3. a gravidade não age sobre corpos em repouso;
4. a gravidade é maior no alto de uma ladeira.

Algumas concepções alternativas sobre o movimento, encontradas na literatura, são semelhantes às noções presentes na filosofia aristotélica. Whitaker (1983) estudou as concepções de movimento de cem estudantes que cursavam diferentes níveis de cursos introdutórios de Física. No caso de dois corpos de mesmo formato e tamanho, mas pesos diferentes, a previsão do movimento de queda para muitos estudantes considerava que a velocidade é proporcional ao peso do corpo. Dessa forma, a maioria deles admitiu que o corpo mais pesado atingiria o solo primeiro. Algumas justificativas apresentadas pelos estudantes foram as seguintes:

1. o mais pesado atinge o solo primeiro;
2. o mais pesado viaja mais rápido do que o mais leve;
3. existe maior atração gravitacional sobre o objeto mais pesado;
4. os objetos caem porque são atraídos pela terra.

2.5 Ensino de Física

A Física é uma disciplina de grande importância no contexto das Ciências. Por meio da Física fenômenos e comportamentos naturais são explicados e compreendidos. Entretanto, o ensino da Física demanda uma forte articulação entre professor e estudantes por meio de recursos didáticos variados para que o objetivo de aprendizagem seja alcançado. Os

estudantes precisam ser motivados e envolvidos em atividades de aprendizagem de forma que eles se sintam desafiados a buscar soluções para resolver problemas. É importante que aconteça a interação entre as diversas formas do conhecimento (empírico e científico) nas aulas de Física. Para isso, o professor pode se valer de recursos tecnológicos que podem despertar maior interesse e envolvimento dos estudantes e, ao mesmo tempo, materializar os conceitos, contribuindo para a construção do conhecimento.

É importante salientar que, de acordo com Souza (2002), o que é perceptível a partir das aulas de Física é que esta disciplina parece estar muito longe da realidade dos estudantes. A razão geralmente atribuída para isso é o uso de estratégias de ensino ineficazes com base em atividades desinteressantes, onde predomina uma concepção tradicional em que o estudante é um ser passivo e o ensino utiliza de uma metodologia não atrativa. Principalmente, há uma excessiva rotina de aulas teóricas e lista de exercícios que, geralmente, priorizam a memorização de fórmulas matemáticas. Muitos conceitos científicos são extremamente difíceis de compreender pelos estudantes do Ensino Fundamental e Médio. A compreensão superficial dos conceitos aparece, quando é solicitado aos estudantes que expliquem certos conceitos ou fenômenos, como, por exemplo, a Gravidade. Devido a essa forma de ensino, estudantes são conduzidos para repetir mecanicamente as soluções de questões semelhantes previamente resolvidas pelos professores, o que termina, em geral, não promovendo o desenvolvimento da prática e das suas habilidades cognitivas.

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1998, p.48),

O ensino de física tem-se realizado frequentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos estudantes e professores e não só, mas também por isso, vazios de significativo. Privilegia a teoria e a abstração, desde o primeiro momento, em detrimento de um desenvolvimento gradual de uma abstração que, pelo menos, parta da prática e de exemplos concretos. Enfatiza a utilização de fórmulas, em situações artificiais, desvinculando a linguagem matemática que essas fórmulas representam de seu significado físico efetivo. Insiste na solução de exercícios repetitivos, pretendendo que o aprendizado ocorra pela automatização ou memorização e não pela construção do conhecimento por meio das competências adquiridas. Apresenta o conhecimento como o produto acabado, fruto de genialidade de mentes como a de Galileu, Newton ou Einstein, contribuindo para que os estudantes concluam que não resta mais nenhum problema significativo a resolver. Além disso, envolve uma lista de conteúdos demasiadamente extensa que impede o aprofundamento necessário e a instauração de um diálogo construtivo.

De acordo com Schroeder (2007), um fator que pode minimizar os problemas de aprendizagem de Física seria a introdução dessa disciplina já nas quatro séries iniciais do Ensino Fundamental, o que reduziria o preconceito sobre a matéria, aumentaria o conhecimento prévio do estudante e permitiria uma maior familiaridade com o método científico e com a experimentação. Schroeder (2007) ainda propõe que este ensino seja dividido em duas etapas, a primeira aplicada às séries iniciais do Ensino Fundamental e com objetivo de desenvolver o senso crítico do estudante, incentivá-lo a interagir com o meio e com os colegas e a observar os fenômenos. No segundo momento, já nas séries finais do Ensino Fundamental, a preocupação seria mais com o ENEM, vestibular, resolução de problemas, utilizando o aprendizado anterior no processo de construção dos conceitos. Estas mudanças facilitariam a aplicação de experimentação nas séries iniciais, uma vez que fogem do convencional e tornam o estudante agente dinâmico na construção de conhecimentos de conceitos de Física.

No âmbito da experimentação, resultados obtidos por Barbosa, Paulo e Rinaldi (1999) indicam que esse processo se desenvolve melhor dentro de uma concepção construtivista que possibilite a transformação das concepções errôneas em conceitos científicos claros. Por meio da experimentação, o estudante pode aprender de forma atrativa e prática, tornando a experimentação universal, no sentido de que pode ser aplicada em muitas situações de aprendizagem, desde que se respeite a realidade escolar do estudante, suas condições socioculturais e seu grau de cognição.

Neste trabalho, assume-se que certos conteúdos são mais propícios à experimentação. E que, mesmo em certos casos, a experimentação é condição fundamental para a concretização da aprendizagem. Tome-se como exemplo a aprendizagem do conceito de Força. O ensino das forças constitui uma etapa desafiadora na aprendizagem de Física, pois, em geral, ele se baseia em fórmulas, exemplos ilustrativos e exercícios envolvendo manipulações algébricas. Entretanto, a construção do conceito de Força depende de experimentos que complementem a formalização matemática.

Para exemplificar esta problemática, cabe um exemplo (vide figura 1) extraído do volume 1 do livro “Tópicos de Física”, que aborda a área da Mecânica, utilizado por diversas escolas (HELOU, GUALTER E NEWTON, 2007). O exemplo apresenta um texto descritivo e uma imagem.

Figura 1 Exemplo de descrição de Força extraído de Helou, Gualter e Newton (2007)

Uma pessoa empurra uma caixa sobre o piso de uma sala. As forças aplicadas sobre a caixa na direção do movimento são:

- F_p : força paralela ao solo exercida pela pessoa;
- F_a : Força de Atrito exercida pelo piso;

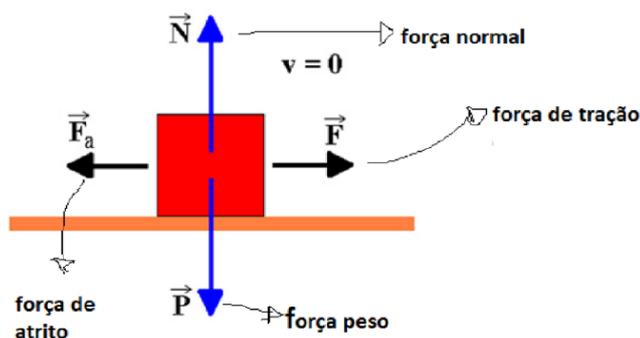
A caixa se desloca na mesma direção e sentido de F_p .

A força que a caixa exerce sobre a pessoa é F_c .



O estudo do conceito de Força de Atrito está associado ao movimento. Segundo o livro didático analisado (HELOU, GUALTER E NEWTON, 2007), um corpo parado não se move sozinho. É necessário um esforço, denominado força, para colocá-lo em movimento. Para manter o corpo em movimento, precisamos manter uma força empurrando o corpo. É necessário manter essa força porque existe outra força chamada Força de Atrito que atua no sentido contrário ao movimento do corpo. A Força de Atrito existe por causa do contato do corpo com a superfície na qual ele está apoiado. Se a Força de Atrito fosse reduzida a zero, o corpo permaneceria em movimento, em linha reta com velocidade constante indefinidamente. “Se, em um determinado momento, cessasse a força que o colocou em movimento, e cessasse também por completo a força de atrito, o corpo permaneceria em movimento, em linha reta, com a velocidade que ele possuía no instante que cessaram as forças, mantendo-se essa velocidade constante indefinidamente. (Essa é claro, é uma situação hipotética.)” Ou seja, se não existir nenhuma força resultante atuando sobre um corpo em movimento ele permanecerá, para sempre, em movimento com velocidade constante em linha reta. Uma ilustração tipicamente utilizada nessa conceituação é representada na figura 2.

Figura 2 Representação das diversas forças que atuam sobre um corpo, nesse caso, em repouso.



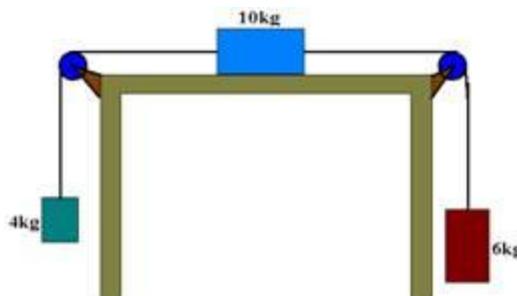
Um exercício proposto no mesmo livro didático é apresentado na figura 3.

Figura 3 Exercício sobre conceitos de equilíbrio e força de atrito extraído de (HELOU, GUALTER E NEWTON 2007).

O sistema indicado na figura ao lado, onde as polias são ideais, permanece em repouso graças à força de atrito entre o corpo de 10 kg e o plano horizontal de apoio. Os fios e as polias são ideais e adota-se $g=10\text{m/s}^2$.

Explique:

- Qual o sentido da Força de Atrito no bloco de massa de 10 kg, para a esquerda ou para a direita?
- Qual a intensidade dessa força?



Atrito é uma força de contato. O atrito refere-se à resistência que os corpos opõem quando se movem uns sobre os outros. Um dos objetivos desse estudo diz respeito à possibilidade de aumento da compreensão de fenômenos do cotidiano: o caminhar até a escola, andar de bicicleta ou deslizar sobre patins, o jogo de futebol, as jogadas com bolinhas de gude, o jogo de sinuca, empurrar um armário pesado na sala de aula, o atrito que provoca desgaste em peças de máquinas, em solas de sapato; o consumo (inevitável) de combustível para vencer o atrito em automóveis em movimento, são alguns, dentre uma quantidade enorme de exemplos disponíveis. Porém, sem o atrito, seria impossível realizar algumas atividades essenciais, como andar ou colocar um automóvel em movimento. Uma pessoa, ao caminhar, empurra o chão para trás com os seus pés. Isso faz com que surja uma força de atrito em sentido contrário, ou seja, o chão passa a exercer uma força sobre a pessoa, “empurrando-a” para frente. Uma experiência de ausência quase total de atrito ocorre quando se tenta andar sobre um chão muito bem encerado, ou ensaboado, onde as pessoas escorregariam e teriam grande dificuldade para andar. Quando as rodas começam a girar, passa a existir uma forma peculiar de força de atrito entre elas e o chão que impulsiona o automóvel para frente. Se não houvesse o atrito, as rodas iriam girar, mas o carro não iria se movimentar.

O Atrito, enquanto força, é causado pelas irregularidades entre as superfícies em contato. É possível estabelecer uma distinção entre o atrito estático, que é uma resistência devendo ser superada de modo a iniciar o movimento de um corpo relativamente a outro com

o qual esteja em contato, e o atrito dinâmico, que é a magnitude (razoavelmente constante) da força que, na maior parte dos casos, se opõe ao movimento, uma vez iniciado.

Comumente os conceitos são tratados desta forma: conceituação, exemplificação e exercício. Outro conceito importante para a compreensão de força, tratado nos mesmos manuais escolares, é o de inércia (HELOU, GUALTER E NEWTON, 2007). A palavra *inércia* é usada para expressar uma propriedade importante da matéria. Inércia é a tendência de um corpo de permanecer parado, se estiver parado, ou em movimento em linha reta com velocidade constante, se já estiver em movimento. Inércia está relacionada com a dificuldade de colocar em movimento um corpo que está parado ou de alterar o movimento de um corpo que já está se movendo. A inércia de um corpo está relacionada com a sua massa (quilogramas). Assim, uma pedra grande possui maior inércia do que uma pedra pequena, pois é mais difícil mover uma pedra grande do que uma pedra pequena. Do mesmo modo, é mais difícil parar um caminhão do que parar um automóvel, se ambos estiverem inicialmente à mesma velocidade. Um caminhão possui maior inércia do que um automóvel, pois precisaremos de mais força, tanto para colocá-lo em movimento, como para pará-lo. A massa do caminhão é maior que a massa do automóvel.

Além dos conceitos físicos já mencionados, será comentado aqui o conceito de *Peso*. Peso é o nome da força com a qual a Terra atrai os objetos. Gaspar (2005) define peso da seguinte forma: “... o peso do corpo, força de atração exercida pela terra sobre o corpo...” (p. 87). Então, a partir dessa afirmação, o autor formaliza matematicamente o conceito de peso, utilizando a lei fundamental da dinâmica (segunda lei de Newton), chamando a atenção para o fato de o peso ser uma força resultante causada pela aceleração da gravidade. A seguir, o autor irá mencionar que a aceleração da gravidade não é constante, mas depende da localização do corpo. O peso de um corpo também é denominado força gravitacional. A massa, por sua vez, indica a quantidade de matéria contida em um corpo. A massa está relacionada com a inércia do corpo, ou seja, com a propriedade do corpo de “resistir” à mudança do estado de repouso ou de movimento. Em outras palavras: a massa relaciona-se à inércia do corpo, enquanto que o peso diz respeito à força de atração gravitacional exercida pela Terra sobre o corpo. Assim, quanto maior a massa de um corpo, mais difícil é colocá-lo em movimento. Também será mais difícil pará-lo se ele já estiver em movimento. Também é mais difícil mudar a direção do movimento de um corpo se sua massa grande, ou seja, de grande inércia.

De acordo com o site “Ensino de Física On-Line” (2015) do Instituto de Física da Universidade de São Paulo, o movimento é chamado de retilíneo quando ele se dá ao longo de

uma reta em relação a um sistema de referência. Assim, um deslocamento horizontal, o movimento de uma bola de sinuca, desconsiderando sua rotação ou também um deslocamento na vertical uma moeda solta do alto de um edifício, são alguns exemplos de movimentos (muito aproximadamente) retilíneos.

HELOU, GUALTER E NEWTON, 2007, apontam alguns exemplos de força gravitacional. A queda dos objetos em direção à superfície terrestre é devido à força gravitacional. Outro exemplo é o movimento de translação da Terra. A Terra mantém-se numa órbita (quase) circular em torno do Sol devido à força gravitacional resultante da interação mútua sol e terra.

Percebe-se, por meio desta análise dos materiais didáticos e sites, que as situações de aprendizagem do conceito de Força são fortemente baseadas em um modelo composto por uma tríade: conceituação, exemplo ilustrativo e exercícios no caderno. Esta forma de apresentar conceitos de Física pode contribuir para tornar a aprendizagem vaga e descontextualizada. A utilidade e o valor do conhecimento adquirido não estão claros. A experimentação, neste cenário, seria bem vinda. Materiais alternativos podem ser utilizados na aprendizagem do conceito de Força, movimento e Energia; nesse trabalho, daremos atenção especial a materiais vindos da Robótica Educacional.

Outro conceito que será acompanhado ao longo desse trabalho é o de energia. Definir energia não é fácil, mas intuitivamente sabemos o que é. Já vimos muitos noticiários falando da busca por novas fontes de energia como, por exemplo, a energia solar e a energia nuclear, de forma a substituir as fontes de energia existentes que estão quase esgotadas, como as obtidas a partir do petróleo. No dia a dia, o termo energia é associado à movimentação. É através dos alimentos que obtemos a energia necessária para executar todas as atividades; e nos automóveis a energia proveniente da queima dos combustíveis faz com que eles se movimentem. Por definição, energia é a capacidade que um corpo tem de realizar um trabalho ou uma ação. (HELOU, GUALTER E NEWTON, 2007). A unidade de energia, assim como o trabalho, no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o joule (J). Já a energia potencial é a energia que está relacionada a um corpo em função da posição que ele ocupa.

Energia Potencial Gravitacional.

Imagine uma pessoa que segura uma pedra de massa m a uma altura h do solo, o g é a força gravitacional, o v é a velocidade. Sabemos que se essa pedra for largada, o peso realiza um trabalho que pode ser calculado através da equação $T = mgh$ e o corpo adquire

energia cinética, a qual é calculada através da seguinte equação: $E_c = mv^2/2$, ou seja, ocorre transformação da energia.

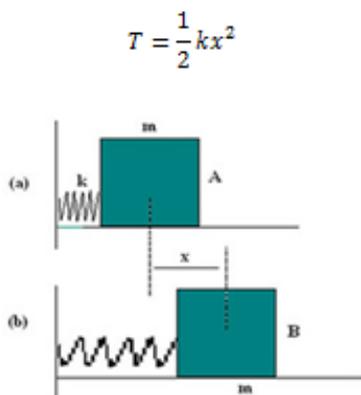
Antes de ser solta, a pedra possuía uma energia "armazenada", possível de sofrer transformações. Essa energia é denominada energia potencial gravitacional e pode ser medida através do trabalho realizado pela força peso. Ela pode ser expressa da seguinte maneira:

Energia Potencial Elástica

A energia potencial, assim como a energia potencial gravitacional, está relacionada à posição que o corpo ocupa. Imagine um bloco de massa m preso a uma mola de constante elástica k . Para deformar a mola é necessário realizar um trabalho que pode ser expresso assim: O x é o comprimento do deslocamento causado pela deformação da mola. Como mostra a figura 4.

$$E_p = mgh$$

Figura 4 Fórmula do trabalho



Se o bloco for largado, ele adquire energia cinética. No entanto, enquanto estava preso ele possuía energia armazenada, ou seja, que ainda não havia sido transformada em energia útil (energia cinética). Essa energia armazenada é denominada energia potencial elástica e pode ser calculada através do trabalho realizado pela força elástica, de forma que fica da seguinte maneira:

$$E_{pel} = \frac{1}{2} kx^2$$

A fim de compreender como a Robótica pode ser aplicada e que benefícios podem trazer, o próximo capítulo aborda a Robótica Educacional.

3 ROBÓTICA APLICADA AO ENSINO

A Robótica, que compreende o estudo e a aplicação de robôs, foi criada pelo famoso escritor russo de ficção científica, Isaac Asimov. A palavra foi usada pela primeira vez em seu conto denominado Runaround, publicado em 1942 (ASIMOV, 1970). Porém, quem é considerado o pai da Robótica é o engenheiro americano Joseph Elgelberger que desenvolveu o primeiro robô industrial em 1950, o Unimate. Hoje, a Robótica está fortemente presente em diversos setores da indústria e na Medicina.

A Robótica aplicada na educação, conhecida como Robótica Educacional ou Robótica Pedagógica, colabora com a prática pedagógica instigadora e motivadora da aprendizagem. O termo Robótica Educacional pode ser definido, segundo o Dicionário Interativo da Educação Brasileira, como um ambiente de aprendizagem que reúne materiais de sucata ou kits de montagem compostos por peças diversas, motores e sensores controláveis por computador e softwares que permitam programar de alguma forma o funcionamento dos modelos montados (DIEB, 2012).

3.1 Robótica Educacional

A Robótica Educacional proporciona momentos em que os estudantes são estimulados a trabalhar com resolução de problemas no desenvolvimento de seus projetos de Robótica (CHELLA, 2002; CAMPOS, 2005; MALIUK, 2009; FURLETTI, 2010; SANTOS, 2010).

A Robótica Educacional favorece a criação de uma grande quantidade de situações problema. Além disso, ela possui um potencial educativo considerável no desenvolvimento de aprendizagens baseadas em problemas. A seguinte citação mostra que ela está mais próxima e presente no dia a dia das pessoas do que elas imaginam:

A Robótica está muito mais próxima da vida das pessoas do que é possível imaginar. Cada eletrodoméstico, cada aparelho eletrônico tem o seu lado robô. Uma máquina de lavar, tão comum nos lares, é um robô que executa uma tarefa doméstica que costuma ser árdua para a maioria das pessoas – lavar roupas. As máquinas – cada vez mais automatizadas – facilitam o trabalho do homem. Nas indústrias, cada vez é mais comum a presença de robôs (ZILLI, 2004, p.15).

A Robótica Educacional é uma forte aliada no processo de construir conceitos e testar conhecimentos, pois ela possibilita uma aprendizagem ativa, promovendo o diálogo e a participação dos estudantes. Nela, o estudante é o sujeito do seu processo de construção do conhecimento (CHELLA, 2002). Vivemos em uma sociedade onde possuir competências no uso da tecnologia e desenvolver atividades em grupo são condições fundamentais. Nesse contexto, a Robótica pode contribuir de forma eficaz no desenvolvimento dessas competências. Além disso, pode constituir um espaço rico de possibilidades para a emergência da criatividade e de novas habilidades do estudante, do professor e da instituição.

A Robótica Educacional ganha força por se tratar da aplicação da Robótica na área pedagógica com o objetivo de disponibilizar aos estudantes a oportunidade de criar soluções voltadas ao mundo real, de forma a possibilitar o aprendizado de forma dinâmica e estimulante (NASCIMENTO, 2014).

A Robótica Educacional também permite caracterizar ambientes de aprendizagem reunindo diversos materiais (kits de montagem compostos por diversas peças, motores, sensores, controlados por um computador com software que permita programar o funcionamento dos protótipos montados), dando ao estudante a oportunidade de desenvolver sua criatividade com a montagem de seu próprio modelo. O estudante pode colocar em prática conceitos teóricos, vistos apenas em sala de aula e sem ligação com o mundo real. Além de ser um ambiente caracterizado pela tecnologia e pela criatividade, a Robótica Educacional proporciona a vivência intuitiva de conceitos de Matemática e de Física.

Além disso, a utilização da Robótica no contexto educacional contribui de forma objetiva no desenvolvimento de competências importantes para o processo de aprendizagem do estudante, seja dentro da escola, seja fora dela. Quando o professor propõe uma tarefa ou desafio que utilize a construção de protótipos ou dispositivos robóticos como meios para a obtenção da solução, começa aí o estímulo ao desenvolvimento da criatividade, em que os estudantes terão que pensar no contexto do problema, na forma de resolvê-lo com o dispositivo robótico, nos materiais necessários para a construção e na forma da construção. Nesse processo, os estudantes interagem, trocam ideias, testam hipóteses construindo e desconstruindo seus protótipos em busca da solução ao problema apresentado. Com isso se socializam, desenvolvem o trabalho cooperativo, tanto nas contribuições com ideias como na divisão de tarefas para a construção da maquete ou dispositivo robótico.

Segundo Azevedo (2009), a Robótica proporciona o trabalho de equipe, integração do grupo, superação das dificuldades, da timidez, redução das diferenças sociais e estimula o respeito, a compreensão e a amizade entre os discentes.

A Robótica Educacional ainda traz benefícios para desenvolver autonomia (FAGUNDEZ, 2008), criatividade no processo de Aprendizagem, estimulando o estudante na busca de soluções para os problemas encontrados na construção de seus protótipos ou dispositivos robóticos. Isso porque o estudante deseja que os robôs estejam funcionando corretamente como planejado. Às vezes, o professor-orientador não possui conhecimentos suficientes de mecânica, eletrônica ou programação para resolver os problemas que surgem. Para esses casos, o estudante precisa recorrer ao auxílio de pesquisas na web, de consultas a outros colegas, familiares, especialistas técnicos.

Outro ponto importante é que a Robótica auxilia o estudante no desenvolvimento do raciocínio lógico e contribui para a união entre conhecimentos teóricos e experimentação prática (ALIMISIS, 2014). Além dessas contribuições, Santos (2010) aponta outras vantagens, tais como: investigação, trabalho colaborativo, compreensão de conceitos, iniciação à pesquisa, resolução de problemas por meio de erros e acertos e capacidade crítica.

É natural pensar em situações de aprendizagem que envolvam a realização de tarefas ou a construção de objetos (físicos ou virtuais), sendo esta uma maneira para interpretar como as ideias se formam e se transformam influenciadas pelo meio. Quando as atividades de Robótica são trabalhadas no currículo das Ciências, elas fornecem oportunidades ricas para envolver os estudantes na Ciência com o mundo real e ajudá-los a desenvolver a compreensão conceitual dos conceitos da Física, a partir do processo de investigação, de análise dos dados, engenharia de projetos e design de construção. Além disso, os estudantes se tornam aprendizes mais confiantes e desenvolvem uma maior capacidade na resolução de problemas e habilidades de trabalho em equipe.

O estudante pode desenvolver sua capacidade de solucionar problemas, utilizar a lógica de forma eficaz e compreender conceitos que são estudados nas Ciências. O professor, por meio de sua experiência, conhecimento, formação, pode proporcionar atividades diferenciadas e práticas interdisciplinares envolvendo diversas áreas do conhecimento, encontrando assim condições para diversificar sua didática trabalhando com diferentes materiais. Já para as instituições, a robótica educacional pode significar um diferencial de qualidade; além disso, ainda do ponto de vista da instituição como um todo, projetos que envolvam grupos de professores de diferentes áreas podem trabalhar com temas transversais comuns. É uma manifestação de interdisciplinaridade bastante interessante e viável. A Robótica pode facilmente levar o estudante a pensar na essência do problema, promovendo o estudo de conceitos multidisciplinares, estimulando sua criatividade e a sua inteligência, além de tentar motivá-lo aos estudos. O professor também deixa de ser o único e exclusivo

provedor de informações para tornar-se o parceiro no processo de aprendizagem (ALMEIDA, 2007).

Nas discussões com seus colegas e com o professor, os estudantes também desenvolvem maneiras de se comunicar e expressar suas ideias e opiniões sobre o trabalho desenvolvido. No aprendizado na área de Ciências, principalmente na área da Física, que é estimulado com a Robótica Educacional no processo de construção dos protótipos ou robôs, os estudantes se deparam com uma variedade de materiais e objetos, tais como blocos, rodas, polias, motores, caixas de redução, chaves, baterias, resistores, LEDs, etc. Por exemplo, ao construir um robô, os estudantes poderão trabalhar com conceitos de velocidade, atrito, movimento e gravidade, além de princípios de transmissão mecânica quando do uso de motores, rodas, eixos, engrenagens. A experiência em Física supõe, essencialmente, a intervenção de ações, porque o sujeito não pode conhecer os objetos a não ser trabalhando com eles (TORCATO 2012).

Quando o professor propõe desafios, problemas em que os estudantes precisam construir suas soluções, eles adquirem confiança no trabalho em equipe e obtém melhor compreensão dos conceitos que estão sendo estudados, relacionando-os a vivências do dia a dia. É possível citar problemas de Engenharia, com base em situações da vida real, que proporcionam aos estudantes razões significativas para aprender um novo material e uma estrutura de ensino eficaz que lhes dá a oportunidade para transferir seu conhecimento para novas situações (ROGERS, 2009). O uso de situações-problema também ajuda a concentrar a atenção dos estudantes sobre o processo, e não apenas no resultado final. Investigações científicas proporcionam aos estudantes oportunidades para criar hipóteses, construir experiências, gerar modelos para representar conclusões.

As atividades que utilizam a Robótica fornecem aos estudantes oportunidades de escrever suas ideias, utilizar ferramentas matemáticas e representar suas descobertas via modelos matemáticos, e construir artefatos 3D que representam suas ideias e soluções. Além disso, ela favorece o debate sobre problemas de design e investigações científicas. Os estudantes aprendem com o novo material, podendo representar suas ideias de diferentes maneiras, como a escrita, representação matemática, construção, programação, funcionamento e debate verbal (GOLDIN & SHTEINGOLD, 2001).

A utilização de artefatos 3D, tais como robôs, permite que os estudantes e professores contextualizem os seus conhecimentos e lhes proporciona oportunidades de comunicação envolvendo discussão direta sobre o artefato; é comum vê-los gesticulando e apontando para o robô (ROTH, 1996).

3.2 Materiais Robóticos

A Robótica constitui uma ferramenta de apoio para o ensino e demonstração em Física na sala de aula. Ela motiva e auxilia os estudantes a desenvolver habilidades de resolução de problemas, bem como os ajuda a compreenderem as aplicações da vida real dos conceitos que estão aprendendo (CHURCH, FORD & PEROVA, 2009).

Existem diversas opções de materiais robóticos disponíveis para uso educacional. Tais materiais são organizados na forma de kits contendo componentes necessários para montagens e testes. Os kits podem variar em termos de quantidade de componentes (peças) e custo de investimento. De fato, o custo dos kits pode variar bastante. Por exemplo, um kit baseado no microcontrolador Arduíno (figura 4) custa de R\$235,00 a R\$560,00 o valor para compra do kit. A plataforma Arduíno é composta por hardware (placa controladora) e por software (ambiente de desenvolvimento), ambos flexíveis, relativamente fáceis de usar e acessíveis. O desenvolvimento com o kit Arduíno é um dos que mais cresce no mundo. Projetos desenvolvidos com essa plataforma envolvem, com frequência, estudantes de graduação em áreas de Computação e Engenharia.

Figura 5 Componentes do kit Arduíno



Já o Kit Fisher Technik custa R\$ 5.600,00 e pode atender 4 estudantes (figura 5). Ele possibilita trabalhar com vários aspectos da Robótica que são comuns a diversas faixas etárias (coordenação motora, trabalho em equipe, raciocínio lógico, disciplina e criação). Os estudantes são incentivados a analisar situações, experimentar, pesquisar, testar resultados e resolver situações-problema. Todos os projetos da Robótica são adequados de acordo com a série do estudante e estão relacionados às disciplinas trabalhadas e desenvolvidas em sala de

aula, o colégio faz a aquisição do kit de materiais, tendo a possibilidade de compra do caderno de atividades para cada aluno com um custo extra.

Além disso, em cada etapa curricular, é alcançado certo nível na Robótica. Os projetos são divididos da seguinte maneira:

- a) Ensino Infantil: projetos constituídos somente da parte mecânica (construção com peças);
- b) Ensino Fundamental 1: projetos que trabalham a parte mecânica, ligações elétricas (presença de lâmpadas e motores) e projetos de iniciação à programação no computador com software específico ROBO PRO;
- c) Ensino Fundamental 2 e Ensino Médio: projetos que envolvem montagem, ligações elétricas e programação (existência do microcontrolador).

Figura 6 Kit Fischertechnik Designer School



Outra opção muito utilizada é o kit Lego MINDSTORMS que custa entre R\$ 1.839,90 e R\$ 2.600,00 por kit e atende 4 estudantes (figura 6). A ZOOM é uma empresa brasileira que representa com exclusividade a Lego® Education no país e desenvolve soluções de aprendizagem inovadoras tanto curriculares como extracurriculares. Uma das vantagens de utilizar o kit Lego é que muitos estudantes estão familiarizados com os brinquedos da Lego e o seu design modular permite várias soluções para uma dada tarefa. Os sensores e motores que são compatíveis com os kits Lego MINDSTORMS possibilitam que os estudantes testem na prática os conceitos de Física, tanto do Ensino Fundamental quanto Médio, desenvolvam um conjunto muito diversificado de atividades ligadas às Ciências e Engenharias. Essa tecnologia permite a montagem de dispositivos capazes de detectar obstáculos, realizar medições, identificar sons e cores, reagir a movimentos. Os principais

recursos do kit Lego MINDSTORMS são: quatro portas de entrada para sensores de som, toque, ultrassom e luz, (porta 1,2,3 e 4), três portas de saídas para motores (porta A, B e C) e display LCD, alto-falante e comunicação wireless.

Figura 7 Componentes do kit Lego 9797



No contato inicial com o kit é necessário propiciar aos estudantes oportunidades para uso e testes. Devem ser explanadas funções dos principais componentes a serem utilizados: o servomotor, o cabo serial e a interface de controle. Adicionalmente, são necessárias algumas informações básicas sobre a programação. Como em qualquer aprendizado voltado ao domínio inicial de técnicas de montagem e programação é importante que os sujeitos envolvidos testem os comandos para controle do servomotor, as conexões com o controlador e as suas programações.

3.3 Robótica Educacional Aplicada ao Ensino de Física

A Robótica Educacional surgiu na última década como uma promissora e importante ferramenta pedagógica destinada à aprendizagem baseada em simulação. De acordo com Alimisis (2012), as simulações com softwares de modelagem com o uso do computador têm sido utilizadas com sucesso no ensino de Física escolar, incluindo a cinemática. Tem-se, por exemplo, o programa criado por David Trowbridge ("Graphs and Tracks" ready-to-run) que mostra a posição, velocidade, aceleração, e gráficos de energia e pode ser usado para o estudo do movimento. No entanto, os modelos baseados nas simulações feitas com computador têm algumas limitações claras. Eles trabalham em um ambiente virtual e podem oferecer um cenário apenas em duas dimensões, onde o objeto em movimento se comporta como um robô

virtual perfeito. Esse comportamento é uma representação parcial de comportamentos reais, onde faltam os efeitos colaterais (por exemplo, a força de atrito) existentes em movimentos que acontecem no mundo real.

De acordo com Fortes (2007), a Robótica Educacional propicia um ambiente interativo de ensino ao estabelecer diversas atividades, integrando conceitos matemáticos com fenômenos físicos, sensores, motores e programação. Assim se criam ambientes favoráveis para interconexões educacionais, em que é possível estabelecer universos propícios a uma abordagem mais próxima ao contexto dos indivíduos. Isso se deve ao fato de que, atualmente, a programação dos dispositivos de hardware pode ser realizada de forma simples e adaptada à realidade de cada faixa etária, não constituindo um empecilho à sua inserção na escola. Nesse contexto, autores como Zilli (2004) argumentam que a Robótica Educacional pode contribuir para o desenvolvimento de experimentações para as aulas de Física, Matemática, Ciências, o que configura uma oportunidade a mais para o professor que se predispõe a levar adiante projetos interdisciplinares.

De acordo com Coutinho, 2003, para trabalhar com a interdisciplinaridade a teoria precisa estar associada a uma teoria de Aprendizagem.

A tecnologia é mais poderosa quando utilizada com abordagens construtivistas de ensino que enfatizam mais a solução de problemas, o desenvolvimento de conceitos e o raciocínio crítico do que a simples aquisição do conhecimento fatural. Neste contexto, a aprendizagem é vista como algo que o aprendiz faz, e não algo que é feito para um aprendiz.

A construção dos protótipos robóticos se caracteriza por apresentar simulações de um ambiente real, proporcionando aos envolvidos situações-problema de diferentes magnitudes, que devem ser superadas, com acerto e erros, até que se alcancem os objetivos desejados (BARBOSA, PAULO & RINALDI,1999).

Corroborando com essa ideia, Zilli (2004) argumenta que trabalhar com a Robótica Educacional abre possibilidade para o professor demonstrar na prática vários conceitos de difícil compreensão, motivando o estudante, que é desafiado a todo o momento (ou a todo instante) a observar, abstrair e inventar. A utilização dessa tecnologia pode ser uma ferramenta que soma de forma significativa ao ambiente escolar uma nova metodologia de trabalho, que transcende aos conceitos tradicionais de sala de aula, deixando o professor em um modo de diálogo próximo aos estudantes.

Segundo Maisonette (2002), com a Robótica Educacional o estudante vê aberta diante dele a possibilidade de construir seu conhecimento por meio de suas próprias observações. Utilizando componentes diversos, o estudante constrói, testa hipóteses e desenvolve habilidades cognitivas variadas tais como pensamento crítico, resolução de problemas, aplicação, análise e síntese. A programação dos dispositivos pode ser realizada de forma simples e adaptada à realidade de cada faixa etária.

Além disso, aquilo que é aprendido pelo esforço próprio do sujeito, tem muito mais significado para ele e promove adaptações nas suas estruturas mentais. O mesmo autor afirma que a utilização da Robótica na educação veio, a princípio, expandir o ambiente de aprendizagem. Esse novo recurso permite que haja a integração de diversas disciplinas e a simulação de alguns procedimentos científicos básicos, pois o estudante formula uma hipótese, um problema a ser resolvido, implementa, testa, observa e faz as devidas alterações para que o seu funcione de forma adequada.

A Robótica, quando utilizada no processo de ensino e aprendizagem, ganha um significado educacional que Lieberknecht (2009) considera ser um subsídio ao desenvolvimento de competências como: trabalho em equipe, autodesenvolvimento, capacidade de solucionar problemas, senso crítico, interdisciplinaridade, exposição de pensamentos, criatividade, autonomia e responsabilidade. Segundo Rogers (2009) da Harvard Graduate School of Education, quanto mais cedo for despertado o interesse dos estudantes pela integração da Robótica Educacional com a Física, melhores e maiores os benefícios.

O uso de tecnologias Robóticas na educação oferece um ambiente do mundo real que pode ser explorado pela Física de uma forma natural, diferentemente de um ambiente simulado. A Robótica Educacional é também vantajosa em comparação às simulações, uma vez que os próprios estudantes concebem e constroem seus robôs a partir de um kit de peças ("do zero"). Isso significa que um ambiente de aprendizagem baseado em Robótica é mais atraente para estudantes, promove motivação e interesse situacional, oferece oportunidades para a mais profunda exploração e facilita a compreensão dos conceitos científicos que estão sendo explorados e estudados (NASCIMENTO, 2014).

A partir de um projeto ou exercício de Cinemática, os estudantes podem programar seus robôs para se moverem como quiserem, produzir os seus próprios gráficos e fazer os ajustes necessários. Como resultado, a aprendizagem baseada em Robótica pode afastar-se de modelos de descoberta guiada e se transformar em uma atividade transparente e aberta totalmente controlada pelos estudantes.

Alguns projetos se destacam na área. Um deles é o RILE (2012), desenvolvido por uma empresa de tecnologias educacionais da Universidade de West Florida. O projeto é integrado por acadêmicos, professores, engenheiros e programadores, que compartilham o objetivo comum de melhorar o sistema de ensino. Ele consiste em um ambiente interativo de aprendizagem de Robótica que integra livros eletrônicos, vídeos, simulações e atividades Robóticas.

O RILE configura uma nova estratégia de ensino por meio do uso de tecnologia para envolver os estudantes e professores no conteúdo do curso, mantendo-os focados e interessados. As ferramentas do RILE prometem ajudar os estudantes a aprender da maneira a mais eficiente e divertida possível, por meio da utilização de modernas técnicas de ensino, ao longo de uma investigação onde se pode montar, programar e testar. Foi realizado um estudo piloto em 2012 com os estudantes da 8ª série em Navarre Middle School para testar a eficácia do ensino de Física (Cinemática) por meio da plataforma RILE (2012). O estudo consistiu em ensinar noções de deslocamento, aceleração e velocidade. Para iniciar, o professor fez uma breve explanação, com duração de cerca de cinco minutos, seguida de várias atividades utilizando robôs para expandir ainda mais o tema. Os robôs foram equipados com sensores de ultrassom que enviava os dados de posição em função do tempo para o computador, descrevendo assim a distância percorrida pelo robô em algum intervalo de tempo (segundos). Os dados estavam sob a forma de uma matriz de duas colunas. Solicitou-se aos estudantes representar graficamente esses dados em uma folha gráfica com o eixo das abscissas representando o tempo e o eixo das ordenadas a distância. Na disciplina de Física, os estudantes criaram o gráfico de distância percorrida para o professor avaliar ou usaram o recurso gráfico do simulador para comparar com seu gráfico. Os estudantes mostraram um claro interesse na Plataforma RILE, e descobriram como comandar os robôs para executar os movimentos corretos com base em seu conhecimento de Física. Eles foram então capazes de levar em conta os dados coletados pelos robôs e confirmar que os seus cálculos foram precisos. Outras escolas, tais como a Edgewater da High School está utilizando a Plataforma RILE em suas aulas de Física para trabalhar com conceitos específicos.

Além dos materiais robóticos, são necessários materiais didáticos que vinculem a aprendizagem de conceitos de Física com a Robótica. A Robotics Academy da Universidade Carnegie Mellon é uma organização de pesquisa com a Escola de Ciência da Computação, que desenvolve tais tipos de materiais. O grupo Lego também oferece soluções educacionais neste cenário.

Os robôs são dispositivos compostos por atuadores, sensores e circuitos eletrônicos, que têm o seu fundamento na eletrodinâmica, na mecânica clássica e na física do estado sólido. Outro assunto importante em torno de robôs que tem uma relação direta com a Engenharia e a Física é a Teoria de Controle, onde a Física e a Matemática avançada são usadas para resolver problemas de controle do robô.

Por meio deste estudo, foram identificados casos de sucesso da aplicação da Robótica no Ensino de Física. Para conduzir uma avaliação sobre a aprendizagem de conceitos de Forças por meio da Robótica, proposta neste estudo, optou-se por trabalhar com estudantes do Ensino Fundamental (5º ano) matriculados na primeira oficina de Robótica (atividade extracurricular). A escolha dos estudantes do 5º se justifica pelo fato de que eles ainda não foram submetidos ao ensino formal de Física, portanto, as concepções prévias que eles eventualmente apresentarem não terão origem nesse ensino formal. Tais concepções constituem elementos fundamentais para avaliar-se o desenvolvimento dos estudantes ao longo das atividades propostas. Segundo Balacheff (2013), a constatação da evolução das concepções prévias é um mecanismo válido para atestar-se uma aprendizagem. Portanto, a próxima etapa do trabalho consistiu em elaborar um produto didático visando engajar estudantes em situações de aprendizagem significativas, por meio de construções Robóticas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho de pesquisa é do tipo pesquisa-ação e possui um enfoque qualitativo. Pesquisa-ação é uma forma de investigação baseada em uma autorreflexão coletiva empreendida pelos participantes de um grupo social, de maneira a melhorar a racionalidade e a justiça de suas próprias práticas sociais e educacionais, como também o seu entendimento dessas práticas e de situações onde essas práticas acontecem. A abordagem é de uma pesquisa-ação apenas quando ela é colaborativa (KEMMIS e MC TAGGART, 1988, apud ELIA E SAMPAIO, 2001, p.248).

Na pesquisa-ação faz-se necessária a reflexão do trabalho desenvolvido, onde o professor tem condições de refletir criticamente sobre suas ações e investigar sua própria prática em sala de aula. O objetivo de tal reflexão é fazer com que o professor melhore sua prática e a partir dela, possa gerar conhecimento. Essa metodologia foi escolhida por tratar da produção de conhecimento como resultado da inter-relação entre as pessoas e saberes envolvidos em uma prática social. Neste trabalho, ocorreu inicialmente a explicação, sendo que a intervenção do professor poderá ser mais intensa nas explicações para os estudantes compreenderem o manuseio das peças e do software. A partir da realização das atividades práticas, as equipes devem interagir entre si, trocando conhecimento, sendo desafiadas a resolver as situações problema. Porém, os alunos são inicialmente desafiados a resolver problemas individualmente. Conforme as dificuldades vão surgindo, as equipes buscam ajuda do professor e não respostas prontas. Com o desenvolvimento das atividades os estudantes se desafiam em ir além das atividades propostas, buscando conhecer cada vez mais as possibilidades de explorar o material. Assim, os estudantes têm oportunidade de trabalhar o máximo possível de forma autônoma, obtendo conclusões que em certos momentos podem ser avançadas para a faixa etária deles.

4.1 Metodologia

A metodologia caracteriza os meios que se pretende utilizar para provar aquilo que se sustenta. Neste trabalho, buscou-se apoio nos pressupostos teóricos de Vergnaud e Balacheff para responder a seguinte questão de pesquisa: “A Robótica Educacional, integrada ao ensino de Física, pode reforçar e (ou) desestabilizar concepções prévias dos estudantes?”.

Partiu-se da elaboração de situações de aprendizagem baseadas na construção de

artefatos robóticos para a resolução de problemas em atividades visando desestabilizar as concepções prévias apresentadas pelos estudantes.

Os problemas de Física foram transpostos para o ambiente da Robótica, pois se assume que a resolução de problemas ou as situações de resolução de problemas são essenciais para aprender um conceito. Contudo, como destaca Vergnaud (1994, p. 42), “um problema não é um problema para um indivíduo a menos que ele ou ela tenha conceitos que o/a tornem capazes de considerá-lo como um problema para si mesmo”. Ou seja, há uma relação direta entre a aprendizagem visada e os problemas escolhidos. Quando um conjunto de problemas é resolvido por um estudante (o que significa que ela ou ele desenvolve um esquema eficiente para lidar com todos ou quase todos os problemas dessa classe), o caráter problemático dessa classe específica desaparece. Mas essa competência desenvolvida pelo indivíduo o habilita a reconhecer ou considerar novos problemas para si mesmo. É nesse processo contínuo que, para Balacheff, os problemas revelam as concepções dos estudantes. Uma vez reveladas, a tarefa passa a ser avaliar o domínio de validade da concepção e as aprendizagens decorrentes do processo.

Foi nesta ampla problemática que o trabalho se desenvolveu, com o intuito de promover a aprendizagem e avaliar a evolução do estudante por meio das suas concepções. Valorizaram-se, nesse trabalho, as concepções dos estudantes, o conhecimento prévio trazido por eles, os debates dos grupos sobre a atitude de um ou outro, pois cada um poderá oferecer novas possibilidades que podem ser úteis para a compreensão mais aprofundada do estudo em questão, contribuindo assim, para um processo educativo significativo. Coube ao professor elaborar atividades, levando em conta de forma integrada, o domínio do conhecimento, o conhecimento prévio do estudante, o seu papel de professor e o papel dos seus estudantes. A criação do conjunto de atividades se deu por um processo interativo no qual o objetivo foi a elaboração de um grupo de decisões para que os processos tivessem significado e as estratégias fossem mais efetivas. Levaram-se em consideração as respostas dos estudantes e as condições às quais foram submetidos.

Para a coleta de dados, o principal método utilizado foram os registros dos estudantes nas atividades durante a realização das aulas, em que foram aplicadas questões, avaliadas as concepções apresentadas pelos estudantes, monitoradas as atividades e trabalhos de equipe. A Robótica Educacional foi a abordagem escolhida para inserir atividades, envolvendo objetos físicos que permitissem testar problemas no mundo real, fortalecendo assim a compreensão matemática abstrata dos estudantes. Adicionalmente, além do material robótico, desenvolveu-se uma estratégia de trabalho baseada em jogos de equipes, onde se buscou transformar os

problemas da Física em desafios, modelando interações para o contexto de um jogo competitivo, adaptando os problemas do jogo ao nível do estudante (por meio do levantamento de concepções prévias) e preparando materiais e situações envolventes para atrair e engajar os estudantes no assunto a ser ensinado.

4.2 Descrição das Etapas do Trabalho

A metodologia empregada comportou três etapas, descritas a seguir. Na primeira etapa, ocorreu a constituição de uma amostra intencional (os estudantes escolhidos tinham disponibilidade para o desenvolvimento das atividades, e eram estudantes iniciantes do projeto de Robótica Educacional do Colégio. Todos eram estudantes do 5º ano do Ensino Fundamental, tinham idade de 11 anos; os mesmos nunca tinham tido aula de Robótica e nem estudado os conceitos de Física em questão, força de atrito, gravidade e movimento); as poucas informações que tinham dos conceitos de força de atrito e gravidade vieram das aulas de Ciências. O trabalho foi desenvolvido e aplicado em um Colégio de Ensino Fundamental e médio da rede privada na cidade de Caxias do Sul. A amostra foi composta por 11 estudantes; todos seguiram participando ativamente do projeto em 2014, ao longo de todo o 6º Ano do Ensino Fundamental, com 12 anos de idade-

A escolha destes estudantes foi importante pois, como mencionado anteriormente, eles ainda não tinham sido expostos aos conceitos de Física alvo deste estudo (força de atrito, gravidade, movimento). Tais temas são tratados de forma conceitual no 6º ano de algumas escolas na disciplina de Geografia. Contudo, o ensino formal destes conceitos ocorre no 9º ano do Ensino Fundamental ou somente no ensino médio. Desta forma, pretendeu-se observar os conhecimentos (e concepções) iniciais que os estudantes possuem, por meio de atividades que permitissem avaliação específica. O laboratório de Robótica disponibilizado pela escola para este estudo apresentou espaço adequado ao número de estudantes, com mesas e material para o desenvolvimento das aulas, além do software adequado para a criação das programações.

Inicialmente foi realizado um experimento (descrito na seção 4.3) para identificar as concepções prévias dos estudantes. Embora a literatura trate deste tema, é relevante que tal estudo se faça também com os sujeitos da pesquisa, o que permite avaliar a convergência dos resultados obtidos com aqueles apresentados na literatura. Neste experimento, os estudantes foram questionados sobre situações que testavam seus conhecimentos sobre forças, gravidade

e movimento. Foram realizadas coletas de dados a partir de questionários com questões abertas que se encontram no apêndice A. Os dados coletados neste experimento foram analisados e constituíram o ponto de partida para o desenvolvimento do produto visado neste trabalho.

Na segunda etapa foi elaborado um produto didático na forma de um jogo de equipe estruturado a partir de componentes robóticos (descrito no apêndice H). O jogo, como uma atividade lúdica, é uma maneira de envolver os estudantes, desafiando, divertindo e ensinando conceitos de forma prazerosa. Para Santos (2010), as atividades lúdicas (que incluem alguns jogos) não estão ligadas simplesmente ao prazer, pois para ele não existe brinquedo sem organização e objetivo. A vantagem da atividade lúdica é que ela possibilita a investigação e a construção de saberes dentro de uma situação imaginária. O kit Lego MINDSTORMS foi selecionado para embasar o jogo por ser considerado o que melhor atendeu às necessidades do estudo, e estava disponível no Colégio. Trata-se de um recurso amplamente utilizado em todo o mundo, com diversos estudos que justificam sua inserção educacional. Ainda, a marca Lego está diretamente associada a brincadeiras e diversão, o que facilita a sua inserção nas escolas. Em termos de uma avaliação técnica, o kit Lego permite rápida prototipação e testes. Por se tratar de um kit com fins educacionais, diversas instituições no mundo utilizam e publicam materiais de apoio didático, como o site Carnegie Mellon Robotics Academy e a Oxford Rogers, (2009). Pode-se também, com o mesmo conjunto de ferramentas, realizar novas investigações científicas ou reproduzir projetos experimentais de outros autores. Os robôs podem ser programados em várias linguagens (Labview, Java, C++, Robotc, MINDSTORMS 2.0 criada pela própria equipe Lego). O kit pode ser aplicado em várias disciplinas, tais como: Matemática, Ciências, Educação Tecnológica e Física, com a possibilidade de adaptação ao nível e idade dos estudantes. É um kit durável e barato, se for levado em conta o vasto leque de possibilidades que ele propicia. Além disso, muitos estudantes já estão previamente familiarizados com o Lego. O seu design modular permite várias soluções para uma dada tarefa. Os sensores e motores compatíveis com o Lego MINDSTORMS permitem aos estudantes de Física do Ensino Fundamental e médio envolver-se em um conjunto muito diversificado de atividades ligadas às aprendizagens visadas nas Ciências e Engenharias.

Na terceira etapa, a aplicação do jogo ocorreu em contexto de aprendizagem para os integrantes do grupo amostral. Os experimentos foram realizados nos meses de maio, junho, julho e agosto de 2014. Foram realizados 13 encontros. Cada encontro teve duração de 1h30min e concluído no mesmo ano letivo. Os dados coletados no experimento permitiram avaliar, por meio das interações entre estudantes e o jogo, a evolução das concepções iniciais

em relação às observadas após a aplicação do produto didático no grupo amostral. A tabela 1 sintetiza as três etapas metodológicas deste trabalho.

Tabela 1 Descrição das Etapas do Trabalho

| Primeira Etapa |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Ocorreu a constituição de uma amostra intencional para o estudo baseada em critérios de disponibilidade visando um estudo qualitativo. |
| <ul style="list-style-type: none"> A amostra foi composta por 11 estudantes, com idades entre 11 e 12 anos (5º e 6º anos do Ensino Fundamental). |
| <ul style="list-style-type: none"> A escolha destes estudantes foi importante pois eles ainda não foram expostos aos conceitos de Física alvo deste estudo (Força de Atrito, Gravidade, Movimento). |
| <ul style="list-style-type: none"> Foi realizado um experimento para identificar as concepções prévias dos estudantes. |
| <ul style="list-style-type: none"> Os dados coletados neste experimento foram analisados e constituíram o ponto de partida para o desenvolvimento do produto visado neste trabalho. |
| Segunda Etapa |
| <ul style="list-style-type: none"> Na segunda etapa foi elaborado um produto didático na forma de um jogo de equipe que utiliza materiais robóticos. |
| <ul style="list-style-type: none"> O kit LEGO MINDSTORMS foi selecionado para embasar o jogo por ser considerado o que melhor atendeu as necessidades do estudo e estar disponível. |
| Terceira Etapa |
| <ul style="list-style-type: none"> A aplicação do jogo ocorreu em contexto de aprendizagem para os integrantes do grupo amostral (11 estudantes). |
| <ul style="list-style-type: none"> Os experimentos foram concluídos no ano letivo de 2014. |
| <ul style="list-style-type: none"> Os dados coletados no experimento foram utilizados para avaliar, por meio das interações entre estudantes e o jogo, a evolução das concepções iniciais em relação às observadas após a aplicação no grupo amostral. |

4.3 Descrição da Primeira Etapa

Com o objetivo de investigar as concepções iniciais dos estudantes sobre conceitos de Física, planejou-se um experimento de natureza teórico-prática com os 11 estudantes do grupo amostral. O experimento foi realizado em três etapas. A primeira etapa consistiu em apresentar aos estudantes seis questões (apêndice A) a fim de obter suas concepções prévias sobre os conceitos de “Força de atrito e Gravidade”, que se encontram no apêndice B. Nelas, foi solicitado a cada estudante, individualmente, que escrevesse o que aconteceria com um veículo em situações de inércia, queda livre e deslocamento em diferentes tipos de solo.

A figura 8 ilustra uma questão proposta, ligada às concepções iniciais sobre *gravidade* e três respostas obtidas de três estudantes, um de cada uma das três equipes. Das 11 respostas foram

selecionadas as três a seguir, por serem as mais representativas da ocorrência de concepções prévias, defeituosas ou não.

Figura 8 Exemplo de questão sobre gravidade



Questão 1

Observe a figura ao lado. Nela um veículo está em deslocamento no ar. Existe gravidade atuando sobre ele neste momento?

Resposta estudante 1: Não, só existe gravidade quando o carrinho está andando no chão. No ar, não existe gravidade atuando sobre ele.

Resposta estudante 2: Sim, porque está caindo, se não tivesse, ele sairia voando.

Resposta estudante 3: Sim, porque a gravidade estará puxando o carrinho para o chão e fazendo-o cair.

Também foram propostas questões sobre o atrito, com o mesmo objetivo avaliar concepções iniciais (figura 9).

Figura 9 Exemplo de veículo que deve trafegar sobre diferentes materiais



Questão 2. Observe a figura 9. Se o carrinho for impulsionado e sair andando, haverá diferença entre andar no chão e na grama? Quando ele para de andar?

Resposta estudante 1: No chão e na grama ele anda igual, o lugar não interfere no movimento.

Resposta estudante 2: Na grama ele anda mais lento, no chão mais rápido.

Resposta estudante 3: Ele irá parar só quando bater.

Validando o que diversos estudos já haviam apontado, por meio deste experimento foram identificadas as seguintes concepções prévias:

1. A gravidade é um força que puxa os objetos para o chão.
2. A gravidade só atua nos corpos quando em movimento no chão.
3. A gravidade atua também sobre corpos em repouso.
4. A gravidade não atua sobre corpos em queda livre (no ar).
5. Sem gravidade os corpos voariam.
6. Uma vez em movimento, o corpo permanece em movimento.
7. O atrito de um corpo em movimento com o solo não altera a sua velocidade.
8. O atrito faz com que um corpo em movimento reduza a sua velocidade.

Dando continuidade ao experimento, na segunda etapa o professor prosseguiu com uma explanação oral sobre os conceitos de força, gravidade, movimento e atrito. Durante a explanação, o professor se valeu de materiais dos kits Lego e vídeos educacionais (disponíveis no YouTube) conforme ilustram as fotos da figura 10. Os estudantes fizeram diversos questionamentos, o que pode ser considerado uma demonstração preliminar de interesse pela proposta de aula.

Figura 10 Explanação dos Conceitos de Física



Na terceira etapa, sob a orientação da professora pesquisadora, os estudantes formaram equipes de três ou quatro integrantes, assumindo cada estudante uma função (um construtor, um apresentador, um organizador e um relator). Os estudantes foram orientados a descrever, primeiramente, o roteiro da montagem e, em seguida, proceder com a descrição das

peças e realização dos testes das situações descritas nas questões da etapa 1. Tanto o relatório quanto o protótipo desenvolvido deveriam contribuir para a reflexão sobre os conceitos de força de atrito, gravidade e movimento levando em conta a experiência dos estudantes e o conhecimento prévio. As equipes foram desafiadas a montar um protótipo simples usando rodas, eixos, engrenagens, blocos, conectores, polias e com esse protótipo realizar os testes propostos. Os cenários de teste foram planejados de modo a permitir a observação do movimento do robô em situações de queda livre, rampa, inércia e deslocamento sobre material simulando carpete, grama, asfalto e estrada de cascalho. Após a montagem e a descrição do relatório, os estudantes de cada equipe apresentaram seus protótipos para os colegas das demais equipes. As figuras 14 e 15 ilustra os robôs que as equipes usaram para realizar as fases do jogo.

A partir das análises das respostas dos estudantes elaborou-se uma lista de concepções que emergiram. A tabela 2 sumariza as concepções identificadas e consideradas relevantes para a continuidade deste estudo.

Tabela 2 Lista de concepções identificadas no primeiro experimento

| Concepções sobre gravidade, atrito e movimento. | |
|---|--|
| 1 | A gravidade aumenta com a altura. |
| 2 | A gravidade só atua em corpos em movimento no chão. |
| 3 | A gravidade não atua em corpos em queda livre. |
| 4 | A gravidade não age sobre corpos em repouso. |
| 5 | Gravidade não é uma força que atua nos corpos. |
| 6 | A gravidade só atua em corpos em queda. |
| 7 | Os objetos maiores e com maior massa sofrem maior ação da gravidade. |
| 8 | O tipo de superfície do solo não interfere no deslocamento de um corpo em movimento. |
| 9 | O atrito de um corpo em movimento com a superfície do solo faz com que ele tenha sua velocidade reduzida. |
| 10 | Uso de rodas grandes ou rodas pequenas não interfere no movimento de um corpo. |
| 11 | Tanto uma trajetória retilínea quanto uma curva são percorridas no mesmo tempo e velocidade. |
| 12 | Um corpo em movimento em uma determinada velocidade sobe ou desce uma rampa nas mesmas forças (sem alterações por ser subida ou descida) |
| 13 | Uso de rodas grandes ou rodas pequenas não interfere no deslocamento de um corpo em diferentes superfícies. |

A partir do levantamento das concepções apresentadas pelos estudantes foi elaborada a formalização destas concepções segundo o modelo CK ϕ (concepção, conhecimento e conceito). Seguiu-se o modelo de Balacheff (2013) para representá-las. Uma concepção (C) possui um domínio de validade, sendo representada formalmente por quatro elementos: $C=\{P,O,L,\Sigma\}$, assim descritos:

P representa um conjunto de problemas onde a concepção se manifesta;

O corresponde a um conjunto de operações que resolvem os problemas P;

L representa uma linguagem do domínio de P; e

Σ representa uma estrutura de controle aplicada pelo estudante para validar a sua solução de acordo com a concepção em questão.

A representação das concepções foi elaborada pela autora a fim de que sua apresentação no texto seja clara e permita posteriormente que ela seja identificada nas atividades dos estudantes.

Concepção 1: A gravidade aumenta com a altura.

P: problemas envolvendo dois ou mais corpos posicionados verticalmente em alturas distintas. Os corpos podem estar em movimento vertical (queda livre) ou horizontal (deslocamento no ar).

R: lançar ou largar objetos, acompanhar trajetória,

L: descritiva e oral (sem formalizações matemáticas ou físicas).

Sigma: controle sobre a continuidade do movimento dos corpos, incluindo velocidade e aceleração, que irão variar conforme a altura em que cada um se encontra e a sua massa.

Concepção 2: A gravidade só atua em corpos em movimento no chão.

P: problemas envolvendo objetos posicionados sobre o chão. Os objetos podem estar parados ou em movimento horizontal tocando o chão.

R: lançar objetos, acompanhar trajetória.

L: descritiva e oral (sem formalizações matemáticas ou físicas).

Sigma: controle sobre o deslocamento do objeto sobre o chão, sendo que sobre a ação da Gravidade o objeto não se desgruda dele.

Concepção 3: A gravidade não atua em corpos em queda livre.

P: problemas onde um corpo se encontra em queda livre

R: lançar ou largar objetos, acompanhar trajetória,

L: descritiva e oral (sem formalizações matemáticas ou físicas).

Sigma: na ausência de uma superfície de apoio, o corpo não sofre ação da Gravidade.

Concepção 4: A gravidade não age sobre corpos em repouso.

P: problemas onde um corpo está parado, em estado de inércia.

R: posicionar objeto sobre uma superfície.

L: descritiva e oral (sem formalizações matemáticas ou físicas).

Sigma: na ausência de movimento, o corpo não sofre ação da Gravidade.

Concepção 5: gravidade não é uma força que atua nos corpos.

P: problemas envolvendo deslocamento dos objetos no ar ou no solo.

R: lançar, impulsionar ou largar objetos, acompanhar trajetória.

L: descritiva e oral (sem formalizações matemáticas ou físicas).

Sigma: o comportamento de um objeto lançado, impulsionado ou largado seja no ar ou sobre uma superfície depende unicamente da sua massa.

Concepção 6: A gravidade só atua em corpos em queda livre.

P: problemas onde um corpo se encontra em queda livre.

R: lançar ou largar objetos, acompanhar trajetória.

L: descritiva e oral (sem formalizações matemáticas ou físicas).

Sigma: a Gravidade só passa a atuar sobre os corpos que não estão apoiados em nenhuma superfície e apresentam um deslocamento de queda livre.

Concepção 7: Os objetos maiores e com maior massa sofrem maior ação da gravidade.

P: problemas envolvendo dois ou mais corpos parados ou em movimento vertical (queda livre) ou horizontal (deslocamento no ar).

R: lançar, impulsionar ou largar objetos, acompanhar trajetória.

L: descritiva e oral (sem formalizações matemáticas ou físicas).

Sigma: a Gravidade não age igualmente sobre os corpos, ou seja, corpos maiores (maior superfície) e de mais massa sobre maior ação da Gravidade do que outros menores e mais leves.

Concepção 8: O tipo de superfície do solo não interfere no deslocamento de um objeto em movimento.

P: problemas onde um objeto está em movimento no solo e a superfície do solo apresenta variações em termos de rugosidade.

R: posicionar objeto sobre o chão, definir aceleração inicial, iniciar movimento do objeto, observar comportamento do objeto ao longo das variações das superfícies do solo.

L: descritiva e oral (sem formalizações matemáticas ou físicas).

Sigma: a mudança na rugosidade da superfície do solo não ocasiona variações no comportamento de um corpo em movimento em termos de velocidade

Concepção 9: O atrito de um corpo em movimento com a superfície do solo faz com que ele tenha sua velocidade reduzida.

P: problemas em que um corpo esteja em movimento sobre solo de superfície rugosa.

R: posicionar objeto sobre o chão, definir aceleração inicial, iniciar movimento do objeto, acompanhar a sua evolução na superfície do solo.

L: descritiva e oral (sem formalizações matemáticas ou físicas).

Sigma: o atrito interfere no movimento de um objeto sobre uma superfície na medida em que ele corresponde a uma força contrária ao movimento.

Concepção 10: Uso de rodas grandes ou rodas pequenas não interfere no movimento de um corpo.

P: problemas envolvendo comparações entre comportamentos exibidos por dois veículos, um portando rodas pequenas e, outro, rodas grandes.

R: posicionar veículos com rodas pequenas e com rodas grandes lado a lado, definir aceleração inicial idêntica, iniciar movimentos, observar comportamentos iguais.

L: descritiva e oral (sem formalizações matemáticas ou físicas).

Sigma: o tamanho das rodas não sofre interferência da velocidade do veículo.

Concepção 11: Tanto uma trajetória retilínea quanto uma curva são percorridas no mesmo tempo e velocidade.

P: problemas envolvendo aceleração de um robô.

R: posicionar veículos com rodas pequenas e com rodas grandes lado a lado, definir aceleração inicial idêntica, iniciar movimentos, observar comportamentos iguais.

L: descritiva e oral (sem formalizações matemáticas ou físicas).

Sigma: nenhuma forma interfere no deslocamento em linha reta ou curva

Concepção 12: Um carro robô sobe e desce rampas sempre com a mesma velocidade (sem alterações por ser subida ou descida).

P: problemas envolvendo aceleração de um robô ladeira acima e ladeira abaixo.

R: posicionar veículos em rampa de subida e de descida, definir aceleração inicial idêntica, iniciar movimentos, observar comportamentos iguais.

L: descritiva e oral (sem formalizações matemáticas ou físicas).

Sigma: nenhuma forma interfere no deslocamento em subida ou descida.

Concepção 13: Uso de rodas grandes ou rodas pequenas não interfere no deslocamento de um corpo em diferentes superfícies.

P: problemas envolvendo aceleração de um robô.

R: posicionar veículos com rodas pequenas e com rodas grandes lado a lado, definir aceleração inicial idêntica, iniciar movimentos, observar comportamentos iguais.

L: descritiva e oral (sem formalizações matemáticas ou físicas).

Sigma: nenhuma forma interfere no deslocamento sobre diferentes superfícies, seja utilizando rodas grandes ou rodas pequenas.

A partir da revisão da literatura, da execução desse experimento, do levantamento das concepções dos estudantes e da formalização, partiu-se para a elaboração do jogo atendendo aos seguintes requisitos:

- a) Que as concepções prévias sejam desestabilizadas;
- b) Que as concepções corretas sejam reforçadas;
- c) Que as equipes se engajem no desenvolvimento das tarefas;
- d) Que o jogo em si seja desafiador para o nível de conhecimento dos estudantes;
- e) Que as tarefas do jogo não possam ser tão óbvias que não necessitem de experimentação, nem tão difíceis que não possam ser realizadas pelos estudantes do grupo amostral;
- f) Que os materiais utilizados no jogo devam estar disponíveis para reprodução em outro contexto ou instituição.

4.4 Segunda Etapa: Visão Geral do Jogo

O jogo proposto tem por objetivo apresentar situações de aprendizagem, fazendo uso de materiais robóticos e visando desestabilizar certas concepções prévias sobre os conceitos

de força de atrito, gravidade e movimento. O jogo organiza-se em três fases. As atividades propostas em todas as fases têm como principal objetivo mobilizar o conhecimento do estudante a fim de identificar quais concepções estão presentes. Por meio das atividades, busca-se invalidar e desestabilizar as concepções prévias e reforçar as corretas. Na primeira fase, são trabalhados os conhecimentos prévios sobre Gravidade. Na segunda fase, são tratados os conhecimentos sobre movimento e também força gravitacional. Por fim, na terceira fase, é trabalhado o conceito de atrito. Para a organização do jogo, são necessários kits de Robótica Lego (maleta 9797), computadores e software Lego MINDSTORMS 2.0 para cada equipe. Para a construção da pista dos carros são necessários os seguintes materiais: tábuas, papelão, fita dupla face, caixa com areia e tapete rugoso e piso áspero.

O professor deve sortear as equipes com dois ou três participantes e distribuir as atividades, que precisam para realizar as montagens, programações e testes. Durante a realização das tarefas, o professor pode orientar os estudantes para o desenvolvimento das atividades que serão desenvolvidos em cada fase.

Ao término, as equipes devem apresentar suas construções e responder as questões propostas pelo professor. Por fim, o professor deve avaliá-las segundo critérios preestabelecidos, que levem em consideração tanto a execução das tarefas quanto o conhecimento, em termos de concepções mobilizadas pelos estudantes. As equipes serão premiadas de acordo com as suas pontuações nas três fases de atividades (a Figura 11 ilustra as medalhas a serem disponibilizadas às equipes vencedoras). Na primeira fase, as equipes que completarem toda prova receberão 180 pontos. Na segunda fase, as equipes que realizarem a construção, a programação, os testes e responderem as questões propostas receberão 200 pontos. Na terceira fase, as equipes que realizarem a construção, a programação, os testes e responderem as questões propostas receberão 250 pontos.

11 Ilustra as medalhas a serem disponibilizadas para as equipes



4.5 Primeira Fase do Jogo

No início do jogo, o professor deve realizar o sorteio da composição das equipes, orientando-as sobre como se organizar para a realização das atividades. Cada equipe deve ser formada idealmente por dois, três ou quatro estudantes. Cada um dos estudantes tem uma função específica; essas funções podem ser permutadas sempre que a equipe achar necessário. Os integrantes da equipe devem vivenciar todas as funções durante o desenvolvimento das atividades nas três fases do jogo. Apresenta-se uma breve descrição das funções:

- a) o apresentador recebe o envelope e a caixa de materiais com o nome da equipe e organiza as tarefas de cada integrante;
- b) o construtor junto com os demais colegas realiza a montagem do carrinho para cumprimento da prova;
- c) o relator escreve e responde as perguntas junto com os colegas;
- d) o organizador é o responsável pela organização da maleta e por ajudar no desenvolvimento das tarefas.

Em cada fase, há troca das funções de cada participante para que todos os estudantes consigam vivenciar as experiências que cada função possibilita.

Para iniciar a primeira fase do jogo, foram elaboradas três questões simples de Física. Elas têm por objetivo introduzir os temas a serem trabalhados nesta primeira fase, inserindo o estudante no contexto da aprendizagem visada por meio de reflexões sobre situações que fazem parte do seu dia a dia. Assim sendo, o professor deve entregar as questões descritivas para cada estudante responder de acordo com o experimento realizado pelo professor. Os estudantes responderam as questões propostas que estão descritas no apêndice C.

Um representante de cada equipe deve receber uma maleta com os seguintes objetos para realização das atividades:

- a) três motores
- b) um controlador e uma bateria
- c) vinte eixos
- d) quatro rodas pequenas
- e) oito meias bucha
- f) quatro buchas
- g) dois cabos
- h) um computador com o software NXT 2.0 Programming
- i) um cabo USB e blocos de montagem.

O software MINDSTORMS NXT 2.0 define que a velocidade do robô é controlada por um parâmetro denominado força. A força determina a velocidade de deslocamento do robô, sendo um valor entre 0 e 100. Está definido dessa forma porque o motor possui sensor de rotação embutido. Isso permite que os movimentos do robô possam ser controlados com maior precisão. O sensor de rotação mede as rotações em graus, ou voltas completas (com exatidão de +/- 1 grau). Uma volta completa equivale a 360°. Então, se você define um motor para rodar 180°, seu eixo de saída rodará meia volta. O sensor de rotação embutido em cada motor é quem define velocidades para seus motores por meio do mesmo parâmetro de força. A faixa de valores definida para o parâmetro força não é representada em nenhuma unidade de Física, pois ela representa uma faixa de valores suportada pelo microcontrolador do NXT.

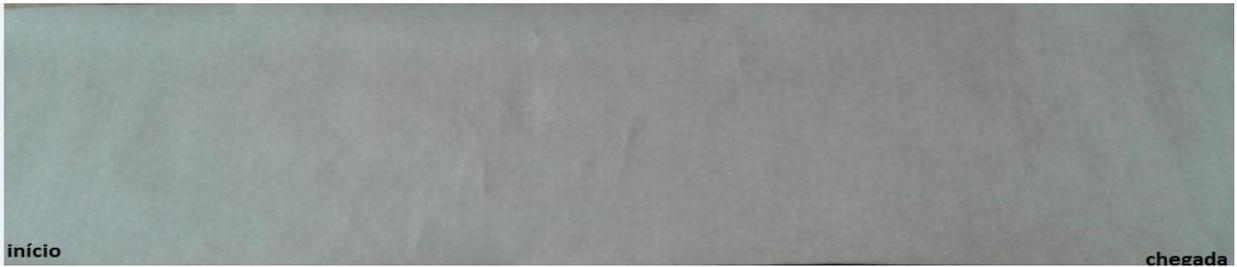
Em seguida, o professor deve explicar as regras do jogo. O tabuleiro do jogo representa um circuito contendo diferentes tipos de pistas onde veículos deverão transitar para realização total do percurso como mostra a figura 12.

Figura 12 Tabuleiro do jogo (pista para veículos)



Cada trecho da pista constitui um desafio diferente para as equipes. O professor deve organizar as equipes para iniciar o jogo. Os estudantes recebem os crachás indicando a atribuição de cada um: organizador, relator, construtor ou apresentador. O professor deve orientar os estudantes e apresentar o tabuleiro do jogo e o percurso a ser explorado nessa fase. Para ilustrar, a figura 13 apresenta a pista de 4 metros de madeira lisa, primeiro desafio que os estudantes devem enfrentar no jogo.

Figura 13 Pista de 4 metros em madeira lisa



A tarefa da primeira fase do jogo consiste em construir modelos de robôs orientados pelo professor (figura 14) que percorram o percurso apresentado na figura 16, verificando qual deles é mais rápido. Os veículos devem respeitar as configurações indicadas. Deve-se realizar a tarefa a seguir:

1) Dois robôs pequenos com um motor, duas rodas pequenas e duas rodas grandes ou 4 rodas grandes devem ser testados no percurso. As equipes deverão programar, verificar qual é o mais rápido, anotar o tempo gasto, a velocidade, distância percorrida. Qual dos robôs consegue fazer a curva e por quê? Os resultados devem ser anotados na tabela do apêndice E.

Figura 14 Ilustração dos robôs



Após a montagem dos robôs, as equipes enfrentam o desafio de fazer seus robôs executarem o percurso da figura 13, que é uma pista reta em material liso. O professor pode filmar todos os momentos para registrar os resultados da atividade, montagem, programação em 3 níveis força de rotação, (30, 60, 100) testes e ajustes onde os estudantes poderão visualizar na prática a diferença entre as forças programadas. A pontuação de cada equipe só é conhecida na conclusão das atividades.

Para avaliar o entendimento das equipes sobre as tarefas realizadas, propõe-se considerar um conjunto de concepções. A partir da resolução das situações-problema as concepções prévias que podem ser desestabilizadas por meio desta atividade são: rodas

grandes ou rodas pequenas andam sempre da mesma maneira, e carros grandes ou carros menores andam sempre da mesma maneira. Estes, independente de terem um ou dois motores, têm sempre a mesma velocidade.

Cada equipe deve realizar as montagens, para cumprimento da atividade de forma lúdica e divertida em forma de competição. Na realização das atividades será avaliada a velocidade e o movimento. A partir dessa experimentação, devem surgir questões acerca do processo como um todo. Como o professor mediador observa atentamente todos os passos da atividade, ele também faz inferências – na medida do possível – para instigar a apropriação do conhecimento das equipes durante a aprendizagem. Dessa forma, questionamentos sobre as concepções podem permitir uma avaliação complementar das concepções apresentadas.

As concepções que podem ser mobilizadas nessa fase do jogo como mostra a tabela 1 sobre o conceito de gravidade, força de atrito e movimento são as seguintes.

8. O tipo de superfície do solo não interfere no deslocamento de um corpo em movimento.
9. O atrito de um corpo em movimento com a superfície do solo faz com que ele tenha sua velocidade reduzida.
10. Um corpo em movimento em uma determinada velocidade sobe ou desce uma rampa sem que essa velocidade seja alterada.
11. Uso de rodas grandes ou rodas pequenas não interfere no deslocamento de um corpo.
12. Um carro robô sobe e desce rampas sempre com a mesma velocidade (sem alterações por ser subida ou descida).
13. O atrito faz com que um corpo em movimento reduza ou aumente a sua velocidade.

4.6 Segunda Fase do Jogo

A segunda fase consiste em um experimento com protótipo programável que permita colocar em ação conhecimentos básicos sobre gravidade, movimento retilíneo e queda livre. Cada equipe tem como tarefa inicial a montagem de dois robôs como mostra a figura 14. O desafio é fazer com que as equipes construam os robôs para percorrerem o circuito com rampa, visto na figura 16.

Figura 15 Modelos de robôs



O professor realiza, em seguida, um sorteio para definir quais equipes farão a montagem do carro de corrida com três motores e quais equipes montarão o carro com engrenagens com um único motor. O objetivo da programação nesta fase é fazer com que cada robô realize o movimento em linha reta, subindo e descendo a rampa, como mostra a figura 16.

Figura 16 Percurso de 4 metros em linha reta, com subida e descida da rampa.



Após a realização dos testes que as equipes acharem necessários, elas recebem as questões a seguir:

- a) Os dois robôs conseguiram realizar o percurso de 4 metros com a mesma velocidade?
- b) O que diferencia os dois robôs em termos de desempenho?
- c) Descreva sua programação. Quando o seu robô irá parar?
- d) Em quais momentos a gravidade atua sobre os robôs?
- e) Os robôs programados com a mesma velocidade conseguiram percorrer o trajeto de 4 metros em linha reta e subir e descer a rampa?

f) Com as atividades propostas espera-se trabalhar com as concepções apresentadas a seguir.

Concepções prévias que podem surgir com a realização dos Estudantes com essas atividades:

- a) A gravidade só atua nos corpos quando em movimento no chão;
- b) A gravidade não atua sobre corpos em queda livre (no ar);
- c) A gravidade é maior em corpos maiores;
- d) Uma vez em movimento, o corpo permanece em movimento.

Concepções prévias que podem ser desestabilizadas por meio da realização dos Estudantes com essas atividades:

- a) Rodas grandes ou rodas pequenas andam sempre da mesma forma.
- b) Carros grandes ou carros menores andam sempre da mesma forma. Estes, independente de terem um ou dois motores, têm sempre a mesma velocidade.

1.1 Terceira Fase do Jogo

A terceira fase consiste de um experimento com protótipo programável que permite testar conhecimentos básicos de movimento e atrito. Em particular, será verificada a presença de uma concepção errônea segundo a qual o material que é utilizado para montar o percurso não influencia no movimento dos protótipos. Com essa atividade, as equipes, após terem realizado a montagem de um carro resistente com rodas grandes e afastadas do chão, deverão realizar a programação para que ele consiga realizar o percurso do tabuleiro jogo conforme apresentadas na figura 12. Na figura 13, o professor apresenta o percurso em linha reta, e a figura 14 apresenta os robôs que serão utilizados nessa 3ª fase do jogo. Na figura 15, apresentam-se os robôs sugeridos para realização do percurso proposto. A figura 16 apresenta o percurso em linha reta com rampa em madeira. A figura 17 apresenta a rampa com a caixa de areia. A figura 18 apresenta o material de concreto áspero de 4 metros de comprimento, a figura 19, um tapete felpudo que simula grama, com 3 metros de comprimento. O desafio é fazer o protótipo percorrer o trajeto completo. O carrinho montado andará na mesma

velocidade em todas as superfícies?

Figura 17 Percurso em madeira, rampa, caixa de areia.



Figura 18 Material áspero de concreto (4 metros)



Figura 19 Material que simula grama (4 metros)



Após construído o robô, cada equipe tem como tarefa adicional a programação de sua velocidade; em seguida, o robô é colocado para percorrer a pista completa apresentada no tabuleiro do jogo (figura 12). A pista é composta por 4 texturas diferentes: madeira, areia, concreto áspero e grama artificial. O trecho inicia com a rampa em madeira. O robô em movimento, andando em linha reta, deve saltar da rampa para a caixa de areia como mostra a figura 17. Após o robô ter saltado na caixa de areia a equipe precisa desenvolver estratégias para sair da caixa, e em seguida realizar a curva. O mesmo robô deve andar sobre o percurso da figura 18 (superfície áspera) e sobre o percurso da figura 19 (material que simula grama artificial). Os estudantes têm como tarefa descrever o que acontece em cada etapa, identificando se as superfícies interferem na velocidade do robô; as questões do apêndice G propiciam uma descrição mais completa dos eventos ocorridos ao longo do percurso. Na fase 3 do jogo, o professor terá à disposição uma tabela (apêndice J) a qual auxiliará na realização das atividades das equipes.

Para avaliar o entendimento das equipes sobre as tarefas realizadas, propõe-se considerar um conjunto de concepções (1 a 13).

As concepções prévias que usualmente aparecem nesta atividade são as seguintes:

1. A gravidade aumenta com a altura.
2. A gravidade só atua em corpos em movimento no chão.
3. A gravidade não atua em corpos em queda livre.
4. A gravidade não age sobre corpos em repouso.
5. A gravidade não é uma força que atua nos corpos.
6. A gravidade só atua em corpos em queda.
7. Os objetos maiores e com maior massa sofrem maior ação da gravidade.
8. O tipo de superfície do solo não interfere no deslocamento de um corpo em movimento.
9. O atrito de um corpo em movimento com a superfície do solo faz com que ele tenha sua velocidade reduzida.
10. Uso de rodas grandes ou rodas pequenas não interfere no movimento de um corpo.
11. Tanto uma trajetória retilínea quanto uma curva são percorridas no mesmo tempo e com a mesma velocidade.
12. Um carro robô sobe e desce rampas sempre com a mesma velocidade (sem alterações por ser subida ou descida).
13. Uso de rodas grandes ou rodas pequenas não interfere no deslocamento de um corpo.

1.2 Considerações Finais sobre o Jogo

A aplicação do jogo no grupo amostral foi realizada no segundo semestre de 2014. Os dados referentes às etapas do jogo foram coletados e analisados na sequência do trabalho. Analisaram-se os resultados dos testes, bem como todos os dados, vídeos e imagens coletados, a fim de sistematizá-los e estabelecer relações entre problemas e concepções. Compreendendo como as concepções se revelam e como se mantêm ou desestabilizam, permite que se avalie a contribuição do jogo para o ensino e aprendizagem dos conceitos da força de atrito, gravidade e movimento. O processo de análise dos dados coletados e descrição de conclusões estão descritos no próximo capítulo.

5 CENÁRIO DE APLICAÇÃO DO JOGO

Este capítulo apresenta a aplicação do jogo, os resultados da pesquisa, as análises e reflexões finais do trabalho. O planejamento das etapas do jogo foi construído com base na fundamentação teórica trabalhada na primeira seção dessa dissertação, a experiência da professora com a atuação de 8 anos com Robótica Educacional e outros materiais e diferentes softwares de programação e a adequação das atividades para o nível de idade dos estudantes. A contribuição dos professores do colégio onde foi realizada a pesquisa. A metodologia está apoiada nos pressupostos teóricos de Vergnaud e Balacheff para responder a seguinte questão de pesquisa: “A Robótica Educacional, integrada ao ensino de Física, pode reforçar e (ou) desestabilizar concepções prévias dos estudantes?” Para responder a essa questão, foram elaboradas situações de aprendizagem baseadas na construção de artefatos robóticos e as envolveram a resolução de problemas inseridos em atividades visando reforçar ou desestabilizar as concepções prévias apresentadas pelos estudantes (vide tabela 2).

Tabela 3 Apresentação geral do jogo

| Fase | Tipo de tarefa | Duração da atividade | Conceito a ser trabalhado |
|-----------------------------|--|----------------------|------------------------------|
| 1 | Questões abertas e experimentação | 30 min | Gravidade |
| | Explicação e exploração do kit Lego, apresentação, formação das equipes, escolha de função para 1ª atividade e exploração do software Lego MINDSTORMS. | 2h | Movimento retilíneo uniforme |
| | Montagem de 2 robôs para percorrer a pista em linha reta. | 2 h | |
| 2 | Montagem e programação do robô com 2 motores que deve andar em linha reta, subir e descer uma rampa. | 2h | Movimento retilíneo uniforme |
| 3 | Montagem e programação, testes dos 2 robôs e caixa de areia. | 2h | Gravidade |
| | Montagem e programação de um robô para fazer curva. | 2h | |
| | Montagem e programação de um robô para percorrer todo o tabuleiro. | 2h | Atrito |
| Final | Análise das atividades desenvolvidas, entrega de premiação e criação e programação de um robô livre para as equipes se divertirem (sem pontuação). | 2h | |
| Total de horas aulas | | 14h 30min | |

O jogo desenvolvido está organizado em três fases. As seções subsequentes detalham a preparação do jogo e o desenvolvimento das suas três fases.

1.3 Organização do Ambiente do Jogo

Antes de iniciar o jogo, o professor organizou os materiais e preparou a sala de aula. O professor sorteou as equipes, sendo compostas por dois (uma equipe) ou três (três equipes) estudantes. As equipes foram organizadas de acordo com a descrição da tabela 3.

Tabela 4 Organização das equipes, nomes e identificadores.

| Equipe | Nome da Equipe | Identificador dos Estudantes |
|--------|----------------------------------|------------------------------|
| 1 | Construtores do Futuro | E1 |
| | | E2 |
| | | E3 |
| 2 | Engenheiros do Lego | E4 |
| | | E5 |
| | | E6 |
| 3 | Invencíveis do Lego | E7 |
| | | E8 |
| | | E9 |
| 4 | Engenheiras do Lego (meninas) | E10 |
| | | E11 |

Cada estudante desempenhou uma função na sua equipe. O apresentador recebeu a descrição de cada atividade, a caixa com os materiais e organizou as tarefas de cada membro da equipe. O construtor, junto com os demais membros, realizou a construção dos robôs para realização das atividades. O relator respondeu as questões e fez as anotações necessárias. O organizador foi responsável pela preparação dos materiais e desenvolvimento de cada atividade. Nas equipes formadas por três integrantes, o relator foi também o apresentador, responsável por acompanhar o desenvolvimento da atividade e apresentar o que foi feito para as outras equipes. Já na equipe composta por dois integrantes, o apresentador foi também relator e o organizador foi também o construtor. Dando continuidade, o professor explicou as regras do jogo.

Uma breve descrição das peças do kit Lego 9797 utilizado. Ainda, o professor forneceu algumas orientações. Inicialmente, informou que as aulas teriam duração de duas horas. Em seguida, apresentou o jogo composto por um tabuleiro em formato de circuito,

contendo diferentes materiais. Ele destacou que cada trecho da pista constituiria um desafio diferente para as equipes. Em cada fase, os estudantes deveriam realizar o percurso apresentado com sucesso para obter uma pontuação. Após as orientações, o jogo foi iniciado.

A tabela 2 apresenta uma visão geral do jogo, detalhando cada tipo de tarefa em cada fase do jogo. Ela descreve ainda o número de horas-aula necessárias e o conceito trabalhado a cada fase do jogo.

1.4 Como Iniciou a Primeira Fase do Jogo

A primeira fase do jogo foi composta por duas atividades. Inicialmente, os estudantes receberam uma ficha contendo questões abertas para interpretação e resposta individual. A ficha modelo se encontra no (apêndice 8-A). A lista de concepções visadas nesta fase é apresentada na tabela 4.

Dando continuidade ao trabalho, todos os estudantes responderam a questões abertas. A tabela 5 apresenta as respostas para a primeira questão: ao largarmos de uma altura de 2 metros uma bola de vôlei e uma bola de tênis, qual atinge o chão primeiro? Esta tabela detalha a resposta de cada estudante, destacando a sua equipe. As respostas dos estudantes foram mantidas sem correções.

Tabela 5 Transcrição das respostas dos estudantes para a primeira questão

| Equipe | Estudante | Resposta |
|--------|-----------|--|
| 1 | E1 | Bola de vôlei é maior, mais pesada e tem mais gravidade atuando. |
| | E2 | Bola de vôlei é maior, mais pesada. |
| | E3 | As duas ao mesmo tempo |
| 2 | E4 | As duas ao mesmo tempo |
| | E5 | As duas ao mesmo tempo |
| | E6 | As duas ao mesmo tempo mesma gravidade. |
| 3 | E7 | Bola de vôlei é maior, “mais grande”. |
| | E8 | Bola de Futebol mais pesada e tem mais gravidade atuando. |
| | E9 | As duas ao mesmo tempo mesma gravidade |
| 4 | E10 | Ao mesmo tempo, as duas têm a mesma gravidade atuando nelas. |
| | E11 | Bola de vôlei é maior e mais pesada. |

Como pode ser observado na tabela 5, cinco estudantes responderam de acordo com a concepção prévia errônea (concepção 7: Os objetos maiores e com maior massa caem mais rápido. Os demais seis estudantes responderam corretamente: Corpos de massa maior sofrem

sim maior ação da gravidade, no sentido de que a força gravitacional (o peso) é de fato maior. A aceleração da gravidade é a mesma para corpos com massas pequenas ou grandes, mas a força gravitacional, essa é maior para o corpo com mais massa (força peso = $mg!$) O jeito para sair dessa é associar a velocidade (a concepção errônea é: "corpos mais pesados caem mais rápido"). A confusão acontece porque frequentemente a mesma palavra (gravidade) é usada para a aceleração da gravidade e para a força gravitacional (o peso).

Com a descrição das respostas dos estudantes, observa-se que as equipes 1, 3 e 4 estão heterogêneas em termos de concepções manifestadas. Na equipe 2, os três estudantes apresentaram a concepção correta, segundo a qual os dois objetos atingem o chão ao mesmo tempo; a aceleração da gravidade atua indiferentemente se um objeto está parado ou caindo, ou se o objeto é grande ou pequeno.

Para avaliar com maior profundidade a compreensão dos estudantes sobre o conceito de aceleração da gravidade, o professor propôs uma nova questão aos estudantes: ao largarmos de uma altura de 2 metros uma batata grande e uma batata pequena, qual atinge o chão primeiro? A tabela 6 apresenta as respostas dos estudantes sem correções para a segunda questão do apêndice C.

Tabela 6 Transcrição das respostas dos estudantes para a segunda questão

| Equipe | Estudante | Resposta |
|--------|-----------|---|
| 1 | E1 | Batata grande é maior, mais pesada, mais gravidade. |
| | E2 | Batata grande é maior, mais pesada, mais gravidade. |
| | E3 | Batata grande é maior, mais pesada, mais gravidade. |
| 2 | E4 | As duas ao mesmo tempo mesma gravidade |
| | E5 | As duas ao mesmo tempo mesma gravidade |
| | E6 | As duas ao mesmo tempo mesma gravidade |
| 3 | E7 | Batata grande é maior, mais pesada, mais gravidade. |
| | E8 | As duas ao mesmo tempo mesma gravidade |
| | E9 | As duas ao mesmo tempo mesma gravidade |
| 4 | E10 | As duas caem juntas. |
| | E11 | Batata menor, menos gravidade, menor peso. |

Como pode ser observado na tabela 6, cinco estudantes responderam de acordo com a concepção prévia segundo a qual os objetos maiores e com maior massa sofrem maior ação da gravidade. Os demais seis estudantes responderam corretamente. A fim de averiguar se tais concepções se mantinham estáveis, o professor questionou os estudantes se objetos parados sofrem ação da gravidade. Os estudantes E1, E2, E3, E7 e E11 afirmaram que se os objetos estão parados, não sofrem a ação da Gravidade. Eles afirmaram que a gravidade não é uma

força que atua sobre corpos parados. Uma observação complementar foi feita pelos estudantes E1, E2, E3, E5 e E11 que afirmaram que quando um objeto se encontra em queda livre, ele « perde » a gravidade (ou vai perdendo a gravidade à medida que se aproxima do chão). Os mesmos estudantes afirmaram que, se a professora levantasse os objetos a uma altura maior, aumentaria a gravidade sofrida pelos objetos. Em termos do tamanho perceptível dos objetos, os estudantes E1, E2, E3 e E7 afirmaram que quanto maior o objeto, mais gravidade atuaria sobre ele. O estudante E11 reforçou ainda que a batata menor tem menor peso (na verdade é massa) e, portanto, atuaria sobre ela menor gravidade. Por fim, os estudantes E4, E5, E6, E8, E9, E10 responderam que a gravidade atuaria em todos os momentos da execução da atividade, no momento que as duas batatas estariam paradas, caindo e ao atingirem o chão. Os estudantes E2 e E4 afirmaram ainda que a gravidade atuaria quando os dois objetos estivessem em queda livre.

A tabela 7 apresenta os resultados tabulados para a questão aberta de número três: ao largarmos de uma altura de 2 metros uma caixa de papel vazia e outra com areia qual atinge o chão primeiro? As respostas dos estudantes foram mantidas sem correções.

Tabela 7 Transcrição da resposta de cada estudante da terceira questão

| Equipe | Estudante | Resposta |
|--------|-----------|--|
| 1 | E1 | Caixa de papel com areia é mais pesada mais gravidade. |
| | E2 | As duas ao mesmo tempo mesma gravidade. |
| | E3 | A caixa vazia ela tem menos peso, menos gravidade. |
| 2 | E4 | As duas ao mesmo tempo mesma gravidade. |
| | E5 | As duas ao mesmo tempo mesma gravidade. |
| | E6 | Caíram juntas. |
| 3 | E7 | Caixa com areia. |
| | E8 | As duas ao mesmo tempo mesma gravidade. |
| | E9 | As duas ao mesmo tempo mesma gravidade. |
| 4 | E10 | Caixa de papel com areia mais pesada mais gravidade. |
| | E11 | As duas ao mesmo tempo mesma gravidade. |

Como pode ser observado na tabela 7, quatro estudantes (E1, E3, E7 e E10) responderam de acordo com a concepção prévia errônea (concepção 7, os objetos maiores e com maior massa sofrem maior ação da gravidade). Os demais seis estudantes responderam corretamente que as duas caixas caem ao mesmo tempo. Por exemplo, ao largar duas caixas de papelão grosso 10x20, uma vazia e a outra com areia. O professor larga as duas caixas de uma determinada altura. O professor perguntou aos alunos qual atinge o chão antes. Com esse experimento, os estudantes com a concepção correta mesmo com os objetos parados na mão

do professor, a gravidade continua atuando sobre eles. Com a descrição das respostas dos estudantes, observa-se que as equipes 1, 3 e 4 são heterogêneas em termos de concepções manifestadas. Na equipe 2, os três estudantes apresentaram a concepção correta.

A tabela 8 nos mostra um comparativo das três respostas de cada estudante. Pode-se observar que 7 estudantes apresentam uma concepção prévia errônea estável. Porém, 6 estudantes apresentaram variação na resposta apresentada.

Por meio dessas atividades, pode-se observar que o conceito de aceleração da gravidade produz dúvidas nos estudantes. Durante a realização dos experimentos, o professor percebeu que alguns estudantes não têm clareza sobre o conceito de aceleração da gravidade. Os mesmos estudantes, quando questionados, disseram que é algo que eles não conseguem ver, pegar e isso torna o conceito difícil de entender. Eles afirmam ainda que a experimentação realizada pelo professor ajudou a esclarecer certos pontos. Contudo, o conceito de aceleração da gravidade não deve ser considerado aprendido. A partir do instante que eles se propuseram a realizar os experimentos com outros objetos e com os seus próprios brinquedos em casa, relatam que puderam perceber melhor o que acontecia com os objetos. Eles observaram que os objetos têm uma massa, têm um tamanho, são feitos de materiais diferentes. Esses estudantes despertaram para a realização de testes utilizando todos os objetos que estavam próximos a eles: lápis, borracha, caderno, apostila, garrafa vazia e garrafa com água. Eles mesmos realizaram os experimentos, mas ainda não estão convencidos. Observando a tabela 8, nota-se que os estudantes ainda apresentam dificuldades sobre o conceito.

Tabela 8 Comparando as respostas das três questões

| Estudante | Resposta questão 1 | Resposta questão 2 | Resposta questão 3 |
|-----------|--|---|---|
| E1 | Bola de vôlei é maior, mais pesada e tem mais gravidade atuando. | Batata grande é maior, mais pesada, mais gravidade. | Caixa de papel com areia é mais pesada mais gravidade. |
| E2 | Bola de vôlei é maior, mais pesada e tem mais gravidade atuando. | Batata grande é maior, mais pesada, mais gravidade. | Caixa de papel com areia é mais pesada mais gravidade. |
| E3 | As duas ao mesmo tempo. | Batata grande é maior, mais pesada, mais gravidade. | A caixa vazia ela tem menos peso, menos gravidade. |
| E4 | As duas ao mesmo tempo. | As duas ao mesmo tempo mesma gravidade. | As duas ao mesmo tempo mesma gravidade. |
| E5 | As duas ao mesmo tempo. | As duas ao mesmo tempo mesma gravidade. | As duas ao mesmo tempo mesma gravidade. |
| E6 | As duas ao mesmo tempo mesma gravidade. | As duas ao mesmo tempo mesma gravidade. | Caíram juntas. |
| E7 | Bola de vôlei é maior. | Batata grande é maior, mais pesada, mais gravidade. | Caixa com areia. |
| E8 | Bola de Futebol mais pesada e tem mais gravidade atuando. | As duas ao mesmo tempo mesma gravidade. | As duas ao mesmo tempo mesma gravidade. |
| E9 | As duas ao mesmo tempo mesma gravidade. | As duas ao mesmo tempo mesma gravidade. | As duas ao mesmo tempo mesma gravidade. |
| E10 | Ao mesmo tempo, as duas têm a mesma gravidade atuando nelas. | As duas caem juntas. | Caixa de papel com areia de papel mais pesada mais gravidade. |
| E11 | Bola de vôlei é maior e mais pesada. | Batata menor, menos gravidade, menor peso. | As duas ao mesmo tempo mesma gravidade. |

A equipe 1 é composta por estudantes E1, E2, E3, que apresentam dificuldades em relação ao conceito de gravidade avaliando as respostas. Eles apresentam concepções prévias, eles relacionam o tamanho do objeto, a massa e altura com a gravidade, afirmando que quanto maior e mais massa mais gravidade atua sobre o mesmo. Eles não se convencem que os dois objetos atingem o chão ao mesmo tempo. Mesmo com os experimentos, os estudantes ainda apresentam dificuldades sobre o conceito.

A equipe 2 (E4, E5 e E6) é composta de estudantes participativos, que amam a Robótica e estão sempre pesquisando e acompanhando o que acontece. Sempre se

apresentaram muito curiosos com tudo o que a professora falava. O estudante E5 é um estudante crítico e participativo, adora aulas práticas. Os experimentos ajudam a sanar as dúvidas: mesmo sem aulas de Física, (no 6º ano), eles se encontravam para a realização de outros trabalhos e lá sempre estava a Robótica presente. Era recorrente: esses estudantes questionavam o tempo todo, perguntando o porquê disso ou daquilo, e corroboravam seus pontos de vista fazendo previsões de como algumas coisas aconteceriam.

Na equipe 3, somente o estudante E7 apresentou dificuldades em relação ao conceito de gravidade. Ele tinha dificuldade em acreditar que os dois objetos atingiriam o chão ao mesmo tempo. Apesar de sucessivos experimentos, o estudante E7 aparentemente ainda "não acreditava no que via". (Nem sempre uma informação visual de um experimento convence certos alunos).

E8 tem dúvidas sobre o conceito: ele afirma que objetos maiores e com maior massa atingem o chão primeiro e tem mais força da gravidade atuando sobre o objeto (e tem mesmo!). Tem aqui uma mistura de coisas adequadas e inadequadas. Não, o objeto pesado não chega necessariamente primeiro ao chão. Mas, sim, o objeto pesado está sob a ação de uma força da gravidade maior!). Ele apresentava concepções prévias, tendo dificuldade em acreditar que os dois objetos atingiriam o chão ao mesmo tempo. Nos 2 próximos experimentos com outros objetos diferentes, o mesmo escreve que os dois objetos atingem o chão ao mesmo tempo.

O E9 respondeu corretamente que os dois objetos atingem o chão ao mesmo tempo. Este estudante apresenta a concepção correta. O professor pergunta: "mesmo com os objetos parados em minha mão?" Ele responde: " Sim, professor. A gravidade continua atuando sobre eles em todos os momentos mesmo quando está caindo, ou parado no chão."

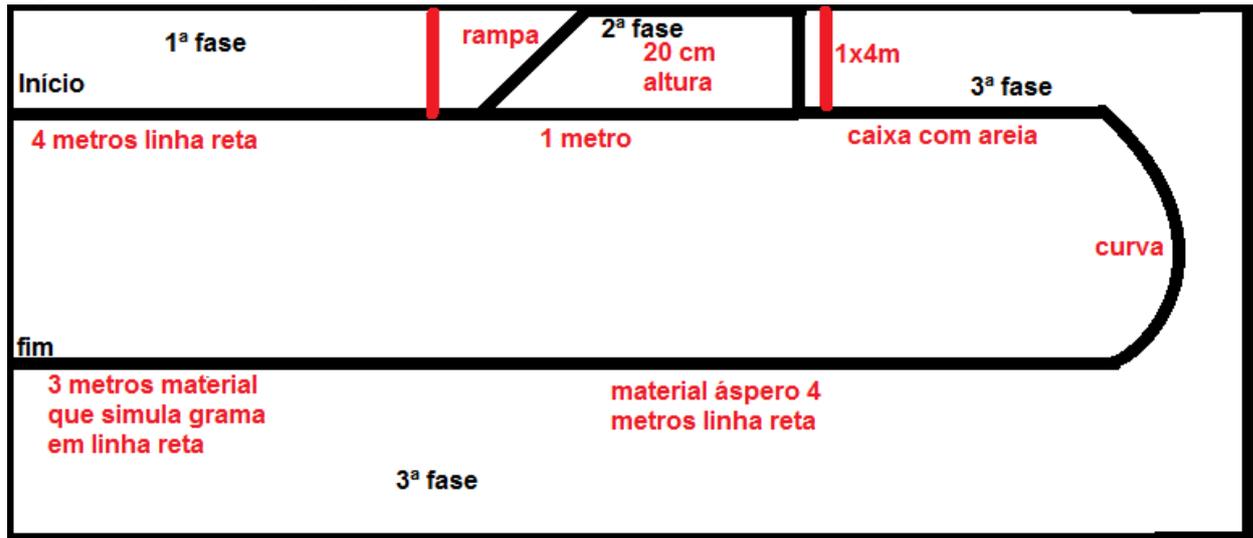
A equipe 4 era composta por estudantes que apresentam dificuldades na compreensão dos experimentos. Os membros do grupo eram ativos e detalhistas, mas mesmo quando confrontados com os resultados do experimento, mantinham seus pontos de vista prévios.

Observando os estudantes, eles apresentam concepções prévias que estão em formação. A aprendizagem do conceito de aceleração da gravidade depende inclusive da experimentação. Os estudantes têm dúvidas e ao mesmo tempo são muito curiosos. Eles apresentam concepções prévias (corretas ou errôneas). Essas concepções podem ser reforçadas quando corretas, de acordo com a experimentação. Sem experimentos adequados, os estudantes podem reforçar concepções errôneas. Segundo Balacheff (2013), as concepções se formam, se estabilizam, se desestabilizam, dando lugar a outras concepções.

1.5 Como a Robótica foi Inserida na Primeira Fase do Jogo

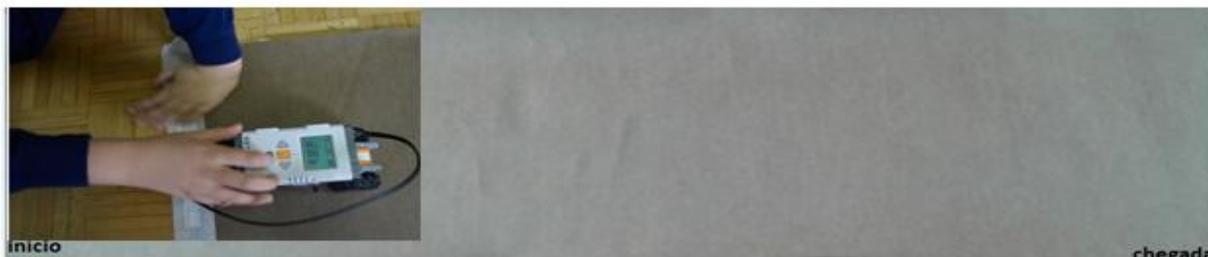
Após a análise das atividades abertas dos estudantes os mesmos tiveram acesso ao tabuleiro do jogo como mostra a figura 20.

Figura 20 Tabuleiro do jogo



A primeira fase do jogo é bem importante para os estudantes, pois se deve considerar que eles nunca tiveram contato com o material dos kits Lego. Os estudantes precisam manusear o kit Lego MINDSTORMS 2.0, composto por diversas peças. Também precisam conhecer o funcionamento do controlador, a conexão dos motores nas portas, a conexão dos sensores de som, de luz e de distância e a função de cada um. Além disso, necessitam de uma aula introdutória sobre o software para iniciar a programação de seus robôs. É na fase um do jogo que os estudantes montam seu primeiro robô e têm seu primeiro contato com o software. Por isso, nesta fase, eles devem programar o robô para andar para frente e para trás na pista reta. Eles testam os movimentos dos motores e a direção que vai andar. Testam também como aumentar e diminuir a velocidade ("força"), o tempo para percorrer certa distância, o funcionamento das rodas, diferenças entre rodas grandes e rodas pequenas, a função de cada peça, os eixos, polias, engrenagens, conectores. Os estudantes devem testar os robôs em três faixas da força de regulagem (30, 60, 100 é a força do motor em que o robô irá executar durante a realização do percurso). Esse conhecimento inicial é bem importante para que os estudantes consigam criar montagens, programar e avançar para as fases seguintes do jogo.

Figura 21 Percurso em linha Reta da Primeira Atividade com robôs.



Ao começar o jogo, os estudantes iniciaram construindo dois robôs pequenos (ambos com um motor para cada um) para serem testados no primeiro percurso como mostra a figura 21. O "regulamento" previa que o primeiro robô deveria conter duas rodas pequenas e duas rodas grandes. O segundo deveria conter quatro rodas grandes. É importante destacar que o microcontrolador dos robôs suporta até três motores (portas A, B e C). Como a primeira tarefa demandava apenas um motor, os estudantes poderiam utilizar qualquer uma das portas na programação do robô. Uma vez construído o robô, as equipes deveriam programar e verificar qual deles seria o mais rápido, anotando o tempo gasto, a velocidade e distância percorrida e anotaram na tabela 26 do apêndice E. As concepções, que podem ser mobilizadas nessa fase do jogo sobre o conceito de força de atrito e movimento, apresentadas na tabela 9 (concepções de 8 a 13).

Tabela 9 Concepções da primeira fase do jogo

| Número | Concepção |
|--------|---|
| 8 | O tipo de superfície do solo não interfere no deslocamento de um robô em movimento. |
| 9 | O atrito de um robô em movimento com a superfície do solo faz com que ele tenha sua velocidade reduzida. |
| 10 | Uso de rodas grandes ou rodas pequenas não interfere no movimento de um corpo. |
| 11 | Tanto uma trajetória retilínea quanto uma curva são percorridas no mesmo tempo e velocidade. |
| 12 | Um carro robô sobe e desce rampas sempre com a mesma velocidade (sem alterações por ser subida ou descida). |
| 13 | Uso de rodas grandes ou rodas pequenas não interfere no deslocamento de um corpo em diferentes superfícies. |

Durante o jogo, os estudantes podem confrontar o que pensam com o que realmente acontece ao realizar a atividade.

Figura 22 Estudante realizando testes em linha reta na pista na primeira fase do jogo



A figura 22 representa uma fotografia de um estudante testando seu robô na pista em linha reta. Este modelo de protótipo possui um motor, a regulagem de rotação é 30, o material é liso e em madeira. O robô anda na pista de 4 metros durante 10 segundos. Nesta parte da pista e nessa fase do jogo, o material realmente não interfere na velocidade do robô, pois anda para frente e para trás? (nesse momento o material é liso e não interfere no deslocamento do robô no chão). O mesmo robô faz o percurso inverso no mesmos 10 segundos programados; então, a "marcha a frente" e a "marcha a ré" do carro robô o fazem andar com a mesma velocidade.

1.6 Como os Estudantes Programaram os Robôs

Os estudantes inicialmente realizaram as montagens e programaram seus robôs. A seguir apresenta-se a descrição das programações dos estudantes.

1.6.1 Programação do Robô 1

Utilizada pelos robôs que não corresponde a nenhuma unidade de medida de força. A figura 23 mostra a posição do motor (porta A), o robô andou para frente durante 10 segundos. A força, tal como mostrado na janela de programação, (figura 23) é a mesma que a regulagem de rotação, e ela pode variar entre (0 a 100). Neste caso foi escolhida a força (velocidade 30). Para os estudantes realizarem a programação para o robô andar para frente, eles precisam só inverter a seta da direção para baixo.

As equipes se organizaram, receberam a maleta, montaram, programaram e testaram seus robôs com três níveis de regulagem de rotação (30, 60 e 100). Os números indicam uma ordem de grandeza.

Figura 23 Programação realizada pelos estudantes para o robô andar para frente



Todas as quatro equipes realizaram a montagem do robô 1 com 1 motor; rodas pequenas; rodas grandes. Este robô realiza o percurso em linha reta para trás como está selecionada a seta na descrição da figura 23. As equipes realizaram os testes com a regulagem 30. Para percorrer a distância de 4 metros, são gastos 10 segundos como pode ser visto na tabela 10, com o motor da porta A selecionado. A figura 23 descreve a programação do robô que andou para trás.

As mesmas quatro equipes, com o robô 1 com um motor, duas rodas pequenas e duas rodas grandes. Este robô realiza o percurso em linha reta, para frente, e esse movimento (para frente) é obtido selecionando a seta tal como pode ser visto figura 24. As equipes realizaram os testes com a regulagem 60. Para percorrer a distância de 4 metros, são necessários 7 segundos; ver a tabela 9, com o motor selecionado na porta A. A figura 24 descreve a programação do robô que andou para trás.

Figura 24 Programação com regulagem de rotação de 60



Todas as equipes realizaram a montagem do robô 1 com um motor com rodas pequenas e depois, com rodas grandes. Este robô realiza o percurso em linha reta para trás como está selecionada a seta na descrição da figura mover abaixo. As equipes realizaram os testes com a regulagem 100. Para percorrer a distância de 4 metros, precisa de 4 segundos e, para isso, foi selecionado o motor da porta A; força de regulagem. A figura 25 descreve a programação do robô ao andar para trás.

Este modelo de robô não realiza curva pelo fato de possuir apenas um motor.

Figura 25 Programação com regulagem de rotação 100



1.6.2 Programação do Robô 2

As quatro equipes realizaram a montagem do robô 2. Para desenvolver as atividades propostas, as quatro equipes montaram e programaram o robô 2 com engrenagens, um motor, rodas grandes, com conexão de engrenagem pequena (24 dentes) e engrenagem grande (40 dentes). Este robô pode realizar o percurso em linha reta para frente e para trás. É mais resistente. A conexão de engrenagens dá uma estabilidade maior a este modelo de robô. As quatro equipes realizaram os testes com regulagem 30, que estão anotados na tabela 10, o motor A para andar para frente, percorrendo os quatro metros do tabuleiro do jogo, durante um tempo de 8 segundos. As equipes têm opção de escolher o motor de sua preferência (A, B e C). Os estudantes precisam cuidar a escolha do motor no programa; a conexão do cabo no controlador deverá obedecer a porta de escolha. Na figura 26, apresenta-se um *print* da programação realizada pelas quatro equipes com o robô 2.

Figura 26 Programação com regulagem de rotação 30



As quatro equipes realizaram os testes com regulagem 60 que estão anotados na tabela 10, escolhendo o motor A para andar para frente durante um tempo de 6 segundos, para percorrer os quatro metros do tabuleiro do jogo. As equipes têm opção de escolher o motor de sua preferência (A, B e C). Os estudantes precisam cuidar a escolha do motor no programa e a conexão do cabo no controlador deverá ser a mesma. Na figura 27, apresenta-se uma captura para ilustrar a programação realizadas pelas quatro equipes com o robô 2.

Figura 27 Programação com regulagem de rotação 60



Para desenvolver as atividades propostas, as quatro equipes montaram e programaram o robô 2 da mesma forma descrita acima, porém com regulagem de avanço 100 (figura 28).

Figura 28 Programação com regulagem de rotação 100



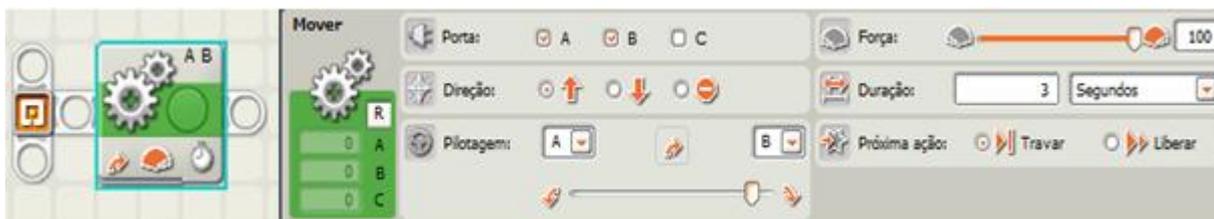
Com o desenvolvimento das atividades, percebeu-se que o robô 2 é mais rápido, as rodas grandes possibilitam uma estabilidade de força de regulagem. Não realiza curva, pois esse modelo do robô possui só um motor e não possibilita que se programe para realizar curva. Nesta tarefa, as equipes programaram e testaram os dois robôs com os três níveis de velocidade (30, 60 e 100), assumindo a distância dada (quatro metros) e obtendo o tempo para percorrê-la (tabela 10). Ao observar as montagens e as programações, foram feitas as anotações sobre cada equipe que constam na tabela 10. Com o modelo de robô de número um, as equipes perceberam que, quanto menor a regulagem ("força"), mais tempo precisa para percorrer a mesma distância. Para percorrer a distância de quatro metros precisa de 13 segundos. Já com uma regulagem de 60, para percorrer a distância de quatro metros, precisa de 11 segundos. Com a regulagem 100, são 9 segundos. Os dados do robô dois, nas mesmas condições, são similares e aparecem na tabela 10.

Tabela 10 Anotações da realização e Distância cumprimento das equipes 1, 2, 3 e 4

| | Equipes | Força | | Tempo |
|---------------|----------------|--------------|------------------|--------------|
| robô 1 | 1, 2, 3, 4 | 30 | 4 metros | 13 segundos |
| | 1, 2, 3, 4 | 60 | 4 metros | 11 segundos |
| | 1, 2, 3, 4 | 100 | 4 metros | 9 segundos |
| | Equipes | Força | Distância | Tempo |
| robô 2 | 1, 2, 3, 4 | 30 | 4 metros | 12 segundos |
| | 1, 2, 3, 4 | 60 | 4 metros | 10 segundos |
| | 1, 2, 3, 4 | 100 | 4 metros | 8 segundos |

Durante a realização das tarefas da primeira fase do jogo, os estudantes perceberam que, para o robô realizar a curva, o modelo precisa ter 2 motores (A e B ou A e C). O modelo sugerido é o modelo 1 da figura 14. O estudante precisa escolher uma regulagem para os motores, a direção que o motor vai girar e as condições para fazer a curva à direita ou à esquerda. Neste caso, foi escolhida a direita como mostra a figura 29, com uma regulagem máxima de 100 e um tempo de 3 segundos.

Figura 29 Ilustração da programação para o robô realizar uma curva.



Nessa primeira fase do jogo, os estudantes perceberam algumas situações, realizaram vários testes e relataram diferentes situações sobre seus robôs. Eles testam o tempo todo, conversam, trocam opiniões. Para coletar pelo menos uma parcela desse grande número de informações foram empregados: vídeo, fotos como mostra a figura 30 e textos escritos.

Figura 30 Equipes envolvida nos testes.



1.7 Resultados e Discussões da Primeira Fase do Jogo

Observou-se que houve envolvimento total dos estudantes na realização das atividades como mostra a 30 e a aceitação dos estudantes ao utilizarem o kit Lego MINDSTORMS 2.0 9797, pois o mesmo é bastante intuitivo, sendo de fácil montagem e programação. Os estudantes que participaram das atividades não demonstraram grandes dificuldades no desenvolvimento das tarefas que foram propostas. Demonstraram possuir um perfil de curiosidade, testando, manuseando, pesquisando e apresentando soluções, frequentemente por meio da pesquisa na Internet. O jogo proporcionou aos estudantes uma forma de trabalho em equipe, criando um ambiente de aprendizagem ativo, lúdico e prazeroso.

Considerando a situação-problema proposta nessa fase do jogo pedagógico, pode-se observar dos participantes um envolvimento total, ficando muito clara a competitividade entre

as equipes. Presente na maioria dos jogos, a competitividade é um elemento que merece bastante atenção por parte dos professores, necessitando de uma condução adequada, a partir do momento em que o professor deixou as regras do jogo claras. A professora não dava respostas, mas falou da importância da pesquisa e da descoberta, da importância da competição saudável, sem conflitos, sem querer ser melhor, de observar tudo, de se envolver em tudo para ajudar a sua equipe. Os estudantes, individualmente e em equipes, se envolveram completamente no desenvolvimento da montagem e da programação com entusiasmo e com vontade de descobrir todas as funções do controlador da programação, frequentemente confrontando o que eles pensavam com o que eles realmente produziram. As fotos mostram o envolvimento, observações de um componente de cada equipe na pista avaliando o que deveriam melhorar ou modificar para o robô realizar uma curva. Até o momento, todas as equipes tinham montado, programado e realizado vários testes, mas não tinham descoberto o porquê de os robôs só com um motor não realizarem curvas.

Com os momentos de testes e contato com o material, o Estudante E6 sugeriu que a sua equipe construísse outro robô com 2 motores para testarem se conseguiriam realizar a curva, que é um dos desafios da fase 3 do jogo.

Com a efetivação dessa primeira atividade, tendo as equipes realizado todos os testes, os estudantes observaram que algumas respostas escritas anteriormente não estavam corretas. Uma das concepções mobilizadas pelos 11 estudantes é a de que o material da superfície do chão não interfere na força de regulagem do robô. Nesta atividade, isso é verdadeiro devido ao material liso e a pista ser um percurso reto.

As 4 equipes conseguiram realizar a montagem com as rodas pequenas; programaram e testaram o robô no chão liso, e verificaram que ele andava normalmente. Os estudantes, motivados com os seus robôs, programaram e fizeram com que eles andassem para frente e para trás, rapidamente. Todas as quatro equipes trocaram as rodas pequenas por rodas grandes, verificando que as mesmas influenciam na estabilidade e força de regulagem do robô. Os robôs programados com as três regulagens propostas conseguiram realizar o percurso de quatro metros. Todas as quatro equipes testaram e anotaram (tabela10) a força de regulagem, distância e tempo dos dois robôs propostos nesta primeira fase do jogo. As quatro equipes programaram e testaram na prática que aumentando a regulagem do motor ele consegue andar para frente e para trás sem travar tanto, tendo um pouco mais de estabilidade no movimento. As quatro equipes perceberam que foi trabalhada a questão do movimento reto. Os modelos de robôs atenderam a necessidade de essa atividade movimentar-se para

frente e para trás. As quatro equipes relataram que com regulagem 30 precisa-se de 10 segundos para percorrer a distância de quatro metros.

Todas as equipes, ao realizar essa atividade da fase 1 do jogo, vivenciaram na prática diversas experiências. Os estudantes construíram, programaram e testaram os robôs na pista em linha reta, verificaram que eles se moviam com força de regulagem constante e podiam mesmo prever qual força de regulagem os robôs teriam para realizar o percurso. Todas as equipes conseguiram cumprir os desafios da fase. Testaram os três níveis de regulagem de rotação (30, 60 e 100); os resultados estão descritos na tabela 9.

Com a prática da atividade, as equipes confrontaram algumas concepções (1, 2, 3, 4, 5, 6,7, 8, 9, 10 e 11) com mais clareza nessa fase, como será descrito a seguir: A partir do momento que os estudantes entenderam como funcionava o programa, e que o robô não realiza movimento sem a programação, perceberam que o robô só faz o que eles programaram.

Ao longo desse trabalho, percebeu-se que é de fato interessante que o professor proponha atividades diferenciadas, e uma delas é trabalhar com jogos. Por meio dos jogos, é possível explorar as possibilidades de trabalhar as emoções, tanto de vencidos como de vencedores. Aprender a lidar com os sentimentos associados à vitória é tão importante como saber lidar com fracassos. O sucesso, às vezes, traz consequências de derrota ou perceber que a equipe fracassou na atividade. Ganhos e perdas fazem parte da vida e quem não sabe vencer, provavelmente, não saberá perder.

Para os estudantes da pesquisa, o jogo, em um ambiente educativo e sob a supervisão de um profissional qualificado, é uma forma de favorecer, por parte de crianças e jovens, a vivência do prazer em participar, interagir e agir. Usado de forma adequada, é visto como um recurso para promover a aprendizagem dos estudantes e torná-la mais prazerosa. Segundo os estudantes envolvidos, o jogo mobiliza emoções, desperta curiosidade, interesse nos estudos e envolvimento com as tarefas. Jogar favorece a construção de conceitos, o desenvolvimento de habilidades e valores e o exercício da criatividade.

As equipes perceberam quais aspectos precisam melhorar para a segunda fase. Também mencionaram o quanto o trabalho de equipe e a organização são importantes para a equipe cumprir a atividade no tempo proposto. A seguir, apresenta-se a tabela 11 com a pontuação das equipes e o que precisa melhorar para a próxima fase do Jogo.

Tabela 11 Fechamento das anotações das equipes e a pontuação final de cada equipe.

| Critério | Pontos | Equipe 1 | Equipe 2 | Equipe 3 | Equipe 4 |
|---|------------|------------|------------|------------|------------|
| Montagem correta | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Programação correta | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Primeira equipe a montar e programar o robô | 50 | 20 | 10 | 30 | 50 |
| Realização do percurso | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Organização do material | 10 | 5 | 5 | 10 | 5 |
| Trabalho de equipe | 10 | 6 | 6 | 10 | 6 |
| Realização total da atividade | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Pontuação total da 1ª fase do jogo total | 180 | 141 | 131 | 160 | 171 |

A tabela 11 é a tabela que foi utilizada para o acompanhamento das atividades das equipes na primeira fase. Todas as equipes realizaram as montagens e a programação. Entretanto, o relacionamento entre os componentes dos grupos nem sempre foi o mais favorável. Os integrantes das equipes 1, 2 e 4 precisam melhorar o trabalho de equipe, respeitar a opinião dos colegas. Todas as quatro equipes cumpriram e concluíram as atividades, os testes e as programações propostas na primeira fase do jogo. As equipes 1, 2 e 4 não organizaram os materiais. Constatou-se também que as três equipes precisariam melhorar a sua organização para desenvolver as próximas etapas do jogo de forma mais adequada.

Nessa primeira fase, concluíram-se as atividades das quatro equipes e a pontuação de cada uma delas. A equipe 4 foi a equipe com maior pontuação envolvendo todos os requisitos exigidos para o cumprimento das atividades da primeira fase do jogo, sendo a primeira equipe a montar e programar o robô. Obteve assim a maior pontuação (50 pontos) e terminou a primeira fase do jogo com 171 pontos. A equipe 3 foi a segunda equipe a montar e programar o robô e obtendo nessa fase do jogo 160 pontos. A equipe 1 foi a terceira equipe a montar e programar o robô e obtendo nessa fase do jogo 141 pontos. A equipe 2 foi a quarta equipe a montar e programar o robô e obtendo nessa fase do jogo 131 pontos. Os estudantes avaliaram a primeira fase do jogo, observando a importância da concentração, organização e do trabalho de equipe e que não se deve perder tempo durante o desenvolvimento das atividades para concluir antes que as outras equipes obtendo maior pontuação.

1.8 Como Iniciou a Segunda Fase do Jogo

Dando continuidade ao andamento do jogo, os componentes das equipes da primeira fase trocaram de função (apresentador, programador, construtor e relator). Os estudantes trocaram aleatoriamente de função. A segunda fase do jogo ocorreu em um novo encontro da turma com o professor. Assim, o professor entregou novamente a maleta Lego MINDSTORMS 2.0 9797, para que as atividades fossem desenvolvidas e orientou os estudantes para a sua realização. Participaram dessa fase as mesmas 4 equipes completas: equipe 1: Construtores do futuro, equipe 2: Engenheiros do Lego, equipe 3: Invencíveis do Lego e equipe 4: Engenheiras do Lego.

Os modelos de robôs da 2ª fase estão apresentados na figura 30. A segunda fase do jogo prevê que os estudantes realizem testes a fim de sanar as suas dúvidas a respeito da montagem e programação. Nesta fase do jogo, é bem importante que o professor retome os comandos básicos da programação com os estudantes, pois os mesmos estão reiniciando o trabalho com o material de Robótica. Os estudantes precisam manusear o kit Lego MINDSTORMS 2.0, composto por diversas peças. Os estudantes devem gradativamente, a cada fase do jogo, aprimorar seus conhecimentos sobre o controlador, a conexão dos motores nas portas, a conexão dos sensores, som, luz e distância e as funções de cada um. Desta forma se tornam autônomos, mais seguros e criativos.

Nesta fase do jogo, alguns estudantes podem ainda necessitar de auxílio dos colegas ou do professor para programar seus robôs. À medida que avançam, testam movimentos, direções e deslocamentos dos robôs, suas percepções vão ficando mais aguçadas. Neste estado de concentração e atividade, onde o estudante está engajado em uma tarefa, é que se espera que as seguintes concepções prévias possam ser observadas (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10 e 11):

- 1) A gravidade só atua nos corpos quando em movimento no chão.
- 2) A gravidade não atua sobre corpos em queda livre (no ar).
- 3) A gravidade é maior em corpos maiores.
- 4) Uma vez em movimento, o corpo permanece em movimento.
- 5) Rodas grandes ou rodas pequenas andam sempre da mesma forma.
- 6) Carros grandes ou carros menores andam sempre da mesma forma. Estes, independente de terem um ou dois motores, têm sempre a mesma força de regulagem.
- 7) Que a gravidade é menor em corpos menores.
- 8) O tipo de superfície do solo não interfere no deslocamento de um corpo em movimento.

- 10) Um corpo em movimento em uma determinada regulagem sobe ou desce uma rampa nas mesmas forças (sem alterações por ser subida ou descida).
- 11) Uso de rodas grandes ou rodas pequenas não interfere no deslocamento de um corpo em diferentes superfícies.

A figura 31 apresenta os modelos de robôs utilizados para realizar a segunda fase do jogo.

Figura 31 Robôs utilizados na segunda fase do jogo



O objetivo das montagens e da programação nesta fase é fazer com que cada robô realize o movimento em linha reta, subindo e descendo a rampa, como mostra a figura 32.

Figura 32 Percurso de 4 metros em linha reta, com subida e descida da rampa.



Após os testes as equipes responderem a algumas questões. A primeira questão foi para cada equipe descrever a sua programação para realização do percurso reto e subir a rampa.

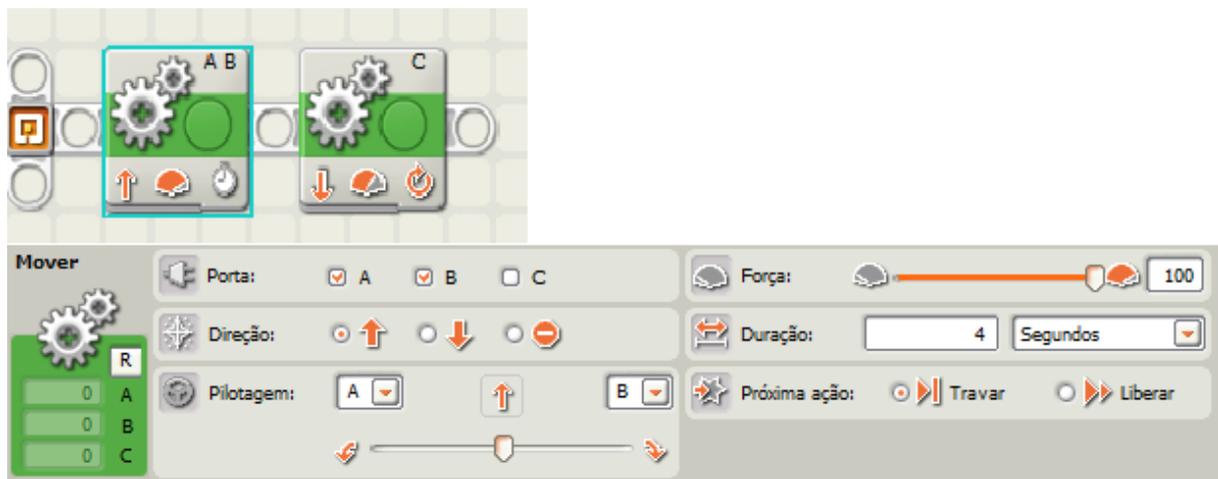
1.9 Como os Estudantes Programaram os Robôs

As quatro equipes realizaram as programações diretamente na tela do software NXT MINDSTORMS 2.0. Foram feitas capturas das telas das 4 equipes que, após analisadas, permitiram concluir que todas elas realizaram a tarefa satisfatoriamente. Uma forma de realizar a tarefa consiste em fazer o robô andar 3 ou 4 segundos na regulagem de rotação

máxima (100). As programações das equipes, bem como uma breve análise, são apresentadas a seguir.

A figura 33 apresenta a programação da equipe 1. Esta programação indica que, após a montagem e a conexão dos cabos no controlador na porta A e porta B, o robô vai andar para frente em linha reta durante um tempo de 4 segundos com uma força dos motores de 100. Após o motor C, refaz o percurso de ré no mesmo tempo em 4 segundos.

Figura 33 Programação da equipe 1



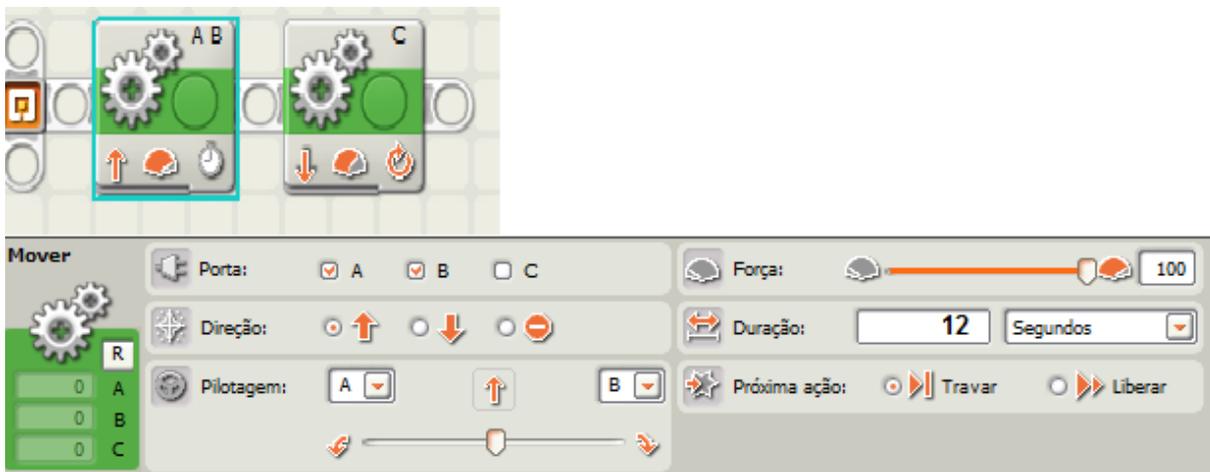
A figura 33 apresenta a programação da equipe 2. Esta programação indica que, após realizar a montagem do robô, foi feita a conexão dos cabos na porta A e C. Eles escolheram essa programação para iniciar os movimentos. O robô foi programado para andar para frente em linha reta durante 3 segundos com uma regulagem 100. A partir desse teste, os estudantes da equipe 2 percebem que o robô movia-se de fato apenas durante o tempo programado, 3 segundos. Depois, parava. Vale destacar que, quando questionados sobre um corpo em movimento, os estudantes afirmaram que a partir do movimento inicial o corpo permaneceria em movimento “para sempre”. As equipes perceberam que o robô só realiza os movimentos que eles programarem e o tempo escolhido de 3 segundos e o robô só se movimenta durante os 3 segundos.

Figura 34 Programação da equipe 2



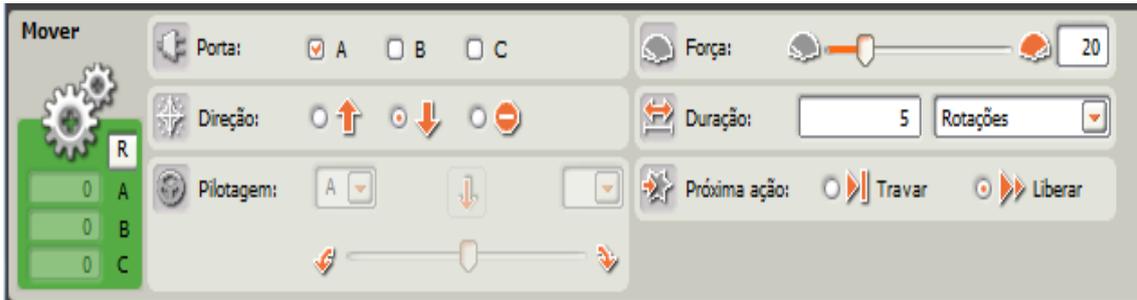
A figura 34 apresenta a programação da equipe 3. Eles escolheram operar com as portas A e B. O robô foi programado na regulagem 100 para andar para frente, em linha reta, e percorreu os 4 metros em 12 segundos. No caminho, subiu e desceu a rampa. A equipe relatou que foi necessária a regulagem de rotação 100 para subir a rampa. Isso porque, na subida da rampa, o robô perde força de regulagem; na descida, ganha.

Figura 35 Programação da equipe 3



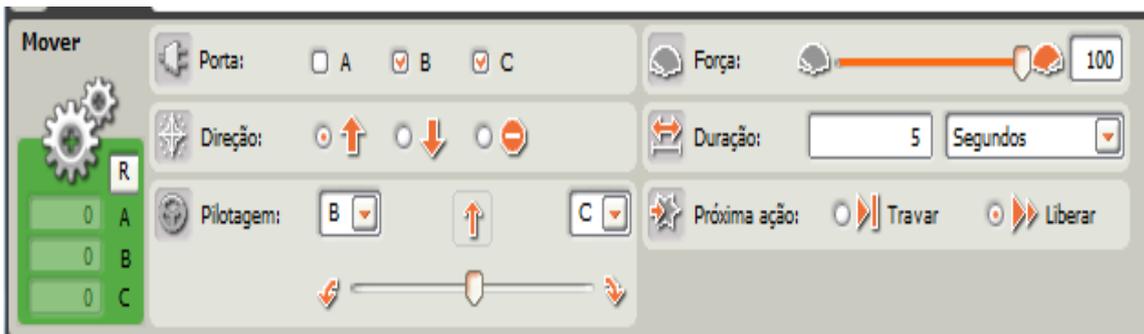
A figura 35 apresenta a primeira programação da equipe 4. Esta equipe utilizou a unidade de rotações para determinar a duração do percurso com a finalidade de testar o que iria acontecer. Nessa programação, foi escolhida a porta A para realizar o movimento. O robô foi programado para andar para frente em linha reta, durante 5 rotações com uma regulagem lenta de 20.

Figura 36 Programação de testes de força de regulagem



Com o teste, a equipe verificou que o motor realizava 5 voltas e parava. Isso não era suficiente para realizar o percurso até o final. A equipe mudou a programação, alterando a unidade de duração para segundos. A figura 37 ilustra a programação correta.

Figura 37 Programação da equipe 4



Foi perguntado aos estudantes se os robôs programados com a mesma força de regulagem conseguiriam percorrer o trajeto de 4 metros em linha reta, subindo e descendo a rampa. As equipes escolheram o robô1 para desenvolver esta atividade, respondendo conforme a tabela 12.

Tabela 12 Respostas Transcritas das Equipes Sobre Trajeto da Rampa

| | |
|----------|---|
| Equipe 1 | Sim, A equipe montou e programou o robô 1, o robô possui 3 motores, ele é firme só que mais pesado. A equipe percebe que para subir a rampa necessita de força de regulagem 100 e a bateria precisa estar 100% carregada. A maior dificuldade é programar para subir a rampa. Quando começa subir a rampa, o carrinho diminui a força, exige mais força de regulagem dos motores para subir. Esta programação percorre os 4 metros em linha reta, consegue subir e descer a rampa. Programamos o motor B e C para andar para frente durante 12 segundos, com força de 100. Aí o robô consegue realizar a prova. Só na subida da rampa, se a subida for muito forte, o robô perde a força. |
| Equipe 2 | Sim, Se programarmos com uma força menor que 60 anda, mas não sobe a rampa. Para subir a rampa, precisamos programar com uma força maior que 60 ou máxima de 100 e a bateria deve estar 100% carregada. A maior dificuldade é programar para subir a rampa. Quando começa subir a rampa, o carrinho dá uma diminuída na força, exige mais força dos motores para subir. Esta programação percorre os 4 metros em linha reta, consegue subir e descer a rampa. Programamos o motor A e B para andar para frente durante 10 segundos, com força de 100. |
| Equipe 3 | Sim, Para subir a rampa precisamos programar desde o início com força de 100. Aí o robô sobe a rampa sem sentir muito o motor. A bateria estar 100% carregada. A maior dificuldade é programar para subir a rampa, precisa embalar desde o início. Quando começa subir a rampa, o carrinho dá uma diminuída na força, pois exige mais força dos motores para subir. Esta programação percorre os 4 metros em linha reta, consegue subir e descer a rampa. Programamos o motor A e C para andar para frente durante 10 segundos com força de 100. |
| Equipe 4 | Sim, A equipe Realizou o percurso ao contrário para ver se tinha alguma diferença do trajeto. Mesmo fazendo o percurso contrário, precisa programar para subir a rampa, precisamos programar os motores B e C desde o início com força de 100 e tempo total de 12 segundos. Aí o robô sobe a rampa sem sentir muito o motor. A bateria precisa estar 100% carregada. A maior dificuldade é programar para subir a rampa, precisa ter força desde o início. Quando começa subir a rampa, o carrinho perde um pouco a força de regulagem, pois exige mais dos motores para subir. Esta programação percorre os 4 metros em linha reta, consegue subir e descer a rampa. |

A figura 38 ilustra um estudante da equipe 1 testando dois robôs na rampa. Na figura, foram colocadas bolinhas azuis e vermelhas no final do percurso para simular obstáculos.

Figura 38 Estudante da equipe 1 testando seus robôs na rampa



A figura 39 ilustra um estudante da equipe 2 testando dois robôs na rampa. Na figura, foram colocadas bolinhas azuis e vermelhas no final do percurso para simular obstáculos.

Figura 39 Estudante da equipe 2 testando seus robôs na rampa



A Equipe 2 também realizou os testes no percurso contrário para verificar se existia diferença no trajeto do robô, como mostram as figuras 39 e 40. Observa-se também que o robô realiza o mesmo percurso de ida e volta no mesmo tempo.

Figura 40 Estudante da equipe dois testando seus robôs na rampa no percurso inverso



A figura 41 ilustra um estudante da equipe 4 testando dois robôs na rampa. Na figura, foram colocadas bolinhas azuis e vermelhas no final do percurso para simular obstáculos.

Figura 41 Estudante da equipe quatro testando seus robôs na rampa



Foi perguntado às equipes em que momento o robô iria parar. As respostas dadas pelas equipes foram semelhantes. As quatro equipes utilizaram o mesmo software para programar os robôs, apenas as portas escolhidas por cada equipe foram diferentes. Para ilustrar uma programação, mostra-se uma captura de tela do software da equipe 4. Figura 42.

Figura 42 Programação da equipe nº 4 (Elas se intitularam "Engenheiras do Lego")



Transcrição da resposta da figura 43.

Sem a montagem de robôs e sem programação achava que nunca iria parar.

Mas, com as aulas de Robótica e com os robôs, percebemos que somos nós que colocamos tempo, distância, força do motor. Com as aulas da prof. Rose, na prática, vendo o que acontece, a gente aprende, não ficamos só imaginando.

Dando continuidade, foram feitas as transcrições das respostas das atividades da segunda fase do jogo. Para ilustrar, mostra-se na figura 43 a resposta da equipe 4 para a segunda questão.

Figura 43 Descrição da programação da equipe 4

2) Descreva sua programação. Quando o seu robô irá parar?

sem montagem de robôs e sem programação achava que nunca iria parar.
 Mas com a robótica e com os robôs percebemos que somos nós que colocamos tempo, distância, força do motor. Com as aulas da prof. Rose pratica e vendo o que acontece aí a gente aprende, se não nós ficamos só imaginando.

Com o desenvolvimento das atividades, os estudantes foram explorando o software de programação e foram descobrindo alguns comandos e suas funções.

Um recurso explorado foi o *Loop (Repetição)*. Durante os testes, os estudantes programaram o robô para executar várias vezes os mesmos movimentos. Necessita-se colocar a sequência de movimentos dentro do Loop, (laço de repetição ilustrado na figura 44).

Figura 44 Programação dentro do laço de repetição



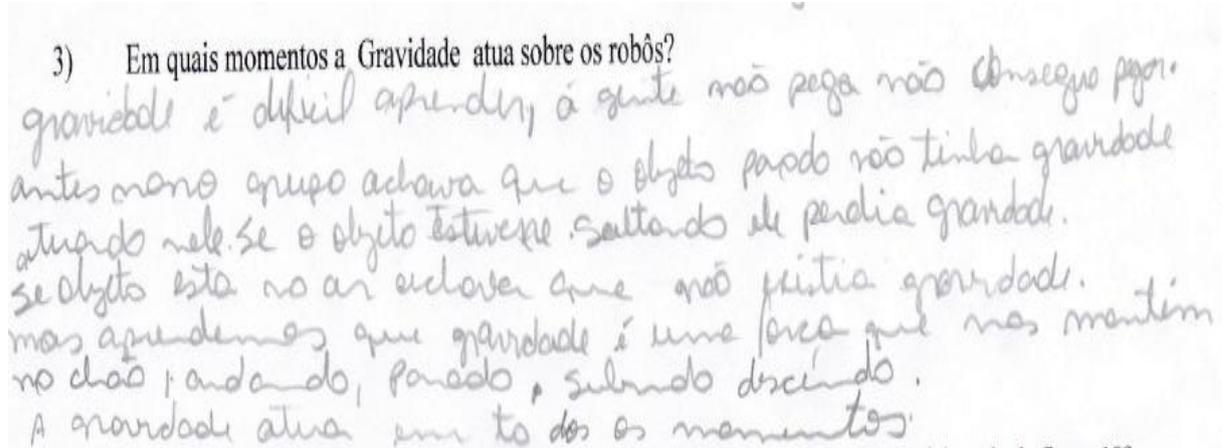
Com o comando loop, pode-se condicionar a repetição de uma sequência de código de programação para ficar repetindo várias vezes a mesma programação. Este é um recurso importante de lógica de programação que permite aos estudantes compreenderem um ciclo de execução. Ao concluir a tarefa dos robôs subindo a rampa, a questão da gravidade foi recolocada aos estudantes. A terceira questão proposta aos estudantes foi sobre a ação e influência da gravidade sobre o deslocamento dos robôs na rampa. As respostas das equipes estão transcritas na tabela 13.

Tabela 13 Transcrição das respostas das equipes para questão 3

| |
|---|
| Equipe 1: Em todos os momentos, a gravidade é uma força que não podemos ver, pegar. Mas ela está sempre presente, em todos os momentos durante todo o deslocamento do robô. |
| Equipe 2: Antes das aulas de Robótica, nós pensava que a gravidade era maior nos objetos com mais massa e tamanho. Mas aprendemos que ela atua em todos os momentos sobre os objetos, enquanto estamos montando, programando, andando para frente e para trás, está sempre presente. |
| Equipe 3: A gravidade atua sobre o robô em todos os momentos, no deslocamento em linha reta, na subida da rampa e na descida também. Com atividades práticas é mais fácil aprender conceitos. |
| Equipe 4: A gravidade é difícil aprender, a gente não consegue pegar. Antes nosso grupo achava que objetos parados não tinham gravidade. Se o objeto está no ar, achava que não existia gravidade, mas aprendemos que a gravidade é uma força que nos mantém no chão, andando, parado, subindo descendo. A gravidade atua em todos os momentos no robô andando em linha reta, subindo e descendo a rampa. |

Para ilustrar, a figura 45 descreve a resposta da equipe 4 sobre os momentos que a gravidade atua nos robôs.

Figura 45 Resposta de uma equipe sobre Gravidade



Para encerrar, as equipes deveriam responder as seguintes questões:

- a) Os dois robôs conseguiram realizar o percurso de 4 metros com a mesma força de regulação?
- b) O que diferencia os dois robôs em termos de desempenho?

Como resposta a esta questão, as 4 equipes realizam os testes com os 2 robôs para percorrer percurso proposto e responder as duas questões apresentadas (a e b). A tabela 14 apresenta as respostas transcritas dos próprios estudantes das 4 equipes.

Tabela 14 Respostas transcritas das equipes para a questão a e b

| | | |
|----------|--------|---|
| Equipe 1 | robô 1 | Não, o robô 1 ele é mais pesado, possui mais peças na montagem, tem 3 motores na construção, exige mais força dos motores, força de 30 no mínimo para movimentar, facilita para fazer curvas. Bateria 100% carregada senão dificulta os testes de deslocamento. |
| | robô 2 | O robô 2 ele é mais simples, exige menos peças na montagem. A conexão com as engrenagens uma grande e uma pequena facilita a estabilidade de força (força de regulagem constante) força 50, exige menos do motor, bateria 100% carregada senão dificulta os testes de deslocamento. O robô 2 sobe a rampa com mais facilidade, é um robô mais leve possui só um motor, esse robô só anda para frente e para trás. |
| Equipe 2 | robô 1 | O robô 1 ele é mais pesado, possui mais peças na montagem, exige mais força dos motores, força de 40 é bem lento. Bateria 100% carregada senão dificulta os testes de deslocamento. |
| | robô 2 | O robô 2 ele é mais simples, exige menos peças na montagem. A conexão com as engrenagens uma grande e uma pequena facilita a estabilidade de força (força de regulagem constante) força 80, exige menos do motor, bateria 100% carregada senão dificulta os testes de deslocamento. O robô 2 sobe a rampa com mais facilidade, é um robô mais leve possui só um motor, esse Robô só anda para frente e para trás. |
| Equipe 3 | robô 1 | O robô 1 ele é mais pesado, possui mais peças na montagem, exige mais força dos motores, força de 40 é bem lento. Bateria 100% carregada senão dificulta os testes de deslocamento. |
| | robô 2 | O robô 2 ele é mais simples, exige menos peças na montagem. A conexão com as engrenagens uma grande e uma pequena facilita a estabilidade de força (força de regulagem constante) força 80, exige menos do motor, bateria 100% carregada senão dificulta os testes de deslocamento. O robô 2 sobe a rampa com mais facilidade, é um robô mais leve possui só um motor, esse Robô só anda para frente e para trás. |
| Equipe 4 | robô 1 | O robô 1 ele é mais lento, possui mais peças na montagem, exige mais força dos motores, força de acima de 50. Exige mais força do motor, bateria 100% carregada senão dificulta os testes de deslocamento. |
| | robô 2 | O robô 2 ele é mais simples, a conexão com as engrenagens. Uma grande e uma pequena facilita a estabilidade de força (força de regulagem constante) força 95. O robô 2 sobe a rampa com mais facilidade, é um robô mais leve possui só um motor, esse robô só anda para frente e para trás. |

Analisando-se a tabela 14 com as respostas das equipes, verifica-se que o robô 1 tem mais massa (os estudantes dizem "peso"). As equipes descreveram que utilizaram mais peças e três motores, pois necessita de força acima de 50 para andar em linha reta. A bateria precisa estar totalmente carregada, o robô 1 tem mais dificuldade para subir a rampa. Para realização do percurso da segunda fase, que é subir e descer a rampa, o robô 1 necessita da regulagem 100. Ele perde força de regulagem ao subir a rampa de 40 cm de altura.

Os estudantes chegaram à seguinte conclusão: o robô 2 é mais simples e leve foi montado com menos peças e apenas um motor. Este modelo é mais estável para realização do percurso necessitando regulagem de força acima de 50 e bateria totalmente carregada. As equipes perceberam que o modelo 2, por ser mais leve, tem facilidade maior para subir a rampa de 40cm. Com a programação do robô 2, percebe-se que ele mantém a força de regulagem na subida da rampa com mais facilidade. Ao realizar esta fase do jogo, todas as equipes concluíram que o robô 2 é o que cumpre melhor os desafios da segunda fase.

1.10 Resultados e Discussões da Segunda Fase do Jogo

A segunda fase do jogo proporcionou aos estudantes a ocasião de desenvolverem trabalho em equipe, em um ambiente de aprendizagem ativo, lúdico, prazeroso e desafiador. Considerando a situação-problema proposta nessa fase do jogo pedagógico, pôde-se observar que os estudantes continuam motivados e completamente envolvidos, ficando muito clara a competitividade entre as equipes. Presente na maioria dos jogos, a competitividade foi considerada natural, já que se tratava de um jogo. Cada equipe sempre buscava ser melhor que as outras. Para que essa competitividade não se transforme em relacionamento belicoso, os professores que orientam a atividade devem conduzir de forma adequada o relacionamento dos grupos, internamente e entre os grupos. Essa "forma adequada" inclui as regras do jogo, que devem ser bem conhecidas por todos e, é claro, respeitadas. Outro aspecto fundamental dessa condução do jogo refere-se às perguntas que os estudantes fazem.

O professor não deve respondê-las, e sim auxiliar (quando necessário) no encaminhamento da investigação para tentar chegar às respostas almejadas. Esse auxílio do professor frequentemente é dispensável, visto que os alunos, por eles mesmos, propõem possibilidades de exploração. É, entretanto, desejável que o professor destaque, nos momentos que julgar adequados. Para isso, é necessário saber ouvir o colega e respeitar as ideias divergentes, mesmo não concordando com elas. É importante também observar tudo o que ocorre, mas não apenas observar, é necessário envolver-se ao máximo, colaborando sempre com os colegas. Cabe também destacar que, nessa fase, os estudantes têm dificuldades para compreender a programação, dado que são iniciantes na Robótica. Como, na primeira fase do jogo, os estudantes já tiveram acesso à programação, estão em um processo evolutivo de aprendizagem da linguagem de programação utilizada para programar seus robôs. Mesmo no final desse trabalho, os estudantes ainda apresentavam dificuldades de montagem, tais como

esquecer conectores, prender bem os pneus, ou insistiam em programar sempre na regulagem máxima.

Mesmo com algumas dificuldades, os estudantes não mediam esforços quando se tratava de refazer as montagens; o importante era participar de tudo em todos os momentos. Como, na primeira fase, as equipes tinham programado para andar em linha reta; na segunda fase, foi necessário testar todos os níveis de força de regulagem para descobrir em quais deles o robô conseguiria subir a rampa. Eles se deram conta de que poderiam iniciar a programação com força de regulagem menor e, quando estivesse próximo de subir a Rampa, programavam o motor com força de regulagem maior para impulsionar a subida da rampa. Outra observação importante é que os estudantes perceberam logo nos primeiros testes que, para descer a rampa, o robô não necessita de regulagens altas.

Com as montagens e programação e as respostas das quatro equipes, observa-se que os estudantes estão em um processo de evolução em termos de concepções. As equipes perceberam que, para subir a rampa, o robô 2, mais leve, precisa de uma quantidade de peças menor. Também verificaram que, se programarem com força máxima, o robô poderia deslizar e cair na descida da rampa. As quatro equipes relatam que, para descer a rampa é preciso diminuir a regulagem de força para 50 ou 60, então o robô desce mais lento e não perde a estabilidade. Com o desenvolvimento das atividades da segunda fase, as equipes foram avaliadas de acordo com a tabela 15.

Tabela 15 Tabela de acompanhamento do desenvolvimento das atividades da segunda fase

| Critério | Pontos | Equipe 1 | Equipe 2 | Equipe 3 | Equipe 4 |
|---|------------|------------|------------|------------|------------|
| Montagem correta, no tempo de 40 minutos | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Programação correta com 1 teste | 50 | - | - | 50 | 50 |
| Programação correta com 2 testes | 25 | 25 | 25 | - | - |
| Primeira equipe a montar e programar o robô | 40 | 20 | 10 | 40 | 30 |
| Estratégia usada para subir a rampa | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| Organização do material | 10 | 5 | 5 | 5 | 10 |
| Trabalho de equipe | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Realização total da atividade | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Anotação dos conceitos de Física presente na realização da atividade completa | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Pontuação total da 2ª fase do jogo | 200 | 150 | 140 | 195 | 190 |

Avaliando a tabela 15, destaca-se que as quatro equipes precisam melhorar a organização para evoluir na pontuação. Sem os materiais organizados, os estudantes perdem

tempo para a realização das atividades. Outro ponto importante que as quatro equipes precisam melhorar é o trabalho de equipe. Sempre tem um estudante que se destaca mais em cada equipe. Esses estudantes destaques precisam colaborar e ajudar seus colegas com mais dificuldades na montagem, alguns na programação, outros na apresentação com o desenvolvimento do jogo, lembrando que os estudantes vivenciam a troca de função em cada aula. Em todas as aulas, os estudantes realizam todo o processo de cada função, montam, programam, testam e apresentam. Dessa maneira, realizando todo o processo facilitou para que todos os estudantes participassem. Com o desenvolvimento de todo o processo da segunda fase do jogo, observa-se também que as equipes se distanciam na pontuação e precisam aperfeiçoar os mesmos quesitos para aumentar a pontuação na terceira fase do jogo. Nessa fase, obtiveram a seguinte pontuação: a equipe 1 (150 pontos); a pontuação da equipe 2 (140 pontos); as equipes 3 (195 pontos) e equipe 4 (190) pontos. Os pontos são cumulativos nas três fases do jogo.

1.11 Como Iniciou a Terceira Fase do Jogo

A terceira fase do jogo exigiu atenção e dedicação das equipes. As equipes precisaram estar atentas. Primeiro, as equipes receberam o kit Lego. O principal objetivo dessa fase foi a construção de protótipos firmes e com rodas grandes. A participação de todos fez a diferença. Nessa fase do jogo, os estudantes precisaram lembrar todos os comandos executados na programação, tais como: andar para frente, andar para trás, aumentar e diminuir a força de regulação e as conexões de peças precisam estar bem conectadas e firmes. Os estudantes montaram dois robôs (figura 46).

Figura 46 Robôs da terceira fase do jogo



A questão a ser respondida era se os robôs programados com a mesma força de

regulagem ao subir a rampa e saltar em um percurso com rampa e caixa areia (figura 47) teriam alguma alteração na regulagem de força e por quê. As respostas estão transcritas na tabela 16.

Figura 47 Percurso de rampa com caixa de areia



Com o desenvolvimento dessa atividade, os estudantes fizeram as anotações necessárias. Na tabela 16, está a transcrição das respostas de cada equipe.

A partir dos registros de áudio da atividade foram identificados pontos importantes que são relatados também na tabela 16. Eles constituem achados de pesquisa obtidos nas respostas orais registradas das equipes durante o desenvolvimento do percurso com rampa e caixa de areia.

Tabela 16 Registros das equipes na rampa e caixa de areia.

| |
|---|
| Para a Equipe 1 foram registrados os seguintes passos: |
| a) O robô percorreu trajeto com regulagem de força constante. |
| b) Foram testados vários níveis de regulagem de força (30,45,50,60,80,100). |
| c) Para subir rampa aumentaram a regulagem de força. |
| d) Para andar em linha reta subir e saltar na caixa de areia, os dois robôs realizam. |
| e) Robô 1 é mais pesado, comparando com o robô 2. |
| f) Quando o robô salta na areia, ele perde regulagem de força. Areia trava as rodas. |
| g) O robô precisa ser montado com rodas grandes e bem firmes; para conseguir sair da caixa de areia precisa de regulagem de força 100 do motor. |
| h) A caixa precisa estar bem cheia e a areia mais firme. |
| i) Exige bateria 100% carregada. |
| Para a Equipe 2 foram registrados os seguintes passos: |
| a) O robô percorreu trajeto com regulagem de força constante até saltar na areia. |
| b) Foram testados vários níveis de regulagem de força (50,60,80,100). |
| c) Para subir rampa, aumentaram a regulagem de força. |
| d) Para andar em linha reta subir e saltar na caixa de areia, os dois robôs realizam. |
| e) Robô 1 é mais pesado, comparando com o robô 2. |
| f) O robô 2 sai da caixa de areia com mais facilidade precisa só aumentar a regulagem de força na sequência de movimento. |
| g) O tipo de superfície do solo interfere no deslocamento do robô em movimento. |
| h) A areia diminui a força de regulagem do robô. |

| |
|--|
| i) Quando o robô salta na areia, ele perde força de regulagem. Areia trava as rodas. |
| j) O robô precisa ser montado com rodas grandes e bem firmes; para conseguir sair da caixa de areia precisa de força 100 do motor. |
| k) A caixa precisa estar bem cheia e a areia mais firme. |
| l) Exige bateria 100% carregada. |
| Para a Equipe 3 foram registrados os seguintes passos: |
| a) o robô percorreu trajeto com força de regulagem constante até saltar na areia. |
| b) Foram testados vários níveis de força de regulagem (50,60,80,100). |
| c) Para subir rampa aumentaram a força de regulagem. |
| d) Para andar em linha reta subir e saltar na caixa de areia os dois robôs realizam. |
| e) Robô 1 é mais pesado, comparando com o robô 2. |
| f) o robô 2 sai da caixa de areia com mais facilidade precisa só aumentar a força de regulagem na sequência de movimento. |
| g) O tipo de superfície do solo interfere no deslocamento do robô em movimento. |
| h) Na areia diminui a força de regulagem do robô. |
| i) Quando o robô salta na areia, ele perde força de regulagem. Areia trava as rodas. |
| j) O robô precisa ser montado com rodas grandes e bem firme, para conseguir sair da caixa de areia precisa de força 100 do motor. |
| k) a caixa precisa estar bem cheia e a areia mais firme. |
| l) exige bateria 100% carregada. |
| Para a Equipe 4 foram registrados os seguintes passos: |
| a) O robô percorreu trajeto com força de regulagem constante até saltar na areia. |
| b) foram testados vários níveis de força de regulagem (80,100). |
| c) para subir rampa aumentaram a força de regulagem. |
| d) para andar em linha reta subir e saltar na caixa de areia os dois robôs realizam. |
| e) robô 1 é mais pesado, comparando com o robô 2. |
| f) o robô 2 sai da caixa de areia com mais facilidade precisa só aumentar a força de regulagem na sequência de movimento. |
| g) o tipo de superfície do solo interfere no deslocamento do robô em movimento. |
| h) a areia diminui a força de regulagem do robô. |
| i) quando o robô salta na areia ele perde força de regulagem. Areia trava as rodas. |
| j) o robô precisa ser montado com rodas grandes e bem firme, para conseguir sair da caixa de areia precisa de força 100 do motor. |
| l) A caixa precisa estar bem cheia e a areia mais firme. |
| m) Exige bateria 100% carregada. |

Avaliando a tabela 16, pode-se perceber que as respostas das equipes são bem próximas. Os estudantes relatam que o robô 1 é mais pesado. Para construir precisa-se de mais peças, 3 motores. Os estudantes programaram vários níveis de rotação. Este modelo, para iniciar a movimentação, necessita da força de regulagem 30. Os estudantes testaram e perceberam que, se a força de regulagem for menor que 60, o robô não sobe a rampa. Os estudantes, quando questionados pelo professor se há alguma força de regulagem em que é melhor para realizar as atividades propostas em cada fase do jogo, apontaram todos para a regulagem 100. As equipes testaram a rampa na segunda fase. Eles perceberam que, para subir, seria necessário programar força de regulagem maiores. Os estudantes relatam que se o

modelo de robô não estiver bem montado e firme, o impacto de subir a rampa e o salto na caixa de areia podem quebrá-lo. Nesta situação, descrita na tabela 15, o modelo de robô 1 é firme e realiza o percurso total da fase 2 que é andar 4 metros em linha reta subir a rampa com 45cm de altura para, por fim, saltar na caixa de areia. A estratégia usada pelas equipes para sair da caixa de areia é programar uma sequência de movimento aumentando a força de regulagem do motor para 100. A caixa de areia possui uma altura de 20 cm; o robô, programado força de regulagem 100, salta no chão e continua realizar a sequência de comandos escolhidos na programação.

As quatro equipes descreveram que para percorrer este trajeto, o robô 2, mais leve, realiza o percurso de 4 metros sobe a rampa e salta na caixa de areia, os estudantes precisam programar a sequência força de regulagem máxima (100) para sair da caixa de areia. A caixa tem 20 cm de altura e está bem cheia com areia. O modelo de robô 2 não possibilita realizar curvas, pelo fato de possuir apenas um motor. Para realizar o percurso completo da terceira fase, o modelo de robô adequado é o modelo 1. Este modelo de robô (figura 48) possibilita o giro para o lado que o programador escolher, direita ou esquerda. Esse é o robô adequado para realizar o percurso completo: andar em linha reta, subir e saltar na caixa de areia, sair da caixa de areia, realizar a curva, andar no trajeto do material áspero e no trajeto da grama artificial.

Figura 48 Robô Ilustrando Movimento para realizar curva



Dando continuidade às atividades, os estudantes testaram os robôs em diferentes materiais. Eles responderam a questão 2 e para ilustrar as respostas de uma equipe, a figura 48 mostra a transcrição da equipe 2. A questão proposta foi: Há diferença nas superfícies quando você programa o carrinho para realizar o percurso completo? Explique a sua programação.

Figura 49 Resposta da questão 02 equipe 02

Agora depois que montamos e testamos na pista que a prof fez percebemos que o pensava antes era muito diferente não imaginava que era assim. Existe sim diferença nos materiais na areia fica lerdo. trava. No tapete diminui velocidade e testamos na grama mesmo, na grama trava também fica mais lento, perde força velocidade. Nossa que jogo legal esse, pudemos testar tudo. isso que estamos aprendendo acho que vamos aprender na Física no médio. Prof Rose foi muito bom ser teu aluno nossa equipe está feliz.

Transcrição da resposta da figura 49 da questão 02 equipe 02

Agora depois que montamos e testamos na pista que a professora fez percebemos que o que pensava antes era diferente, não imaginava que era assim.

Existe sim diferença nos materiais na areia fica lerdo, trava. No tapete diminui a força de regulação,

Testamos também na grama trava também fica mais lento, perde força de regulação.

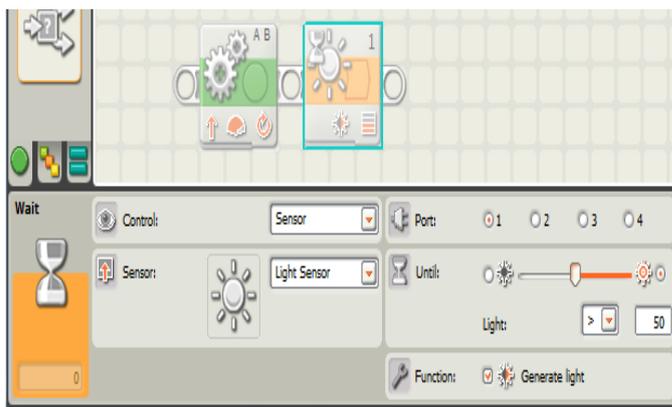
Nossa que jogo legal esse, pudemos testar tudo isso que estamos aprendendo, acho que vamos aprender na Física no médio.

Prof. Rose foi muito bom ser teu aluno nossa equipe está feliz.

A terceira questão proposta foi: “Qual estratégia a equipe utilizou para o robô percorrer a curva e qual o modelo de robô foi usado?” Além disso, quantos motores foram usados? O robô realizou o trajeto em que força de regulação e tempo? Explique a sua programação.

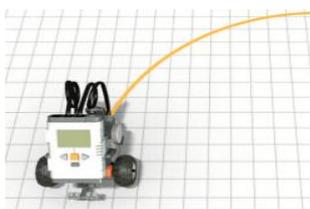
Uma maneira que os estudantes com mais conhecimento de Robótica podem programar um robô para realizar curva é usando o Sensor de luz que possibilita que se programe um robô para percorrer determinado trajeto em cima de uma linha branca ou linha preta. O sensor detecta a cor marcando no visor do controlador um valor para cada cor. Quanto mais clara a cor o valor aumenta branco maior que 50 e preto até 30. Para ilustrar, a figura 50 mostra uma captura de tela da programação usando o sensor de luz para realizar um trajeto em cima de uma linha branca.

Figura 50 Programação com sensor de luz



Com essa programação de sensor de luz, o motor A gira 90° para a direita. Pode-se perceber que o robô da figura 51 se desloca sobre a linha desenhada no papel quadriculado.

Figura 51 Testando o robô realizar curva em uma folha quadriculada



As quatro equipes perceberam que o modelo de robô adequado para realizar todo o percurso da terceira fase do jogo é o robô ilustrado na figura 51. Com o robô montado e programado, os estudantes realizaram testes para responder a questão 2. A tabela 17 descreve a resposta da equipe 2.

Tabela 17 Transcrição da resposta da equipe 2 para a questão 2

Após vários testes.
 Demoramos para descobrir que precisamos de 2 motor para conseguir fazer curva.
 Antes nossa equipe achava que ele andava sempre na mesma força de regulagem. E conseguia fazer o percurso no mesmo tempo. Mas com a montagem de um robô com 2 motor, no momento que fomos programar descobrimos que precisa de dois motor para conseguir realizar a curva e ser um modelo propicio. É no programa que nós vimos que escolhemos qual o motor faz a curva se vai girar para a direita ou para a esquerda. Para realizar curva precisa de força de regulagem menor.
 A nossa programação primeira anda para frente, depois para trás. Depois o motor B gira para a direita para fazer a curva. Em linha reta o robô demora menos tempo para andar do que quando em curva.

Dando continuidade ao desenvolvimento das atividades, as quatro equipes perceberam que o modelo de robô adequado para realizar todo o percurso da terceira fase do jogo é o robô ilustrado na figura 48. Com o robô montado e programado, os estudantes realizaram testes para responder a questão 3). Existe alguma diferença nas superfícies quando você programa o carrinho para realizar o percurso completo? Explique a sua programação. Para ilustrar as respostas das quatro equipes, que responderam de forma similar (seguramente devido ao fato de o programa e o modelo de robô serem os mesmos). Na tabela 18, apresenta-se a resposta da equipe 4.

Tabela 18 Transcrição das respostas das 4 equipes para a questão 3

Na linha reta ele anda para frente para trás, com a força de regulagem rápida ou lenta somos nós que programamos e escolhemos.
 Para subir a rampa precisamos aumentar a força dos motores senão não consegue subir e saltar na caixa de areia.
 A estratégia usada para sair da caixa de areia é programar com força de regulagem 100 para o robô conseguir sair da caixa de areia.
 Para realizar a curva precisa de robô com 2 motor e o modelo precisa ser apropriado senão impossível programar para fazer curva.
 Para andar no chão áspero precisa aumentar a força do motor senão não consegue percorrer o percurso.
 Os robôs precisam ter rodas grandes às rodas pequenas dificultam o deslocamento.
 As rodas pequenas só são boas para andar em lugar reto e liso.
 Os robôs precisam ter rodas grandes para conseguir andar sobre a grama sintética.
 A força dos motores precisa ser aumentada, força fraca trava e não anda.
 Podemos perceber agora que o material do chão interfere na força de regulagem.
 Igual o carro andar no barro anda devagar e atola.

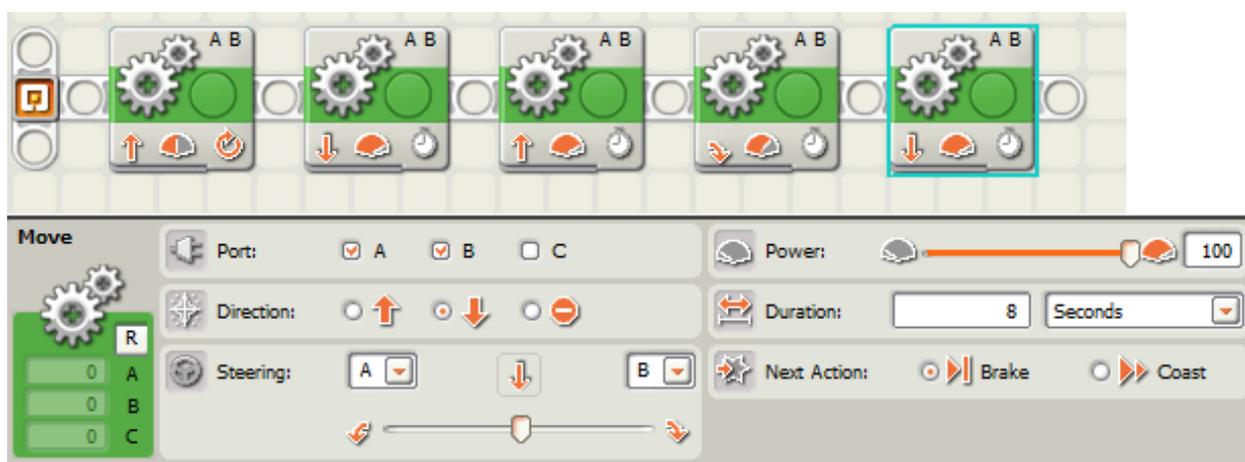
6) Existe alguma diferença nas superfícies quando você programa o carrinho para realizar o percurso completo? Explique a sua programação.

na linha reta ele anda para frente e para trás com velocidade rápida e lenta. Somos nós que programamos e escolhemos. Para subir a rampa precisamos aumentar a força dos motores senão não salta na caixa de areia. A nossa estratégia para sair da caixa de areia é programar com velocidade de 100 para o robô conseguir sair da caixa de areia. Para fazer curva precisa de 2 motores e o modelo precisa ser apropriado senão impossível programar para fazer curva. Para andar no chão áspero precisa aumentar a força do motor senão não consegue percorrer o percurso. Os robôs precisam ter rodas grandes. As pequenas dificultam o deslocamento do robô. As rodas pequenas só andam em lugar reto e liso. Os robôs precisam ter rodas grandes para conseguir andar sobre a grama sintética. A força dos motores precisa ser aumentada, força fraca trava e não anda. Podemos perceber agora que o material do chão interfere na velocidade. Igual o carro andar no barro anda devagar e atola.

1.12 Como os Estudantes Programaram os Robôs

As equipes organizadas em equipes montaram seus robôs, programaram e testaram os mesmos com força de regulagem 100. A figura 52 ilustra uma programação para mostrar a sequência de comandos na programação. Nessa programação, os motores A e B vão andar para frente durante 5 segundos com força de regulagem 80. Para subir a rampa é preciso aumentar a força de regulagem dos motores A e B para 100. Os robôs precisam estar montados com rodas grandes para conseguir saltar e sair da caixa de areia. A dificuldade dos estudantes foi perceber que, após o salto do robô na caixa de areia, a perda de força de regulagem o fazia travar. Os estudantes se deram conta que para resolver o desafio de sair da caixa de areia eles precisavam de uma sequência de movimentos. Para o robô sair da caixa de areia ele necessita de uma sequência de movimentos na programação. O robô salta na caixa de areia e não realiza mais movimento. Os estudantes perceberam a importância da compreensão do trajeto que o robô deveria percorrer e como eles deveriam programar. A figura 52 ilustra uma programação de uma equipe para realizar o percurso.

Figura 52 Transcrição da programação da questão 4

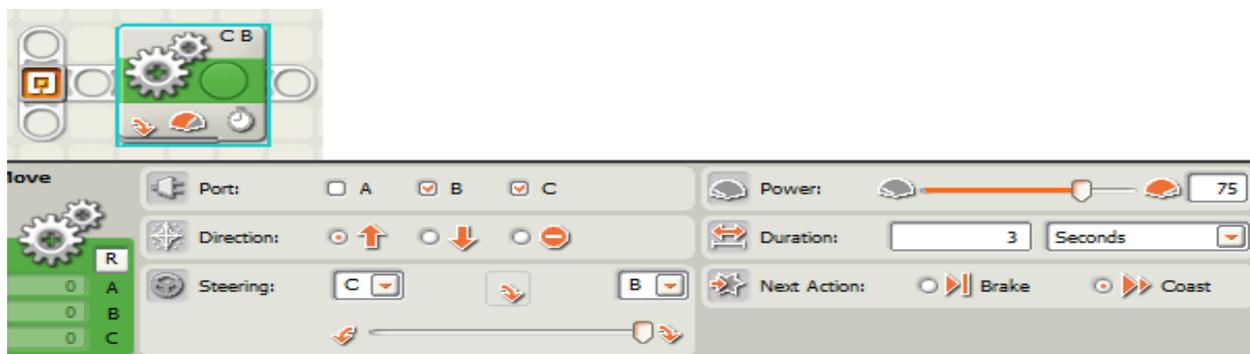


Na figura 52 observa-se que os estudantes escolheram os motores A e B para andar para frente durante 5 segundos. Para o robô subir a rampa, os estudantes programaram os mesmos 2 motores A e B com força de regulagem máxima de 100 para subir a rampa e saltar na caixa de areia. Após o robô ter saltado na caixa de areia, os estudantes precisaram programar o robô para sair da caixa de areia. Os estudantes perceberam que, após o salto, eles precisavam continuar a programação para o robô seguir andando. Os estudantes também

perceberam que, para sair da caixa de areia, precisavam programar com força de regulagem máxima. Após o robô sair da caixa de areia, os estudantes deram sequência na programação para o robô conseguir realizar a curva. A equipe escolheu fazer o motor B girar completamente para a direita como mostra a figura 53. Após o robô ter realizado a curva os estudantes programaram com força de regulagem máxima de 100 durante 8 segundos para percorrer o trajeto no material áspero e no material que simula a grama artificial. Durante a realização desses percursos, os estudantes perceberam que o material do chão influencia no movimento do robô. As quatro equipes trabalharam com o mesmo modelo de robô; as programações eram iguais, o que diferia era a escolha dos motores e a força de regulagem para iniciar o percurso.

Dando continuidade ao desenvolvimento da programação a figura 53 ilustra a programação de uma equipe de como robô realiza a curva. Primeiramente, a equipe escolhe os motores e define para qual lado o motor vai girar. Nessa programação, a equipe escolheu o motor B para girar para a direita com força de regulagem de 75 durante um tempo de 3 segundos.

Figura 53 Programação para o robô fazer curva



A figura 54 mostra os estudantes testando os robôs primeiramente no chão liso. Após o robô andar no carpete, os estudantes perceberam que existe diferença na força de regulagem dos robôs durante a realização do percurso nos diferentes materiais do chão. Com essa percepção, os estudantes testaram um modelo de robô alto para verificar como ele percorre o trajeto da figura 55. O robô anda, mas como o material é áspero o mesmo treme e diminui um pouco a força de regulagem. Para percorrer esse trajeto, os estudantes programaram com força de regulagem máxima de 100. O modelo de robô para percorrer este percurso precisa estar bem montado.

Figura 54 Estudantes testam os robôs em diferentes materiais

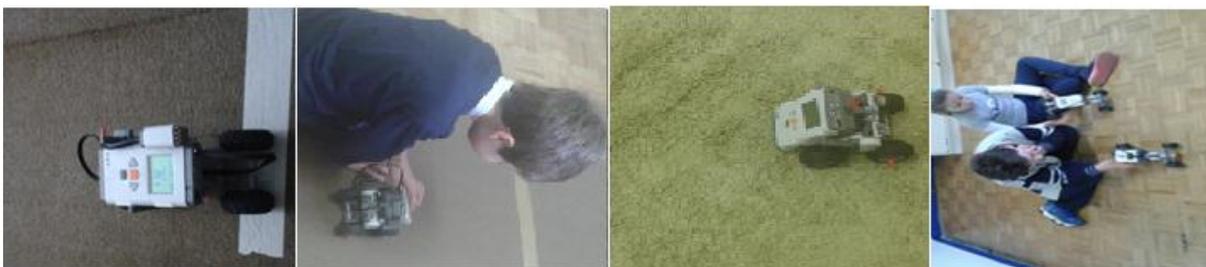


Figura 55 Percurso material áspero (4 metros)



Para percorrer o trajeto em linha reta os estudantes trajeto as equipes perceberam que, para percorrer o trajeto em linha reta e chão liso, qualquer modelo de robô realiza. Quando o robô precisa se deslocar no chão áspero, o modelo de robô precisa ser firme e com rodas grandes. A programação da força de regulagem do motor precisa ser superior a 70 para se deslocar sem perder a força de regulagem. Se o trajeto for subir uma rampa, exige-se robôs mais firmes com força de regulagem 100 (força do motor). O Modelo do robô da figura 48, é firme, tem rodas grandes, 2 motores este robô com a programação correta como mostra a figura 48?? Este percorre todo o trajeto da terceira fase do jogo. A estratégia das equipes para o robô percorrer todo o trajeto do material áspero como mostra a figura 55 e depois no material que simula grama artificial como mostra a figura 56. As 4 equipes programaram seus robôs com força de regulagem máxima de 100. As equipes observaram que o robô anda nos materiais, mas com uma alteração da força de regulagem.

Figura 56 Percurso grama artificial (4 metros)



1.13 Resultados e Discussões da Terceira Fase do Jogo

As 4 equipes realizaram todas as atividades da terceira fase do jogo. A tabela 19 descreve como foi avaliado o desenvolvimento das equipes durante a realização das atividades dessa terceira fase do jogo.

Tabela 19 Fechamento das anotações das equipes e a pontuação final de cada equipe

| O que será avaliado | Pontos | Equipe 1 | Equipe 2 | Equipe 3 | Equipe 4 |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1º Organização dos materiais | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| 2º Realização completa da montagem no tempo previsto de 30 minutos | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Programação adequada para o cumprimento da atividade | 40 | 10 | 20 | 20 | 30 |
| Estratégia usada para subir a rampa. | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Estratégia usada pela equipe para realizar a curva. | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Trabalho em equipe | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Envolvimento dos componentes do grupo para o cumprimento da atividade | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Realização total da atividade | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Realização parcial da atividade | 5 | - | - | - | - |
| Descrição do movimento do robô em cada material. | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| Anotação dos conceitos de Física presente na realização da atividade completa. | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Total de pontos | 200 | 185 | 185 | 185 | 195 |

Avaliando a tabela 19, pode-se concluir que as equipes tiveram uma evolução na organização dos materiais. Essa organização é importante para o desenvolvimento das atividades sem perder tempo. Os estudantes perceberam que, com os materiais organizados, eles conseguem realizar a montagem no tempo proposto. São dois quesitos importantes para as equipes. Elas evoluíram e obtiveram pontuação máxima na organização e montagem no tempo proposto de 30 minutos. Todas as 4 equipes programaram o robô para cumprimento adequado do percurso de 4 metros para subir a rampa. Também realizaram testes com o robô para realizar a curva. Eles perceberam que não basta ter apenas dois motores. Para realização desta atividade, o modelo de robô adequado é o da figura 48 para a execução das atividades da terceira fase do jogo proposto. Para realização da curva, a frente do robô precisa girar para direita ou para esquerda, por isso este robô foi o escolhido pelas 4 equipes para a realização de todo o percurso.

As 4 equipes programaram o robô da figura 48 para andar em linha reta, subir a rampa, saltar na caixa de areia, programam adequadamente aumentando a força de regulagem para sair da caixa de areia girar para a direita para realizar a curva e andar sobre os dois materiais áspero e a grama artificial, as 4 equipes escolheram na programação a força de regulagem 100. Com a realização da atividade os estudantes relataram que os materiais influenciam na força de regulagem do robô ao percorrer o material áspero e a grama artificial. Para o robô realizar o percurso, os estudantes escolheram força de regulagem máxima de 100.

As equipes evoluíram no trabalho. Os estudantes precisam continuar desenvolvendo os trabalhos em equipe. Os estudantes precisam respeitar o tempo dos colegas que não têm tanta afinidade com o material Lego, por isso demoram mais tempo para montar. Outros demoram mais tempo para programar. Em todas as 3 equipes (1, 2 e 3) percebe-se que alguns estudantes são mais rápidos na montagem. Outros precisam um pouco mais de tempo para desenvolver a mesma atividade. A estratégia da equipe 4 consiste em todos os estudantes montarem os robôs juntos. Eles programam, testam e organizam o material juntos. As quatro equipes realizaram a montagem, programaram e fizeram todos os testes necessários para realização total do percurso da fase 3. O envolvimento dos participantes das 4 equipes fez a diferença nas três fases do jogo. Ao finalizar o jogo, apresenta-se uma tabela 20 com a pontuação final de cada equipe.

Tabela 20 Pontuação total de cada equipe

| Equipes | Pontuação Total |
|----------------|------------------------|
| 1 | 476 pontos |
| 2 | 456 pontos |
| 3 | 540 pontos |
| 4 | 556 pontos |

Com a pontuação, percebe-se um destaque importante da equipe 3 e equipe 4. O que destaca essas equipes é a programação adequada para o cumprimento da atividade como mostra a tabela 18 e na tabela 19 a pontuação total de cada equipe. As 4 equipes realizaram as 3 fases do jogo com envolvimento total, se divertiram, competiram, se desafiaram, trabalharam e cumpriram os objetivos esperados pelo professor. O professor deixou claro no início do jogo que a pontuação seria o destaque da equipe em resolver as situações problemas propostas desde a primeira fase do jogo, e o principal quesito visado foi a Aprendizagem dos conceitos de Física.

2 ANÁLISE DO JOGO EM TERMOS DE CONCEPÇÕES OBSERVADAS

Este capítulo trata das concepções observadas e documentadas durante a realização do jogo. A coleta de dados referentes às respostas dos estudantes se deu por meio descritivo e oral. A coleta oral foi registrada por meio de vídeo. Parte dessa documentação está disponível nos apêndices deste trabalho.

2.1 Análise de Concepções na Primeira Fase do Jogo

As atividades previstas na primeira fase do jogo visavam todas as concepções em estudo (tabela 3, página 65). A tabela 20 apresenta as concepções prévias dos estudantes neste momento. Ela sintetiza as concepções mobilizadas pelos estudantes ao analisarem os problemas envolvendo os conceitos de gravidade, força de atrito e movimento.

Tabela 21 Relação de concepções prévias apresentadas pelos estudantes

| Concepções | | | | | | | | | | | | | |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Estudante | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 | C10 | C11 | C12 | C13 |
| E1 | sim |
| E2 | não | sim |
| E3 | sim |
| E4 | não | sim | sim | sim | sim | sim | sim |
| E5 | não | sim | sim | sim | sim | sim | sim |
| E6 | não | sim | sim | sim | sim | sim | sim |
| E7 | sim |
| E8 | sim |
| E9 | não | sim | sim | sim | sim | sim | sim |
| E10 | não | não | sim | não | sim |
| E11 | sim |

A maioria dos estudantes apresentou as concepções analisadas. Observando-se as produções textuais e orais dos estudantes, percebe-se a necessidade da experimentação realizada nas fases seguintes do jogo. Sem as atividades práticas, neste caso, a montagem de robôs e testes, os estudantes permaneceriam com as mesmas concepções errôneas.

Diversos autores, em trabalhos precedentes, observaram que as concepções aqui estudadas, existem nesta faixa etária (e mesmo posteriormente) e são relativamente estáveis. As concepções prévias (errôneas) C1 a C7 dizem respeito ao conceito de gravidade. A maioria dos estudantes observados aqui apresentou essas concepções. Pacca e Henrique (2004) também observou a presença de concepções prévias errôneas sobre gravidade em estudantes do Ensino Médio. Esses autores identificaram as seguintes concepções sobre gravidade:

- a) Só existe força da gravidade na descida.
- b) Na ausência de atmosfera não há gravidade.

Freitas e Moraes (2009) também identificou concepções prévias dos estudantes sobre o conceito de gravidade. Neste estudo o autor mapeou as seguintes concepções:

- a) A gravidade é auxiliada pela pressão do ar.
- b) A gravidade é intrínseca à massa.
- c) Corpos mais leves caem mais rápido.
- d) Gravidade aumenta enquanto os objetos caem.
- e) Gravidade atua como o *impetus* que se desgasta.
- f) "Gravidade zero" de voo orbital.

McCloskey (1983) observou que vários estudos sobre concepções têm incidido preferencialmente sobre conceitos de cinemática (posição, distância, movimento, tempo, força de regulação, aceleração) e de dinâmica (inércia, força, resistência, vácuo, gravidade). Isso se deve ao fato de que tais concepções são estáveis, duradouras e difíceis de serem desestabilizadas. Trowbridge e McDermott (1981) investigaram as concepções associadas ao conceito de força de regulação e gravidade. Eles observaram que as concepções errôneas dos estudantes apoiam-se na ideia de que o movimento requer a ação de uma força, uma vez que em condições reais (com atrito) é preciso atuar permanentemente sobre um corpo para mantê-lo em movimento. Visto que o atrito não é, por vezes, identificado pelo aluno como uma força, este tende a acreditar que o movimento do corpo requer a atuação permanente de uma força impulsionadora.

McDermott (1991) efetuou estudos sobre concepções de forças e a sua relação com o movimento. Assim, estudou os casos das forças "passivas" (como a tensão de uma corda, que se ajusta em face de uma força aplicada) e a força gravitacional, e ainda a força de regulação e a aceleração de corpos sob a influência de forças. O seu trabalho merece uma referência especial pela análise global que procura fazer das investigações.

Questionamentos semelhantes aos realizados nesta fase do jogo foram propostos por DiSessa (1983). Ele realizou um experimento com estudantes visando questionar sobre seus conhecimentos a respeito de gravidade. Uma das questões apresentadas aos estudantes foi: o que acontece quando você joga uma bola para cima? A resposta esperada era que quando você joga uma bola para cima, você fornece uma força que a lança para o ar. Essa força está agindo contra a gravidade e quando ela vai caindo, a gravidade começa a ser mais importante. O autor explica que o topo da trajetória da bola é o ponto em que a gravidade equilibra a força que foi entregue à bola, após o qual a gravidade supera essa força e faz com que o corpo caia cada vez mais rápido.

Os autores Watts & Zylbersztajn (1981) realizaram um estudo com questionário para registros das respostas. Numa questão que mostra dois carros iguais em repouso sobre um plano inclinado em alturas diferentes em relação ao solo foi perguntado quanta força seria necessária para manter os carros em repouso. Como resposta, 48% dos estudantes explicaram que o carro que está mais alto em relação ao solo precisa de uma força maior para ficar em repouso. Por meio deste estudo, os autores identificaram a presença das seguintes concepções prévias:

- a) A gravidade não atua em corpos em queda livre.
- b) A gravidade não age sobre corpos em repouso.
- c) Gravidade não é uma força que atua nos corpos.
- d) A gravidade só atua em corpos em queda.
- e) Os objetos maiores e com maior massa sofrem maior ação da gravidade.

2.2 Análise de Concepções na Segunda Fase do Jogo

A segunda fase do jogo teve por objetivo criar situações onde os estudantes mobilizassem por meio de suas ações e programações as concepções prévias de C1 até C11. Ao término das tarefas propostas nesta fase, os materiais escritos e em áudio permitiram inferir que diversas concepções prévias errôneas haviam sido desestabilizadas. Por meio da análise do material (apêndices fase 2), há evidências que atestam que os estudantes adquiriram conhecimento sobre os conceitos de gravidade e atrito. A tabela 22 apresenta as concepções dos estudantes ao término da segunda fase do jogo.

Tabela 22 apresenta as concepções dos estudantes ao término da segunda fase do jogo.

| Estudante | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C10 | C11 |
|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| E1 | não | Não |
| E2 | não | Não |
| E3 | não | Não |
| E4 | não | Não |
| E5 | não | Não |
| E6 | não | Não |
| E7 | não | Não |
| E8 | não | Não |
| E9 | não | Não |
| E10 | não | não | sim | não | não | não | não | não | não | Não |
| E11 | não | Não |

Os estudantes relatam que, com os experimentos, puderam realizar testes que permitiram a compreensão dos conceitos. Nesta fase, todos os 11 estudantes afirmaram que a gravidade é uma força que nos mantém presos ao chão. Afirmaram também que a gravidade atua em todos os momentos e não só em movimento no chão. Os estudantes perceberam que eles programam os robôs para andar um determinado tempo e, após a execução desse tempo, se não tiver mais comandos, o robô para. Isso é diferente do que alguns pensavam (que o robô nunca pararia). As 4 equipes testaram a dúvida que alguns estudantes tinham. Estes acreditavam que em uma mesma força de regulagem, o robô percorreria o trajeto de 4 metros em linha reta, subiria e desceria a rampa sem alteração de força de regulagem (força). Além disso, os estudantes perceberam que, para subir a rampa, eles precisavam aumentar a força. Para descer a rampa, era preciso diminuir um pouco a força. Eles se deram conta que a gravidade é a mesma atuando sobre os objetos, pois, anteriormente, relataram que quando o robô estivesse realizando a descida da rampa ele perderia gravidade. Na última atividade, os dois robôs realizaram a ida e volta do percurso no mesmo tempo. Com essa atividade, os estudantes perceberam a diferença no deslocamento dos robôs com rodas grandes em relação aos robôs com rodas pequenas.

Outros autores também desenvolveram atividades para desestabilizar concepções prévias sobre gravidade e movimento. Máximo e Alvarenga (2006) afirmam que a aceleração está ligada à mudança de força de regulagem, porém, como não detalham mais essa declaração, favorecem múltiplas interpretações por parte do estudante, o que pode levá-lo à

permanência das concepções alternativas. Além de requerem certo grau de abstração do aluno na construção do conceito, pode torna-se confuso e de difícil entendimento.

Clement (1982) associou às concepções espontâneas dos estudantes a expressão *todo movimento requer uma força* e a identificou às teorias pré-newtonianas de movimento, tal qual a força impetus que viaja com uma flecha em movimento ou a explanação aristotélica do movimento horizontal de uma flecha após ser solta de um arco, impulsionada por forças, na mesma direção, provindas de correntes de ar que mantêm seu movimento.

Para Silval, Silva e Mansor (2009) a simples identificação das concepções alternativas por parte do próprio aluno não garante a mudança conceitual, é preciso muito mais que isso. Além da identificação, o aluno tem que estar preparado para transpor seu conhecimento prévio, substituindo-os por ideias científicas elaboradas. Porém, na prática são vários os exemplos nos quais as concepções alternativas sobrevivem ao processo ensino-aprendizagem. Assim o aluno pode passar a conviver com os dois conceitos o alternativo e o científico, usando-os paralelamente em diferentes contextos ou situações. Os autores Silval, Silva e Mansor em seus trabalhos de pesquisa também trabalharam com concepções prévias dos estudantes como:

- a) Objeto com maior massa se aplica uma força maior.
- b) Massa faz os corpos pararem.
- c) Ocorre movimento quando a força supera a resistência.
- d) A gravidade é auxiliada pela pressão do ar.
- e) A gravidade é intrínseca a massa.
- f) Corpos mais leves caem mais rápido.
- g) Gravidade aumenta enquanto os objetos caem.
- h) Gravidade e peso passam a ser entendidos como sinônimos.

McDermott (1984) concluiu, a partir de seus estudos sobre as dificuldades conceituais dos estudantes em mecânica, que sistemas de crença aristotélicos ou medievais sugeridos por muitos autores para interpretá-las seriam inadequados para dar conta de erros cometidos na análise de situações físicas mais complexas.

2.3 Análise de Concepções na Terceira Fase do Jogo

Na terceira fase do jogo foram visadas as treze concepções descritas na tabela 1. A tabela 23 apresenta uma avaliação global das concepções dos estudantes nas três fases do jogo. A tabela possui os seguintes dados: concepções, fases do jogo, estudantes e contagem de

concepções presentes em cada fase (S = número de concepções presentes na fase; N = número de concepções ausentes na fase).

Tabela 23 Avaliação das concepções nas três fases do jogo

| C | Fase | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | E8 | E9 | E10 | E11 | S | N |
|----|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|----|-----------|
| 1 | 1 | S | N | S | N | N | N | S | S | N | N | S | 5 | 6 |
| | 2 | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | 0 | 11 |
| | 3 | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | 0 | 11 |
| 2 | 1 | S | S | S | N | N | N | S | S | N | N | S | 6 | 0 |
| | 2 | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | 0 | 11 |
| | 3 | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | 0 | 11 |
| 3 | 1 | S | S | S | N | N | N | S | S | N | S | S | 7 | 0 |
| | 2 | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | 0 | 11 |
| | 3 | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | 0 | 11 |
| 4 | 1 | S | S | S | N | N | N | S | S | N | N | S | 6 | 0 |
| | 2 | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | 0 | 11 |
| | 3 | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | 0 | 11 |
| 5 | 1 | S | S | S | N | N | N | S | S | N | S | S | 7 | 4 |
| | 2 | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | 0 | 11 |
| | 3 | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | 0 | 11 |
| 6 | 1 | S | S | S | N | N | N | S | S | N | S | S | 7 | 4 |
| | 2 | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | 0 | 11 |
| | 3 | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | 0 | 11 |
| 7 | 1 | S | S | S | N | N | N | S | S | N | S | S | 7 | 4 |
| | 2 | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | 0 | 11 |
| | 3 | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | 0 | 11 |
| 8 | 1 | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S | 11 | 0 |
| | 2 | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | 0 | 11 |
| | 3 | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | 0 | 11 |
| 9 | 1 | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S | 11 | 0 |
| | 2 | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S | 11 | 0 |
| | 3 | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | 0 | 11 |
| 10 | 1 | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S | 11 | 0 |
| | 2 | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | 0 | 11 |
| | 3 | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | 0 | 11 |
| 11 | 1 | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S | 11 | 0 |
| | 2 | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | 0 | 11 |
| | 3 | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | 0 | 11 |
| 12 | 1 | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S | 11 | 0 |
| | 2 | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S | 11 | 0 |
| | 3 | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | 0 | 11 |
| 13 | 1 | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S | 11 | 0 |
| | 2 | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S | S | 11 | 0 |
| | 3 | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | 0 | 11 |

Percebeu-se um avanço positivo em termos de concepções dos estudantes em cada fase do jogo.

Para mostrar como aconteceu o processo de evolução das concepções dos estudantes, descreve-se a tabela 24. A tabela descreve que a concepção apresentada pelo estudante E1 é a concepção 8 o tipo de superfície do solo não interfere no deslocamento de um corpo em movimento que se encontra no apêndice G questão 6. Foi pedido para os estudantes relatarem se existia alguma diferença quando o robô anda no chão e no Carpete. Na fase 1, o estudante apresentava a concepção prévia. O estudante escreveu que os materiais do chão não influenciam no movimento e que o robô anda sempre igual subindo descendo no chão ou carpete é sempre igual. Na segunda fase do jogo, o estudante permanecia com concepção errônea. Na terceira fase, o estudante desenvolveu a atividade onde o robô teria que andar sobre a superfície felpuda e no chão áspero. Com a realização da atividade prática com o robô andando em diferentes materiais, o estudante percebeu que o material influenciava no movimento do robô e que diminuía um pouco a força de regulagem. O estudante E1, como mostra o registro escrito, diz que o carpete possui elevações e anda mais devagar e que, no chão, o robô anda mais rápido.

Tabela 24 Como a Concepção (C8) foi desestabilizada

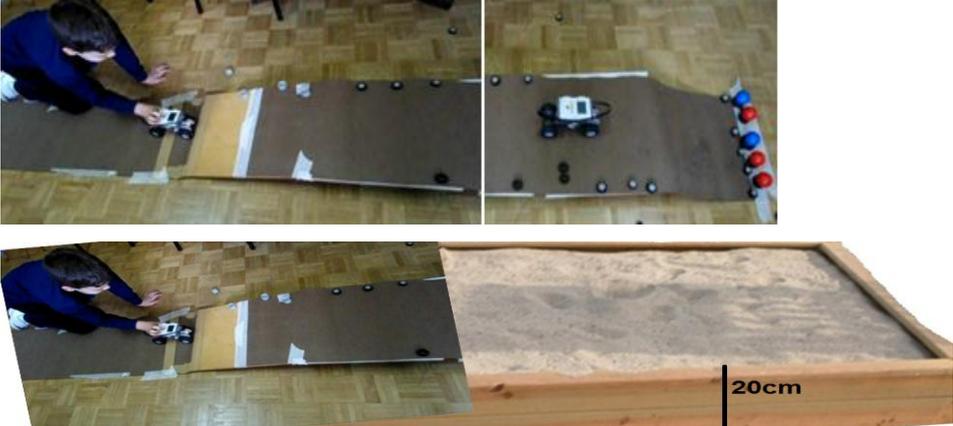
| Concepção a ser desestabilizada do Estudante E1 | | |
|---|---------------|--|
| C8 | | O tipo de superfície do solo não interfere no deslocamento de um corpo em movimento. |
| Atividade proposta questão 6 do apêndice G | | 6. Existe alguma diferença quando o robô anda no chão e no Carpete? |
| E1 | Fases do jogo | Registro do estudante E1 escrito. Foto do robô andando no carpete felpudo. |
| S | 1 | <p>2) Existe diferença quando o carrinho anda no chão e no Carpete?</p> <p>NÃO OS MATERIAIS DO CHÃO NÃO INFLUENCIA NO MOVIMENTO. ANDA SEMPRE IGUAL. SUBINDO DESCENDO CARPETE CHÃO SEMPRE IGUAL</p> |
| S | 2 | <p>2) Existe diferença quando o carrinho anda no chão e no Carpete?</p> <p>NÃO OS MATERIAIS DO CHÃO NÃO INFLUENCIA NO MOVIMENTO. ANDA SEMPRE IGUAL. SUBINDO DESCENDO CARPETE CHÃO SEMPRE IGUAL</p> |
| Na fase Estudante E1 testando seu robô em diferentes materiais, no chão, no carpete, no tapete e superfície áspera. | | |
| N | 3 | <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p>2) Existe diferença quando o carrinho anda no chão e no Carpete?</p> <p>Sim, pois o carpete tem suas irregularidades, ele vai mais rápido no chão, e no carpete vai mais devagar.</p> |

Com a realização da atividade proposta nessa fase do jogo, os estudantes reconheceram que o material interferia no deslocamento do robô. Todos os estudantes apresentavam essa concepção. A tabela 24 mostrou a concepção C8 e o processo que aconteceu para ela ser desestabilizada, a atividade que os estudantes desenvolveram para a concepção ser desestabilizada e o registro por escrito do estudante. Os robôs montados com rodas grandes conseguiram realizar os percursos em diferentes materiais. O único trajeto, em que a superfície não influenciou os robôs com rodas pequenas, foi na primeira fase onde a superfície era reta e lisa e, assim, qualquer robô pode se deslocar com sucesso.

Com a realização dessa fase do jogo, os estudantes perceberam que, para subir a rampa, o robô precisa de uma força de regulação maior (força). Necessita de um robô com 2 motores e que a montagem seja bem feita e firme. O robô é programado com força maior que salta a rampa e cai na caixa de areia e trava. A equipe precisou ter pensado na estratégia para sair da caixa de areia. As equipes perceberam que, após a sequência de movimentos do robô até chegar à caixa de areia, foi uma; e para continuar, precisava de uma programação com força de 100 para conseguir sair da caixa de areia durante 2 segundos. Além disso, para o robô conseguir fazer a curva, necessita de uma programação diferenciada e um robô diferenciado como mostra a figura 45 o robô (1). Durante o desenvolvimento das atividades da terceira fase, observou-se que as concepções prévias errôneas foram desestabilizadas. Para avaliar melhor o desenvolvimento das atividades, foi elaborada uma ficha de acompanhamento para o professor que se encontra no apêndice J.

Esta é a fase do jogo que demanda mais o trabalho em equipe dos estudantes. É uma fase exigente, pois se retoma tudo o que foi trabalhado nas fases anteriores. Isso porque o jogo busca reforçar as concepções corretas sobre os conceitos trabalhados. Para reforçá-las, é importante que elas sejam trabalhadas em mais de uma situação, aumentando a complexidade e envolvendo a integração das concepções umas com as outras. Portanto, o ambiente para desenvolvimento das atividades deve ser propício para que os estudantes fiquem atentos e ativos. Para explicar como foi desestabilizada outra concepção (C12) deste trabalho, descreve-se a tabela 25. Todos os estudantes inicialmente apresentavam esta concepção. (a C12 - Um corpo em movimento em uma determinada força de regulação sobe ou desce uma rampa nas mesmas forças sem alterações por ser subida ou descida). Para desestabilizar esta concepção, foi proposta a seguinte atividade: O robô programado com a mesma força de regulação conseguiu percorrer o trajeto de 4 metros em linha reta e subir e descer a rampa? Registro do E7 para exemplificar a realização da atividade.

Tabela 25 Como a Concepção (C12) foi desestabilizada

| Concepção a ser desestabilizada do Estudante E1 | | |
|---|---------------|--|
| C12 | | Um corpo em movimento em uma determinada força de regulação sobe ou desce uma rampa nas mesmas forças (sem alterações por ser subida ou descida). |
| Atividade proposta | | 5) Os robôs programados com a mesma força de regulação conseguiram percorrer o trajeto de 4 metros em linha reta e subir e descer a rampa? |
| Questão 5 do apêndice G | | |
| E1 | Fases do jogo | Registro do estudante E7 escrito. Foto do robô subindo a rampa. |
| S | 1 | Os 11 estudantes afirmaram com certeza que qualquer modelo de robô programado com qualquer força de regulação andava o percurso de 4 metros subia e descia a rampa sem alteração de força de regulação. |
| Estudante E7 testando seu robô em linha reta, subindo e descendo a rampa. | | |
| N | 2 |  |
| N | 3 |  |

O tipo de superfície do solo não interfere no deslocamento de um corpo em movimento. O atrito de um corpo em movimento com a superfície do solo faz com que ele

tenha sua força de regulação reduzida. DiSessa (1983) afirma que o atrito está sempre presente no mundo real e não havendo nenhum agente visível como sua causa. O atrito é uma força. Pode-se pensar em tratar implícita ou explicitamente o amortecimento do movimento.

DiSessa (1983) arriscou como uma possível explicação para as *pré-concepções* dos estudantes, a experiência com o mundo real. Quando, por exemplo, um jogador de futebol para a bola antes de chutá-la. Sobretudo, estando o atrito sempre presente no mundo real e não havendo agente visível como sua causa, seria o caso de se pensar em tratar implícita ou explicitamente o amortecimento do movimento como outra lei da natureza, pois, somente após compreender a visão de Newton, é possível adquirir uma razão para considerar o atrito como uma força a ser incluída na explicação.

Os estudantes veem o movimento de um objeto como causada por um ímpeto armazenado internamente, que normalmente chamamos força ou energia. À medida que o impulso se esgota, o objeto para de se mover. McCloskey identificadas duas variações da teoria impulso, em que o impulso se esgota por si próprio e outra em que o impulso é drenado por gravidade, fricção, ou ambos. Outros pesquisadores identificaram equívocos semelhantes sem atribuindo-lhes a coerência de um quadro teórico. Clement (1982) descreveu o uso de um equívoco que "o movimento implica uma força" em uma variedade de situações dos estudantes. Este é um equívoco que o movimento de um objeto indica a presença de força que causa esse movimento.

Hestenes e seus colegas (HALLOUN & HESTENES, 1985; HESTENES, WELLS, & SWACKHAMER, 1992) forneceram a taxonomia mais completo de equívocos relacionados à mecânica. Eles usam o termo impulso para descrever vários equívocos relacionados a uma causa armazenado internamente do movimento.

- 1 Uso de rodas grandes ou rodas pequenas não interfere no movimento de um corpo.
- 2 Tanto uma trajetória retilínea quanto uma curva são percorridas no mesmo tempo e força de regulação.
- 3 Um corpo em movimento em uma determinada força de regulação sobe ou desce uma rampa nas mesmas forças (sem alterações por ser subida ou descida).
- 4 Uso de rodas grandes ou rodas pequenas não interfere no deslocamento de um corpo em diferentes superfícies.

Giancoli (1985) define o peso como uma força causada pela força gravitacional do planeta, e afirma que um objeto em queda livre é "efetivamente perde (sem peso)". Giancoli (páginas 130-132). O segundo foi compreender como a aprendizagem anterior foi afetada pelos equívocos, e se os equívocos dos professores afetam o aprendizado de seus estudantes?

O terceiro era determinar as diferenças entre ciência e da Física níveis de compreensão futuros professores ligados à atividade de massa e gravidade, e entre os seus níveis de capacidade de raciocínio lógico e suas atitudes em relação a aulas de física. Participaram estudantes de ciências e física totalizando 267. Professores também participaram do estudo. Instrumentos de coleta de dados incluíram a Física no conceito de teste, o teste de capacidade de raciocínio lógico e Física e escala de atitude. Todos os instrumentos foram administrados aos participantes no final do terceiro semestre da sua universidade. O teste Física consistindo de papel e lápis teste envolvendo 16 perguntas foi concebido, mas apenas quatro perguntas foram relacionadas à massa e gravidade; o segundo teste consistiu em 10 questões com dois estágios. O terceiro teste, no entanto, constou de 15 itens.

Como resultado da análise realizada, verificou-se que estudantes e professores tiveram sérios equívocos sobre o conceito de inércia, gravidade, aceleração gravitacional, a força gravitacional e peso. Os resultados também revelaram que os professores e estudante em geral tinham atitudes positivas para aulas de Física, e seu nível de raciocínio lógico era eficiente. Ideias sobre a massa, peso, força gravitacional, o espaço e espaço vazio. Um número de estudos foi realizado sobre concepções dos estudantes sobre a forma da Terra e seu peso. Rosa (2011) investigaram as ideias sobre a gravidade detida por crianças com idades entre cinco e dezesseis anos. Eles descobriram que as concepções infantis vistas se desenvolvem gradualmente a partir de experiências práticas, como os seguintes esquemas "a gravidade é uma força de pressão. A gravidade é possuída exclusivamente por objetos pesados substâncias suspensas estão sem peso".

6.4 Avaliação final do Jogo

O jogo foi desenvolvido com o objetivo de propor situações-problema que desestabilizem concepções errôneas dos estudantes na forma de um jogo. O jogo inclui materiais que permitem experimentos práticos, a fim de avaliar a evolução das concepções prévias dos estudantes. O jogo foi organizado em torno de desafios e, portanto, propicia ao estudante o contato, de uma forma lúdica, com suas carências, estimulando sua curiosidade e consequente o desejo de aprender. Brougere (1998) afirma que a aprendizagem pelo jogo é provável que aconteça, desde que as regras se mantenham, bem como a linguagem e o poder de decisão. Ainda segundo o autor é necessário que se tenha uma diversidade de fenômenos, pelo questionamento da linguagem, ou seja, o jogo se torna uma simulação do real, um fato

linguístico de um determinismo radical. Santos (2010, p.46) afirma a atividade lúdica ou brinqueado que busca dentro da sala de estudante aula um ambiente de prazer, de livre exploração, de incerteza de resultados, deve ser considerado jogo. Em outro ponto, observamos como é difícil trabalhar jogos em sala de aula, em seus vários níveis de ensino. A agradável aceitação dos estudantes com o jogo é devida ao caráter lúdico que os jogos apresentam e isso se deve às emoções, que provocam por meio de seus desafios e inter-relações entre estudantes e professores.

Considerando as situações-problema propostas no jogo, elas podem oferecer ao trabalho docente uma prática para se trabalhar a competitividade de maneira enfatizada pelos sujeitos da pesquisa. O que ficou ressaltado, durante o processo, foi a competitividade e o divertimento. Isso presente na maioria dos jogos, a competitividade é um elemento que merece bastante atenção por parte dos professores, necessitando de uma condução adequada, visando desenvolver os valores éticos trabalhados na escola. Conforme Santos (2010), o divertimento está presente no jogo, então é aí que entra a figura do professor no despertar da curiosidade. Ainda segundo o autor, o docente pode despertar no estudante a curiosidade através de um simples gesto, por exemplo, pedir aos estudantes para trazerem uma bola de isopor, mas não dizer para que vai utilizá-la. Outro ponto é não dizer a eles que o jogo ensinará conceitos.

Com a realização do jogo, percebe-se um avanço no trabalho em equipe na construção de estratégias para resolver as situações-problema com a construção de protótipos robóticos. Observa-se um envolvimento de todos os estudantes, mesmo com dificuldades todos montavam e programavam os robôs. Com relação à programação, pode-se afirmar que os estudantes evoluíram em níveis de conhecimento do software MINDSTORMS 2.0, conhecendo as funções principais das peças e do controlador. Os estudantes apresentaram, na terceira fase do jogo, uma ordenação lógica para programar e entender o que e como eles estavam programando. Programar não é uma atividade mecânica, como simplesmente apertar teclas, é pensar sobre o que fazer e como fazer para o robô realizar o percurso exigido. O software possibilitou que os estudantes programassem e melhorassem a programação quantas vezes fosse necessário para cumprir o desafio. O controlador suporta até 4 programas e, quando estiver com a memória cheia, aparece uma mensagem na tela, possibilitando que os estudantes apaguem os programas anteriores.

Com as atividades propostas no jogo, observa-se que a utilização de robôs para a compreensão dos conceitos de Física trabalhados durante o desenvolvimento das atividades propostas em cada fase. Pode-se afirmar que a Robótica é uma forte aliada para trabalhar de

forma prática as concepções prévias apresentadas pelos estudantes participantes do jogo. Um fato observado é que os kits de Robótica apresentam um custo elevado para as escolas e, também, exige-se dedicação, planejamento das atividades e conhecimento de novos conceitos pertencentes à Robótica, como, por exemplo, o movimento.

6 CONCLUSÕES

Neste trabalho partiu-se de alguns pressupostos:

a) Conforme Vergnaud, o conhecimento se organiza em campos conceituais, definidos a partir de um conjunto de problemas. No entanto, a ação operatória não é a totalidade da conceitualização do real. Segundo Vergnaud, não se discute a veracidade ou falsidade de um enunciado totalmente implícito. Os aspectos do real são identificados com ajuda das palavras, enunciados, símbolos e sinais. O emprego de significantes explícitos é indispensável à conceitualização. A existência de um conhecimento que pode ser evidenciado pela sua manifestação, como a resolução de problemas, o uso adequado de ferramentas tecnológicas, a interação do estudante com o ambiente, uma vez que supera as perturbações, viabiliza os conceitos que estão sendo trabalhados.

b) Segundo Balacheff, não bastam os problemas, é necessário compreender a estrutura de controle utilizada pelos estudantes que desenvolvem concepções, que representam o conhecimento associado a esferas de prática (problemas). Balacheff propôs o modelo cKç (conceitos, conhecimentos e concepções). Para a finalidade do seu desenvolvimento, a fim de melhorar a sua eficiência, é necessário integrar outras teorias para reforçar a sua, (por exemplo, de representação, sistema de controle). Mas cKç (conceitos, conhecimentos e concepções), detém outras promessas; facilita a construção de uma ponte entre saber e provar, a construção de uma ligação entre o controle e a prova, portanto, facilitar a compreensão da relação entre argumentação e prova. O professor precisa fazer com que os estudantes tenham consciência da existência de um problema, que pretende "justificar" ou "incentivar" a aprendizagem. Para esse efeito, o professor precisa organizar situações problemas em que os estudantes relacionem o conceito que estão aprendendo com algo do seu dia a dia, e que esse estudo não seja apenas um conteúdo sem significado para o estudante. O sistema de representação permite que a formulação e o uso dos operadores pelo estudante, bem como o meio (a ferramenta Robótica).

A estrutura de controle permite expressar como o estudante decide sobre a adequação e a validade de uma ação, bem como os critérios do meio para entrar em funcionamento ou não. Para esta dissertação, a Estrutura de controle (Balacheff) é o mecanismo de decisão do

estudante que o guia nas atividades de construção e programação do robô. Logo, quando o estudante executa uma tarefa de montagem ou de programação ele está manifestando suas concepções. Inicialmente os estudantes acreditavam que qualquer modelo de robô era capaz de realizar todo o percurso do jogo. A partir do desenvolvimento da primeira fase do jogo, os estudantes perceberam que os desafios propostos foram além de construir simples robôs que andam para frente e para trás. Com os desafios realizados, as equipes perceberam que, com aquele conjunto de peças da maleta 9797, eles poderiam ir além na construção de robôs simples. O modelo cKç permite caracterizar a concepção, fornecendo um quadro para discutir o seu diagnóstico. Uma caracterização interessante de uma concepção C seria P definir um conjunto de todos os problemas específicos para essa Concepção, segundo Balacheff (2013).

c) A Robótica Educacional é uma importante ferramenta de auxílio pedagógico com a possibilidade de experimentação, construção, reconstrução, programação, testes e reprogramação dos protótipos construídos. Isso tudo possibilita a reflexão sobre a ação realizada e também potencializa a ampliação da cognição trabalhando de forma lúdica e compatível com a idade dos estudantes. A Robótica Educacional propõe uma aula multidisciplinar. Conceitos de engenharia, eletrônica, informática, lógica são explorados constantemente. Além disso, a Robótica Educacional, por explorar assuntos fora dos limites curriculares da escola tradicional, pode propiciar ambientes diferenciados de aprendizado que estimulam o desenvolvimento da criatividade, competências e habilidades.

d) O Ensino de Física pode ser aprimorado pela aplicação de tecnologias que contribuam para que conceitos complexos sejam melhor compreendidos. A Robótica possibilita aos estudantes simularem conceitos de Física em tempo real usando computador e materiais robóticos. Pode-se perceber uma satisfação de aprendizado maior dos conceitos estudados.

Estes quatro elementos constituem o fundamento para que a questão de pesquisa do trabalho seja respondida: “A Robótica Educacional, integrada ao ensino de Física, pode reforçar e (ou) desestabilizar concepções prévias dos estudantes?”

Para respondê-la, elaboraram-se situações de aprendizagem baseadas na construção de artefatos robóticos para a resolução de problemas em atividades, visando desestabilizar as concepções errôneas apresentadas pelos estudantes. Para isso, foi desenvolvido um jogo didático baseado em problemas da Física, onde ocorre a montagem e programação de robôs

que devem realizar tarefas. O jogo não busca estimular a competitividade entre as equipes participantes. Ganhar não é a prioridade. O jogo é ganho principalmente por meio dos conhecimentos sobre os conceitos de Física. Esses fatores combinados podem fazer com que qualquer estudante ganhe o jogo.

Foi nesta ampla problemática que o trabalho se desenvolveu, com o intuito de promover a aprendizagem e avaliar a evolução do estudante por meio das suas concepções. Coube ao autor (professor) elaborar atividades, levando em conta de forma integrada: o domínio do conhecimento, o conhecimento prévio do estudante, o seu papel de professor e o papel dos seus estudantes. Na elaboração das atividades do jogo, levaram-se em conta as concepções prévias dos estudantes. As concepções prévias foram identificadas inicialmente na literatura e validadas em um experimento muito importante apresentado no apêndice A. Esta parte do trabalho deu origem a um artigo publicado em 2014 na Revista de Novas Tecnologias da UFRGS, que descreve o levantamento das concepções prévias dos estudantes. Por meio deste experimento e estudo, foi possível situar os estudantes em um contexto onde se podem elaborar situações que devem reforçar certas concepções corretas e desestabilizar concepções errôneas. Contemplar em um jogo tal diversidade de concepções e objetivos de aprendizagem foi um desafio. Considera-se que esta etapa é extremamente importante neste trabalho.

Deve-se ressaltar que a função do professor, durante as atividades envolvendo Robótica Educacional Lego, é a de mediador, proporcionando discussões e interagindo o tempo todo com os estudantes. Ele pode trabalhar com a Robótica como proposta da aula utilizando a ferramenta – Robótica Educacional Lego, projetos extracurriculares e também como ferramenta base para as atividades de diferentes disciplinas desenvolvidas em sala. As atividades no Laboratório de Robótica levam um tempo de aproximadamente 2 horas aula, suficientes para contextualização do tema, montagens, programações, testes e apresentações de cada grupo. Vale lembrar que essas atividades não são todos os Colégios que possuem um horário no currículo escolar. No Colégio em que foi desenvolvido o trabalho, os estudantes participam do projeto como atividade extracurricular turno contrário ao da aula. Elas também são organizadas e programadas pelo professor de Robótica, juntamente com os professores de disciplinas variadas dependendo dos conteúdos teóricos abordados nas aulas teóricas, pois assim os estudantes teriam mais condições de compreendê-la unindo a teoria e a prática.

Pode-se afirmar que, por meio do Jogo proposto, foram registadas evoluções nas concepções prévias apresentadas pelos estudantes. O jogo se desenvolveu em três fases crescentes, com 4 equipes desenvolvendo os desafios propostos com níveis de dificuldades, as

equipes competindo em situações de aprendizagem, seguindo as regras propostas para avançar nas fases e realizar as situações problemas propostas no jogo. Com esta experiência através do jogo, constata-se que têm fundamento os pressupostos associados às teorias construtivistas e às práticas construcionistas.

Os Estudantes abordaram os problemas de diferentes formas. Com maior ou menor dificuldade, concluíram o seu projeto e resolveram as situações problemas propostas. Com o recurso da experimentação, as suas curiosidades aumentaram. As atividades desenvolvidas tiveram um caráter eminentemente prático, onde os estudantes pensaram, construíram, desenvolveram, programaram e apresentaram seus robôs. Estas atividades representaram, desde o início, um desafio para o professor e também para os estudantes, pois eram iniciantes a Robótica Educacional. Isso refletiu no interesse, empenho, melhor comportamento e participação, principalmente dos estudantes com maior dificuldade de concentração. Por meio da resolução de situações problemas, durante a realização do jogo, registou-se uma evolução, tanto individual quanto coletiva dos estudantes.

Avaliando as apresentações e as respostas dos estudantes, foi possível observar como os estudantes utilizaram o kit Lego, o software de programação e a pesquisa, pois esses recursos pedagógicos qualificam o ensino e a aprendizagem dos conceitos de Física, uma vez que os estudantes respondam de forma criativa e segura ao que se está propondo.

A maioria das concepções adquiridas na vivência dos estudantes não está de acordo com o conhecimento cientificamente válido, podem avaliar a falta de coerência. Partindo dessas respostas que o professor deve pensar em ações que vão atender as dificuldades dos estudantes, adquirindo conhecimentos sobre as questões que foram elaboradas a fim de desestabilizar as concepções prévias que os estudantes trazem sobre os conceitos de Física. Indicativos demonstram que algumas respostas dos estudantes evoluíram com o desenvolvimento das fases do jogo proposto. O fato de se trabalhar com questões que permitem a contextualização com exemplos do cotidiano dos estudantes, facilita o desenvolvimento das atividades com o jogo em questão, a fim de estudar as concepções prévias dos estudantes apresentadas inicialmente.

Percebe-se também a espontaneidade dos estudantes de expor as opiniões durante o desenvolvimento das atividades realizadas em cada fase do jogo. Os estudantes expressam e estabelecem conexões entre as perguntas, que o professor faz e os desafios que são propostos. Os estudantes apresentam-se ativos, criativos envolvidos e, ao mesmo tempo, a Robótica Educacional estimula a participação dos estudantes a pensar e refletir sobre o que estão construindo e questionar sua realidade. Com o desenvolvimento do jogo, houve interesse

crescente pela pesquisa, uma vez que as dúvidas e curiosidades que surgiam durante o desenvolvimento das atividades, os estudantes buscavam informações sobre o assunto na Internet.

O jogo atendeu a expectativa das concepções. Teve um processo de evolução dos estudantes durante a realização das atividades de cada fase do jogo. Percebeu-se, nesta fase, o prazer dos estudantes em realizar os desafios. Considerando as situações-problema propostas nessa fase do jogo, pôde-se observar que os estudantes continuam motivados e as equipes competindo como se tivesse uma premiação valiosa. As equipes estão determinadas a cumprir todas as fases, testes, o tempo foi aproveitado cada segundo. Para os estudantes, ficou claro o que cada equipe precisava mudar para desenvolver a terceira fase do jogo e conseguir a maior pontuação possível.

Quanto ao outro objetivo dessa pesquisa, tentar provocar uma desestabilização das concepções dos estudantes sobre gravidade, movimento e atrito, acredito que ele também tenha sido atingido. As atividades desenvolvidas por cada equipe demonstraram que, para exemplificarmos a desestabilização da concepção 8, o tipo de superfície do solo não interfere no deslocamento de um corpo em movimento. Quando iniciou a atividade de levantamento das concepções prévias, todos os estudantes afirmaram - com certeza - que a superfície do chão não interfere. Os mesmos estudantes afirmaram que o robô andava igual em todas as superfícies. A partir das concepções, desenvolveu-se o jogo com o objetivo de desestabilizar as concepções prévias (errôneas) dos estudantes. Quando as equipes, na terceira fase do jogo, tiveram acesso a testar seus robôs em diferentes materiais, os mesmos testaram várias vezes não acreditando que a superfície interferia na força de regulação do robô. Eles testam e relatam que no chão liso o robô anda mais rápido, quando passa para o percurso do material áspero, percebe-se uma pequena mudança na força de regulação, mas tem. O mesmo robô programado com a mesma força de regulação também apresenta uma mudança de força de regulação, quando o mesmo anda sobre o material que simula uma grama artificial. Todos os estudantes relatam que precisam de experimentação para comprovar se o que eles imaginam é verdade. Pode-se pensar que é uma concepção correta, mas na verdade estão fortalecendo uma concepção prévia (errônea).

Precisa-se destacar que os estudantes são iniciantes da Robótica, portanto ainda apresentam algumas dificuldades para compreender a programação. Mesmo com as dificuldades, eles não medem esforços em programar quantas vezes seja necessário para realizar cada percurso proposto no jogo. Reconheceu-se que o processo de compreensão dos conceitos é gradual e sempre exige esforços dos estudantes e, para que a compreensão seja

melhorada cada vez que entra um novo contato com o conceito, entendemos, para o estudante aprender um determinado conceito, ele deve relacioná-lo aos conhecimentos prévios que possui. Essa relação é complexa, mas, de um modo geral, podemos considerar que, quando ela acontece, ocorre uma aprendizagem. Ou seja, os estudantes conseguiram assimilar o material novo aos seus conhecimentos prévios por causa do desequilíbrio e do conflito provocado pela nova informação com a qual entrou em contato; o que pode levar a mudanças conceituais dos conhecimentos prévios.

O professor como mediador deve auxiliar na tarefa de formulação e de reformulação de conceitos ativando o conhecimento prévio dos estudantes com uma introdução da matéria que articule esses conhecimentos à nova informação que está sendo apresentada (Pozo, 1998), e utilizando recursos didáticos para facilitar a compreensão do conteúdo pelo estudante. Neste sentido, o jogo didático constitui-se em um importante recurso para o professor ao desenvolver a habilidade de resolução de problemas, favorecer a apropriação de conceitos e atender às características. O jogo não é o fim, mas o eixo que conduz a um conteúdo didático específico, resultando em um empréstimo da ação lúdica para a aquisição de informações. Segundo Miranda (2001), mediante o jogo didático, vários objetivos podem ser atingidos, relacionados à cognição (desenvolvimento da inteligência e da personalidade, fundamentais para a construção de conhecimentos); afeição (desenvolvimento da sensibilidade e da estima e atuação no sentido de estreitar laços de amizade e afetividade); socialização (simulação de vida em grupo); motivação (envolvimento da ação, do desafio e mobilização da curiosidade) e criatividade.

Nesse sentido, o jogo ganha um espaço como a ferramenta ideal da aprendizagem, na medida em que propõe estímulo ao interesse do estudante, desenvolve níveis diferentes de experiência pessoal e social, ajuda a construir suas novas descobertas, desenvolve e enriquece sua personalidade, e simboliza um instrumento pedagógico que leva o professor à condição de condutor, mediador, estimulador e avaliador da aprendizagem. Ele pode ser utilizado como promotor de aprendizagem das práticas escolares, possibilitando a aproximação dos estudantes ao conhecimento científico, levando a ter uma vivência, mesmo que virtual, de solução de problemas que são muitas vezes muito próximas da realidade que o homem enfrenta ou enfrentou.

Durante a aplicação do jogo, constatamos que muitos estudantes tiveram dificuldade nos primeiros casos, pois não entendiam direito como funcionava o controlador e que, após certo tempo, ficava mais fácil, e eles começaram a perceber as situações de forma diferente e minuciosa. A função educativa do jogo foi facilmente observada durante sua aplicação com os

estudantes. Verificando-se que ela favorece a aquisição e retenção de conhecimentos, em clima de alegria e prazer. Assim, por aliar os aspectos lúdicos aos cognitivos, entendemos que o jogo é uma importante estratégia para o ensino e a aprendizagem de conceitos abstratos e complexos, favorecendo a motivação interna, o raciocínio, a argumentação, a interação entre estudantes e entre professores e estudantes.

Considerando, como Kishimoto (1996), que o jogo desenvolve além da cognição, ou seja, a construção de representações mentais, a afetividade, as funções sensório-motoras e a área social, ou seja, as relações entre os estudantes e a percepção das regras. “A utilização do jogo potencializa a exploração e a construção do conhecimento, por contar com a motivação interna típica do lúdico”, e, como disseram alguns dos alunos: “com o jogo, a gente aprende brincando”. Pelo exposto, entendemos que o jogo deveria merecer um espaço e um tempo maior na prática pedagógica cotidiana dos professores. Espera-se que o jogo não apenas tenha contribuído para a apropriação de conhecimentos dos conceitos de Física proposto nesse trabalho, mas também para sensibilizar outros professores para a importância desses materiais, motivando a elaboração de novos jogos didáticos em outras áreas do conhecimento.

7 TRABALHOS FUTUROS

Em nossa avaliação sobre os resultados obtidos nesta pesquisa, ficou clara a motivação de professor e dos estudantes com as contribuições positivas da Robótica para trabalhar concepções prévias dos estudantes. Nesse sentido, acreditamos que a Robótica possibilita trabalhar conceitos de forma Lúdica e trabalhar com materiais alternativos e softwares livres, envolvendo várias áreas do conhecimento visando avaliar a contribuição para a aprendizagem dos estudantes em cada área.

O desenvolvimento desse trabalho envolveu estudantes do 5º Ano do ensino Fundamental, mas o período em que iniciam a aprendizagem dos conceitos de Física é a partir do 9º ano do Ensino Fundamental.

Quanto ao Hardware, como não queremos nos prender a uma marca proprietária, seria interessante desenvolver um hardware barato. Ou montar um kit com um conjunto de peças e um controlador que aceite programação com software livre e materiais reciclados (Robótica com sucata).

8 APRESENTAÇÃO DO PRODUTO FINAL DA DISSERTAÇÃO

Esta seção descreve o produto final do trabalho de dissertação intitulado de “Robótica Educacional aplicada ao Ensino de Física”, desenvolvido por Roseli Fornaza. Como produto final da pesquisa realizada, foi criado um jogo utilizando a Robótica Educacional aplicado ao Ensino de Física. O jogo é composto por um tabuleiro contendo obstáculos e materiais que servem de plataforma para os robôs que serão construídos e testados pelos estudantes. Para construção dos robôs, pode-se utilizar qualquer kit de robótica educacional disponível. Como exemplo, citam-se os kits descritos na tabela seguinte. Os kits estão descritos na seção 3.2 Materiais Robóticos.

Tabela 26 Kits e softwares que podem ser usados no jogo

| Nome do kit | Plataforma de programação |
|---------------------------------------|--|
| Arduíno Componentes do kit Arduíno | Arduíno IDE, desenvolvida em linguagem Java, linguagem de programação suportada são C e C++. |
| Lego 9797 | NXT MINDSTORMS 2.0 programming |
| Fichertechick | software específico ROBO PRO |
| Modelix | Software Modelix System Pró |

Para construção do tabuleiro, recomenda-se utilizar os seguintes materiais:

- a) Para a primeira fase do jogo: material liso de quatro metros de comprimento (laminado, madeira, chão, outros).
- b) Para a segunda fase do jogo: material liso, uma rampa de no mínimo vinte centímetros de altura.
- c) Para a terceira fase do jogo: uma caixa de areia (um metro por dois metros, vinte centímetros de altura), três metros de material felpudo, carpete com pelo alto, três metros de lixa grossa ou três metros piso de chão áspero.

Os três percursos devem ser organizados em sequência. Do segundo percurso para o terceiro, deve ser prevista uma curva. Para relatar as produções dos estudantes ao longo das três fases do jogo, o professor pode utilizar o modelo de relatório apresentado na seção 7.1.

A fim de documentar o uso de kits de robótica para o ensino, foi criado um blog para registrar as pesquisas e aulas de Robótica Educacional. O endereço é o seguinte:

<https://roboticainteligente.wordpress.com/>

Este blog pode ser visitado por professores interessados em conhecer melhor o jogo e o trabalho desenvolvido com Robótica Educacional.

8.1 Relatório da Atividade

O modelo apresentado a seguir pode ser utilizado para documentação dos projetos dos estudantes em cada fase do jogo.

Nome da Equipe:

Funções das equipes:

| | |
|---|---------------|
| Construtor: | Organizador |
| Relator: | Apresentador: |
| Objetivo do projeto: | |
| Desenho do projeto: | |
| De que maneira será utilizado este projeto, em que área poderá ser utilizado? | |
| Sugestões de melhorias do projeto por outras equipes? | |

9 REFERÊNCIAS

- AL, B. E. **Children's Concepts about weight and free fall**. 2. ed. [S.l.]: Science Education, v. 78, p 149 – 169 p. 1994.
- A. H. Johnstone, J. J. MacDonald and G. Webb. "**Misconceptions in school thermodynamics**," *Phys. Educ.* **12**:4, 248-251 1977.
- ALIMISIS, D. A. G. B. **Robotics in Physics: fostering graphing abilities in kinematics** In: Obdrzálek, D. (ed.) *Proceedings of the 4rd International Workshop Teaching Robotics, Teaching With Robotics & 5th International Conference Robotics in Education*. Padova (ITALY): [s.n.], 10 p. July 2014.
- ALMEIDA, M. E. B.; VALENTE, J. A. **Tecnologias e currículo: trajetórias convergentes ou divergentes?** São Paulo: Paulus, 2007.
- ASIMOV, I. I, **Robot**. Street and Smith publications, Inc. 1970.
- ASTOLFI, J. P.; DEVELAY, M. A. **A Didática das ciências**. Campinas, São Paulo: Papirus, 1990.
- AZEVEDO, J. G. D. I. O. I. B. D. **A Tessitura do Conhecimento em Redes. Pesquisa no do cotidiano das escolas sobre redes de saberes**. Rio de Janeiro: DP&A: [s.n.], 2001.
- BALLACHEFF, N. **Didactique et Intelligence Artificielle**. *Recherches en didactique des Mathématiques*. [S.l.]: *Recherches en didactique des Mathématiques* . 1,2. ed. [S.l.]: [s.n.], v. 14, 9-42 p. 1995.
- BALACHEFF, N. **cKc, a Model to Reason on Learners Conceptions**. In: Martinez, M. & Castro Superfine, A (Eds.) *Proc of the 35th annual meeting of the North American Chapter of the Intl. Group for the Psychology of Mathematics Education*. Chicago: [s.n.], 2013.
- BAR, V. ZINN, B; GOLDMUNTZ, R; SNEIDER, C. **Children's concepts about weight and free fall**, *Science Education*, v. 78, n.2, p.149-169, 1994.
- BAR, V. ZINN, B; **Similar Frameworks of Action-at-a-Distance: Early Scientists`and Pupils ideas**, *Science Education*, v. 7, n.5, p.471-491, 1998.
- BARBOSA, J. D. O.; PAULO, S. RINALDI D. P. **Investigação do papel da experimentação na construção de conceitos em eletricidade no ensino médio**. [S.l.]: [s.n.], v. 6, 105-122 p. 1999.
- BRASIL. MEC. – Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental**. Brasília; MEC/SEF, 1998.
- BROUGERE, Guilles. **Jogo e Educação**. Porto Alegre. RS. Art Med Editora, 1998.

CAMPOS, F. R. **Robótica pedagógica e inovação educacional**: uma experiência no uso de novas tecnologias na sala de aula. 2005.145 f. Dissertação (Mestrado em Educação, Arte e História da Cultura) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2005.

CARAMAZZA, M. M. B. G. “**Naive beliefs in ‘sophisticated’ subjects: Misconceptions about trajectories of objects**, 117–123. 1981.

CASTILHO, M. I.; **Robótica na Educação**: Com que objetivos? Monografia de Conclusão de Curso de Pós-Graduação em Informática na Educação. Porto Alegre. 2003. Disponível em: Acesso em: 12/02/14

CHELLA, M. T. **Ambiente de robótica para aplicações educacionais com Super Logo**. 2002. 139 fl. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica e da Computação) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

CLEMENT, J. A. J. P. **Students preconceptions in introductory mechanics**. 66–71. 1982.
CHI, M. **Commonsense Conceptions of Emergent Processes: Why Some Misconceptions Are Robust**. [S.l.]: Lawrence Erlbaum Associates, Inc. [S.l.]: [s.n.], v. 14, 2005. 161–199 p.

CHURCH, W., FORD, T., & PEROVA, N. **Physics With Robotics** – An NXT and RCX Activity Guide for Secondary and College Physics. Knoxville, TN.: College House Publishing. 2009.

CONFREY, J. **A review of the research on students conceptions in mathematics, science, and programming**. In: Courtney C. (Ed.) Review of research in education. [S.l.]: American Educational Research Association. [S.l.]: [s.n.], v. 16, 3-56 p. 1990.

COUTINHO, L. M. **Aprendizagem, tecnologias e educação à distância**. In: módulo do Curso de Pedagogia para professores em exercício no início de escolarização. Brasília Faculdade de Educação: [s.n.], 2003.

CUNHA, N. **Brinquedo, desafio e descoberta**. Rio de Janeiro: FAE. 1988.

D. HESTENES and M. Wells, "A mechanics baseline test," **Phys. Teach.** 30, 159 (1992).

DIEB (2012), Dicionário interativo da educação Brasileira: Educa Brasil, Disponível em: <http://www.educabrasil.com.br/eb/dic/dicionario.asp>. Acesso em: outubro de 2015.

DISESSA, A. **Phenomenology and the Evolution of Intuition**. In D. Gentner & A. Stevens. *Mental Models*. London: Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 1983.

FAGUNDES, C. A. N.; AL., E. N. **Aprendendo Matemática com Robótica**. Porto Alegre: UFRGS: [s.n.], Instituto de Matemática. 2008.

FAZENDA, I. C. A. **Interdisciplinaridade**: história, teoria e pesquisa. 18. ed. Campinas: Papyrus, 2011.

FREITAS, P. H.; MORAIS, M. A. O uso de analogias na EJA: **as concepções alternativas na ótica dos estudantes do proeja do IFPI acerca do conceito de energia mecânica**. IV Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede e Nordeste de Educação Tecnológica, Belém – PA, 2009.

FORTES, R. M. **Interpretação de Gráficos de Velocidade em um ambiente robótico**. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática). São Paulo: [s.n.],. 121 f p. 2007.

FURLETTI, S. **Exploração de tópicos de matemática em modelos robóticos com utilização do software Slogo no ensino médio**. 2010. 134f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

GASPAR, A. - **Física**. São Paulo: ed. Ática, 2º edição, 2005. 495 p.

GIANCOLI, D.C. Física: **Principios y Aplicaciones**. Barcelona: Reverté, 1985

GOLDIN, G. & SHTEINGOLD. X. **Systems of representations and the development of mathematical concepts**: National Council of Teachers of Mathematics. NCTM. [S.l.]: [s.n.], 123 p. 2001.

HELOU, R. D, GUALTER, J. B. NEWTON, V, B. **Tópicos de Física Mecânica**, São Paulo, 20ª edição, Saraiva, 2007.

HALLOUN AND D. HESTENES, "The initial knowledge state of college physics students," **Am. J. Phys.** 53, 1043 (1985).

KEMMIS e MC TAGGART, 1988, ELIA, M.F., SAMPAIO, F.F. **Plataforma Interativa para Internet**: Uma proposta de Pesquisa Ação a Distância para professores. Anais do XII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 204, 2001.

KISHIMOTO, T. M. **O jogo e a educação infantil**. Pioneira, São Paulo, 1994.

KISHIMOTO, T. M. **Jogo, brinquedo, brincadeira e a educação**. Cortez, São Paulo, 1996.

LIEBERKNECHT, E. A. **Robótica Educacional**. P. 20, 2009.

LOPES, F. B. **Robótica Educacional**: técnica e criatividade no contexto do projeto Um computador por estudante. In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação. Anais do XIX SBIE/SBC. ed. Fortaleza : [s.n.], 2008.

MAISONNETTE, Roger. **A utilização dos recursos informatizados a partir de uma relação inventiva com a máquina**: a Robótica Educativa. In: Proinfo – Programa Nacional de Informática na Educação – Paraná. Disponível em: www.proinfo.gov.br. Acesso em: 15 jun. 2002.

MALIUK, K. D. **Robótica Educacional como cenário investigativo nas aulas de matemática**. Dissertação de Mestrado. Banco de teses da UFRGS. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2009.

MÁXIMO, A. e ALVARENGA, B. – **Física, v.1**, São Paulo; Editora Scipione, 392p, 2006.

MCCLOSKEY, M., "**Intuitive Physics**", Sci. Am. 114, 249 (1983).

MCDERMOTT, L. C. **Research on conceptual understanding in Mechanics**. [S.l.]: Physics Today. [S.l.]: [s.n.], v. 37, 24-32 p. 1984.

MCDERMOTT, L. C. M. L. **What we teach and what is learned-Closing the gap**. [S.l.]: The American Journal of Physics. [S.l.]: [s.n.], v. 59, 301-315 p. 1991.

MIRANDA, S. **No Fascínio do jogo, a alegria de aprender**. In: *Ciência Hoje*, v.28, p. 64-66, 2001.

MORAES, G. M. S. **Novas tecnologias no contexto escolar**. Comunicação e Educação. São Paulo. 2000.

MOREIRA, M. A. **A Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, o Ensino de Ciências e Pesquisa nesta Área. Investigações em Ensino de Ciências**. 1. ed. [S.l.]: [s.n.], v. 7, 2002.

MORRISON Richard C. **PHYSICS: A Search for Simplicity, Beauty and Symmetry Department of Physics** University of New Haven West Haven, 1999. U.S.A.

NASCIMENTO, P.N.G. **A Robótica Educacional Como Meio de Aprendizagem no Ensino Fundamental**. Lavras, Minas Gerais, 96p. 2014. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional Utilização de Conceitos Básicos de Matemática e Experimentos de Robótica para a Compreensão de Fenômenos Físicos).

NACIONAIS, P. C. **FUNDAMENTAL, B. S. D. E**. Brasília, DF: MEC/SEF: [s.n.], 1998.

PACCA, J. L de A.; HENRIQUE, K. F. **Dificultades y estrategias para la enseñanaza del concepto de energia**. Enseñanza de las ciencias, vol. 22, n. 1, 159-166, 2004.

PAPERT, S. **A máquina das crianças: repensando a escola na era da informática**. Porto Alegre: Artmed, v. 2, 2008. 224 p.

FREDETTE AND J. CLEMENT, J. C. J. L. **“Student conceptions of simple electric circuits”** “Student misconceptions of an electric circuit, 194–198, 280–285. 1981.

PFUNDT, H.; DUIT, R. **Student’s Alternative Frameworks and Science Education. Institute for Science Education**. 4. ed. Alemanha: Univ of Kiel: [s.n.], 1994. 288 p.

PINTO, M. C. **Aplicação de arquitetura pedagógica em curso de Robótica Educacional com hardware livre**. 2011. 158 f. Dissertação (mestrado em informática), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Matemática, Núcleo de Computação Eletrônica. Rio de Janeiro, 2011.

POZO, J. I. **Teorias Cognitivas da Aprendizagem**. 3. ed. Porto Alegre: Artes médicas, 284p. 1998.

ROGERS, C. **Introduction. Physics With Robotics – An NXT and RCX Activity Guide for Secondary and College Physics** by William Church, Tony Ford, and Natasha Perova. Knoxville, TN. [S.l.]: College House Publishing, 2009.

ROSA, C. W. *A metacognição e as atividades experimentais no ensino de Física*. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, (2011).

ROTH, W. M. **Art and artifact of children's designing**: A situated cognition perspective. Journal of the Learning Sciences. 2. ed. [S.l.]: [s.n.], v. 5, 129-166 p. 1996.

SANTOS, M. F. **A Robótica Educacional e suas relações com o ludismo**: por uma aprendizagem colaborativa. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática). Goiânia: [s.n.], 99 p. 2010.

SANTOS C. M. dos. **Levando o jogo a sério. Presença Pedagógica**. v.4 n.23. set/out. p. 52-57, 1998.

SILVAL, T. H.; SILVA, G. S. F. e MANSOR, M. - **O uso do inventário dos conceitos de força para análise das concepções de mecânica Newtoniana de alunos de licenciatura de Física**. In: XVIII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - SNEF. Vitória ES. 2009.

SOUZA, T. C. F. **Avaliação do ensino de Física**: um compromisso com a aprendizagem. Passo Fundo: UPF. (2002).

SCHROEDER, C. **A importância da Física nas quatro primeiras séries do Ensino Fundamental**. [S.l.]: Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, 89-94 p. 2007.

TORCATO, P. **O Robô ajuda? Estudo do Impacto do uso de Robótica Educativa como Estratégia de Aprendizagem na disciplina de aplicações informáticas B**. Congresso Internacional de TIC e Educação. ed. Lisboa: Instituto de Educação da Universidade de Lisboa, 2012.

TROWBRIDGE D.E. AND MCDERMOTT L. C. (1981) **Investigation of student understanding of the concept of acceleration in one dimension**, in *Am. J. Phys.* 49, 242-253.

VERGNAUD, G. **A classification of cognitive tasks and operations of thought involved in addition and subtraction problems**. In T.P. Carpenter, J.M. Moser, T.A. Romberg (Eds.), **Addition and Subtraction: a cognitive perspective**, Hillsdale: Lawrence Erl. Porto Alegre: [s.n.], 39-59 p. 1982.

VERGNAUD, G. **La théorie des champs conceptuels. Recherches em Didactique des Mathématiques**. Porto Alegre: [s.n.], 10 p. 1990.

VERGNAUD, G. **Teoria dos campos conceituais**. In: NASSER, L. (Ed.). SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 1, Rio de Janeiro. Anais do Seminário Internacional de Educação Matemática. p. 1-26. 1993.

VERGNAUD, G.; **Multiplicative conceptual field: what and why?** In Guershon, H. and Confrey, J. (Eds) The development of multiplicative reasoning in the learning of mathematics. Albany, N.Y.: State University of New York Press, 1994.

VERGNAUD, G. **A trama dos campos conceituais na construção dos conhecimentos**. Porto Alegre: Revista do GEMPA, 206 p. 1996.

VERGNAUD, G. **A comprehensive theory of representation for Mathematics Education**. Porto Alegre: Journal of Mathematical Behavior, v. 2, 181 p. 1998.

ZILLI, S. D. R. **A Robótica Educacional no Ensino Fundamental: perspectivas e prática**. Dissertação (Mestrado em engenharia de produção). Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 139 p. 2004.

ZYLBERSZTAJN, A. R. D. E. D. F. **Concepções espontâneas em Física Exemplos em Dinâmica e implicações para o ensino Sociedade Brasileira de Física**. 10. ed. São Paulo: [s.n.], v. 5, 3, 16 p. 1983.

WATTS, M. & Zylbersztajn, A. **A survey of some childrens' ideas about force**. Physics Education, V.16(6), 1981.

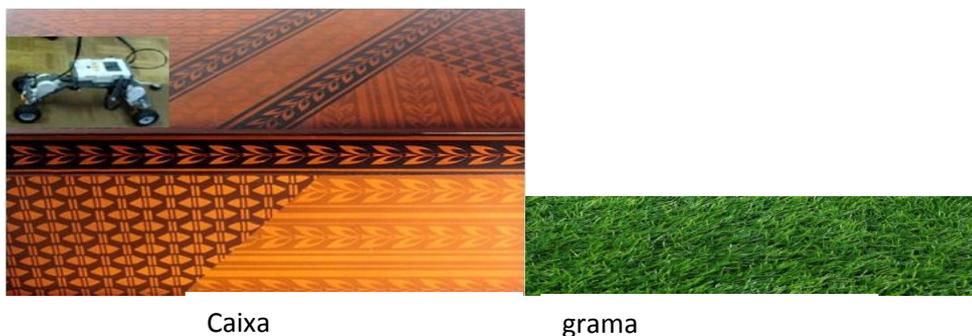
WHITAKER, R. J. **Aristotle is not dead: student understanding of trajectory motion**. Am. J. Phys. v.51, n. 4, p. 352 – 357. (1983).

10 APÊNDICES

10.1 A - Atividades para levantamento de concepções.

Atividades elaboradas e aplicadas no grupo de 11 estudantes para levantamento das concepções.

- 1) Um robô de Lego está sobre uma caixa, como você pode ver na figura abaixo. Se você empurrar ele sobre a caixa o que irá acontecer? Você também deve empurrar o carrinho na grama e descrever o que acontece nas duas superfícies.



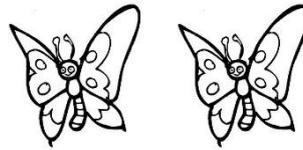
- 2) Você já ouviu falar em gravidade? Escreva o que você sabe sobre ela?

- 3) Existe gravidade quando o carrinho está parado sobre a caixa? Quando o carrinho cair e andar sobre a grama o que acontece?

- 4) Se o carrinho tiver um motor, e sair andando na frente sobre a caixa, será que ele para de andar em algum momento? Por que você acha isso?

- 5) Existe gravidade quando o carrinho está andando sobre a caixa, no chão e na grama?

-
- 6) Um helicóptero está voando, como você vê esta figura. Existe a gravidade agindo nele? Descreva o que você pensa sobre isso?



10.2 B – Levantamento das concepções iniciais

Figura 57 Carrinho de uma das equipes sendo testado sobre piso emborrachado.



Cada equipe realizou os testes solicitados considerando os cenários apresentados previamente. Este protótipo montado e adaptado não permite programação pois o mesmo funciona com um motor e um suporte de pilhas, os estudantes adaptaram o modelo acoplado motor, engrenagem, eixos a fim do mesmo realizar movimentos para frente e para trás. Além disso, cada equipe descreveu suas observações para serem posteriormente confrontadas com as concepções iniciais. Com a experimentação prática os próprios estudantes passaram a refletir sobre suas concepções iniciais. Nesta etapa o registro textual permitiu identificar que algumas concepções prévias estiveram mais sujeitas à reflexão e ao questionamento dos estudantes. Este foi o caso das seguintes concepções:

- a) a gravidade atua também sobre corpos em repouso.
- b) a gravidade não atua sobre corpos em queda livre (no ar).
- c) uma vez em movimento, o corpo permanece em movimento.
- d) o atrito de um corpo em movimento com o solo não altera a sua velocidade.

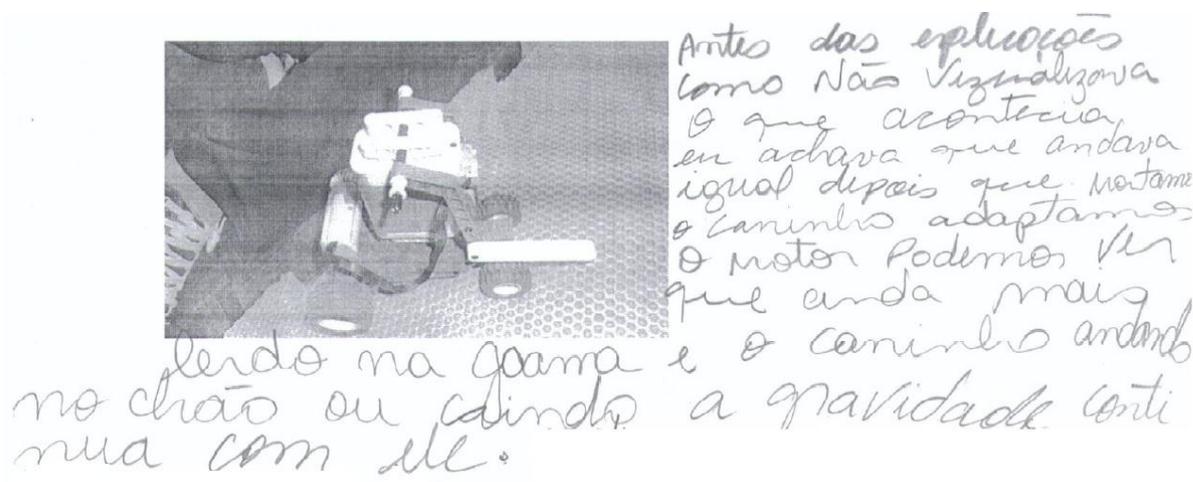
A concepção descrita no item d foi mencionada em vários registros descritivos. A figura 58 apresenta o registro de um estudante que mobilizou esta concepção.

Figura 58 Registro descritivo de estudante após o experimento com o kit de Robótica.

| | |
|--|--|
| <p>Existe diferença quando o carrinho anda no chão e no Carpete?</p> <p>existe depois que montamos o carro e testamos percebemos que ele anda mais lento achava antes que o material não interferia na velocidade e no movimento do carrinho</p> | <p><i>Transcrição</i></p> <p>Questão: <i>Existe diferença quando o carrinho na no chão e no carpete?</i></p> <p>Resposta do estudante: <i>Existe, depois que montamos o carro e testamos percebemos que ele anda mais lento, achava antes que o material não interferia na velocidade e no movimento do carro.</i></p> |
|--|--|

A figura 59 exemplifica outra resposta obtida de um estudante que manifestou a mesma concepção em relação ao atrito de um corpo sobre uma superfície.

Figura 59 Registro descritivo de estudante e imagem do veículo.



Transcrição da resposta do estudante da figura 59

Antes das explicações como não visualizava o que acontecia, eu achava que andava igual depois que montamos o carrinho adaptamos o motor podemos ver que anda mais lento na grama e o carrinho andando no chão ou caindo a gravidade continua com ele.

A figura 60 apresenta outro registro descritivo sobre uma questão envolvendo a concepção sobre gravidade.

Figura 60 Registro descritivo de um estudante sobre a atuação da gravidade.

Existe gravidade quando o carrinho está parado sobre a caixa? E quando ele está caindo?

Como é diferente aprender com os materiais. Antes não tinha ideia de gravidade, que legal que existe gravidade se não ficaria flutuando no espaço já que a gravidade é uma força que puxa a gente para o centro P/ O centro do Universo.



Transcrição da resposta do estudante da figura 60

Como é diferente aprender com os materiais. Antes não tinha ideia de gravidade, que legal que existe gravidade se não ficaria flutuando no espaço já que a gravidade é uma força que puxa a gente para o centro do universo.

10.3 C - Questões da Primeira Fase do Jogo

Jogo Educacional de Física - Fase 1

Leia as questões com atenção e responda nas linhas pontilhadas.

1. Ao largar-se ao mesmo tempo e a uma mesma altura uma **batata grande** e uma **batata pequena**, o que acontece com elas e por quê?

.....
.....

2. Qual delas toca o chão antes?

.....
.....

3. Se repetirmos o experimento com outros objetos, acontecerá a mesma coisa? Qual deles tocará o chão antes?

a) Com uma bola de vôlei e uma de tênis?

.....
.....

b) Com uma caixa de papel vazia e uma caixa de papel com areia dentro?

.....
.....

Após o professor ter realizado os experimentos do apêndice B, os estudantes iniciaram as montagens dos robôs para realização do experimento da fase um.

10.4 D – Respostas dos estudantes das questões abertas

Figura 61 Respostas do estudante E1 da equipe 1.

Os alunos devem identificar qual dos objetos atinge o chão antes do outro:

- a) uma bola de tênis ou uma de voleibol? *uma de voleibol, é mais pesada, maior.*
- b) uma batata grande ou uma batata pequena? *a batata grande é mais pesada e maior.*
- c) uma caixa de papel vazia ou uma caixa de papel com areia dentro? *com areia, pois é mais pesada.*

Figura 62 Respostas do estudante E2 da equipe 1.

1. Ao largar-se ao mesmo tempo e uma mesma altura uma **batata grande** e uma **batata pequena**, o que acontece com elas e por quê? *Elas caem por causa da gravidade.*

2. Qual delas toca o chão antes? *A grande porque é mais pesada.*

3. Se repetirmos o experimento com outros objetos, acontecerá a mesma coisa? Qual deles tocará o chão antes? *A bola vermelha boliche.*

b) com uma bola de vôlei e uma de basquete? *Sim. A de futebol caiu primeiro.*

c) com uma caixa de papel vazia e uma caixa de papel com areia dentro? *As duas caíram juntas.*

Figura 63 Respostas do estudante E3 da equipe 1.

1. Ao largar-se ao mesmo tempo e uma mesma altura uma **batata grande** e uma **batata pequena**, o que acontece com elas e por quê? *Elas caem por causa da gravidade. A batata grande cai primeiro, mas mais pesada.*

2. Qual delas toca o chão antes? *As duas caíram. (A) Batata grande e mais pesada.*

3. Se repetirmos o experimento com outros objetos, acontecerá a mesma coisa? Qual deles tocará o chão antes? *Sim, as duas caíram ao mesmo tempo.*

b) com uma bola de vôlei e uma de basquete? *Sim, as duas caíram ao mesmo tempo.*

c) com uma caixa de papel vazia e uma caixa de papel com areia dentro? *As duas caíram antes.*

Figura 64 Respostas do estudante E4 da equipe 2.

-) uma bola de tênis ou uma de voleibol? *A MESMO TEMPO*
-) uma batata grande ou uma batata pequena? *A MESMO TEMPO*
-) uma caixa de papel vazia ou uma caixa de papel com areia dentro? *MESMO TEMPO*

Figura 65 Respostas do estudante E5 da equipe 2.

-) uma bola de tênis ou uma de voleibol? *A MESMO TEMPO*
-) uma batata grande ou uma batata pequena? *A MESMO TEMPO*
-) uma caixa de papel vazia ou uma caixa de papel com areia dentro? *MESMO TEMPO*

Figura 66 Respostas do estudante E6 da equipe 2.

1. Ao largar-se ao mesmo tempo e uma mesma altura uma batata grande e uma batata pequena, o que acontece com elas e por quê? *ELAS CAEM POR CAUSA DA GRAVIDADE*
2. Qual delas toca o chão antes? *AS DUAS CAÍRAM E QUICARAM AO MESMO TEMPO.*
3. Se repetirmos o experimento com outros objetos, acontecerá a mesma coisa? Qual deles tocará o chão antes?
A BOLA VERMELHA. A VERMELHA QUICA PORQUE
- b) com uma bola de vôlei e uma de basquete? *A DE FUTEBOL QUICA*
- c) com uma caixa de papel vazia e uma caixa de papel com areia dentro? *AS DUAS CAÍRAM JUNTAS.*

Figura 67 Respostas do estudante E7 da equipe 3.

Os alunos devem identificar qual dos objetos atinge o chão antes do outro:

-) uma bola de tênis ou uma de voleibol? bola de volei é maior mais grande
-) uma batata grande ou uma batata pequena? grande é mais pesada
-) uma caixa de papel vazia ou uma caixa de papel com areia dentro? com areia

Figura 68 Respostas do estudante E8 da equipe 3.

1. Ao largar-se ao mesmo tempo e uma mesma altura uma batata grande e uma batata pequena, o que acontece com elas e por quê? caem juntas causa da gravidade
2. Qual delas toca o chão antes? AS DUAS JUNTAS
3. Se repetirmos o experimento com outros objetos, acontecerá a mesma coisa? Qual deles tocará o chão antes? A BOLA AZUL
- b) com uma bola de vôlei e uma de basquete? A DE FUTEBAL
- c) com uma caixa de papel vazia e uma caixa de papel com areia dentro? AS DUAS

Figura 69 Respostas do estudante E9 da equipe 3.

Os alunos devem identificar qual dos objetos atinge o chão antes do outro:

-) uma bola de tênis ou uma de voleibol? ao mesmo tempo
-) uma batata grande ou uma batata pequena? a mesma coisa
-) uma caixa de papel vazia ou uma caixa de papel com areia dentro? ao mesmo tempo

Figura 70 Respostas do estudante E10 da equipe 4.

1. Ao larga-se ao mesmo tempo e uma mesma altura uma **batata grande** e uma **batata pequena**, o que acontece com elas e por quê? *elas caem por causa da gravidade.*

2. Qual delas toca o chão antes? *As duas caem juntas porque sim.*

3. Se repetirmos o experimento com outros objetos, acontecerá a mesma coisa? Qual deless tocará o chão antes? *A BOLINHA CAI ANTES QUE A CAIXA, E DUAS BOLAS IGUAIS CAEM JUNTAS.*

b) com uma bola de vôlei e uma de basquete? *FUTIBOL A DE FUTIBOL CAIU ANTES MAIS PESADA.*

c) com uma caixa de papel vazia e uma caixa de papel com areia dentro? *A COM AREIA MAIS PESADA.*

Figura 71 Respostas do estudante E11 da equipe 4.

1. Ao larga-se ao mesmo tempo e uma mesma altura uma **batata grande** e uma **batata pequena**, o que acontece com elas e por quê? *elas caem por causa da gravidade.*

2. Qual delas toca o chão antes? *A grande porque é mais pesada.*

3. Se repetirmos o experimento com outros objetos, acontecerá a mesma coisa? Qual deless tocará o chão antes? *A bola vermelha de basquete.*

b) com uma bola de vôlei e uma de basquete? *sim. A de futebol caiu primeiro.*

c) com uma caixa de papel vazia e uma caixa de papel com areia dentro? *As duas caem juntas.*

10.5 E Tabela de Execução da Atividade

Jogo Educacional de Física - Fase 1

Nesta tabela os estudantes anotam as forças programadas, a distância e testam os três níveis de forças.

Tabela 27 Tabela para anotações da realização e cumprimento da atividade

| robô 1 | Equipes | Força | Distância | Tempo | | |
|---|----------------|--------------|------------------|--------------|----------|----------|
| | 1, 2, 3, 4 | | | | | |
| | 1, 2, 3, 4 | | | | | |
| | 1, 2, 3, 4 | | | | | |
| robô 2 | Equipes | Força | Distância | Tempo | | |
| | 1, 2, 3, 4 | | | | | |
| | 1, 2, 3, 4 | | | | | |
| | 1, 2, 3, 4 | | | | | |
| Critério | | Pontos | Equipe 1 | Equipe 2 | Equipe 3 | Equipe 4 |
| Montagem correta, no tempo de 40 minutos | | 30 | | | | |
| Programação correta com 1 teste | | 50 | | | | |
| Programação correta com 2 testes | | 25 | | | | |
| Primeira equipe a montar e programar o robô | | 40 | | | | |
| Estratégia usada para subir a rampa | | 40 | | | | |
| Organização do material | | 10 | | | | |
| Trabalho de equipe | | 10 | | | | |
| Realização total da atividade | | 10 | | | | |
| Anotação dos conceitos de Física presente na realização da atividade completa | | 10 | | | | |
| Pontuação total da 2ª fase do jogo | | 200 | | | | |

10.6 F Tabela para Levantamento das Concepções dos Estudantes

Jogo Educacional de Física - Fase 2

Tabela de levantamento das Concepções de acordo com a resolução das situações problemas presentes nas respostas dos estudantes marcando na tabela a seguir de acordo com as atividades do apêndice C.

Tabela 28 Levantamento das concepções de acordo com a solução de situações problemas

| Concepções | c1 | c2 | c3 | c4 | c5 | c6 | c7 |
|--------------|----|----|----|----|----|----|----|
| Estudante 1 | | | | | | | |
| Estudante 2 | | | | | | | |
| Estudante 3 | | | | | | | |
| Estudante 4 | | | | | | | |
| Estudante5 | | | | | | | |
| Estudante6 | | | | | | | |
| Estudante7 | | | | | | | |
| Estudante8 | | | | | | | |
| Estudante9 | | | | | | | |
| Estudante10 | | | | | | | |
| Estudante 11 | | | | | | | |

10.7 G Questões da Segunda Fase do Jogo

Jogo Educacional de Física - Fase 2

1. Os dois robôs conseguiram realizar o percurso de 4 metros com a mesma força de regulagem?

.....

.....

2. que diferencia os dois robôs em termos de desempenho?

.....

.....

3. Descreva sua programação. Quando o seu robô irá parar?

.....

.....

4. Em quais momentos a Gravidade atua sobre os robôs?

.....

.....

5. Os robôs programados com a mesma velocidade conseguiram percorrer o trajeto de 4 metros em linha reta e subir e descer a rampa?

.....

.....

6. Existe alguma diferença quando o Carrinho anda no chão e no Carpete ?

.....

.....

10.8 H Tabela de Execução da Atividade

Tabela 29 Tabela para anotações da realização e cumprimento da atividade

| Critério | Pontos | Equipe 1 | Equipe 2 | Equipe 3 | Equipe 4 |
|---|------------|----------|----------|----------|----------|
| Montagem correta, no tempo de 40 minutos | 30 | | | | |
| Programação correta com 1 teste | 50 | | | | |
| Programação correta com 2 testes | 25 | | | | |
| Primeira equipe a montar e programar o robô | 40 | | | | |
| Estratégia usada para subir a rampa | 40 | | | | |
| Organização do material | 10 | | | | |
| Trabalho de equipe | 10 | | | | |
| Realização total da atividade | 10 | | | | |
| Anotação dos conceitos de Física presente na realização da atividade completa | 10 | | | | |
| Pontuação total da 2ª fase do jogo | 200 | | | | |

10.9 I Questões da Terceira Fase do Jogo.

Jogo Educacional de Física - Fase 3

Os estudantes devem responder as seguintes questões:

2. Os carrinhos programados com a mesma força de regulação conseguiram percorrer o trajeto de uma linha reta e subir a rampa? Explique.

.....

.....

3. Os carrinhos programados com a mesma força de regulação ao subir a rampa e saltar em um percurso com areia tiveram alguma alteração na força de regulação? Por que?

.....

.....

4. Existe alguma diferença nas superfícies quando você programa o carrinho para realizar o percurso completo? Explique a sua programação.

.....

.....

5. Qual estratégia a equipe utilizou para o Robô percorrer a curva e qual o modelo de Robô foi usado da figura 18? Quantos motores foram usados? O mesmo realiza o trajeto na mesma força de regulação e no mesmo tempo? Explique a sua programação?

.....

.....

10.10J Tabela de Acompanhamento da Atividade da Fase 3

Jogo Educacional de Física – Fase 3

Nesta tabela os estudantes com o acompanhamento do professor realizam as anotações necessárias do cumprimento da fase três do Jogo.

Tabela 30 Fechamento das anotações das equipes e a pontuação final de cada equipe

| O que será avaliado | Pontos | Equipe 1 | Equipe 2 | Equipe 3 | Equipe 4 |
|--|------------|----------|----------|----------|----------|
| 1º Organização dos materiais | 20 | | | | |
| 2º Realização completa da montagem no tempo previsto de 30 minutos | 20 | | | | |
| Programação adequada para o cumprimento da atividade | 40 | | | | |
| Estratégia usada para subir a rampa. | 20 | | | | |
| Estratégia usada pela equipe para realizar a curva. | 10 | | | | |
| Trabalho em equipe | 20 | | | | |
| Envolvimento dos componentes do grupo para o cumprimento da atividade | 10 | | | | |
| Realização total da atividade | 20 | | | | |
| Realização parcial da atividade | 5 | | | | |
| Descrição do movimento do robô em cada material. | 15 | | | | |
| Anotação dos conceitos de Física presente na realização da atividade completa. | 20 | | | | |
| Total de pontos | 200 | | | | |

10.11 L Software para Programação do NXT 2.0

LEGO Mindstorms NXT é uma linha do brinquedo Lego, lançada comercialmente em 2006, voltada para a Educação Tecnológica.

Para desenvolver atividades com o Lego Mindstorms NXT precisa de Instalação do software. A bateria do controlador deve estar carregada, os cabos para conexão e cabo de transferência USB devem estar conectados.

Será usado o software para programar os robôs para realizar as atividades das 3 fases do jogo. Apresentaremos o leiaute

Figura 72 leiaute geral do programa software Lego MINDSTORMS 2.0

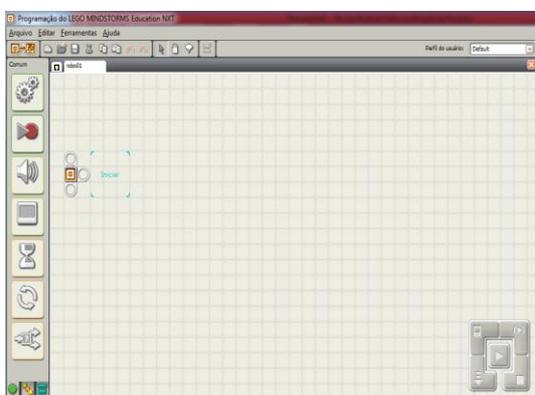
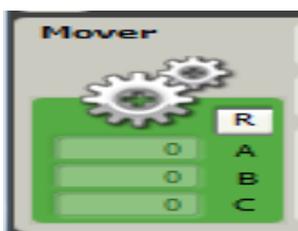


Figura 73 Mover (motor)



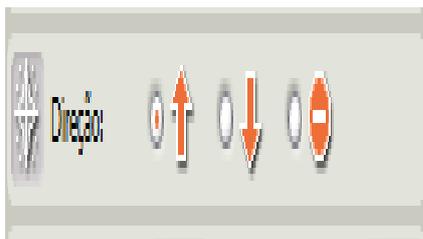
Nesta etapa da programação é importante descrever as funções de cada motor (mover). O controlador do NXT possibilita trabalhar com 3 motores. Os motores deverão ser conectados com cabos nas portas A, B e C.

Figura 74 Opção de escolha da porta do motor



Através da programação o estudante escolhe a direção que o robô irá andar, para frente, para trás ou parar.

Figura 75 Sentido que vai andar o motor



A grande dificuldades dos estudantes está em compreender que para a realização de um percurso frente trás e parar, todos os protótipos programáveis realizam. O estudante precisa escolher a porta de conexão do motor, conectar o cabo, realizar a programação e transferir para o controlador. O estudante poderá controlar a força é a velocidade que o robô irá andar.

A Duração é o tempo que o protótipo irá realizar o movimento, possibilitando que o mesmo trabalhe em graus, rotações e segundos. A próxima ação é liberar ou travar a próxima ação que o robô irá realizar.

Figura 76 Escolha da força



A partir desta programação podemos observar que está programado o motor A e B onde o Robô irá andar 5 segundos para frente e realizar a curva para a direita com uma força máxima de 100 como mostra o programa.

Figura 77 Exemplo de programação dos motores

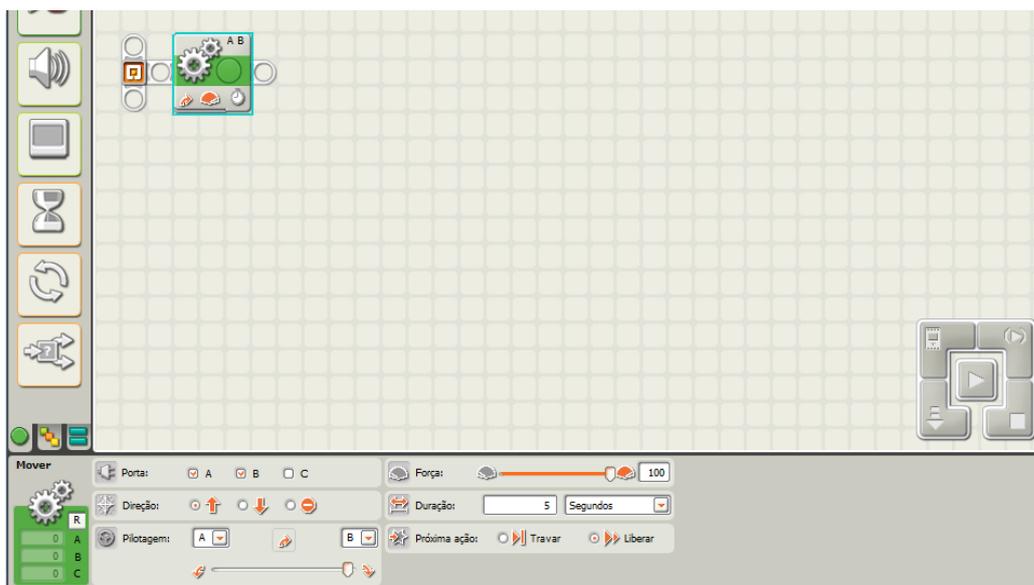


Figura 78 Seleção das funções do programa do NXT 2.0



- 1º Seleciona os motores que você quer controlar.
- 2º Caso você selecionar dois ou mais motores, eles se moverão em sincronia;
- 3º. Escolhe o sentido de giro do motor (Horário ou anti-horário), ou informa para ele parar. Selecionando Pare (Stop) irá desligar os motores;
- 4º. Caso você estiver usando dois ou mais motores para controlar um veículo, um de cada lado, a configuração Steering estará disponível. Ela serve para controlar a potência oferecida aos dois sensores de forma automática. Ao deslizar o botão, o motor da esquerda ou da direita receberá mais ou menos potência, o que é útil para fazer curvas;
- 5º. Regula o nível de potência dada para os motores, de 0 a 100%;
- 6º. Escolhe de qual forma será controlada a Duração do movimento do robô (por rotações do motor, por graus de giro, segundos decorridos ou de forma infinita). Controlando a duração do movimento, é possível controlar a distância percorrida pelo robô.
- 7º. Escolhe a próxima ação do seu robô (após a duração do movimento ser respeitada). Os motores podem frear (Brake) ou estacionar (Coast). O comando Brake faz

com que o motor pare com mais precisão. Ele também gasta mais energia, visto que realmente trava as engrenagens do seu motor. Já o comando Coast para os motores mais suavemente.

8°. As três caixas de feedback fazem a contagem dos graus de giro ou rotações dadas pelo motores em tempo real, com o programa rodando, mas ainda ligado ao computador pelo cabo USB. Aperte o botão reset para zerar os valores exibidos.

10.12 M Autorização de uso de Imagem e Depoimentos

TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM E DEPOIMENTOS

Eu Roseli Fornaza, CPF: 031233639-02, RG: 7087340671 depois de conhecer e entender os objetivos, procedimentos metodológicos, riscos e benefícios da pesquisa, bem como de estar ciente da necessidade do uso de minha imagem e/ou depoimento, AUTORIZO, através do presente termo, a mestrande e pesquisadora Roseli Fornaza do projeto de pesquisa intitulado “**Robótica Educacional Aplicada ao Ensino de Física**” a utilizar as imagens e depoimentos feitos durante as aulas de Robótica Educacional realizadas no Colégio Mutirão Caxias do Sul, sem quaisquer ônus financeiros a nenhuma das partes.

Ao mesmo tempo, libero a utilização destas fotos e/ou depoimentos para fins científicos e de estudos (livros, artigos, slides e transparências), em favor da pesquisadora, acima especificada, obedecendo ao que está previsto nas Leis que resguardam os direitos das crianças e adolescentes (Estatuto da Criança e do Adolescente – ECA, Lei N.º 8.069/ 1990), dos idosos (Estatuto do Idoso, Lei N.º 10.741/2003) e das pessoas com deficiência (Decreto N.º 3.298/1999, alterado pelo Decreto N.º 5.296/2004).

Caxias do Sul 30 de Novembro de 2015.

Aluno: Arthur Fornaza Simiano

Nome do Responsável:

Assinatura do Responsável:



Desde já, agradeço a sua colaboração e coloco-me à disposição para esclarecimentos pelo telefone (54) 91112837 e e-mail: roselifornaza@gmail.com

TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM E DEPOIMENTOS

Eu ANDRÉA BIANCHI, CPF 53919940-00 RG 700245342

depois de conhecer e entender os objetivos, procedimentos metodológicos, riscos e benefícios da pesquisa, bem como de estar ciente da necessidade do uso de minha imagem e/ou depoimento, AUTORIZO, através do presente termo, a mestrande e pesquisadora Roseli Fornaza do projeto de pesquisa intitulado "Robótica Educacional Aplicada ao Ensino de Física" a utilizar as imagens e depoimentos feitos durante as aulas de Robótica Educacional realizadas no Colégio Mutirão Caxias do Sul, sem quaisquer ônus financeiros a nenhuma das partes.

Ao mesmo tempo, libero a utilização destas fotos e/ou depoimentos para fins científicos e de estudos (livros, artigos, slides e transparências), em favor da pesquisadora, acima especificada, obedecendo ao que está previsto nas Leis que resguardam os direitos das crianças e adolescentes (Estatuto da Criança e do Adolescente – ECA, Lei N.º 8.069/ 1990), dos idosos (Estatuto do Idoso, Lei N.º 10.741/2003) e das pessoas com deficiência (Decreto N.º 3.298/1999, alterado pelo Decreto N.º 5.296/2004).

Caxias do Sul 30 de Novembro de 2015.

Aluno: Julia Giordano Bianchi

Nome do Responsável: ANDREA BIANCHI

Assinatura do Responsável: _____

Bianchi

Desde já, agradeço a sua colaboração e coloco-me à disposição para esclarecimentos pelo telefone (54) 91112837 e e-mail: roselifornaza@gmail.com

TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM E DEPOIMENTOS

Eu Cristiana Ferronato CPF 766.235.050/91-8049083028
depois de conhecer e entender os objetivos, procedimentos metodológicos, riscos e benefícios da pesquisa, bem como de estar ciente da necessidade do uso de minha imagem e/ou depoimento, AUTORIZO, através do presente termo, a mestrande e pesquisadora Roseli Fornaza do projeto de pesquisa intitulado "**Robótica Educacional Aplicada ao Ensino de Física**" a utilizar as imagens e depoimentos feitos durante as aulas de Robótica Educacional realizadas no Colégio Mutirão Caxias do Sul, sem quaisquer ônus financeiros a nenhuma das partes.

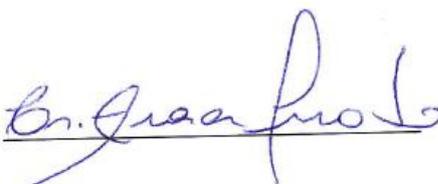
Ao mesmo tempo, libero a utilização destas fotos e/ou depoimentos para fins científicos e de estudos (livros, artigos, slides e transparências), em favor da pesquisadora, acima especificada, obedecendo ao que está previsto nas Leis que resguardam os direitos das crianças e adolescentes (Estatuto da Criança e do Adolescente – ECA, Lei N.º 8.069/ 1990), dos idosos (Estatuto do Idoso, Lei N.º 10.741/2003) e das pessoas com deficiência (Decreto N.º 3.298/1999, alterado pelo Decreto N.º 3.296/2004).

Caxias do Sul 30 de Novembro de 2015.

Aluno: Felipe Ferronato Corá

Nome do Responsável:

Assinatura do Responsável:



Desde já, agradeço a sua colaboração e coloco-me à disposição para esclarecimentos pelo telefone (54) 91112837 e e-mail: roselifornaza@gmail.com

10.13 N Registro Fotográfico Durante o Jogo

