

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE MATEMÁTICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE MATEMÁTICA
MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENSINO DE MATEMÁTICA

ELISA FRIEDRICH MARTINS

**ROBÓTICA NA SALA DE AULA DE MATEMÁTICA:
OS ESTUDANTES APRENDEM MATEMÁTICA?**

PORTO ALEGRE

2012

ELISA FRIEDRICH MARTINS

**ROBÓTICA NA SALA DE AULA DE MATEMÁTICA:
OS ESTUDANTES APRENDEM MATEMÁTICA?**

Dissertação de Mestrado elaborada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Matemática, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Matemática da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Dr. Marcus Vinicius de Azevedo Basso

PORTO ALEGRE

2012

ELISA FRIEDRICH MARTINS

**ROBÓTICA NA SALA DE AULA DE MATEMÁTICA:
OS ESTUDANTES APRENDEM MATEMÁTICA?**

Dissertação de Mestrado elaborada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Matemática, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Matemática da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Dr. Marcus Vinicius de Azevedo Basso

BANCA EXAMINADORA

Dr. Francisco Egger Moellwald
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dra. Márcia Rodrigues Notare Meneghetti
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dra. Daniela Stevanin Hoffmann
Universidade Federal de Pelotas

RESUMO

Este trabalho apresenta uma proposta desenvolvida em uma escola da Rede Municipal de Ensino de Porto Alegre que faz uso do recurso LEGO[®] nas aulas de matemática. O texto busca responder às seguintes perguntas: É possível utilizar a robótica educacional (LEGO[®] Mindstorms[®]) como recurso de ensino de Matemática nos anos finais do Ensino Fundamental? Como? Utilizou-se o estudo de caso como metodologia de pesquisa. As atividades visando a integração dos conceitos matemáticos e a robótica educacional foram elaboradas e implementadas à luz das teorias de Seymour Papert e Gérard Vergnaud. O ambiente de aprendizagem e a Teoria dos Campos Conceituais também forneceram suporte para a análise dos dados. São mencionadas outras pesquisas referentes ao tema Robótica Educacional e suas contribuições para o atual trabalho. Como resultados observou-se um maior envolvimento dos estudantes nos estudos de matemática e robótica, a aceitação do erro como uma estratégia na busca de soluções de problemas de matemática e robótica e o desenvolvimento de estratégias para organizar-se em grupos de trabalho.

Palavras chave: Robótica Educacional; Anos Finais do Ensino Fundamental; Ensino e Aprendizagem de Matemática; Campos Conceituais

ABSTRACT

This dissertation presents a proposal developed in a school from Rede Municipal de Ensino de Porto Alegre that makes use of LEGO® in math classes. The text tries to answer the following questions: Is it possible to utilize the educational robotic (LEGO® Mindstorms®) as a resource for teaching Mathematics in the final years of elementary school? How? It was utilized the study of case as a research methodology. The activities targeting the integration of mathematics concepts and educational robotic were elaborated and implemented in lights of Seymour Papert's and Gèrard Vergnaud's theory. The learning environment and the Conceptual Fields Theory also provided support for the analysis of the data. Other researches relative to the Educational Robotic theme are mentioned and their contribution to the actual dissertation. As results could be observed a greater involvement of students in the studies of mathematics and robotic, the acceptance of the error as a strategy to find the solutions of mathematic and robotic problems, the development of strategies to organize groups of work.

Key words: Educational Robotic; Final Years of Elementary School; Teaching and Learning of Mathematics; Conceptual Fields

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Revistas ZOOM: kit do professor e um exemplar de cada kit dos alunos ...	14
Figura 2 Sala de projetos durante a aula de robótica	17
Figura 3 Kit LEGO Mindstorms® utilizado durante as aulas de robótica	18
Figura 4 Mapa que esboça a estrutura do texto	19
Figura 5 Papert com a tartaruga de mesa e a primeira tartaruga física.....	24
Figura 6 Protótipos de carros que movimentam hélices a partir do movimento das rodas.....	31
Figura 7 Compartimentos da maleta organizada.....	47
Figura 8 Passo a passo da montagem da balança de dois pratos com comentários	48
Figura 9 Conjunto de imagens apresentadas aos alunos para identificação do(s) eixo(s) de simetria.....	50
Figura 10 Conjunto de figuras apresentadas aos alunos a serem completados a partir do eixo de simetria indicado	51
Figura 11 Conjunto de figuras apresentadas aos alunos para que as completassem a partir de dois eixos de simetria dados.....	51
Figura 12 Boneco Esqueitista.....	53
Figura 13 Macaco.....	55
Figura 14 Sistema motor-engrenagem-cremalheira	55
Figura 15 Atividade proposta a partir da montagem da balança	57
Figura 16 Tabela a ser preenchida a partir das pesagens com a balança	58
Figura 17 Balança de dois pratos.....	59
Figura 18 Sistema de movimento motor-engrenagem-eixo.....	60
Figura 19 Interface do ROBOLAB® com as janelas de ferramentas e de funções	61
Figura 20 Paleta de funções do programa com as que seriam exploradas destacadas e identificadas.....	62
Figura 21 Paleta de ferramentas do programa com as que seriam utilizadas destacadas e identificadas.....	62
Figura 22 Ícones necessários para uma programação que fizesse o carro se deslocar para frente.....	63
Figura 23 Programação depois de conectados os ícones de maneira correta	63
Figura 24 Gerador	64

Figura 25 Engrenagens de diferentes tamanhos disponíveis na maleta	66
Figura 26 Ponte rolante	67
Figura 27 Bicicleta.....	69
Figura 28 Esqueitista1	73
Figura 29 Esqueitista2.....	74
Figura 30 Esqueitista3.....	74
Figura 31 Esqueitista4.....	75
Figura 32 Macaco.....	77
Figura 33 Organização das peças.....	79
Figura 34 Macaco 1 com destaque para os adereços.....	79
Figura 35 Macaco 2 com destaque para as cremalheiras	80
Figura 36 Macaco 3 com destaque para a manivela	80
Figura 37 Balança do grupo 7	85
Figura 38 Balança do grupo 6	85
Figura 39 Balança do grupo 8	86
Figura 40 Balança do grupo 2	86
Figura 41 Exemplo de fração explorado na escola	88
Figura 42 Balança comparando blocos 2x2 com pranchas 1x4	88
Figura 43 Atividade individual envolvendo a balança	89
Figura 44 Atividade individual envolvendo a balança 2.....	90
Figura 45 Carro desmontado.....	91
Figura 46 Carro 1	91
Figura 47 Estrutura do carro.....	92
Figura 48 Grupo montando o carro	92
Figura 49 Grupo montando o carro 2	93
Figura 50 Carro 1 andando	96
Figura 51 Carro 2	96
Figura 52 Carro 3 andando	97
Figura 53 Carro 4 andando	97
Figura 54 Disposição dos ícones da programação 1	98
Figura 55 Disposição dos ícones da programação 2	98
Figura 56 Disposição dos ícones da programação 3	98
Figura 57 Disposição dos ícones da programação 4	98
Figura 58 Programação completa 1	99

Figura 59 Programação completa 2	99
Figura 60 Programação completa 3	99
Figura 61 Gerador montado e funcionando.....	101
Figura 62 Envolvimento do grupo na montagem.....	102
Figura 63 Atenção dedicada à atividade	102
Figura 64 Gerador montado com destaque para as engrenagens	105
Figura 65 Carro com estrutura simples	106
Figura 66 Carro com o farol aceso	106
Figura 67 Carro robô	107
Figura 68 Ponte rolante	109
Figura 69 Projeto da bicicleta 1	112
Figura 70 Projeto da bicicleta 2	112
Figura 71 Projeto da bicicleta 3	113
Figura 72 Projeto da bicicleta 4	113
Figura 73 Projeto completo da bicicleta 5.....	114
Figura 74 Elementos do projeto da bicicleta 5.....	114
Figura 75 Peças usadas no projeto da bicicleta 5	115
Figura 76 Bicicleta 1	116
Figura 77 Bicicleta 2	116
Figura 78 Bicicleta 3	117
Figura 79 Bicicleta 4	117
Figura 80 Bicicleta 5	118
Figura 81 Bicicleta 6	118
Figura 82 Bicicleta 8	119
Figura 83 Bicicleta 9	119
Figura 84 Prédio 1	122
Figura 85 Prédio 2	122
Figura 86 Prédio 3	123
Figura 87 Visão lateral do prédio 4.....	124
Figura 88 Visão frontal do prédio 4	124
Figura 89 Prédio 5.....	125
Figura 90 Prédio 6.....	125
Figura 91 Projeto do prédio 1	126
Figura 92 Projeto do prédio 2	127

Figura 93 Projeto do prédio 3	127
Figura 94 Projeto do prédio 4	128
Figura 95 Projeto do prédio 5	128
Figura 96 Projeto do prédio 6	129

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Síntese dos trabalhos envolvendo robótica educacional	41
Tabela 2 Registro dos cadernos da aula 3	78
Tabela 3 Registro dos cadernos da aula 4	84
Tabela 4 Registro dos cadernos da aula 9	110

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO E PROPÓSITOS.....	12
2	FUNDAMENTOS TEÓRICOS	22
2.1	O ambiente de aprendizagem de Seymour Papert	22
2.2	Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud	28
3	EXPERIÊNCIAS QUE INSPIRARAM O ESTUDO	38
4	DESENHO E DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO EMPÍRICO	43
4.1	Sujeitos da pesquisa	43
4.2	Metodologia: estudo de caso	43
4.3	Coleta de dados	45
4.4	Planejamento das aulas	46
4.5	Sequência de atividades	49
5	ANÁLISE DOS DADOS	71
6	CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS.....	131
	Referências bibliográficas.....	134
	APÊNDICES	136
	APÊNDICE A – Sequência de atividades	136
	APÊNDICE B - Termo de consentimento informado.....	156
	APÊNDICE C - Autorização para utilização de páginas das revistas ZOOM®	157
	ANEXOS	158
	ANEXO 1 - Passo a passo da montagem do Esqueitista.....	158
	ANEXO 2 - Passo a passo da montagem do macaco	160
	ANEXO 3 - Passo a passo da montagem do gerador	162
	ANEXO 4 - Passo a passo da montagem da ponte rolante	166

1 APRESENTAÇÃO E PROPÓSITOS

A presente dissertação é resultado de um ano de experiências vividas em uma escola da Rede Municipal de Ensino (RME) de Porto Alegre. No final do ano de 2010, a professora responsável pelo projeto “Clube de Robótica”, na escola onde trabalho, se aposentou. O projeto, sem ela, acabaria. Surgiu o convite do diretor da escola para que eu o assumisse. Minha experiência com a Robótica Educacional (RE) era pequena e bastante diferente do que eu teria que implementar. Algumas barreiras burocráticas impediam-me de assumir o projeto no contraturno dos alunos e decidi, com a direção da escola, que utilizaria o material da LEGO[®] nas aulas regulares de matemática com minhas turmas em 2011. Acertado isso, iniciei pesquisas e conversei com a professora que estava se aposentando sobre o material e a organização do trabalho.

Em meu material da graduação busquei minhas memórias sobre uma experiência anterior com kits de LEGO[®]. Durante uma disciplina da graduação, junto com outros dois colegas, ministramos uma oficina de RE para alunos de 5^a e 6^a séries do Colégio de Aplicação (CAp) da UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul). Os encontros eram semanais e, nesses, eram atendidos cerca de 8 alunos de cada vez, das duas séries. Os alunos escolhiam a oficina da qual queriam participar e, assim, os que frequentavam essa oficina ali estavam por opção. Nos registros que acessei (em meu computador e na internet) encontrei atividades potencialmente interessantes para o meu novo propósito: trabalhar com cerca de 30 alunos, em encontros quinzenais. Essa oficina do CAp ocorre semestralmente e os registros estão em um sítio¹ da universidade. Busquei nesse sítio atividades desenvolvidas por outros estudantes da graduação e que enriqueceram meu leque de possibilidades para o ano que viria e me trouxeram tranquilidade para curtir as férias e aguardar o início do trabalho.

O tema da dissertação estava definido como “Uso de materiais digitais e não-digitais no ensino de matemática”, assunto que eu vinha estudando e registrando há

¹<http://matematicao.mat.ufrgs.br/assessorias/>

algum tempo. Porém, com o início de 2011 e minha paixão pelo que acontecia, decidi trocar para “Robótica Educacional nas aulas de Matemática”.

A organização dos tempos e do encaminhamento das atividades foi discutida com a professora Débora Conforto, que me apoiou e tirou dúvidas, além de me passar confiança e serenidade. Os conteúdos a serem trabalhados com as turmas de 7º e 8º anos (ou 5ª a 6ª séries) começaram a ser pensados de forma que pudessem entrar no planejamento das aulas de robótica.

Comecei selecionando os conteúdos apontados pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) para os anos que eu assumi (7º e 8º). Depois disso, busquei nas revistas ZOOM®, disponíveis na escola, montagens que pudessem explorar os mesmos conteúdos. A partir daí, o planejamento começou a ser conjunto: matemática na sala de aula e na sala de robótica.

Juntamente com o estudo do material disponível na escola, acessei trabalhos acadêmicos (artigos, dissertações e teses) cujo tema fosse RE.

Ao assumir o projeto de robótica na escola, passei a fazer parte do grupo de professores de robótica da RME de Porto Alegre, que é um dos projetos desenvolvidos pelo setor de inclusão digital. Sendo assim, participei de alguns encontros com coordenadores desse projeto em outras escolas. Nesses encontros percebi que em cada escola a dinâmica do projeto se desenvolve de uma maneira e possui objetivos diferentes. Essas diferenças se devem às diferentes áreas de formação dos professores que assumem o projeto e às características pessoais de cada professor. Nessas trocas apareceram outros caminhos a serem trilhados e a confiança de que o caminho escolhido era promissor.

Até encontrar com esse grupo eu me sentia isolada no trabalho realizado com meus alunos. A partir desse contato surgiram soluções para problemas encontrados e outras dúvidas foram elaboradas. Comportamentos e mecanismos a serem explorados e observados; possibilidades a serem descobertas e experimentadas tornaram-se pauta de conversas com outros professores.

Ouvindo os colegas falarem sobre como organizavam o trabalho, quantos alunos atendiam e os resultados obtidos, conheci outras maneiras de organizar o projeto e outros objetivos presentes nas escolas. Na maioria das escolas a robótica é um projeto que acontece no contraturno e atende de 15 a 20 alunos de cada vez.

Os encontros são semanais e variam entre uma hora e trinta minutos e três horas. Os professores relataram que escolhiam uma montagem das revistas ZOOM² ou propunham um desafio que devia ser resolvido com a montagem de um robô a partir de montagens anteriores realizadas pelos alunos. Há escolas que possuem um grupo para competições e, depois de se inscreverem para algum campeonato, iniciam o trabalho de preparação para o mesmo. A preparação envolve pesquisas na internet, compreensão do desafio do campeonato e desenvolvimento de um robô para a participação. Os professores relataram que os alunos participavam dos projetos por adesão e que atendiam alunos de B30 (6º ano) até C30 (9º ano). Normalmente o grupo que participa das competições é selecionado pelo professor responsável pelo projeto.



Figura 1 Revistas ZOOM: kit do professor e um exemplar de cada kit dos alunos

Com essas conversas percebi que o projeto organizava-se a partir da exploração das revistas (figura 1). Além disso, nenhum colega professor comentou sobre a exploração dos conceitos de matemática, física e ciências existentes nos robôs montados pelos alunos. Um dos motivos, penso eu, deve-se à mistura de alunos de diferentes etapas escolares em um mesmo grupo. Outro motivo é a

²ZOOM[®] - Revista de Educação Tecnológica é a publicação que integra o material de LEGO[®]. No total são 4 revistas diferentes para cada série escolar (5ª, 6ª, 7ª e 8ª). Além de apresentar o passo a passo das montagens, indica a relação com os conteúdos trabalhados em sala de aula em diferentes disciplinas: Matemática, Ciências, Geografia, Física. Maiores informações podem ser acessadas em <http://www.legozoom.com>.

variada formação dos professores responsáveis pelos projetos que, sendo em artes, pedagogia ou outra área das ciências humanas, não colocam os conteúdos das disciplinas exatas como foco do trabalho. Para mim ficou claro que os objetivos dos projetos de robótica são a formação tecnológica e o conhecimento específico de robótica como encaixes, sensores, programação. Meu projeto estava inserido em outro contexto e, por isso, não poderia ter o mesmo formato.

Sendo assim, apesar de me sentir parte de um grupo com anseios, problemas, intenções e dúvidas semelhantes, meu projeto era diferente dos demais e me trazia questões específicas. Essas questões particulares me levaram à pesquisa relatada nesta dissertação. Minha principal questão era:

É possível utilizar a robótica educacional (LEGO® Mindstorms®³) como recurso de ensino de Matemática nos anos finais do Ensino Fundamental? Como?

Minha intuição e a pequena experiência com RE me diziam que era possível, mas o “como” gerava angústia, curiosidade, receio e coragem. Outra questão se tornou importantíssima e valiosa na execução das atividades:

Como sistematizar um trabalho que contemple os principais conteúdos a serem desenvolvidos em determinado ano escolar e utilizar o recurso da robótica?

Outra vez o “como”. O modo de executar determinada ideia, na minha opinião, é que impede que professores executem maravilhosas mudanças e inovem na abordagem dos conteúdos nas salas de aula. Quando surge um novo recurso tecnológico, ele vem com um “para que serve” que é compreendido e justifica seu valor. Porém, não vem com um “como ele pode fazer parte das aulas”; “como ele pode ser utilizado com uma turma de 30 adolescentes”; “como ele pode ser explorado pelos alunos indisciplinados” e outros vários “como” que facilitariam e encorajariam os professores a experimentar. Penso isso do computador, dos milhares de objetos digitais disponíveis na internet, da calculadora, das câmeras digitais etc. E essa palavra de quatro letras: C-O-M-O é o cerne deste texto. Eu não

³Os kits disponíveis na escola eram do modelo Mindstorms® for school, maleta 9793. Contém 830 peças entre elas engrenagens, polias, elásticos, sensores de toque, luz e temperatura. Um tijolo programável, chamado RCX (Robotic Command Explorer) e uma torre de infravermelho, que efetua a transmissão da programação do computador para o RCX, completam o kit.

tinha as respostas no início do ano de 2011. Algumas surgiram ao longo da implementação da parte prática descrita no capítulo 4. Minhas questões se mostraram relevantes não só para minhas aulas, mas para constituírem o foco da minha dissertação de mestrado. Apresentando um “como” de forma detalhada, se espera que a experiência possa ser repetida (com as especificidades de cada grupo de alunos e da realidade de cada escola) por outros professores.

Na busca pelas respostas das questões centrais, outras indagações foram elaboradas. Indagações essas que, se respondidas, me deixariam mais próxima de respostas às questões centrais. São elas:

- Existem construções com LEGO® que sirvam para abordar os conteúdos de primeiro e de segundo ano do terceiro ciclo do Ensino Básico (correspondendo aos 7º e 8º anos)?

- Como desenvolver o trabalho de maneira que momentos de discussão, escrita, manipulação de objetos digitais no laboratório de informática e de construções na sala de robótica também sejam compreendidos como aulas de Matemática?

Em Matemática as questões sobre existência de soluções são amplamente discutidas e pesquisadas. Meu trabalho também buscava respostas nesse sentido. Existem construções que se encaixam com meu modelo de projeto? É possível que sejam executadas pelos alunos que estariam envolvidos? Como – outra vez o “como” – fazer com que as aulas de robótica sejam compreendidas como aulas de Matemática? Fui atrás dessas respostas e, formulando perguntas menores (de respostas mais objetivas), cheguei ao presente trabalho.

Na preparação das primeiras aulas pesquisei montagens simples, que apresentassem o material para os alunos procurando algo que os fascinasse pelo que teríamos ao longo do ano. Logo percebi que não precisávamos montar robôs mirabolantes para que valorizassem o material e a experiência.

Com a intenção de observar e explorar os robôs montados, optei por montagens que não necessitassem do uso de sensores e de programação; e, ainda, que pudessem ser executadas em dois períodos de 50 minutos. A combinação com a escola e com os alunos foi de que teríamos encontros quinzenais de robótica, na sala de projetos, com o objetivo de aprender matemática com LEGO®.



Figura 2 Sala de projetos durante a aula de robótica

Quando lancei a proposta aos alunos eles ficaram eufóricos e ansiosos pelo primeiro dia; já eu, estava com um misto de ansiedade, medo e expectativa. A sala de projetos possui oito mesas redondas, cada uma com quatro cadeiras; seis computadores e um quadro branco. O material de LEGO[®] disponível na escola para os alunos é constituído de oito kits LEGO[®] Mindstorms[®] e dezessete revistas ZOOM[®] diferentes – com aproximadamente quinze exemplares de cada uma delas. Além disso, quatro kits de revista ZOOM[®] para o professor, com explicações adicionais sobre as montagens propostas nas revistas dos alunos, sugestões de encaminhamentos para exploração do robô, desafios para a melhoria/mudança do mesmo e a programação de cada robô.

A organização dos tempos dessas aulas foi sendo construída à medida que elas aconteciam. A formação dos grupos e a sistematização de um registro para esses encontros também fizeram parte do processo. Por ser uma experiência nova para mim, as soluções eram buscadas a partir do momento que um problema/desafio surgia. Foi difícil antever as dificuldades e as facilidades que seriam enfrentadas pelos alunos, bem como o tempo que levariam para iniciar o trabalho ou para organizar o material depois de resolvido o problema proposto.

Ainda foi observado que cada turma se organiza e funciona de uma maneira singular, necessitando de ajustes no planejamento para cada uma delas.



Figura 3 Kit LEGO Mindstorms[®] utilizado durante as aulas de robótica

O trabalho foi realizado com cinco turmas: duas de C10 (7º ano) e três de C20 (8º ano). Cada turma tinha, em média, 28 alunos com idades variando entre 11 e 15 anos. Para fins de registro e análise, selecionei os dados coletados junto às duas turmas de 7º ano.

O presente texto apresenta as teorias que sustentam o trabalho e suas ligações e inferências no planejamento, elaboração e re-elaboração das atividades desenvolvidas junto aos alunos. Como ilustra o mapa da figura 4, o texto percorre diferentes autores presentes em distintas etapas do trabalho e apresenta as montagens realizadas e a exploração das mesmas.

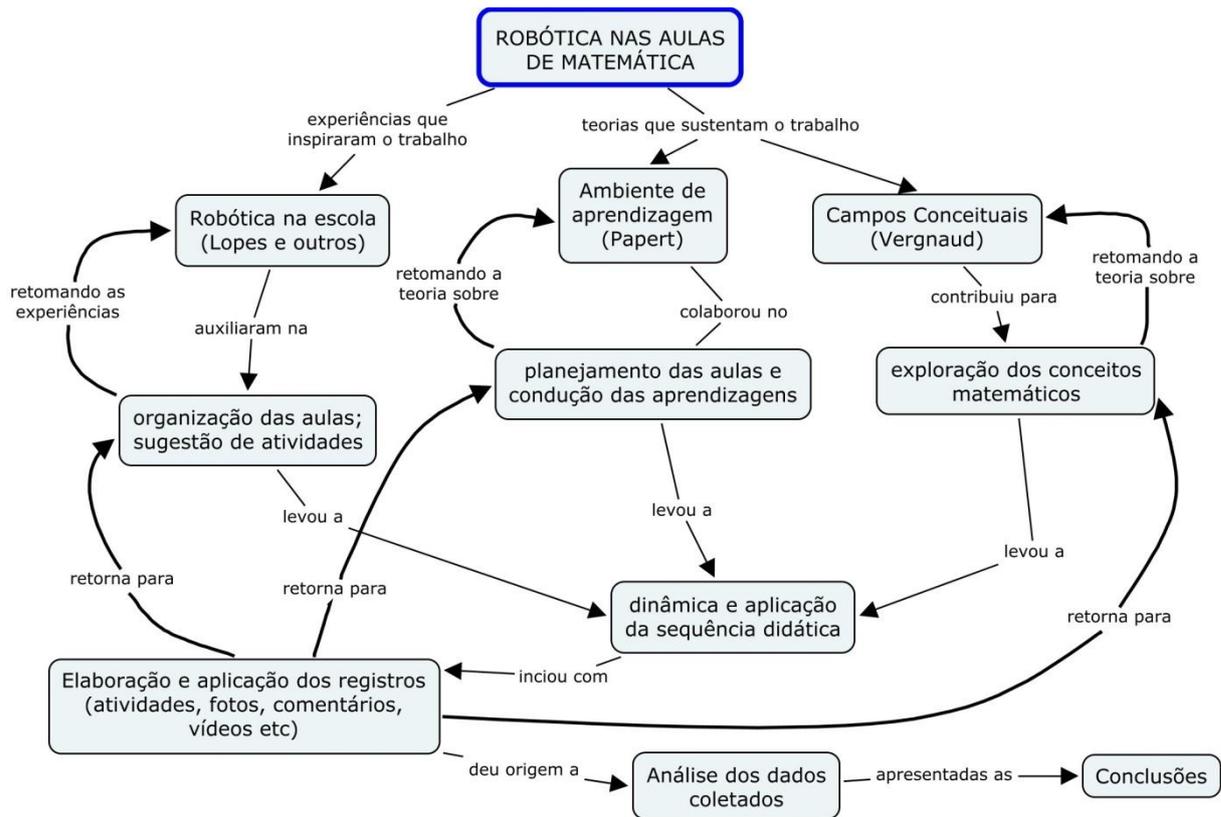


Figura 4 Mapa que esboça a estrutura do texto

No mapa, se observa que da pesquisa desta dissertação (Robótica nas aulas de matemática) partem as teorias que sustentam o trabalho e outras experiências que inspiraram o trabalho. Esses são os primeiros passos da pesquisa e são seguidos também no presente texto. Cada aspecto observado levou a um direcionamento diferente dentro do planejamento e implementação da proposta. As experiências vividas por mim em outros momentos e aquelas vividas e relatadas por outros pesquisadores em seus trabalhos auxiliaram na organização das aulas e com sugestões de atividades. A teoria de Papert sobre os ambientes de aprendizagem foi importante no planejamento das aulas e nas intervenções que seriam feitas de modo a conduzir as aprendizagens. A Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud foi usada na exploração dos conceitos matemáticos. Esses três suportes uniram-se, surgindo a sequência didática e a dinâmica das aulas. Durante o processo de implementação se configuraram as formas de registro dos alunos, que vieram a ser os dados coletados. Após a implementação, as questões eram retomadas e repensadas à luz dos teóricos pesquisados.

A proposta apresentada não é uma indicação de “como” deve se usar o material LEGO® nas escolas, mas uma alternativa que integra esse material ao

cotidiano escolar e permite a professores e alunos um mergulho em questões interdisciplinares, tecnológicas, de relacionamento inter e intrapessoal, de trocas de saberes comumente deixados do lado de fora das salas de aula. Este trabalho é uma forma de compartilhar uma experiência rica e apresentar um caminho que pode ser trilhado em aulas de Matemática de outros professores em outras ocasiões. O texto aponta os acertos e os equívocos, inevitáveis em situações novas.

Antes e durante a vivência dessa aventura ficou claro para mim que é na troca que se cresce. Conversas com colegas da minha escola e de outras; em ambiente escolar ou em um restaurante entre amigos; discutindo o currículo ou a avaliação; no diálogo com professores, alunos ou profissionais de outras áreas; está claro para mim que esses momentos foram importantes na construção deste trabalho. Nem todos esses fatos são mencionados ou lembrados quando se faz uma alteração no planejamento ou na execução de determinada tarefa, mas são intrínsecos ao processo de concepção dessa mudança. Questões que surgiram em conversas, informais ou não, impulsionaram buscas, pesquisas, leituras e escritas que se concretizaram nesta dissertação.

Convido o leitor a mergulhar nesta aventura comigo.

A trilha a ser percorrida é repleta de surpresas; obstáculos que podem e alguns que não poderão ser transpostos; ideias que surgiram, mas ainda não foram implementadas; aprofundamento de questões teóricas, práticas de Matemática, sala de aula e robótica educacional.

O primeiro item a ser explorado são as contribuições de Seymour Papert a respeito do ambiente de aprendizagem. Esse autor fala desde 1980⁴ sobre educação tecnológica e a importância deste tema na formação de professores e nas salas de aula. Seus registros não só indicam a importância na aquisição de computadores, mas apontam uma maneira de inseri-los no cotidiano escolar. A seção 2.1 detalha essas propostas e aponta os *links* entre a fala de Papert e o projeto implementado.

⁴Ano de publicação da primeira edição do livro *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*, pela editora Basic Books

Outro participante da aventura é Gèrard Vergnaud. Suas colocações estão discutidas na seção 2.2 e contribuíram para o encaminhamento das questões matemáticas com os alunos envolvidos na pesquisa. A Teoria dos Campos Conceituais também auxiliou na análise dos dados obtidos.

Aventureiros que já descreveram suas caminhadas por caminhos semelhantes vieram carregados de experiência com robótica educacional e uma diversidade de formas de levar esse material para as escolas. No capítulo 3 são comentados a tese de Daniel de Queiroz Lopes e as dissertações de Carmen Faria Santos, Cristiane Pelisolli Cabral e Karina Disconsi Maliuk.

O capítulo 4 é o guia da aventura. É o desenho e desenvolvimento do estudo empírico que possibilita que o leitor sinta-se dentro dessa aventura. Esse guia traz à tona “acessórios” teóricos que contribuíram nos detalhes de cada intervenção ou sistematização da proposta. Os sujeitos da pesquisa estão descritos na seção 4.1 e a metodologia empregada, estudo de caso, explanada na seção 4.2. A coleta de dados com a descrição das formas de registro da pesquisa é o centro da seção 4.3. O planejamento das aulas abrangendo a proposta de montagem de cada encontro, as atividades realizadas e as questões discutidas encerram o capítulo 4.

O capítulo 5 contém a análise do material coletado na aventura. É o laboratório do texto. E a linha de chegada é o capítulo 6, que traz as conclusões a que cheguei.

Os bastidores da aventura podem ser acessados nos anexos e apêndices e as fontes de consulta estão reunidas na lista de referências.

Boa leitura.

2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

O presente trabalho traz discussões sobre o uso de tecnologias na escola, através de Seymour Papert, e discute a aprendizagem de conceitos matemáticos, a partir de Gérard Vergnaud.

Esses dois autores possuem em comum a formação inicial em Matemática. Ainda, fazem parte do grupo de pessoas que estudaram, pesquisaram e foram orientados por Piaget.

Papert é amplamente conhecido pelo desenvolvimento da linguagem LOGO⁵ e por pesquisas que exploram o uso de tecnologias na escola.

Vergnaud sistematizou a Teoria dos Campos Conceituais e suas pesquisas sobre ensino-aprendizagem de matemática são consistentes e de grande valor para os educadores da área.

As duas seções seguintes trazem com mais detalhes aspectos das teorias desses dois autores, bem como as contribuições e relações com a pesquisa realizada e a prática implementada.

2.1 O ambiente de aprendizagem de Seymour Papert

Seymour Papert é um matemático sul-africano que se dedica à pesquisa em informática na educação. Foi aluno de Piaget na escola de Genebra e fundador do grupo LOGO no Massachusetts Institute of Technology (MIT). Em sua obra LOGO: Computadores e educação (1980)⁶ ele aponta possibilidades de transformação do modelo de educação fazendo uso de computadores. O software desenvolvido pelo grupo do MIT permite que crianças do Ensino Fundamental criem programas de

⁵Linguagem de programação computacional desenvolvida com a intenção de que crianças programassem, ou seja, criassem programas a partir de listas de procedimentos que executassem movimentos e desenhassem figuras na tela do computador.

⁶O ano de publicação da primeira edição desse livro, em inglês, é 1980. Em português, a primeira edição saiu em 1985 e a edição utilizada neste trabalho é de 1988.

computadores que envolvam conceitos de matemática (e de outras áreas) mais avançados que os desenvolvidos regularmente em suas turmas na escola. Depois, no livro *A Máquina das Crianças: repensando a escola na era da informática* (1993)⁷ apresenta experiências com robótica, software LOGO, formações de professores e aponta ganhos obtidos fazendo uso do computador.

Na publicação de 1980 é notável sua visão de futuro e o ineditismo das propostas apresentadas. Os computadores eram máquinas muito grandes e os softwares de programação eram complexos demais inclusive para adultos leigos em informática. O grupo LOGO, do MIT, foi dos pioneiros a pensar em levar essa tecnologia nova e cara (o computador) para as escolas. Além disso, o autor já indicava que a sociedade resistiria à mudança e se esforçaria para que seu modelo (tradicional) não fosse “destruído”. O grupo era formado por profissionais advindos de diferentes áreas: Psicologia, Computação e Filosofia. O foco de estudo do grupo era Inteligência Artificial (IA) e esse foi o princípio do LOGO.

Hoje, o software LOGO possui várias versões⁸ e continua sendo fonte de pesquisa em diferentes etapas acadêmicas: trabalhos de conclusão de curso, dissertações de mestrado, teses de doutorado. O presente trabalho não aborda o uso desse software, mas de um produto que surgiu com o desenvolvimento deste: o kit LEGO® Mindstorms®.

O grupo do MIT criou, junto com a linguagem de programação, um protótipo que executava os movimentos designados pelo usuário. No software se programa os movimentos de uma tartaruga e esses movimentos podem ser visualizados na tela. Sendo utilizados por crianças, o grupo decidiu que os movimentos seriam melhor compreendidos se executados “fora” do computador, por um objeto específico. A tartaruga ganhou uma versão física (figura 5) que quando conectada ao computador, por um fio, executava a programação elaborada no LOGO. Um dos principais interesses de pesquisadores, educadores, governantes e especialistas em educação é o progresso da educação. Com este mesmo intuito, esta pesquisa tem o objetivo de aprimorar o ensino de números complexos dentro do ensino médio.

⁷Primeira edição americana publicada em 1993; primeira edição brasileira de 1994. A edição revisada e comentada utilizada nesse texto é de 2008.

⁸Existem diferentes softwares livres que se utilizam da linguagem LOGO: Xlogo; SuperLogo; LOGO3D

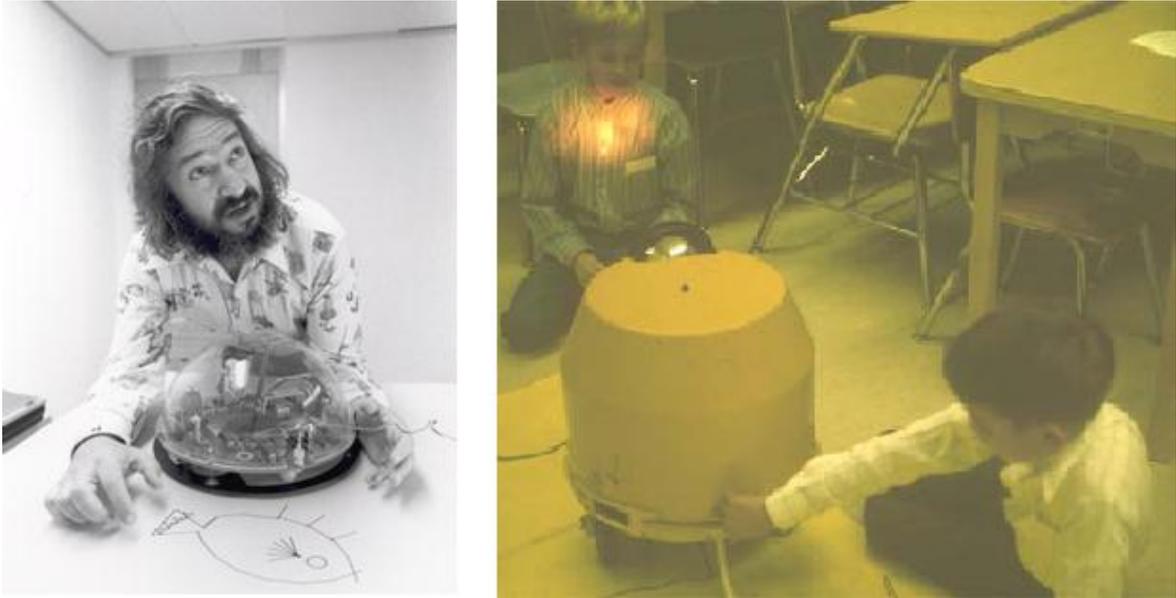


Figura 5 Papert com a tartaruga de mesa e a primeira tartaruga física

Essa tartaruga era nada menos que um robô que executava os movimentos indicados no software. A partir disso, Papert firmou uma parceria com a empresa LEGO® que passou a desenvolver sistematicamente conjuntos de peças que pudessem ser utilizadas em escolas e que permitissem uma conexão ao computador e a execução de movimentos programados.

Os kits da LEGO® surgiram das melhorias de um software de programação. A essência do trabalho de Papert não era a robótica educacional, tampouco a programação. Sua principal contribuição consistiu em apresentar a tecnologia como algo que pode ser incorporado ao cotidiano escolar e à organização de um ambiente de aprendizagem.

Papert (2008, p.153) apresenta três formas de uso do computador na escola: como ferramenta, como tutor ou como aprendiz.

- Como ferramenta é familiar a professores e alunos: usar um editor de texto, a calculadora, enviar e-mails, imprimir um documento etc.

- Como tutor é a imagem mais comum, segundo Papert, na educação. Muitas pessoas pensam que o computador pode ser uma máquina de ensinar; que é possível comprar (ou baixar da internet) um programa que ensine a fazer cálculos, a interpretar um gráfico, a classificar as nuvens, a resolver exercício de química etc.

- Como aprendiz é a proposta do LOGO: ensinar o computador a fazer algo programando-o. Para programar o computador a desenhar um círculo é preciso que o programador conheça o círculo e saiba como fazê-lo para “explicar” ao computador com “palavras” que a máquina entenda: os procedimentos. Por exemplo, para que a tartaruga desenhe um círculo pode-se escrever o seguinte procedimento:

aprenda círculo

repita 360 [pf 1 pd 1]

fim

Esse formato evidencia que a pessoa que escreveu compreende a forma de “ler” do programa e conhece as características de um círculo. São 360 passos porque a cada passo ela gira um grau no sentido horário (pd1).

No mesmo livro (PAPERT, 2008, p. 153) é apresentada uma classificação feita por um autor desconhecido que utiliza outra nomenclatura, mas que se assemelha: “aprender com o computador”: que seria usando como ferramenta; “aprender do computador”: que seria o computador como tutor; “aprender sobre o computador” que seria como aprendiz. A relação entre o “sobre” e a ideia de ensinar o computador está no fato que para programar o computador é preciso conhecê-lo densamente, sua linguagem, suas possibilidades etc.

O fato de utilizar o computador como um aprendiz pode ser extrapolado para outros “materiais” que não o computador. A robótica, que é o assunto deste trabalho, é um deles. As colocações de Papert sobre os computadores na educação são passíveis de uso em um ambiente não-informatizado. Mais que “ensinar” como usar os computadores nas escolas ele propõe uma nova maneira de pensar e fazer a educação. É preciso pensar e repensar o fazer da escola. É preciso pensar e repensar o papel do professor. É preciso pensar e repensar o currículo. Uma vez que:

A fração do conhecimento humano que se encontra no currículo está bem abaixo de um milionésimo e está diminuindo com rapidez. Simplesmente não posso fugir da pergunta: Por que esse milionésimo em particular? De qualquer modo, um grande número de pessoas está ocupado em polir o milionésimo estabelecido (ou bilionésimo, ou seja lá o que for).

(...) Um critério clama por atenção: existe esse bilionésimo que será particularmente eficaz na abertura de portas para áreas muito maiores, proporcionando às pessoas mais liberdade para fazer escolhas pessoais? (PAPERT, 2008, p. 180-181)

Esses questionamentos de Papert trazem simultaneamente segurança e insegurança. Segurança e coragem para tentar fazer com que outros milionésimos de conhecimento acumulado cheguem até os alunos. Certeza de que a escolha feita (por um milionésimo ou outro) poderá ser a correta ou não, mas ninguém tem essa resposta. E insegurança por fazer trocas na escolha dessa fração que podem ser não aceitas ou compreendidas por outros professores.

Na publicação de 2008 (p. 157) é problematizada uma frase de Patrick Suppes⁹ que diz o seguinte: “Prefiro estar completamente errado a vagamente certo.” Papert percebia esse pensamento nas escolas, o qual pode ser observado até hoje. Estar vagamente certo ou completamente errado é a mesma coisa para muitos alunos e professores. A atitude a ser tomada frente a qualquer uma das opções é apagar tudo e recomeçar. A informação passada ao estudante é a mesma: você não sabe isso. Isso fica claro na robótica quando os alunos, ao encontrarem um *bug*, desmontam todo o robô e começam novamente, conduta observada em muitos momentos nesta pesquisa.

Ao falar sobre como funciona a programação em Logo e exemplificar os procedimentos que a Tartaruga “compreende”, Papert coloca duas questões: “Por que uma criança poderia querer fazer isso? E por que ficaríamos felizes se uma criança o fizesse?” Essas questões são importantes antes de propor que as crianças falem com a tartaruga. Será que elas teriam vontade de se comunicar com essa imagem na tela do computador? Porém, essas questões servem quando se está planejando qualquer atividade que possa ser realizada em sala de aula. Não está ligada à motivação (tão falada em alguns ambientes escolares), está ligada a interesse, curiosidade e criatividade.

LOGO e robótica se assemelham quanto à forma de trabalho. Mesmo quando se constrói um robô que não exige programação pelo computador (como é o caso da

⁹Patrick Suppes é considerado o pai intelectual da CAI (Computer Assisted Instruction ou, em Português, Instrução Auxiliada pelo Computador) e pesquisador pioneiro na área de informática na educação. Sua pesquisa envolvia o uso do computador como tutor.

maioria dos projetos desenvolvidos e relatados neste trabalho) se deseja que ele execute determinada tarefa ou realize determinado movimento a partir de uma intervenção do “dono”. Em robótica, assim como em atividades de programação

se trabalha em direção à meta, permanecendo errado a maior parte do tempo. Entretanto, pode-se ver que se está errado e perguntar a si mesmo ou a alguém mais sobre o que ocorreu. Os movimentos da tartaruga externalizam a concepção da pessoa, de modo que se pode pensar e falar sobre tal concepção. Pode-se também fazer alguns dos tipos de 'resolução de problema' que as pessoas fazem no mundo real, como resolver outro problema em vez deste ou tomar emprestada uma solução de outra pessoa e adaptá-la para encaixar-se no seu caso. (PAPERT, 2008, p. 166)

O ambiente de aprendizagem proposto por Papert prevê uma intenção para o objeto com o qual se está envolvido. No caso particular da robótica é necessário que os estudantes saibam o que querem que o robô faça. A partir daí, é necessário acessar mentalmente outras construções realizadas e extrair partes que interessem para o projeto atual. Além disso, resolver outro problema que se assemelhe é bastante usual, uma vez que alguns protótipos se utilizam de mecanismos comuns a diversos robôs. O sistema eixo-engrenagem, por exemplo, é necessário em quase todas as montagens realizadas. A organização dos grupos e do espaço estimula a troca de saberes. Se quem está montando não encontra a solução, pode solicitar aos colegas sugestões que possam resolver o problema do robô. As trocas, seguidamente, não são espontâneas. A primeira reação ao encontrar um *bug* no robô é chamar o professor. Devolver a dúvida para o grupo apresentava a possibilidade de resolver sem a intervenção do adulto. Esse procedimento foi retomado inúmeras vezes e mostra que os alunos pressupõem que as respostas estejam com o adulto. As soluções são buscadas individualmente junto ao professor.

A discussão, a busca por soluções e a construção de um problema semelhante, mas de menos complexidade, tornam-se motivo de paradas, questionamentos e discussão nos grupos. “Qualquer coisa é simples se a pessoa consegue incorporá-la ao seu arsenal de modelos; caso contrário tudo pode ser extremamente difícil” (PAPERT, 1988, p. 13) Inclusive a maneira de se organizar e agir quando se está em um grupo. Quando um mecanismo é compreendido pelos alunos eles poderão utilizá-lo em outras construções: depois de construir um carro que gira uma hélice a partir do movimento das rodas usando um conjunto de

engrenagens, a construção de um carro que acende o farol a partir do movimento das rodas é mais simples.

Quando inicia a apresentação de sua ideia, de seu projeto e das possibilidades e oportunidades que os computadores trariam para a escola, Papert coloca que “Há, porém uma enorme diferença entre o que os computadores podem fazer e o que a sociedade decidirá fazer com eles. A sociedade tem muitos meios de resistir a mudanças fundamentais e ameaçadoras.” (PAPERT, 1988, p. 17) Esta menção é feita uma vez que as mudanças propostas são grandes e dependeriam de novas concepções de aprendizagem, de ensino e de formato do que conhecemos por escola. Não são apenas mudanças de materiais ou de metodologias, são mudanças nas concepções e nas relações entre professores, alunos e comunidade. Entende-se que a sociedade vem resistindo a essas propostas, pois pouca coisa mudou (nas concepções das escolas) desde 1988. Porém o número de pesquisas na área de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) ligadas à educação é crescente e onde essas pesquisas são aplicadas o assunto entra em discussão e ganha espaço nas escolas reais.

2.2 Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud

Gérard Vergnaud é um matemático, filósofo e psicólogo francês que atua como pesquisador em didática da matemática. Foi aluno de Piaget na Escola de Genebra e, atualmente, é professor em Paris, na Université Paris VIII, Laboratoire Paragraphe. Do ponto de vista do desenvolvimento de teorias, considera-se a Teoria dos Campos Conceituais, que é foco deste trabalho, a mais importante discutida por esse autor.

A Teoria dos Campos Conceituais abrange a aprendizagem de conceitos de Matemática, mas também aponta caminhos para a didática da matemática. Vergnaud foi um dos pioneiros em discutir didática, como evidencia o texto publicado em 1996

(...) um número cada vez maior de pesquisadores se interessaram pelo tema de como ensinar, ou seja, ensino e aprendizagem de uma

disciplina particular, e assim nasceu a didática da disciplina. (VERGNAUD, 1996a, p. 10)

Esse interesse tanto pela aprendizagem quanto pela ensinagem de matemática, levou ao desenvolvimento de uma teoria rica e completa cuja estrutura visa permitir compreender “as filiações e rupturas entre conhecimentos, em crianças e adolescentes, entendendo-se por 'conhecimentos', tanto habilidades quanto as informações expressas” (VERGNAUD, 1993, p. 1)

A organização, descrição e variedade de exemplos acerca das estruturas aditivas e multiplicativas poderiam levar à falsa ideia de que essa teoria fosse relevante apenas na discussão de problemas aritméticos ou algébricos. No entanto, o arcabouço teórico referido faz menções às representações, aos conceitos e aos esquemas utilizados por estudantes na resolução de problemas em geral. Sendo assim, os Campos Conceituais são adequados para a análise e fundamentação das atividades com robótica educacional uma vez que essas atividades pressupõem organização, antecipações e inferências em situações didáticas.

A afirmação de que um conceito não pode ser reduzido à sua definição, proferida por Vergnaud em 1993 (VERGNAUD, 1993, p. 1), traz questionamentos acerca da apresentação dos conceitos matemáticos nas escolas. Ele continua o pensamento dizendo que é através das situações e dos problemas a resolver que um conceito adquire sentido para a criança. Com base nessa colocação, é possível afirmar que a robótica educacional é uma forma de apresentar situações e propor problemas a resolver e, conseqüentemente, de permitir que os conceitos façam sentido para os estudantes.

Alguns termos relativos à Teoria dos Campos Conceituais merecem ser enunciados e explorados, uma vez que são eles que permitem a compreensão e a generalização das ideias de Vergnaud.

Esquema. Verbetes usados em diferentes áreas do conhecimento para identificar uma maneira sintética, por vezes gráfica, de representar um fato, modelo, objeto ou situação. Por exemplo, o esquema atômico de determinado elemento químico apresenta o número de elétrons em cada camada, a massa do núcleo etc. A definição de esquema na Teoria dos Campos Conceituais não é totalmente diferente

da definição atribuída comumente. Todavia, entende-se por esquema não o resultado, mas as ações que levaram até sua concepção.

Chamemos 'esquema' a organização invariante do comportamento para uma classe de situações dada. É nos esquemas que se devem pesquisar os conhecimentos-em-ação do sujeito, isto é, os elementos cognitivos que fazem com que a ação do sujeito seja operatória. (VERGNAUD, 1993, p.2. Grifos do autor)

Nesse caso, o esquema não é o produto apresentado, o gráfico ou a síntese, mas as ações que levaram a sua concepção. Ou seja, o esquema seria a utilização do fato de que esse elemento atômico tem determinado número de elétrons e, por ser de tal classe, possui tantas camadas e a divisão dos elétrons nessas camadas dá-se de acordo com tal regra. A organização de todas as informações que se tem a respeito do objeto e a utilização dessas informações para a sua representação na forma de um desenho é que seria o esquema. A partir disso pode-se dizer que “O esquema não organiza somente a conduta observável, mas também o pensamento subjacente” (VERGNAUD, 2009, p. 21)

Uma segunda definição de esquema, analítica, é apresentada:

Definição 2: é formado necessariamente de quatro componentes: um objetivo, subobjetivos e antecipações; regras de ação, tomada de informações e controle; invariantes operatórios: conceitos em ação e teoremas em ação; possibilidades de inferência em situação” (VERGNAUD, 2009, p. 21)

Esta definição permite que sejam observados os componentes de um esquema. Ela explicita o que seria a organização invariante do comportamento para uma classe de situações. Uma classe de situações semelhantes possui objetivos e subobjetivos semelhantes. Sendo assim, as tomadas de informações e de controle podem ser as mesmas. Nessa classe de situações são utilizados os mesmos teoremas e conceitos em ação, fazendo as adaptações e complementações pertinentes às diferenças entre as situações. Já as possibilidades de inferências permitem que as semelhanças sejam identificadas e as diferenças observadas e avaliadas.

Por exemplo, quando é solicitado aos alunos que construam um carro que gire uma hélice na lateral enquanto se desloca em um plano, eles iniciam a construção pelas rodas, selecionam um sistema de transmissão de movimento (polias ou engrenagens), desenvolvem a hélice e a incorpora ao sistema. Posteriormente lhes é solicitado que desenvolvam um protótipo que gire uma hélice na parte superior do carro. O esquema utilizado é semelhante, pois as situações são semelhantes. Suas ações são basicamente as mesmas, porém para incorporar a hélice na parte superior é necessário que o movimento executado pelas rodas faça uma curva de 90° para movimentar a hélice. A figura 6 apresenta a solução para o problema inicial e uma possível solução para a construção do segundo carro.

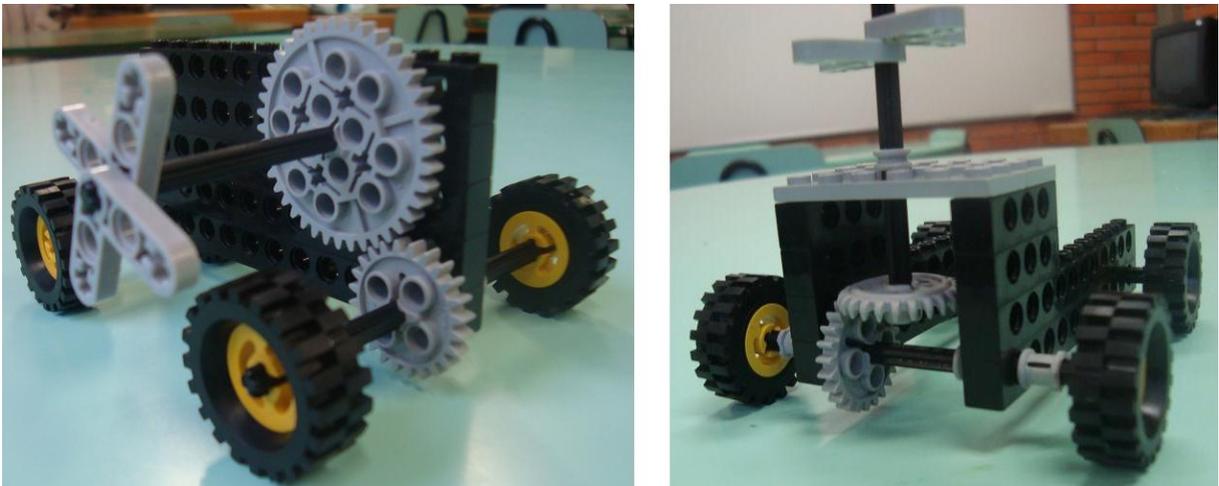


Figura 6 Protótipos de carros que movimentam hélices a partir do movimento das rodas

A inferência a ser feita é a identificação da diferença entre os dois projetos e a seleção de uma peça – ou conjunto de peças – que se adapte à nova situação.

Vergnaud coloca que

(...) o funcionamento cognitivo de um sujeito ou de um grupo de sujeitos em uma situação dada baseia-se no repertório dos esquemas disponíveis, formados anteriormente, de cada um dos sujeitos individualmente. (VERGNAUD, 1993, p. 5)

Ou seja, os estudantes que já conhecem um sistema de transmissão de movimentos, composto por engrenagens ou polias, são detentores do esquema de ações que soluciona o primeiro problema; para a solução do segundo problema ele necessita conhecer um sistema que faz a rotação de 90° e adaptar a situação

anterior. Para um estudante que desconhece um sistema de transmissão de movimento os problemas podem parecer idênticos e a busca pela solução se dará a partir da descoberta de tal sistema.

O repertório de esquemas disponíveis aos estudantes está ligado às suas experiências escolares e não-escolares. Os esquemas utilizados para resolver uma situação proposta na escola podem ou não envolver algoritmos aprendidos em ambiente escolar. Do mesmo modo, muitos exercícios resolvidos em aula de maneira automatizada e sem significado para o aluno podem não ser revertidos em esquemas disponíveis para serem aplicados em outras situações.

Um esquema é composto de regras de ação e de antecipações, visto que gera uma série de ações para se atingir um objetivo, nem sempre se reconhece que ele é também composto, de modo essencial, por invariantes operatórias (conceitos-em-ação e conhecimentos-em-ação) e por inferências. (VERGNAUD, 1993, p.6)

Os termos conceitos-em-ação e conhecimentos-em-ação, assim como teoremas em ação são imprescindíveis em um texto que trate sobre a Teoria dos Campos Conceituais. “Em ação” é utilizado para denotar que não são teoremas, conceitos e conhecimentos estáticos e acabados, acessados pelo aprendiz como se consultasse um guia. Estes referidos teoremas, conceitos e conhecimentos são as certezas alcançadas a partir de experiências anteriores e que são incorporadas como válidas e adequadas para outras situações. A busca por soluções para problemas novos leva a uma busca de problemas semelhantes no repertório de problemas que um sujeito sabe resolver. A partir da identificação de uma situação semelhante, avalia-se as diferenças e são feitas inferências que levem às possíveis adaptações que solucionam o novo problema. A decisão pelo uso dessa ou daquela peça ou conjunto de peças está ligada às possibilidades de uso conhecidas pelo sujeito. Depois de explorado o sistema de engrenagens e constatado que cada nova engrenagem incorporada ao sistema girará em sentido contrário a anterior, esse conhecimento passa a ser utilizado em outras construções. Usa-se a expressão “em ação” também para indicar que nem sempre esses conhecimentos são formais e enunciados de maneira precisa. É o que se sabe fazer, mas não necessariamente

justificar. Todavia, justificativas aparecem na fala dos alunos quando apresentam o projeto montado para outra pessoa.

O uso da palavra “antecipações” leva a uma situação comum nas aulas de robótica educacional. O uso das peças e a localização das mesmas está intimamente ligado a uma antecipação do movimento que elas podem produzir e da importância desse movimento para se atingir a meta buscada. Os conceitos em ação, no caso da robótica, são as conclusões a que se chega sem mesmo acionar o mecanismo. Por exemplo, se tenho um número ímpar de engrenagens então a última gira no mesmo sentido da primeira.

Toda situação complexa é uma combinação de situações elementares, e não se pode contornar a análise das tarefas cognitivas que podem ser geradas por elas. (...) A tese subjacente à teoria dos campos conceituais é, todavia, a de que um bom desempenho didático baseia-se necessariamente no conhecimento da dificuldade relativa das tarefas cognitivas, dos obstáculos habitualmente enfrentados, do repertório de procedimentos disponíveis e das representações possíveis. (VERGNAUD, 1993, p. 17)

Ao se planejar uma tarefa em robótica, assim como para uma aula qualquer, a colocação acima se torna essencial. Se é possível desmembrar uma situação complexa em diversas situações elementares, resolver um problema complicado se transforma em organizar a ação e executar a sequência de pequenas tarefas. Sendo assim, espera-se que a cada nova situação apresentada, um esquema mais complexo seja agregado ao repertório de esquemas disponíveis a cada sujeito envolvido com a atividade. Considerando a possibilidade de trabalhar em grupo, um esquema disponível a um dos integrantes pode tornar-se disponível para o grupo uma vez que as trocas e as discussões podem contribuir para a aprendizagem de todos os integrantes. Ao propor uma montagem é coerente que sejam antecipadas as dificuldades e os obstáculos que podem ser enfrentados. Considerando o professor como um mediador no processo de ensino e aprendizagem, sua função pode ser detalhada da seguinte maneira:

O mediador tem, igualmente, como responsabilidade escolher situações para oferecer ao aprendiz que esclareçam o objetivo da atividade, contribuir com a organização da atividade, inclusive com a tomada de informação e de controle, de fazer aparecer, ao menos parcialmente, os teoremas em ação

pertinentes, de facilitar as inferências em situação. A explicitação por meio de palavras e de símbolos de conhecimentos e regras de conduta forma uma parte não negligenciável da atividade, mas ela é somente uma parte. A comunicação entre o mediador e o aprendiz é marcada pelas mesmas ambiguidades que qualquer outra comunicação: há um salto entre os propósitos do mediador e o significado que ele lhes dá em função de seu sistema de invariantes e o significado compreendido pelo aprendiz que é função de seu próprio sistema de invariantes. (VERGNAUD, 2009, p. 33)

Considerando esta caracterização, o planejamento das atividades a serem desenvolvidas em uma sala de aula consiste na elaboração de uma sequência – não necessariamente linear - de situações e questões que contemplem esses quesitos. Nesse sentido, talvez muitos erros cometidos pelos alunos estejam ligados a um quesito pouco claro ou ambíguo. Aplicação de fórmulas decoradas ou resoluções do tipo “siga o modelo” são eficientes no quesito “organização da atividade” uma vez que são constituídas de uma sequência de passos a serem seguidos até a solução. Contudo, não fazem aparecer os teoremas em ação, muito menos facilitam inferências. Uma tarefa para ser executada pelos alunos precisa ser compreendida pelos mesmos de maneira plena: objetivos, caminho a ser seguido e ferramentas (conceitos) necessárias. Além de discutidas outras questões pertinentes à mesma situação, adaptações de situações semelhantes e vistas anteriormente podem completar e complementar uma tarefa.

Para a resolução de um problema matemático, Vergnaud propõe duas fases que constituem o processo resolutivo. A primeira é aquela de seleção das informações e determinação das operações a serem realizadas. A segunda diz respeito aos processos de resolução das operações em si. Cada uma dessas etapas comporta objetivos, regras, representações e inferências. Assim, é importante para a compreensão do pensamento constituído no processo de resolução, a revelação e a análise dos objetivos, das regras e inferências presentes. (MUNIZ, 2009, p. 46)

Quando um professor observa apenas o resultado e esse não é o esperado, correto, não é possível avaliar se o aluno cometeu um erro na seleção das informações e das operações ou na realização das operações selecionadas. Nos dois casos há erro. Mas o professor-mediador tem duas opções: ou considera errado e o aluno recomeça do zero; ou discute e investiga em qual das etapas houve erro para que o mesmo possa ser discutido e superado. Em robótica, quando um protótipo não funciona como o esperado, alguns alunos desmontam tudo e

recomeçam a montagem. Outros, porém, avaliam cada etapa da montagem buscando compreender e alterar o que está causando um movimento indesejado ou impedindo uma ação desejada.

Quando se recomeça, pode-se cometer o mesmo erro. Quando se repensa o que está feito, avalia-se cada etapa executada e são reformuladas as antecipações, os questionamentos e inferências, se identifica o erro e se busca transformá-lo em acerto.

A aprendizagem “passa pela análise dos erros, das hesitações e dos disfuncionamentos, assim como pela identificação das diferentes etapas pelas quais se constrói uma nova forma de organização da atividade.” (VERGNAUD, 2009, p. 14) O sentido no qual giram as engrenagens é observado pelos alunos em diversos mecanismos e em diferentes robôs. Porém, na hora de acionar os mecanismos eles nem sempre conseguem verbalizar espontaneamente se o movimento final será observado no sentido horário ou anti-horário. É preciso analisar os encaixes e o mecanismo como um todo, mas faz-se necessária a observação dos fragmentos para se responder com convicção que o motor vai girar em sentido horário e a hélice vai girar em sentido anti-horário, por exemplo.

Para definir um conceito, Vergnaud sistematizou o seguinte:

Conceito = def (S,I,L)

S Conjunto de situações que dão sentido ao conceito

I Conjunto de invariantes operatórios que estruturam as formas de organização da atividade (esquemas) suscetíveis de serem evocados por essas situações

L Conjunto das representações linguísticas e simbólicas (algébrica, gráficas...) que permitem representar os conceitos e suas relações, e, conseqüentemente, as situações e os esquemas que elas evocam.
(VERGNAUD, 2009, p. 29)

Esta sistematização é válida para compreender o que um sujeito precisa para compreender um conceito: situações em que esse conceito faça sentido, esquemas que sirvam na busca de soluções ou justificativas para os fatos, formas de

representar tal conceito (oral, gráfica, algébrica etc). Da mesma maneira serve para que professores planejem suas aulas e atividades buscando dar oportunidade dos alunos vivenciarem e alcançarem essas três dimensões de um conceito trabalhado. Na escola, as formas de representar um conceito são, por vezes, limitadas à álgebra e léxico-gráfica (escrita). Um desenho e a expressão oral (linguística) são formas de representar um conceito que podem servir para que um aluno represente um conceito que compreende, mas não consegue expressar em frases coesas ou organizar na forma de um algoritmo adequado. Além disso,

A operacionalidade de um conceito deve ser provada através de situações variadas. O pesquisador deve analisar uma grande variedade de comportamentos e esquemas para compreender em que consiste, do ponto de vista cognitivo, este ou aquele conceito. (VERGNAUD, 1993, p. 8)

Esta afirmação de Vergnaud salienta a ideia de que um mesmo conceito deve ser explorado em diferentes contextos e situações. Tanto para uma aula de uma disciplina do currículo regular quanto para uma proposta de trabalho com robótica, o planejamento deve seguir essa orientação. Por exemplo, os sistemas de transmissão de movimento são utilizados em diferentes protótipos para movimentar hélices, acender uma lâmpada ou abrir uma porta; o algoritmo da multiplicação é usado para calcular: a área de um retângulo, o total de elementos distribuídos em vários conjuntos iguais, o número de combinações possíveis com três camisetas e duas bermudas etc. O papel colocado para o pesquisador da citação é, na escola, do professor. O mesmo conceito pode ser empregado corretamente por um aluno em uma situação e não em outra. E, para outro aluno, pode ocorrer o contrário. Se fosse apresentada apenas uma situação somente um deles teria acertado; apresentando as duas, cada um acertou uma vez. O próprio professor pode abordar um mesmo conceito a partir de uma variedade de formas. A explicação e discussão oral, o uso de desenhos e representações gráficas para ilustrar o que se diz, textos que apresentam o conceito organizado em sentenças coesas e fazendo uso de expressões adequadas, dramatizações, vídeos, músicas e animações aumentam o número de vezes que discute e pensa um mesmo conceito, além de ampliar o número de possibilidades de esse conceito ser compreendido pelos alunos.

Muitos dos conceitos trabalhados na escola fazem parte da vida dos alunos, ou seja, eles têm experiência em resolver situações que os envolvam. Sendo assim, essa experiência não pode ser deixada do lado de fora da escola, precisa ser agregada ao que é trabalhado. “A experiência é incontornável. Não podemos esperar encontrar unicamente pela formação uma competência tão rica e adaptativa quanto aquela constituída no decorrer da experiência” (VERGNAUD, 2009, p. 18) Já os conceitos com os quais os estudantes não possuem muita experiência, necessitam ser experienciados no ambiente escolar. Penso que a robótica educacional seja um meio de experienciar conceitos complexos de matemática e física no ambiente escolar.

3 EXPERIÊNCIAS QUE INSPIRARAM O ESTUDO

Atualmente existem programas de Pós-Graduação em Educação com linhas de pesquisa voltadas para o uso da tecnologia. Alguns exemplos de tais linhas são: Práticas educativas, linguagens e tecnologia (UNIRIO); Informática na Educação (UFRGS); Trabalho, Tecnologia e Educação (UFPR). Nos cursos de Pós-Graduação (especialização, mestrado, mestrado profissionalizante e doutorado) que envolvem Ensino de Matemática e Ciências também aparecem linhas de pesquisa com o foco na tecnologia, sendo que algumas delas são: Tecnologias da informação e Educação Matemática (PUCSP); Recursos e tecnologias no ensino de Ciências e Matemática (PUC Minas); Tecnologias digitais no ensino de Ciências e Matemática (UFCE); Tecnologias de Informática no Ensino de Matemática ou Estatística (USP). Existem também cursos diretamente ligados ao uso de tecnologia na educação, como é o caso do Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação (UFRGS) e do Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica (UFSC). Nesses dois casos, profissionais de diferentes áreas do conhecimento se unem na pesquisa acerca das implicações da tecnologia no aprendizado das disciplinas escolares.

A robótica é abordada em muitos trabalhos de medicina (cirurgias operadas por robôs) e de engenharia (na área de automação). Já a robótica educacional ou pedagógica aparece em trabalhos da área de Informática na Educação, Ensino de Física, Ensino de Matemática e Informática. A diversidade de ambientes onde a robótica educacional é tema de discussão dá a dimensão da riqueza do material explorado. No entanto, essa dispersão dos registros dificulta o acesso a essas experiências. Para representar essa diversidade de trabalhos e formas de exploração do material em questão, alguns trabalhos relacionados ao tema serão citados e suas contribuições para o presente trabalho apresentadas.

A participação na monitoria de uma oficina de robótica em 2006, durante a graduação, remeteu a um material produzido, na época, como registro da disciplina à qual a oficina estava ligada. Esse material está publicado na web e contém uma coleção de atividades desenvolvidas junto a alunos de 5ª e 6ª séries que utilizavam a robótica para explorar conceitos matemáticos. O sítio contém os registros das

oficinas de robótica que aconteceram entre 2005 e 2007. São registros de 10 oficinas diferentes, ofertadas semestralmente para alunos do CAp. As atividades estão descritas de maneira sintética, mas com o auxílio das fotografias e a leitura dos objetivos propostos é possível compreender globalmente a atividade. A exploração do material publicado permitiu a visualização de possibilidades de trabalho com alunos do Ensino Fundamental. As atividades propostas por Chaiane Ruschel dos Santos, José Cardoso Callero e Luís José Thewes na oficina de 2005/2¹⁰, as atividades elaboradas pelos professores José Cardoso Callero e Luís José Thewes na oficina de 2006/1¹¹, juntamente com o trabalho proposto por Clarissa Coragem Ballejo, Pedro Moiano Escobar dos Santos e Taís Silva em 2006/2¹² agregaram ideias e compuseram uma diversidade de maneiras de organizar e delinear as aulas. A revisitação ao material produzido pela autora em conjunto com Chaiane Ruschel dos Santos e Nicolau Matiel Lunardi Diehl em 2006¹³ trouxe à tona experiências já vividas e que poderiam ser reeditadas em um novo contexto.

A dissertação de mestrado de Carmen Faria dos Santos, pela Universidade Federal do Espírito Santo, foi defendida no Programa de Pós-Graduação em Informática em 2005. Intitulado “Um estudo sobre robótica educacional usando LEGO Mindstorms” o trabalho apresenta uma oficina realizada com alunos de 8ª série envolvendo conceitos de Física como velocidade, espaço, tempo, atrito, força, peso e aceleração. Além da descrição dos encontros e das atividades realizadas, a pesquisadora desenvolveu um ambiente virtual onde eram feitos os registros dos encontros. O AMOORE – Ambiente de Observação de Oficinas de Robótica Educacional usando LEGO Mindstorms - permite que os participantes da oficina selecionem as peças que utilizaram na montagem do projeto e mantenham um diário de bordo atualizado, o qual o orientador pode acessar e comentar. Apesar de ter focos completamente diferentes, a existência de um material de registro dos alunos foi implementado na prática descrita nesta dissertação. O ambiente onde esses

¹⁰Os registros das atividades elaboradas estão em
http://matematicao.mat.ufrgs.br/assessorias/2005/rob2_052/index.html

¹¹Os registros das atividades elaboradas estão em
http://matematicao.mat.ufrgs.br/assessorias/2006/rob2_061/

¹²Os registros das atividades elaboradas estão em
http://matematicao.mat.ufrgs.br/assessorias/2006/rob2_062/index.html

¹³Os registros das atividades elaboradas estão em
http://matematicao.mat.ufrgs.br/assessorias/2006/rob5_061/

registros aparecem são, na verdade, o resultado da dissertação: um protótipo de ambiente computacional de apoio à realização das sessões de laboratório. A avaliação dos encontros com os alunos foi feita com base no trabalho de Piaget sobre o Método Clínico.

A tese de doutorado de Daniel de Queiroz Lopes foi defendida no Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul em 2008. Sob o título “A exploração de modelos e os níveis de abstração nas construções criativas com robótica educacional”, o trabalho apresenta resultados e conclusões obtidos a partir de uma oficina que mesclou momentos na sala de aula regular com oficinas extraclasse. Envolvendo alunos da 3ª e 4ª série do Ensino Fundamental, experienciando a montagem de projetos a partir de um modelo e também construções criativas, o pesquisador observou e analisou os níveis de abstração desses estudantes. As análises minuciosamente descritas inspiram e motivam a desenvolver um trabalho que seja “autoexplicativo”.

No Programa de Pós-Graduação em Ensino de Matemática da UFRGS, a dissertação “Robótica educacional como cenário investigativo nas aulas de matemática” foi defendida pela professora Karina Disconsi Maliuk em 2009. O trabalho apresenta a robótica educacional como recurso de ensino para trabalhar matemática nos anos finais do Ensino Fundamental. O foco da pesquisa não é a aprendizagem dos conceitos de matemática, mas os modelos de cenário investigativo presentes, fundamentados na teoria de Skovsmose, e suas contribuições para a aprendizagem. Apesar disso, a abordagem de alguns conteúdos matemáticos como equações, ângulos, circunferência, distância (medidas), tabelas e gráficos, via robótica, é apresentada e proposta no texto. Assim como a proposta desta dissertação, as montagens realizadas se utilizavam das revistas ZOOM[®] e os encontros se davam em aulas regulares de matemática.

Cristiane Pelisoli Cabral escreveu a dissertação de mestrado “Robótica educacional e resolução de problemas: uma abordagem microgenética na construção do conhecimento” no Programa de Pós-Graduação em Educação da UFRGS no ano de 2010. O trabalho analisou as estratégias utilizadas por alunos do Ensino Fundamental para resolver um problema de Robótica Educacional. A investigação consistia em propor um desafio para um aluno e observar suas decisões a caminho da solução. Os alunos envolvidos faziam parte do projeto de

robótica no contraturno de suas aulas regulares. As soluções e os caminhos percorridos ajudaram a pensar proposições que fariam parte do planejamento das atividades desenvolvidas neste projeto.

A tabela 1 sistematiza essas quatro produções elencando a pesquisa desenvolvida e o referencial teórico que a sustenta.

Tabela 1 Síntese dos trabalhos envolvendo robótica educacional

Trabalho/ Autor	Técnicas e procedimentos	Fundamentação teórica
Um estudo sobre robótica educacional usando LEGO Mindstorms Carmen Faria dos Santos	Desenvolvimento de uma oficina com alunos de 8ª série para abordar conhecimentos de Física. Os encontros foram observados, há registros fotográficos e das programações feitas pelos alunos. Foram feitos questionários com os estudantes e os mesmos mantinham diários de bordo que foram usados como coleta de dados. Uma plataforma para acompanhar as atividades foi criada e utilizada: AMOORE	Epistemologia genética de Jean Piaget
A exploração de modelos e os níveis de abstração nas construções criativas com robótica educacional Daniel de Queiroz Lopes	Realização de oficinas de Robótica Educacional com alunos dos anos iniciais do Ensino Fundamental de uma escola pública e dos anos finais de uma escola particular. Os dados coletados aparecem na forma de fotografias, registros da observação do pesquisador e relatos de depoimentos de alunos e professores envolvidos.	Epistemologia genética de Jean Piaget Construcionismo de Seymour Papert
Robótica educacional como cenário investigativo nas aulas de matemática Karina Disconsi Maliuk	Implementação do material nas aulas regulares de matemática de quatro turmas do 9º ano de uma escola pública. Os registros apresentados se dão na forma de fotografias, imagens dos registros escritos e gráficos (desenhos) dos alunos.	Ambientes de aprendizagem de Ole Skovsmose
Robótica educacional e resolução de problemas: uma abordagem microgenética da construção de conhecimento Cristiane Pelisoli Cabral	A pesquisadora propõe um desafio a alunos dos anos finais do ensino fundamental e filma seu processo de solução do desafio. As questões a serem colocadas aos sujeitos são estruturadas antes da realização da atividade e esses vídeos são analisados posteriormente. Os alunos são desafiados individualmente.	Microgênese da construção do conhecimento de Jean Piaget

Essas quatro produções sugerem a potencialidade interdisciplinar do material de robótica educacional, bem como sua versatilidade e abrangência de uso. O 22º SBIE (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação) possuía um tópico de interesse dentro da linha “Uso de Tecnologias de IA na Educação” que contemplava visualização e Robótica Educacional. Essa presença em um evento nacional é um indício de que a Robótica educacional está ganhando espaço nas discussões acerca de informática e de educação em geral. Embora os anais do evento contenham apenas um trabalho explorando o assunto, o “Ambiente de Robótica Pedagógica com Br_GOGO e Computadores de Baixo Custo: Uma Contribuição para o Ensino Médio”, o espaço foi aberto e é possível, e provável, que seja utilizado por outros pesquisadores em outras edições do mesmo evento.

4 DESENHO E DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO EMPÍRICO

Neste capítulo é apresentada a descrição da implementação da pesquisa. Como ela foi sendo lapidada à medida que ia sendo executada, fez parte do processo de implementação das aulas a reorganização da dinâmica e o acréscimo de informações a serem coletadas e registradas.

4.1 Sujeitos da pesquisa

A pesquisa foi realizada em uma escola da Rede Municipal de Ensino de Porto Alegre. Os alunos envolvidos frequentavam as aulas regulares de Matemática do 7° e do 8° ano do Ensino Fundamental. Os dados analisados são referentes ao trabalho com os alunos do 7° ano. No total eram três turmas do 8° ano e duas turmas do 7° ano. A carga horária de Matemática dessas turmas era de três períodos de cinquenta minutos por semana. Porém, os encontros de robótica aconteciam quinzenalmente, em dois períodos de cinquenta minutos. As turmas eram formadas por cerca de 28 alunos com idades entre 11 e 15 anos.

4.2 Metodologia: estudo de caso

Em geral, os estudos de caso representam a estratégia preferida quando se colocam questões do tipo 'como' e 'por que', quando o pesquisador tem pouco controle sobre os acontecimentos e quando o foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real. (YIN, 2005, p. 19)

A pergunta central do trabalho, apresentada no capítulo 1, está de acordo com a estratégia, pois está formulada da seguinte maneira: “É possível utilizar a robótica educacional (LEGO® Mindstorms®) como recurso de ensino de Matemática nos anos finais do Ensino Fundamental? Como?”

Além de uma pergunta do tipo “como”, o foco da pesquisa é um fenômeno contemporâneo inserido em um contexto de vida real: a aprendizagem de

Matemática na escola. Aprendizagem aqui caracterizada como um fenômeno que faz parte da vida real e ocorre no contexto da escola. Como pergunta secundária, o texto traz: “Como sistematizar um trabalho que contemple os principais conteúdos a serem desenvolvidos em determinado ano escolar e utilizar o recurso da robótica?”

“A forma de uma questão fornece um indício importante para traçar a estratégia de pesquisa que será adotada.” (YIN, 2005, p. 26) Esta afirmação justifica o uso da metodologia. Além disso, traz sentido para as alterações no planejamento das atividades que ocorreram durante a implementação das aulas.

O caso a ser estudado, descrito e analisado envolve um grupo de estudantes que, na escola, está separado em duas turmas de 7º ano, mas é visto como um único grupo para a pesquisa. Os estudantes são observados pela professora em suas aulas regulares, o que diminui o constrangimento possivelmente presente quando um observador externo ao grupo e ao ambiente participa das aulas. Por outro lado, sendo a mesma pessoa que conduz a atividade e observa os acontecimentos e os diálogos podem se perder alguns dados.

Um estudo de caso é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto de vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos. (YIN, 2005, p. 32)

O contexto e o fenômeno são indistinguíveis nesse processo. O relacionamento entre os alunos, a maneira como se organizam para realizar as atividades propostas e as colocações que fazem a respeito das perguntas lançadas são parte da aula de Matemática (contexto) e são também os fenômenos a serem estudados e observados pela pesquisadora.

Os dados coletados estão descritos na seção 4.3 deste capítulo e o planejamento das aulas observadas durante a pesquisa formam a seção 4.4. A análise desses dados está presente no capítulo 5.

4.3 Coleta de dados

A coleta de dados da pesquisa se deu ao longo do ano letivo de 2011, entre os meses de abril e novembro, durante as aulas de Matemática nas turmas envolvidas. Ao longo do período, a implementação das atividades sofreu alterações e acabaram surgindo materiais diferentes para serem analisados. Os principais registros são constituídos do diário de bordo da professora e dos registros gráficos dos alunos (caderno do grupo, atividades individuais ou do grupo). Além disso, há uma enorme quantidade de fotografias dos momentos de trabalho dos alunos bem como registros em vídeos.

Diário de bordo: caderno de anotações que a professora-pesquisadora mantinha na sala de projetos onde registrava comentários feitos pelos alunos oralmente nos grupos ou em conversas com a mesma; observações a respeito do andamento do trabalho; questionamentos interessantes que surgiam ao longo das aulas. Esse material não era preenchido de maneira sistemática, mas à medida que surgiam falas, comentários ou observações relevantes esses fatos eram registrados. Os registros aparecem na análise de dados de maneira mais global e com conclusões ou resumos.

Registro dos alunos: inicialmente os alunos não faziam registro escrito nos encontros na sala de robótica. Porém, alguns fatos eram recorrentemente lembrados nas discussões, então, foi criado um caderno de registros para cada grupo, sendo que o mesmo caderno era usado pelas cinco turmas. Foi elaborado pela pesquisadora um formulário que serviria de base para os registros semanais com os seguintes campos:

- Turma
- Data
- Montagem
- Alunos presentes
- Concluímos: () SIM () NÃO
- Achamos () FÁCIL () MÉDIO () DIFÍCIL
- Principais peças do projeto
- O que tinha de Matemática no projeto?

No caderno também deveria ser registrado qual dos integrantes do grupo seria o responsável por organizar a maleta do material LEGO® ao final da aula e qual dos colegas faria o registro escrito. Essas funções eram ocupadas por um aluno diferente a cada encontro, de forma que todos participassem dessa etapa do trabalho ao longo das aulas.

O registro neste caderno ficava restrito ao ambiente da sala de projetos, o que dificultava a retomada dos conceitos trabalhados em momentos consequentes na sala de aula. Sendo assim, em alguns encontros os alunos recebiam tarefas individuais a serem realizadas e entregues para que fossem discutidas na sala de aula.

Vídeos e fotografias: Em alguns encontros as montagens dos alunos foram fotografadas, assim como os momentos de montagem, discussão, organização e testes dos protótipos. Foram realizadas filmagens dos grupos trabalhando, o que permite ouvir as discussões feitas e perceber o modo como se relacionavam dentro do grupo.

4.4 Planejamento das aulas

O material da LEGO® fez parte das aulas de Matemática sendo utilizado como recurso de ensino. Atualmente o kit comercializado é o Mindstorms® NXT 9797, porém o kit utilizado na parte prática deste trabalho foi o RCX¹⁴ 9394. A principal diferença entre os dois conjuntos de peças é o “tijolo programável”. O atual conjunto prevê a transmissão da programação do computador para o robô via entrada USB ou Bluetooth, enquanto o antigo o faz via infravermelho. Ainda, o novo kit contém sensores ultrassônico e de cor, além dos sensores de temperatura, luz e toque que já faziam parte do conjunto anterior. A essência dos dois conjuntos é a mesma e, assim, apesar de outras mudanças/melhorias os projetos executados durante o trabalho podem ser desenvolvidos com ambos.

O software utilizado para a programação dos robôs construídos com esses materiais é o ROBOLAB® - da empresa LEGO® -, porém é possível fazê-lo com o software livre LOGO.

¹⁴Robotic Command Explorer

Os kits disponíveis na escola onde a prática foi realizada são compostos por 893 peças, sendo elas blocos, pranchas, vigas, engrenagens, eixos, polias, elásticos, cabos, buchas, conectores, rodas, motores, torre de infravermelho, RCX. Para facilitar a localização das peças elas estão organizadas em uma maleta de acordo com seu tipo ou função. Em função da idade do material e do uso inadequado feito por alguns alunos, algumas peças estão estragadas (quebradas, mordidas, amassadas, arreventadas) e outras já não existem mais.



Figura 7 Compartimentos da maleta organizada

Além dos kits foram utilizadas as revistas que acompanham o material. Uma vez que os alunos possuíam pouca ou nenhuma experiência com robótica educacional era necessário que alguns mecanismos fossem vistos em funcionamento em um robô montado a partir de um passo a passo para que pudessem ser incorporados ao conjunto de saberes dos estudantes. As revistas ZOOM[®] - da empresa LEGO[®] Education – apresentam um passo a passo das montagens propostas e enriquecem o texto com atividades envolvendo conteúdos escolares de disciplinas como Matemática, Física, Química, Ciências, Geografia etc. Os textos são adequados para os alunos uma vez que cada revista está direcionada para determinada etapa (série) escolar. A proposta da LEGO[®] descrita no material prevê encontros semanais, utiliza bastante a programação e é sequencial. Todavia, para esta pesquisa, a sequência não foi seguida e as atividades relacionadas aos projetos desenvolvidos foram criadas pela professora-pesquisadora.

As revistas possuem uma diagramação que orienta quanto ao número de peças necessárias, o tamanho das mesmas e indica onde os encaixes devem ser feitos. Essa diagramação não é intuitiva e foi necessário explicar a organização da revista. Para exemplificar, a figura 8 apresenta o passo a passo da montagem da

balança de dois pratos (projeto da Aula 4) com comentários da pesquisadora-professora em azul.

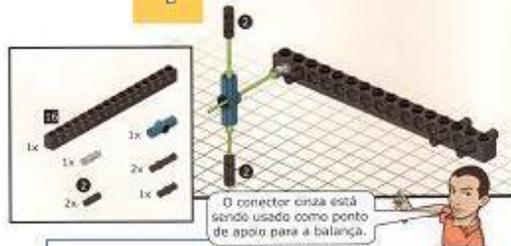
Imagem do projeto concluído



BALANÇA

Passo da montagem: 1

1



O conector cinza está sendo usado como ponto de apoio para a balança.

O balão explica a função de uma das peças utilizada nesse passo.

2

Indica que deve ser feita duas vezes essa montagem

2x



Esse quadro indica as peças necessárias nesse passo.

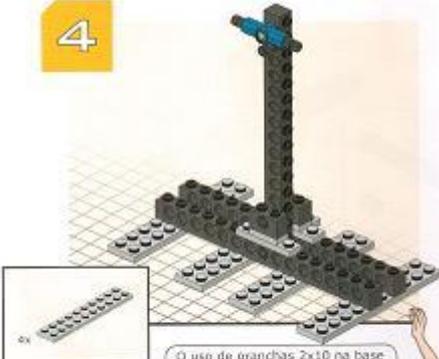
3

As setas verdes indicam onde devem ser feitos os encaixes.



4

4x



O uso de pranchas 2x10 na base dá equilíbrio à estrutura cuja função, é medir equilíbrios para se determinar massas.

5

Indica o tamanho desta peça.

2x

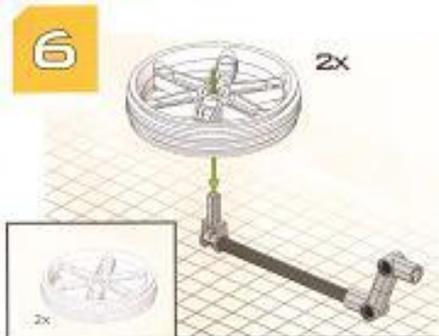


Indica a quantidade de peças desse tipo.

6

2x

2x



7

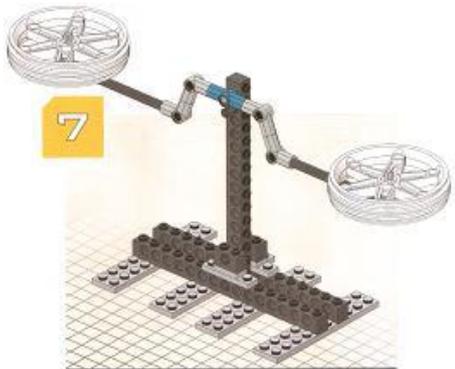


Figura 8 Passo a passo da montagem da balança de dois pratos com comentários

4.5 Sequência de atividades

As atividades realizadas com os alunos estão divididas em aulas. Cada aula é apresentada a partir dos seguintes tópicos: assunto/conteúdo; em sala de aula; questões; com material de robótica; objetivos. Cada um deles será explicado antes do detalhamento das aulas para que seja compreendido o formato escolhido para a apresentação das mesmas.

Assunto/Conteúdo

Apresenta o assunto ou conteúdo que será explorado com os alunos na aula, podendo ser específico da robótica ou não.

Em sala de aula

Descreve atividades realizadas como o uso de recursos como quadro, giz, folhas de exercícios. Essas atividades foram desenvolvidas na sala de aula regular dos alunos, durante os períodos de Matemática sem fazer uso do material LEGO®.

Questões

Relação de questões propostas aos alunos e que foram discutidas coletivamente (com participação oral e voluntária dos alunos) ou no âmbito do grupo, à medida que avançavam com a montagem de algum protótipo. Essas questões podem ter sido feitas na sala de aula regular ou na sala de projetos com o material da robótica.

Com material de robótica

Descreve as montagens executadas na sala de projetos com o material de robótica. Pode conter explicações mais detalhadas de peças ou mecanismos importantes. Essas atividades foram desenvolvidas durante os períodos de Matemática.

Objetivos

Enuncia os objetivos específicos do encontro e da exploração das peças da robótica.

AULA1

Assunto/Conteúdo

Simetria

Em sala de aula

Identificação dos eixos de simetria em figuras (quando existentes).



Figura 9 Conjunto de imagens apresentadas aos alunos para identificação do(s) eixo(s) de simetria

Questões discutidas coletivamente

- Quais características dos desenhos os impedem de serem simétricos?
- Existe algum desenho de Sol que seja simétrico?
- Como seria o desenho de uma Lua que apresente eixo de simetria?
- Como desenhar uma estrela ou uma borboleta que não apresentem eixo de simetria?

Completamento de figuras a partir do eixo de simetria dado:

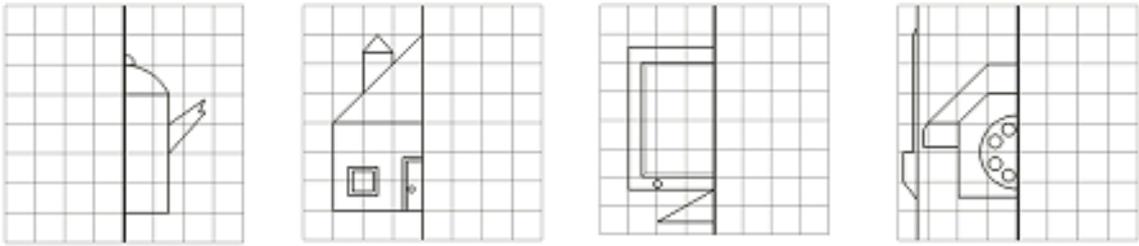


Figura 10 Conjunto de figuras apresentadas aos alunos a serem completados a partir do eixo de simetria indicado¹⁵

Questões

- As figuras formadas são iguais aos objetos do dia-a-dia? Por quê?

Completamento de figuras a partir de dois eixos de simetria:

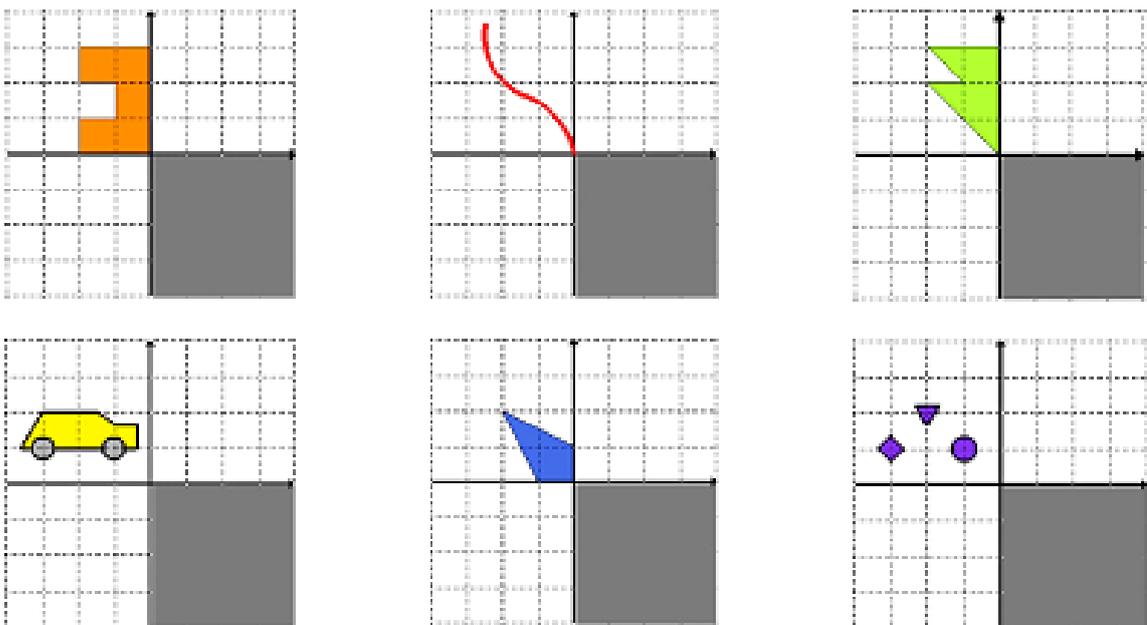


Figura 11 Conjunto de figuras apresentadas aos alunos para que as completassem a partir de dois eixos de simetria dados

Questões discutidas

- É mais fácil desenhar figuras que representam objetos reais ou figuras geométricas? Por quê?

¹⁵As figuras utilizadas nessa etapa das aulas foram retiradas de http://mdmat.mat.ufrgs.br/anos_iniciais/

- É mais simples ou mais complicado desenhar uma linha ao invés de uma região?
- Em que posição ficam os carros do desenho 4?
- Como saber em que lugar desenhar o círculo do último desenho?
- Quantos eixos de simetria uma figura pode ter?

Com material de robótica

Relatar movimentos simétricos observados no cotidiano como asas de pássaros e borboletas, portas automáticas de shoppings, etc. Cada grupo de alunos (duplas, trios ou quartetos) deveria fazer uma montagem que tivesse movimentos simétricos.

Objetivos

1. Familiarizar-se com as peças e com os diferentes mecanismos de movimento que poderiam ser empregados;
2. Organizar-se para trabalhar em grupo de maneira que todos participem, sejam ouvidos e possam montar um pouco;
3. Observar a construção pronta e identificar o eixo de simetria; ou a ausência do mesmo e sistematizar o “reparo” necessário;
4. Perceber a necessidade de planejar a montagem para que não faltem peças importantes, para que se consiga desmontar uma parte, corrigir um possível defeito e remontar a construção;
5. Trocar ideias com outros grupos, apresentando todos os projetos prontos para a turma.

AULA 2

Assunto/Conteúdo

Noção de proporção

Com material de robótica

Cada grupo iria receber uma revista ZOOM® nº 4 para a quinta série e montar o boneco Esqueitista (ANEXO 1). Além disso, era tarefa de cada grupo criar (desenhar, colorir, etc) um cenário para esse boneco. – Os alunos foram avisados previamente para trazer lápis de cor e canetas hidrocor. – Cada grupo montaria uma cena com o boneco e o cenário para uma foto.



Figura 12 Boneco Esqueitista

Objetivos

1. Identificar e separar apenas as peças que serão necessárias para a execução do projeto;
2. Criar um cenário que seja proporcional ao boneco montado;
3. Organizar-se para trabalhar em grupo de maneira que todos participem no que se sentem mais à vontade ou mais preparados;

4. Observar a construção pronta e encontrar “espaços” onde pode ser criado um diferencial para que seu boneco se distinga dos demais;
5. Organizar o tempo, que é limitado, para a realização das atividades.

AULA 3

Assunto/Conteúdo

Medidas

Em sala de aula

Abordando o tema frações, compreender um número fracionário como indicativo de uma quantidade/medida. Comparação entre frações de mesmo denominador, com mesmo numerador, com numeradores e denominadores diferentes. Relação de ordem de números decimais, exemplificando com alturas de pessoas diferentes.

Questões

- Quem é mais alto, quem mede 1,40m ou quem mede 1,04m? (Então $1,40 > 1,04$.)
- Quem é mais baixo, quem mede 1,09m ou quem mede 1,9m? (Então $1,09 < 1,9$.)

Com material de robótica

Cada grupo iria receber a revista ZOOM[®] n°1 para a sexta série e montar o macaco (ANEXO 2).

Questões a serem discutidas com o projeto montado

- Em que posição o macaco alcança maior altura?
- Em que posição o macaco atinge a menor altura?

MACACO



Figura 13 Macaco

Objetivos

1. Compreender as legendas utilizadas pela revista, bem como seguir suas instruções;
2. Reconhecer as peças através de imagens e características como tamanho, cor, tipo etc;
3. Observar o mecanismo funcionando e perceber a transformação do movimento circular em movimento linear feito pelo conjunto engrenagem-cremalheira;

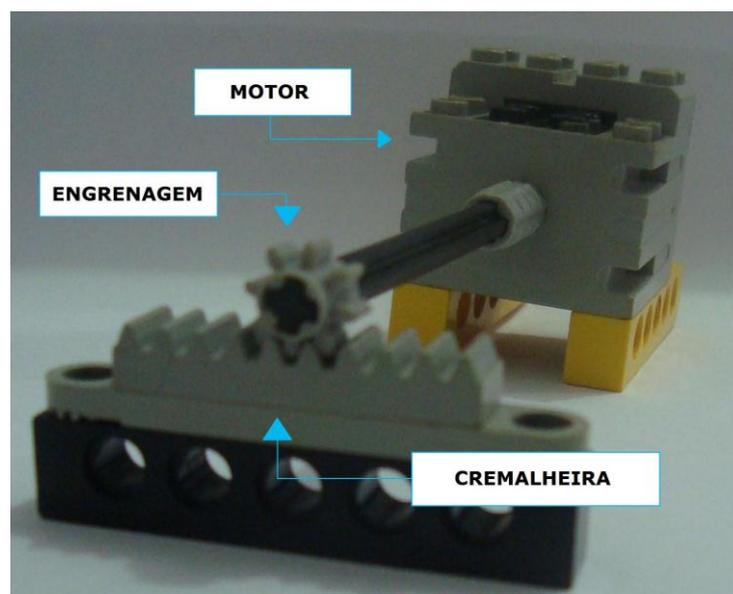


Figura 14 Sistema motor-engrenagem-cremalheira

4. Modificar o objeto construído de maneira que ele alcance a maior altura. (Para isso, será necessário compreender a “participação” de cada peça na montagem e onde se deve mexer para que o macaco atinja uma altura ainda maior.) O ideal seria acrescentar uma cremalheira e tornar o movimento de subida mais amplo, durando mais tempo e fazendo com que o macaco suba mais que o modelo da revista.

AULA 4

Assunto/Conteúdo

Frações

Em sala de aula

Transformação de uma fração em outra equivalente através de divisões nos desenhos e de multiplicações. Exploração da relação parte-todo na descrição de um conjunto de objetos.

Além disso, depois da montagem na robótica, responder um questionário e resolver exercícios que simulam a balança montada e pedem a medida de alguns objetos em relação a outros.

QUESTIONÁRIO A SER RESPONDIDO DEPOIS DA MONTAGEM

1. Quando colocamos dois objetos diferentes nos pratos da balança e ela fica equilibrada, o que podemos concluir?
2. Se eu colocar objetos iguais, e em mesmo número, nos dois pratos da balança, como ela vai ficar? Por quê?
3. Quando a medida de um objeto vai ser representada por uma fração? Como se chega a essa fração?
4. Se eu fizer uma pesagem na balança de dois pratos construída na robótica e concluir que o bloco 4x2 é equivalente a 2 unidades (blocos 2x2). Posso

concluir que o bloco 4x2 é mais leve, mais pesado ou pesa a mesma coisa que a unidade?

5. Se eu fizer uma pesagem na balança de dois pratos construída na robótica e concluir que 3 placas 2x2 são equivalentes a 1 unidade (bloco 2x2). Posso concluir que a placa 2x2 é mais leve, mais pesada ou pesa a mesma coisa que a unidade?

6. Com uma balança maior do que a construída na robótica quero descobrir o peso do meu caderno. O que vou precisar? Como devo fazer?

Nomes: _____ **Turma:** _____

ATIVIDADE DE ROBÓTICA – Balança de dois pratos

1. Considere o apontador como unidade de medida de peso e, observando as figuras, indique o peso de cada um dos outros materiais escolares:

Figura 15 Atividade proposta a partir da montagem da balança

Com material de robótica

Cada grupo iria receber a revista ZOOM[®] n° 1 para a sétima série e montar a balança de pratos¹⁶. Foi definido, coletivamente, que a peça bloco 2x2 seria a unidade. Com a balança montada e a unidade definida, os grupos deveriam utilizar a balança para descobrir o “peso” de outras peças. As peças a serem pesadas estão apresentadas na página 10 da revista. Essa tabela deveria ser copiada pelos alunos em uma folha de ofício e preenchida.

Peças					
Unidades					

Figura 16 Tabela a ser preenchida a partir das pesagens com a balança

Para que façam esse registro e obtenham sucesso na atividade é discutido o funcionamento da balança e são resolvidos alguns exemplos oralmente.

Questões

- Se uma peça estiver em equilíbrio quando do outro lado houver 5 unidades (blocos 2x2), qual o “peso” dessa peça? Ela é mais leve ou mais pesada que a unidade? O número vai ser maior ou menor que 1?
- Se de um lado eu colocar uma unidade e do outro eu colocar 8 peças iguais e a balança se equilibrar, qual o peso de cada peça? Cada pecinha vai ser mais leve ou mais pesada que a unidade? O número será maior ou menor que 1? Como escrever esse número (Uma unidade distribuída igualmente, pois são peças iguais, entre 8 peças.)?

¹⁶O passo a passo está na seção 4.4, figura 8 da página 48.



Figura 17 Balança de dois pratos

Objetivos

1. Compreender o funcionamento de uma balança de dois pratos (objeto conhecido visualmente, mas que não é utilizado cotidianamente);
2. Generalizar o fato de que o prato que ficar mais baixo está com mais “peso” e o que está mais alto está com menos “peso”;
3. Completar corretamente a tabela com as medidas das peças solicitadas, montando corretamente cada fração.

AULA 5

Assunto/Conteúdo

Organização e seguir instruções

Com material de robótica

Montar, sem consultar nenhum material, um carro que possa ser automatizado. Isto é, um carro cujas rodas estejam conectadas ao motor e que girem quando o mesmo é acionado.

Objetivos

1. Incentivar a criatividade de cada grupo para o *layout* do carro;
2. Construir algo a partir das seguintes exigências: mover-se com a tração do motor, sustentar o RCX;
3. Explorar o conjunto motor-engrenagem-eixo, um transmissor de movimento básico;

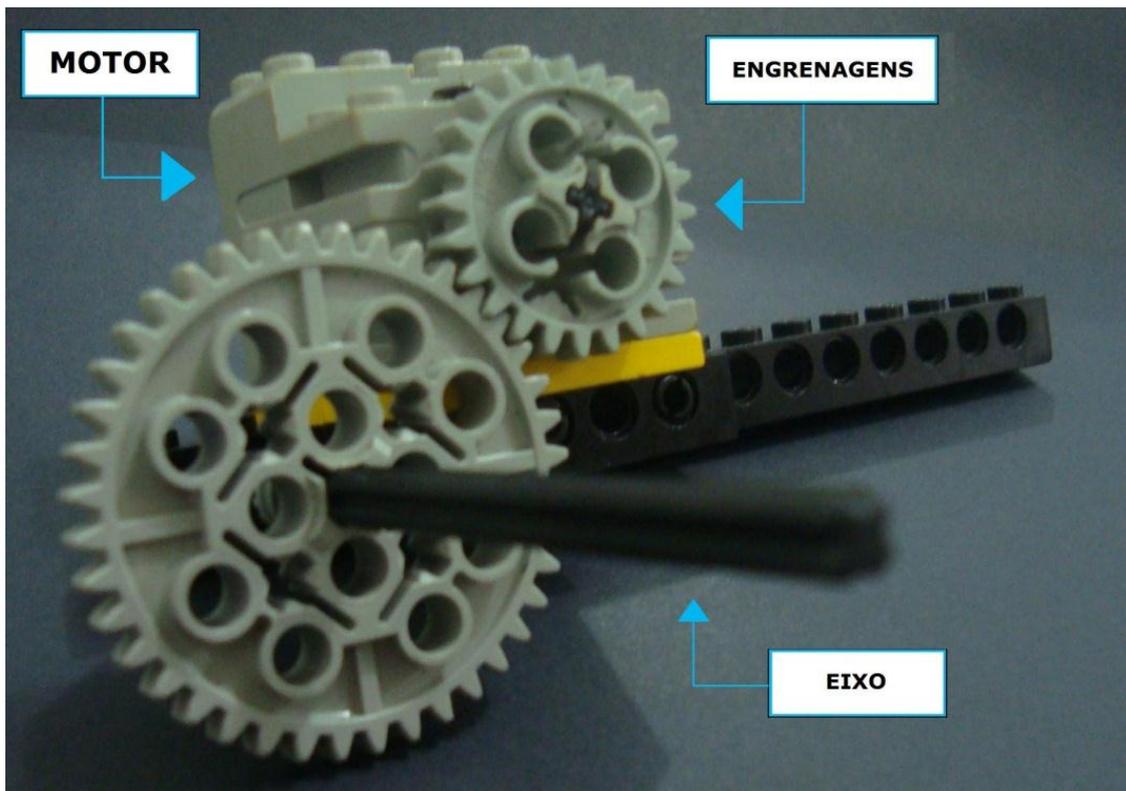


Figura 18 Sistema de movimento motor-engrenagem-eixo

4. Compreender a função do motor e a necessidade de incluí-lo no projeto desde o início;
5. Conhecer seu carro, pois na próxima aula terão apenas 20 minutos para resolverem esse mesmo desafio e continuá-lo.

AULA 6

Assunto/Conteúdo

Programação

Com material de robótica

Os grupos deveriam montar o carro criado na aula anterior (20 minutos) para iniciar a programação do mesmo e permitir que ele se automatizasse.

Introdução à programação usando o software ROBOLAB®: Onde encontramos o programa no computador, qual das interfaces vamos utilizar, e qual seu funcionamento.

Apresentação do programa. Para isso, os alunos foram conduzidos até a sala de informática e foi solicitado que abrissem o software e selecionassem a interface 'Inventor 4'¹⁷. Assim, chegariam todos ao mesmo ponto, estariam todos com a mesma tela à sua frente.

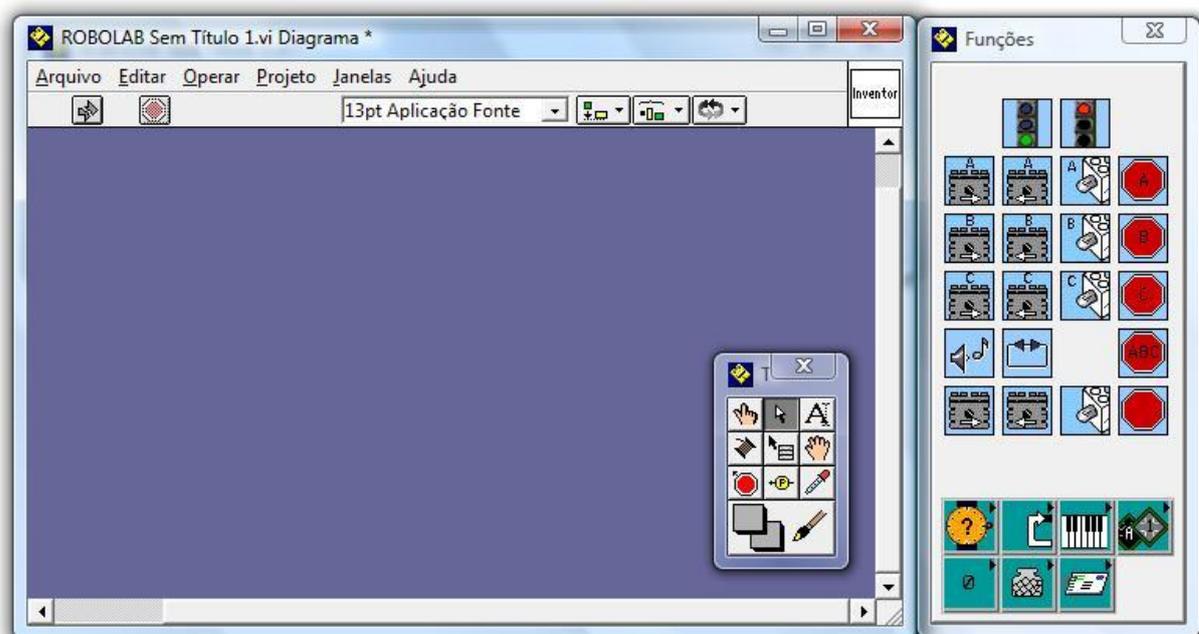


Figura 19 Interface do ROBOLAB® com as janelas de ferramentas e de funções

Foi apresentada a maneira icônica pela qual se comunicariam com o computador e como ele passaria essas informações para o robô posteriormente. Cada ícone colocado na parte roxa (mesa) vai comunicar certo comportamento ao robô. As tarefas são escritas na forma de um texto sem palavras, com desenhos (ícones), números, setas etc.

¹⁷ O software possui as opções de acesso como Piloto, Inventor e Administrador. Para cada opção existem quatro opções de plataforma. Utilizamos a interface Inventor 4 por ser bem completa e apresentar todos os recursos. As diferenças básicas entre as interfaces são as ferramentas disponíveis.

Inicialmente estão na mesa uma sinaleira com sinal verde e outra com sinal vermelho. A primeira, indica o início de uma programação e a segunda, o final. São como se fossem a letra maiúscula e o ponto final de um texto escrito em português. Os ícones que seriam utilizados foram apresentados no quadro branco da sala de informática, conforme indica a figura 20:

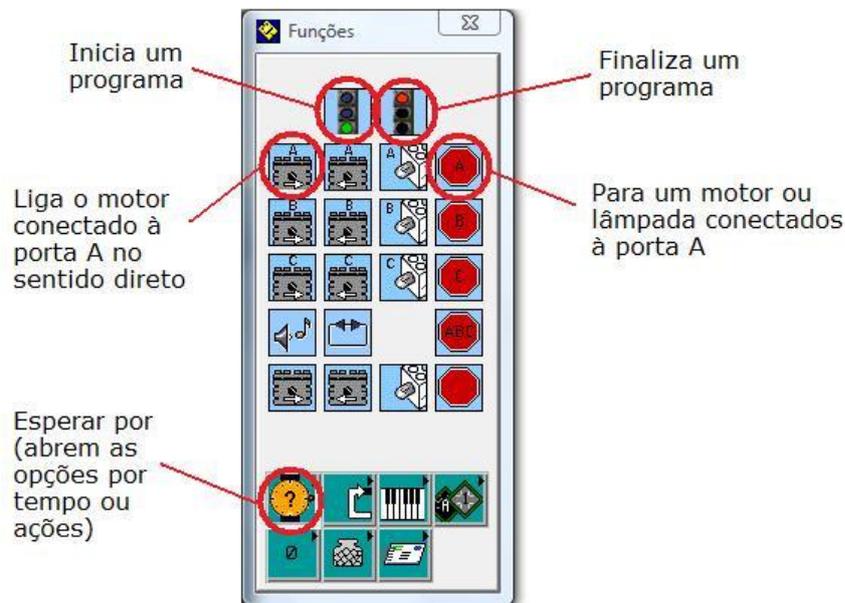


Figura 20 Paleta de funções do programa com as que seriam exploradas destacadas e identificadas

Os desenhos que representam as ações a serem executadas são bastante representativos de seu significado na programação. Além dessas funções que podem ser colocadas na programação existe uma paleta de ferramentas com as quais mexemos nesses ícones depois que eles estão dispostos na mesa de trabalho. Essa paleta está representada na figura 21 com as principais ferramentas utilizadas em destaque.



Figura 21 Paleta de ferramentas do programa com as que seriam utilizadas destacadas e identificadas

O desafio era construir uma programação que fizesse com que o carro montado se deslocasse para frente, parasse e voltasse de ré até o lugar da partida.

Inicialmente foi construído coletivamente um programa que fazia com que o carro se deslocasse para frente. Os ícones que seriam necessários foram sugeridos pelos alunos e obteve-se o primeiro esboço:



Figura 22 Ícones necessários para uma programação que fizesse o carro se deslocar para frente.

Esses ícones estavam na área roxa (mesa) de todos os estudantes envolvidos, mas em disposições diferentes. Essa configuração foi apresentada como um conjunto de palavras soltas, que não configuram uma mensagem. Era necessário conectar essas palavras na ordem em que deveriam ser lidas (executadas) pelo robô. A ferramenta “Conectar fio”, apresentada na figura 21, serve para esse fim. O carretel usado como ícone faz analogia a colocar contas em um colar ou costurar. O carretel serve para conectar as diversas ações dispostas na mesa.



Figura 23 Programação depois de conectados os ícones de maneira correta

Compreendida essa tarefa era necessário acrescentar ícones e fazer as alterações necessárias para que o carro voltasse de ré ao local de onde saiu.

Objetivos

1. Conhecer o software ROBOLAB® e seu funcionamento;
2. Identificar os elementos básicos de um programa e sua necessidade de organização (início, meio e fim);
3. Apresentar o formato LED (Liga-Espera-Desliga) e indicar que esse funcionamento será utilizado muitas vezes;
4. Apresentar os ícones do programa e o significado de cada um;

5. Criar um programa que faça o carro andar para frente, parar e voltar de ré para o mesmo lugar de onde partiu.

AULA 7

Assunto/Conteúdo

Geração de energia elétrica

Com material de robótica

A partir da revista ZOOM[®] n°3 para a quinta série montar um gerador (ANEXO 3). Antes disso, discutir com o grupo algumas questões.

Questões

- De onde vem a energia que faz o ventilador da sala funcionar?
- Como funciona uma usina hidrelétrica?
- Que formas de geração de energia existem?

A partir das informações coletadas com os alunos e da discussão, explicar o funcionamento de uma usina hidrelétrica e propor a montagem do gerador.

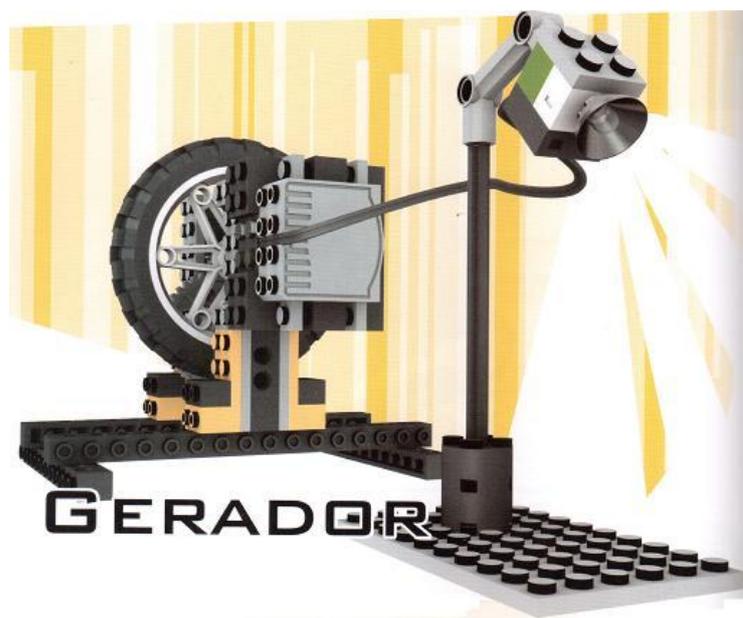


Figura 24 Gerador

Objetivos

1. Observar o conjunto de engrenagens utilizado e comparar as velocidades das engrenagens de tamanhos diferentes;
2. Conectar corretamente o motor ao sistema criado e permitir que o mesmo funcione com uma manivela ou com o encaixe do RCX;
3. Perceber que o motor pode servir como receptor de energia das pilhas para que o mecanismo funcione ou como condutor da energia do movimento para o farol.

AULA 8

Assunto/Conteúdo

Geração e transmissão de energia

Com material de robótica

A partir das experiências com as montagens anteriores (carro com hélice e gerador) montar, sem uso de revistas, um carro que acenda o farol a partir do movimento das rodas (quando empurrado)

Objetivos

1. Utilizar corretamente o sistema engrenagem-motor-farol para transmitir o movimento das rodas para o motor e do motor para o farol;
2. Encaixar corretamente os fios, observando os pontos das peças que contêm metal (condutores);
3. Utilizar tamanhos diferentes de engrenagens permitindo que o carro acenda o farol mesmo em baixa velocidade.



Figura 25 Engrenagens de diferentes tamanhos disponíveis na maleta

AULA 9

Assunto/Conteúdo

Multiplicação e divisão de números inteiros

Em sala de aula

Representação da multiplicação entre dois números positivos e entre um número positivo e outro negativo como soma de parcelas iguais. Por exemplo:

$$(+4) \cdot (+8) = (+8) + (+8) + (+8) + (+8) = (+32);$$

$$(+6) \cdot (-3) = (-3) + (-3) + (-3) + (-3) + (-3) + (-3) = (-18).$$

A partir da comutatividade da multiplicação conclui-se que $(-3) \cdot (+6) = (+6) \cdot (-3)$.

O produto entre dois números negativos seria uma subtração de parcelas iguais, sendo essas parcelas valores menores que zero:

$$(-6) \cdot (-3) = -(-3) - (-3) - (-3) - (-3) - (-3) - (-3) = (+18)$$

Subtrair valores negativos é o mesmo que somar seus simétricos.

Com material de robótica

A partir da revista ZOOM® n° 2 para a oitava série montar uma ponte rolante (ANEXO 4). Antes de iniciar a montagem ilustrar o problema que o protótipo envolve e discutir algumas hipóteses para solução.

Questões

- Como levantar uma máquina muito pesada para colocá-la em um caminhão e ser transportada?
- Como são erguidos os containers no cais do porto para serem colocados ou retirados de um navio? (Resposta: com guindastes.)

Um sistema alternativo que realiza o mesmo trabalho é a ponte-rolante.



Figura 26 Ponte rolante

Com os protótipos prontos, discutir os movimentos que devem ser realizados para erguer um objeto e o que acontece quando queremos desfazer a ação anteriormente realizada.

Objetivos

1. Utilizar o sistema de roldanas como transmissores de movimento alternativo ao uso de engrenagens;
2. Perceber que um sistema de roldanas diminui a força empregada em cada uma das roldanas observando o que acontece quando acionamos um sistema com uma, com duas ou com três roldanas para içar um objeto qualquer;
3. Observar a maneira como são ligadas diferentes roldanas para que funcionem simultaneamente;
4. Concluir que quando queremos desfazer a descida de um objeto devemos puxar para cima, fazendo analogia com a multiplicação entre dois números negativos que resulta em um número positivo.

AULA 10

Assunto/Conteúdo

Uso de conectores e furos em cruz ou redondos

Com material de robótica

A partir da experiência cotidiana dos alunos desenhar/projetar uma bicicleta pensando nas peças que seriam úteis para a montagem da mesma.

Com o projeto gráfico pronto, montar uma bicicleta (ou triciclo) que movimente a roda a partir do movimento dos pedais. Além disso, a bicicleta deveria apresentar um guidom que girasse para os lados, permitindo que fossem feitas curvas.

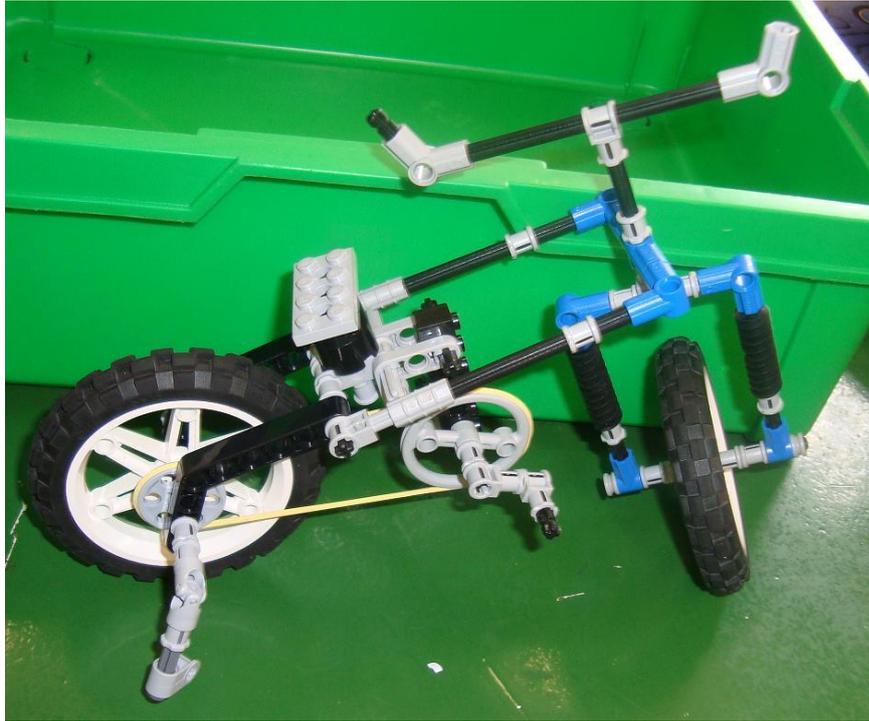


Figura 27 Bicicleta

Objetivos

1. Utilizar corretamente o sistema pedal-polia-roda traseira;
2. Utilizar o furo redondo para encaixar o guidom no quadro e o furo em cruz para encaixar o banco e os pedais ao mesmo quadro.

AULA 11

Assunto/Conteúdo

Representação de objetos conhecidos com LEGO®

Com material de robótica

Montar, sem o uso de revistas, o “esqueleto” de um prédio de, pelo menos, três andares, um andaime e uma balde para levar materiais do térreo para os demais andares. Depois de montado o projeto, os alunos, individualmente, deveriam fazer um registro (desenho) do projeto executado evidenciando as peças principais.

Questões

- Como é um andaime?
- Para que serve?
- De que material é feito?
- Pode ser aproveitado em mais de uma obra ou é descartável?
- Como os materiais e ferramentas são levados de um andar para o outro?
- Que sistemas são utilizados para esses transportes rápidos de materiais?

Objetivos

1. Observar mecanismos comuns no cotidiano de maneira que seja compreendido seu funcionamento e possa ser recriado com LEGO®;
2. Implementar um sistema com barbante e roldana para içar um “balde” com materiais;
3. Criar um sistema de encaixes que permita a instalação do andaime em qualquer andar do prédio;
4. Exercitar a representação dos projetos em desenhos.

5 ANÁLISE DOS DADOS

Para a análise dos dados coletados as aulas foram observadas a partir de diferentes perspectivas. Um breve resumo da proposta e de seus objetivos iniciam o texto. Em algumas aulas é apresentada uma tabela com os principais dados registrados no caderno, o registro fotográfico das montagens e da organização de cada grupo; as anotações contidas no diário de bordo da professora-pesquisadora e as análises feitas a partir das teorias descritas no capítulo 2, seções 2.1 e 2.2.

AULA 1

Montagem sem revista

Criar um objeto que se movimentasse e cujos movimentos fossem simétricos.

Registro dos cadernos dos alunos:

O caderno ainda não havia sido implementado.

Registros das montagens:

Neste encontro não foram feitos registros em fotos ou vídeos das montagens realizadas pelos alunos.

Diário de bordo:

Uma proposta aberta para conhecer o material se constitui em atividade enriquecedora para o grupo discutir e ouvir ideias dos colegas.

Alguns alunos haviam participado de encontros na oficina de robótica no ano anterior e conheciam o material. Porém, a maioria dos alunos conhecia as peças comuns de LEGO® (blocos, pranchas etc), mas não as peças que garantem os movimentos (conectores, engrenagens, polias, motor, eixos etc).

Os grupos discutiram sobre o projeto a ser montado e, depois, buscaram soluções. Foram montados: parede com dois ventiladores girando em sentidos opostos (para ficar simétrico); um carro com ventiladores laterais externos; uma porta automática de shopping (que não foi concluída); um protótipo de ave que abria e fechava as asas; um carro que abria e fechava as portas.

Foi necessário mostrar como se utilizavam os conectores e fazer intervenções em alguns momentos para ajudar os grupos a encontrarem soluções para seus *bugs*.

Foi comentado, no início da aula, que o lugar das peças deveria ser observado para que fossem guardadas no mesmo local de onde haviam sido tiradas. Essa atenção foi diminuindo com o envolvimento na montagem e os alunos acabaram tendo dificuldade para guardar as peças no lugar correto.

Foram apresentados os objetos para os colegas e houve troca de ideias acerca dos movimentos realizados e possibilidades de alteração nos projetos dos colegas.

Análise

A discussão nos grupos, antes de iniciar a montagem, exigiu que os conhecimentos de simetria desenvolvidos em aula e observando figuras fosse estendido para objetos construídos com LEGO® e ganhassem movimento. Foi possível perceber os conhecimentos em ação (VERGNAUD, 1993), pois as proposições acerca de um objeto, simétrico ou não, continham argumentos consistentes e conhecimento do conceito colocado em discussão. As construções propostas pelos alunos evidenciaram que conseguiram fazer essa transição e conseguiam avaliar se os movimentos executados estavam ocorrendo ou não de forma simétrica.

Os alunos identificaram um “erro” na parede com ventiladores: a manivela e as engrenagens que permitiam o movimento não ficavam de forma simétrica. A solução encontrada pelo grupo foi colocar a manivela e as engrenagens na parte de trás da parede e, assim, o que ficava visível funcionava simetricamente, apesar da construção internamente não ser totalmente simétrica.

Além disso, durante a montagem se observou o exercício de antecipação. Quando uma peça não se movia como o esperado as alterações na montagem geravam discussões e os alunos argumentavam suas sugestões com frases do tipo “Se a gente colocar mais uma engrenagem aqui essa parte vai...” Essa fala é proveniente de alguém que sabe o movimento que pretende obter e antecipa a função de determinada peça a ser inserida no projeto. Tal ocorrência poderá ser observada em outros momentos.

AULA 2

Montagem do boneco Esqueitista, a partir da revista, e criação de um cenário para esse boneco.

Registro dos cadernos dos alunos

Neste encontro ainda não foram feitos registros por parte dos alunos.

Registro das montagens dos alunos

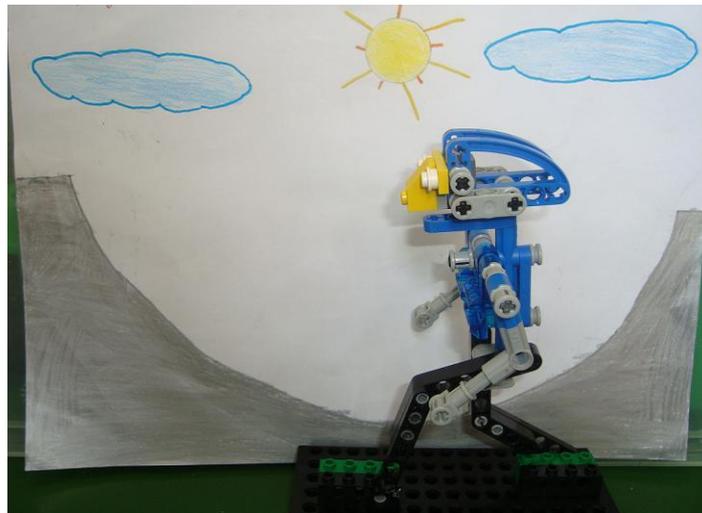


Figura 28 Esqueitista1

O boneco foi montado exatamente como a revista propunha. O cenário criado pelo grupo faz referência ao nome do boneco: Esqueitista. O desenho ficou desproporcional, dificultando a inserção do boneco à cena para a fotografia. Para posicionar o boneco eles o apoiaram em uma placa construída com vigas.

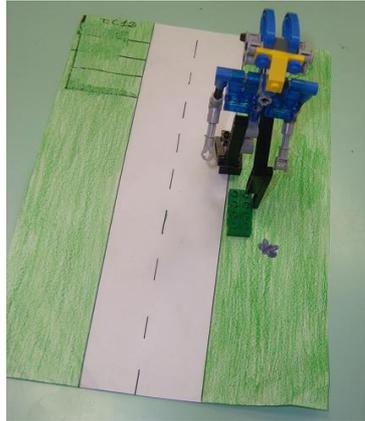


Figura 29 Esqueitista2

Este cenário foi montado de maneira que não apresenta uma referência quanto ao tamanho do boneco, pois a largura de uma pista não é padrão. Como o boneco ficou sobre o cenário, a imagem criada era “limpa”. Além disso, é possível observar que, nessa montagem, os alunos fizeram os pés do boneco com cores diferentes. Outras mudanças com relação ao boneco “original” são a cor dos olhos e o tamanho do braço. Tal fato demonstra que os passos da revista não foram seguidos rigorosamente. O motivo pode ser a não observância do tamanho do eixo colocado no braço (pegaram um maior do que o indicado) e das cores apresentadas na revista. Selecionaram para os olhos e para os pés peças com o mesmo formato e função das indicadas, porém com outras cores.

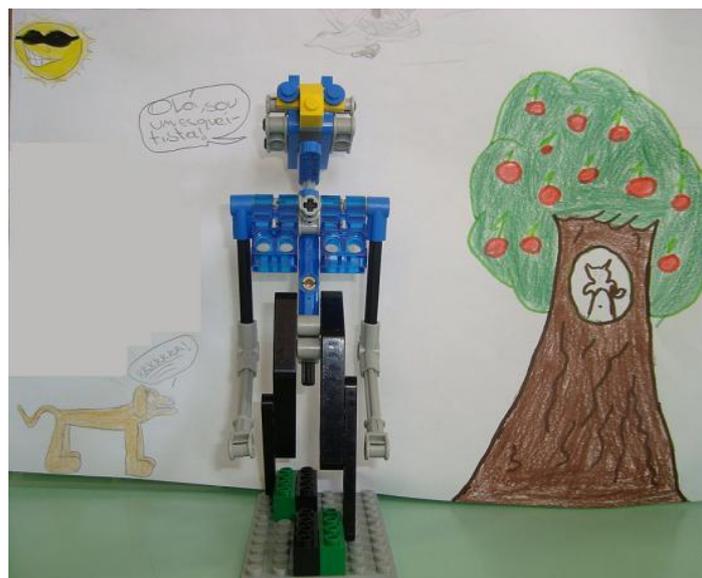


Figura 30 Esqueitista3

O grupo preocupou-se com a proporção. O boneco seria do tamanho de uma pessoa. Acrescentaram falas para o boneco e para o cachorro desenhado. O

cenário proposto foi pensado na inserção do robô à cena. Este grupo também fixou o boneco a uma prancha para tirar a fotografia e apresentou algumas diferenças, em termos de construção, com relação ao boneco da revista. Os olhos colocados são azuis, enquanto a revista sugeria peças brancas. Os eixos usados para formar o braço e o antebraço do robô montado são maiores do que os indicados na revista, apesar de serem das mesmas cores.



Figura 31 Esqueitista4

Este cenário foi elaborado sem fazer referência ao tamanho do robô. Poderia ser o fundo de uma fotografia com outro elemento qualquer. Essa ideia foi utilizada por outros grupos. Percebeu-se, ao observar as fotografias, que o uso de muitas cores dificulta a observação dos detalhes do robô. Detalhes esses que podem ser comparados aos da revista e questionadas as diferenças encontradas. A peça sugerida para ser o “cotovelo” do robô é cinza e foi utilizada uma azul com o formato quase igual (a cinza apresenta um ângulo maior que 90°). Além disso, o eixo que representa o braço é maior que o indicado.

Diário de bordo

A diagramação da revista não foi de tão fácil compreensão como inicialmente pensado. Alguns grupos buscavam montar seu protótipo igual ao desenho, mas não observavam o tamanho das peças nem o lugar exato dos encaixes. Como os grupos dividiram as tarefas de montar o boneco e criar o cenário nem todos os alunos se envolveram com a leitura da revista.

Alguns alunos comparavam o tamanho da peça retirada da maleta com a imagem na revista, considerando que a imagem estivesse em tamanho real – o que não é verdadeiro – e se confundiam na montagem.

Foi necessário parar a aula e explicar como a revista estava organizada: nos quadros com borda preta - ao lado direito – estão indicadas as peças necessárias para esse passo da montagem e a imagem maior indica onde e como essas peças devem se encaixar. Além disso, o número que aparece em preto acima da peça indica o tamanho da mesma. E, ainda, para medir é necessário comparar com um bloco e contar quantos “pinos” a peça tem. O número que aparece ao lado do desenho da peça indica quantas dessas deverão ser utilizadas.

Um grupo ficou observando a imagem do boneco pronto e tentando “adivinhar” quais peças e como seriam utilizadas. Foi necessário intervir e rerepresentar o passo a passo da revista.

O boneco se assemelha a um humanoide, despertando carinho entre o grupo que o montou. O orgulho pela montagem concluída com êxito aumentou a resistência a desmontá-lo para guardar as peças.

Apesar das insistentes solicitações, os alunos guardaram várias peças no lugar errado, mostrando que ainda não reconheciam as “categorias” de peças indicadas na maleta.

Análise

A diagramação da revista acabou se tornando uma dificuldade e, sua leitura, um objetivo desta aula. Como coloca Papert “Qualquer coisa é simples se a pessoa consegue incorporá-la ao seu arsenal de modelos; caso contrário tudo pode ser extremamente difícil” (1988, p. 13) Os esquemas de ação (VERGNAUD, 1993) podem ser partes de um arsenal de modelos. A revista não fazia parte do arsenal de modelos de portadores de texto conhecidos pelos alunos. Assim como a leitura de um gibi é diferente da leitura de um poema e um texto informativo é diferente de uma narração com diálogos, a leitura dessa revista é diferente de outras revistas às quais os alunos têm acesso. A maneira como as informações são apresentadas e a importância de cada elemento na ilustração da montagem são imprescindíveis de

serem aprendidas. Assim, esse modelo de portador de texto pode passar para o arsenal de modelos conhecidos pelos estudantes.

Apesar de conseguirem concluir a montagem, os bonecos não ficaram idênticos ao proposto pela professora-pesquisadora. A identificação das peças e suas sutis diferenças não foram observadas pelos alunos. A funcionalidade do protótipo com o qual se envolveram se sobrepôs aos detalhes de cor ou tamanho de cada peça.

Além disso, a divisão das tarefas permitiu que os alunos trabalhassem mais focados e sem desentendimentos, porém cada aluno só se envolveu em uma das partes do trabalho: cenário ou boneco.

AULA 3

Montagem do macaco a partir da revista. Com o protótipo montado deveriam ser feitas alterações para que ele atingisse a maior altura possível.



Figura 32 Macaco

Registro dos cadernos dos alunos

Tabela 2 Registro dos cadernos da aula 3

Concluimos	Sim	100%
Consideramos	fácil	93%
	médio	7%
Peças principais*	Cremalheira	80%
	Rosca sem fim	80%
Matemática no projeto**	Número de peças	27%
	Tamanho das peças	20%
	Encaixes	27%
	Medida (tamanho, altura)	20%
* o total soma mais de 100% porque alguns grupos indicavam mais de uma peça como resposta		
** o total não soma 100% porque estão na tabela apenas os registros mais frequentes.		

Nos registros surgiram como peças principais, além do que está apresentado na tabela, algumas que não são usadas na montagem como sensores, motor, RCX e extrator.

Nas respostas para a pergunta “O que havia de Matemática no projeto?” apareceram expressões do tipo: “Contar as vigas para saber o tamanho”; “comprimento”; “cálculo para não deixar torto”; “o tamanho das peças”; “número dos buracos”; “o centímetro de altura”; “altura e simetria”; “metade de onze”; “calcular os furinhos na hora de encaixar”. Observo que foi mantida a grafia original no intuito de preservar na íntegra esses registros. Isso comprova que a identificação do tamanho das peças ainda é um desafio para os alunos. Além disso, o fato de estarem presos a ideia de que conhecimentos de matemática são informações numéricas os conduz a observar os números presentes na revista e identificá-los como conhecimento matemático. Mas alguns apresentam, junto aos números, outros conceitos como paralelismo, evidenciado no registro de um grupo na forma “cálculo para não deixar torto” e medidas, registrado por dois grupos como “o centímetro de altura” e “comprimento”.

Registro das montagens dos alunos

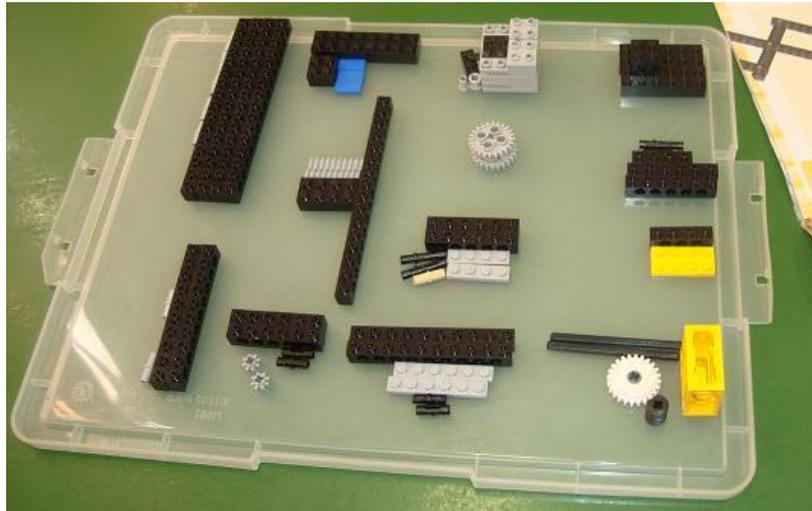


Figura 33 Organização das peças

Este grupo, antes de iniciar a montagem, separou todas as peças necessárias para a execução do projeto. É possível observar que a organização do espaço de trabalho era uma preocupação dos alunos.

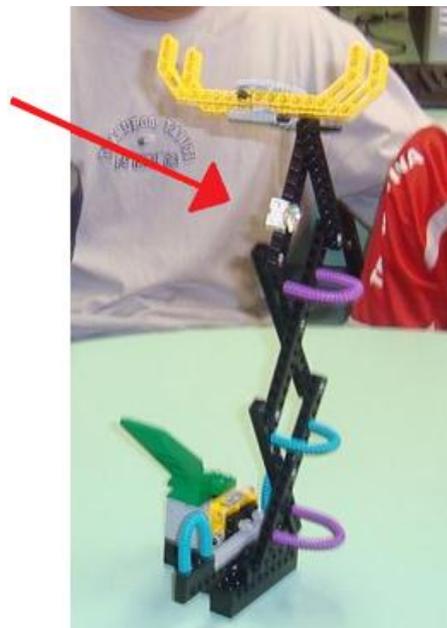


Figura 34 Macaco 1 com destaque para os adereços

Este macaco apresenta a implementação de garras na parte final do macaco, mostrando que foi pensada a função do objeto real, que é levantar objetos pesados. No mesmo projeto se observa o acréscimo de peças exclusivamente decorativas, como o farol (em destaque). Este grupo não acrescentou cremalheiras para ampliar o movimento do macaco.



Figura 35 Macaco 2 com destaque para as cremalheiras

Para alcançar maior altura esse grupo acondicionou o macaco montado a uma estrutura com rodas. Pode-se observar que também acrescentaram um par de cremalheiras (em destaque) ao projeto original permitindo que o macaco se movimentasse (subindo ou descendo) por mais tempo.



Figura 36 Macaco 3 com destaque para a manivela

Esse projeto possui um sistema de manivela (em destaque) bastante prático para acionar o funcionamento do macaco. Assim como o macaco apresentado na figura 35, este foi acoplado a uma estrutura com rodas. Além dessas alterações, um par de cremalheiras extras foi adotado para que o macaco realizasse movimentos de maior amplitude.

Diário de bordo:

Os alunos fizeram a leitura da revista com menos dificuldade, todos utilizaram o passo a passo da montagem para executar a tarefa, apesar da legenda indicativa do tamanho das peças continuar sendo ignorada pela maioria dos alunos.

Foi apresentada, em uma pausa das montagens, a cremalheira, uma peça que transforma o movimento circular em movimento linear; apesar de haver, na página em que ela aparece na montagem, um boneco explicando sua função, nenhum aluno havia lido essa informação.

O caderno de registros (um caderno que seria utilizado por um grupo de cada uma das turmas atendidas) foi instituído.

No registro escrito, apenas 3 dos 15 grupos observados não citaram as cremalheiras como peça fundamental do projeto – o que indica que a pausa feita e as explicações dadas os fez pensar sobre a função e a importância dessa peça no projeto.

Assim como a cremalheira, a rosca sem fim foi discutida e sua função – não parar de girar e deixar a rotação mais lenta – apresentada pela professora-pesquisadora. Tal fato também colaborou para que esta peça aparecesse em 12 dos 15 registros escritos.

As peças foram localizadas na maleta na hora da montagem, porém não foram guardadas no lugar correto (cremalheira e rosca sem fim). A rosca sem fim está indicada em um dos compartimentos: “eixos, luvas, tubos, roscas sem fim”, mas foi colocada junto com os conectores, assim como a cremalheira, que deveria ser colocada no compartimento “peças cinzas diferentes” e foi colocada junto às engrenagens e polias – não por todos os grupos. Os eixos de tamanho 2, que deveriam estar junto dos demais eixos, foram depositados junto às buchas e conectores por se assemelhar visualmente aos conectores pretos.

Dois grupos construíram carros em que o macaco ficava em cima (apresentado nas figuras 35 e 36); só nessa alteração ganharam bastante altura. Foi discutido se essa alteração estava de acordo ou não com a solicitação e se concluiu que sim: a combinação era deixar o macaco atingir maior altura, mas não foi dito no que se deveria mexer.

Dos 15 grupos, 5 acrescentaram cremalheiras – que era o esperado. Esses grupos demonstraram ter entendido a função dessa peça e como mexer nesse mecanismo para que o movimento ganhasse maior amplitude.

Todos os grupos conseguiram responder corretamente à pergunta: “Girando em sentido horário ele sobe, o que acontece se girarmos em sentido anti-horário?” Os retornos para essa pergunta mostram que compreendem a reversibilidade dos movimentos efetuados pelo protótipo.

Muitos grupos tiveram dificuldade de responder a pergunta: “Por que ele parou de subir aqui?”. “Se o objeto não tivesse parado, era possível subir mais?” Poderia subir até as hastes ficarem totalmente na vertical. Quatro grupos disseram que esse era o máximo, não percebendo o funcionamento global do objeto. Foram instigados a analisar as peças que se movimentavam quando faziam o macaco subir; identificaram as mesmas e perceberam que se houvesse mais cremalheiras o objeto subiria por mais tempo e, conseqüentemente, mais alto.

Dos 15 grupos, apenas um não tomou cuidado na hora de encaixar as peças e as hastes não ficaram paralelas; quando foram subir totalmente o macaco para comparar as alturas e verificar qual seria o grupo vencedor do desafio, o macaco inclinou suas hastes para a esquerda e ficou o mais baixo dos protótipos.

Análise

É possível afirmar que nessa aula os alunos conseguiram se apropriar de um esquema de leitura da revista e montagem do protótipo. Na página 31 é apresentada uma definição, a partir da Teoria dos Campos Conceituais (VERGNAUD, 1993), onde um esquema se refere à organização da ação fazendo uso de conhecimentos acerca da situação enfrentada. O esquema esperado dos alunos é o esquema de montagem, feito a partir da leitura da revista, uma vez que muitos elementos eram negligenciados. Quando a importância desses elementos se torna conhecida pelos alunos, eles passam a organizar a ação de montagem da seguinte maneira: pegar na maleta as peças indicadas no quadro com borda preta observando o tamanho indicado em um círculo preto e a quantidade em cinza; encaixar as peças selecionadas no lugar correto, observando as setas verdes da ilustração.

Este esquema de ação permite, inclusive, que mais de um integrante do grupo participe da mesma etapa de montagem, pois um separa as peças e outro vai encaixando-as. Os conhecimentos necessários para que essa tarefa seja executada com êxito é a compreensão da leitura da revista.

Também é apresentada na página 31 uma definição analítica que aponta os quatro componentes de um esquema (VERGNAUD, 1993): objetivo e antecipações; tomada de informações; invariantes operatórios; possibilidades de inferência. É possível identificar cada um desses elementos no esquema de ação de montagem:

Objetivo e antecipações: executar o passo da montagem, encaixar corretamente as peças.

Tomada de informações: leitura da revista observando todas as informações importantes sobre tipo, tamanho e encaixe das peças.

Invariantes operatórios: A seleção das peças observando a função das mesmas.

Possibilidades de inferência: discussão, nos grupos, quando surge a questão “Por que ele parou de subir aqui?”. Na discussão se evidenciava a compreensão ou não do funcionamento do projeto como um todo e as alterações que teriam que ser feitas para alcançar o resultado desejado: atingir maior altura.

O funcionamento básico (levantar ou baixar as hastes a partir do movimento de uma manivela) foi percebido por todos os grupos, porém algumas singularidades passaram despercebidas por vários deles.

A conversa, na forma de questionamentos partindo da professora-pesquisadora, acerca do protótipo, auxiliou os grupos na compreensão dos mecanismos “internos” e das peças que os travavam ou impulsionavam. Os questionamentos eram feitos para o grupo de maneira geral, o que os incentivava a discutir entre si esclarecendo alguns fatos para os colegas e permitindo que quem havia compreendido explicasse para os demais.

A montagem de um modelo pronto – como o da revista – não garante o aprendizado de um sistema que gera determinado movimento (mecanismo como manivela-engrenagem-rosca sem fim), tampouco a garantia da percepção de que

esse mecanismo poderá ser utilizado em outros protótipos, pois as “motivações” dos alunos ficam por conta de fazer igual ao modelo indicado. A necessidade de alteração é que os envolve na compreensão da função de cada peça e do projeto de maneira global. Na apresentação de todos os trabalhos para a turma os grupos se preocupavam com a impressão que seu macaco passaria para os colegas (gostaram ou não, acharam feio ou bonito etc) além da ansiedade que experimentavam para saber qual dos protótipos atingiria maior altura.

Analisando os registros apresentados no caderno, observa-se dúvidas que surgiram e que foram identificadas como portadores de conteúdos matemáticos, por exemplo, “metade de onze”. Possivelmente esse grupo quis posicionar uma peça bem no meio de outra que tinha onze pinos de comprimento e teve que resolver esse problema. Os encaixes foram motivo de repetidas contagens e aparecem no registro como “calcular os furinhos na hora de encaixar” ou “número dos buracos”.

AULA 4

Montagem da balança a partir da revista. Com o objeto montado deveria ser preenchida uma tabela com o “peso” de determinadas peças usando o bloco 2x2 como unidade.

Registro dos cadernos dos alunos:

Tabela 3 Registro dos cadernos da aula 4

Concluimos	Sim	100%
Consideramos*	Fácil	75%
	Médio	25%
	Difícil	6,25%
Peças principais*	Junta azul ou conector	62,5%
	Vigas pretas	50%
	Pranchas	25%
Matemática no projeto**	Frações	81%
* os totais somam mais de 100% porque alguns grupos marcavam mais de uma opção em cada resposta		
** os totais não somam 100% porque estão na tabela apenas os registros mais frequentes.		

Além disso, apareceram nos registros de peças principais roldanas e rosca sem fim que não eram usados nessa montagem. Foram identificados como peças principais “os pratos” da balança, porém as peças usadas como tais são as rodas brancas.

Registros das montagens dos alunos:



Figura 37 Balança do grupo 7

Balança do grupo 7 realizando a comparação entre 4 blocos 2x2 e um bloco 2x8. É possível observar que as pranchas cinzas da base não estão dispostas de maneira equidistante.

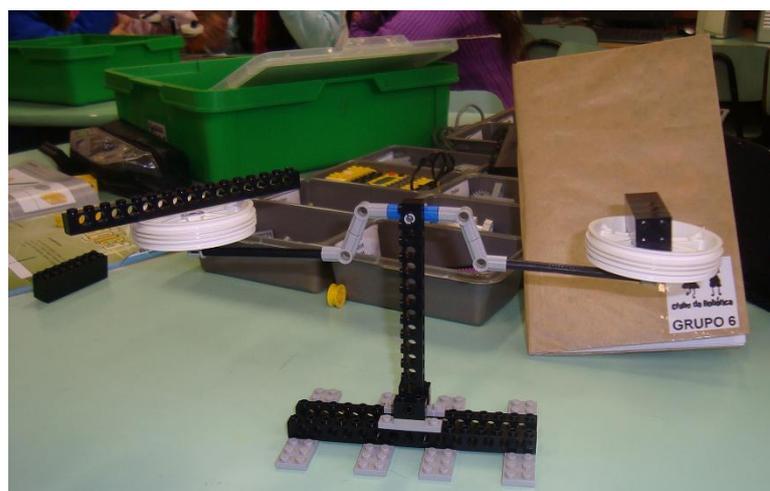


Figura 38 Balança do grupo 6

Balança montada pelo grupo 6 no momento em que era feita a comparação entre uma viga 1x16 e 4 blocos 2x2.



Figura 39 Balança do grupo 8

Área de trabalho do grupo 8 com lápis, caderno, revista e a maleta. Na balança, a comparação entre 4 blocos 2x2 e um bloco 2x8. No canto superior direito da figura se observa um conjunto de rodas fixadas por um eixo. Esse objeto foi montado por um integrante do grupo que não estava participando das “pesagens” e se envolveu com outras tarefas que não eram o foco da aula.

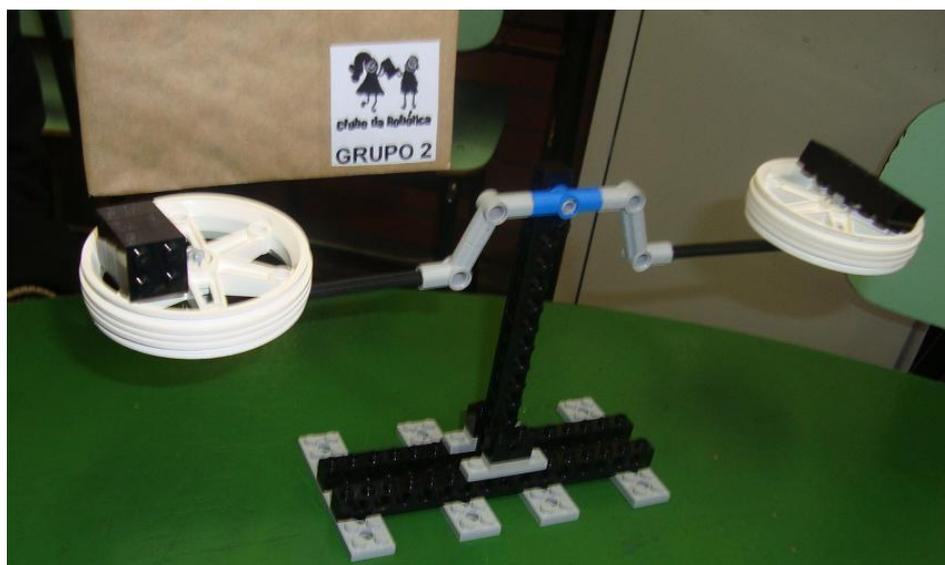


Figura 40 Balança do grupo 2

Balança montada pelo grupo 2 efetuando a comparação entre 3 blocos 2x2 e um bloco 2x6.

Diário de bordo:

A montagem é simples e rapidamente os grupos estavam com a balança pronta para a exploração do protótipo.

Muitos grupos analisaram a montagem como um todo e dividiram em etapas que poderiam ser montadas separadamente. Pelo menos 9 dos 16 grupos fizeram essa divisão. Se são dois conjuntos de peças montados de determinada maneira, 2 alunos os realizam ao mesmo tempo e a montagem tornou-se mais eficiente (no quesito tempo).

Dos 16 grupos, 4 selecionaram peças de tamanho diferente do indicado na revista e montaram uma balança que não ficava em equilíbrio (pois um braço estava mais extenso que o outro). O *bug* foi apresentado à professora que o devolveu questionando “Os dois lados estão iguais?” Os 4 grupos identificaram o erro de montagem e o corrigiram.

Dos 16 grupos, 3 ficaram muito exigentes quanto ao alinhamento da balança para garantir o equilíbrio e não conseguiam aceitar as soluções apresentadas pelos colegas e tampouco encontrar outra. Foi comentado com os estudantes que a balança construída não era perfeita, as peças poderiam ter pequenas diferenças de peso e até de forma (devido a desgaste de uso ou mau uso), mas deveriam considerá-las iguais.

Análise

Alguns alunos de 8 dos 16 grupos, para fazer o registro na forma de frações, perguntavam “Qual é o que vai em cima mesmo?”, indicando que não haviam compreendido a relação entre os pesos. Nesses casos, foi solicitado que conversassem entre eles, no grupo, para resolver a questão.

A fração é explorada, na escola, como relação parte-todo. A grande maioria desses alunos conseguiria responder qual a fração correspondente a parte pintada da figura 41, porém não compreendem a fração como uma forma de registrar uma divisão.

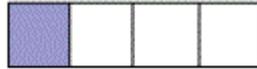


Figura 41 Exemplo de fração explorado na escola

A abordagem feita para que preenchessem a tabela da revista foi “Pensem em cada bloco 2x2 como se fosse 1 kg. Agora imaginem que em um dos pratos estão dois blocos 2x2 e no outro, 6 pranchas 1x4. Se a balança está em equilíbrio, quantos kg tem de cada lado? (DOIS, pois temos 2 blocos de 1 kg) Então qual o peso de cada prancha 1x4? Seria 2 dividido por seis, porque todas elas são iguais e, portanto, pesam a mesma coisa. Podemos armar o cálculo de divisão ou representar na forma de fração $2/6$.”



Figura 42 Balança comparando blocos 2x2 com pranchas 1x4

Compreendendo essa situação, não é necessário decorar “Qual é o que vai em cima” como os alunos queriam, é preciso pensar como uma situação semelhante a dividir lápis, laranjas ou dinheiro.

O aluno responsável pelo registro foi incumbido, pelos grupos, de registrar todas as medidas com a balança em equilíbrio. Tal fato fez com que muitos alunos não pensassem sobre a relação das peças ou sobre a escrita dessa medida na forma de fração. Em grupos com alunos que demonstraram oralmente ter compreendido a relação existente e a maneira de registrá-la, o registro entregue continha muitos erros, pois o grupo não havia discutido as questões, mas incumbido um integrante de tal tarefa. Na tentativa de que todos se envolvessem na atividade de registro, os alunos receberam uma tarefa para resolver individualmente onde era apresentada uma situação semelhante (descrita na página 61). Essa atividade foi

resolvida em casa, depois de retomar o funcionamento da balança de dois pratos e identificar o apontador como unidade. O apontador do exercício seria como o bloco 2x2 da robótica.

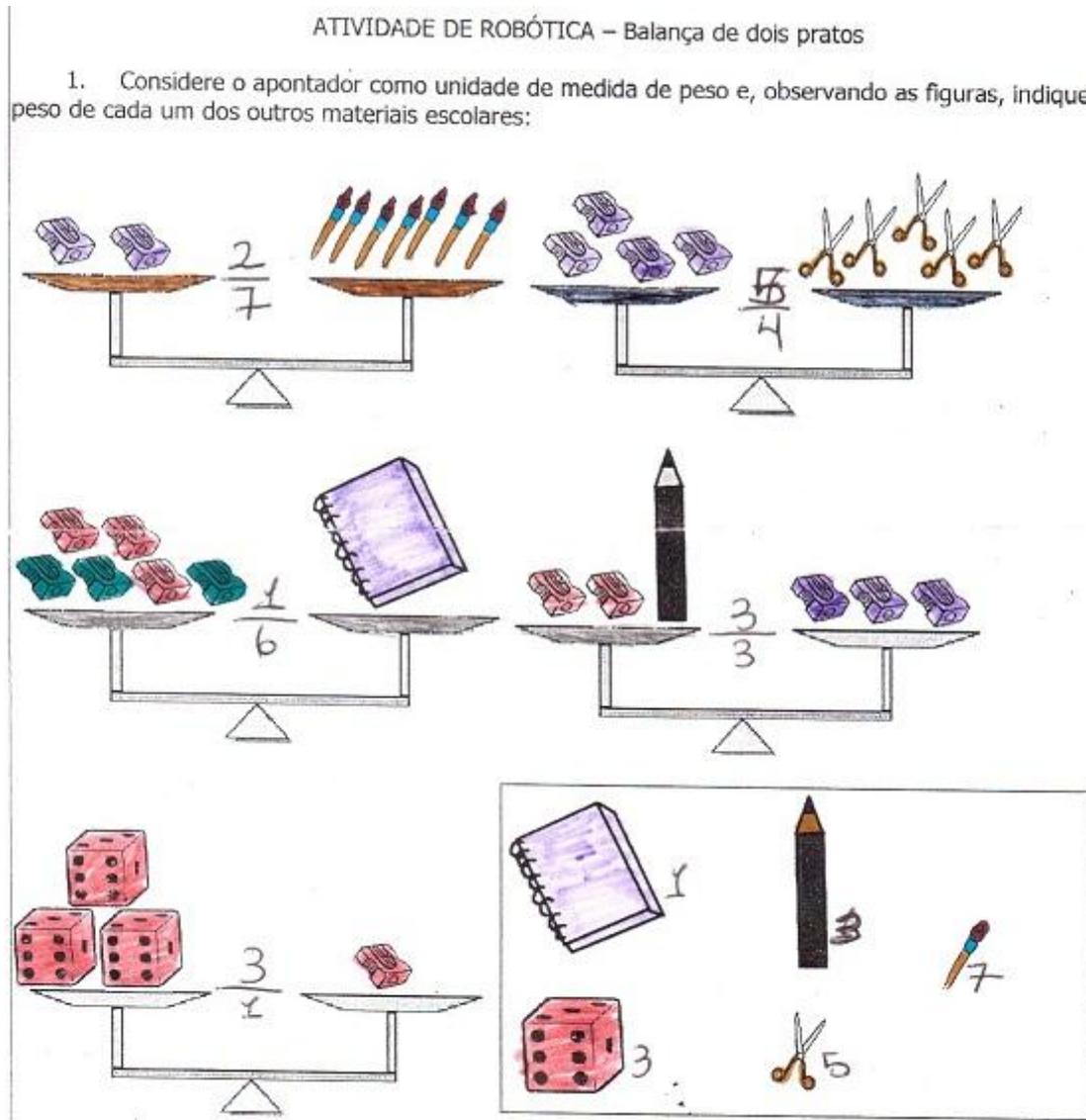


Figura 43 Atividade individual envolvendo a balança

Essa aluna montou as frações usando um esquema de ação que não envolvia os conceitos corretamente. A relação entre o apontador e o pincel foi colocada da maneira esperada. Os números utilizados para a montagem das frações que faziam as correspondências apontador/caderno, apontador/tesoura e apontador/dado estão colocados na fração nas posições invertidas. Além disso, é possível observar que o registro do “peso” deveria ser feito no quadro do canto inferior direito da folha e, ali, ela foram colocados números naturais que não representam o “peso” desses objetos.

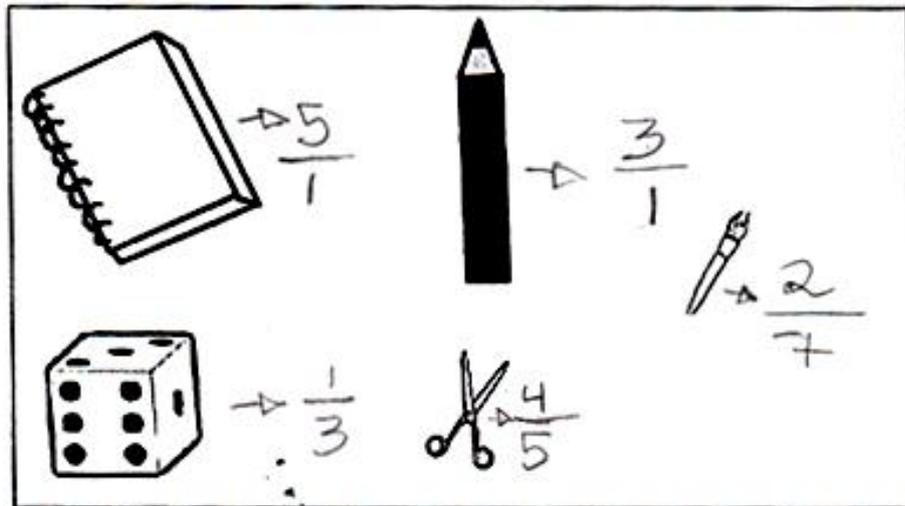


Figura 44 Atividade individual envolvendo a balança 2

Esse aluno conseguiu resolver corretamente o exercício com exceção da indicação do “peso” do lápis e do caderno. O exemplo do lápis divergia das resoluções envolvendo a balança, onde colocávamos sempre peças iguais em um prato. E o caderno pode ter sido um erro na contagem dos apontadores, pois o número 5, usado como numerador da fração, não faz sentido no desenho.

Instigante foi perceber que os alunos que registraram equivocadamente os “pesos” dos objetos respondiam corretamente quando oralmente questionados se o dado era mais pesado ou mais leve que o apontador da figura. Ao formular a resposta “Porque precisa de três pra ficar igual” ficou evidente que a dificuldade estava no registro. Montar a fração era colocar um número “em cima do outro” e esses números eram as unidades de peças em cada prato da balança. Em sala de aula, sem o material da robótica, o registro da divisão na forma de fração foi feito de maneira mais enfática e passou a ser a forma utilizada pela professora no lugar do símbolo $4 \div 2$.

AULA 5

Montar, sem consulta às revistas, um carro que pudesse ser motorizado, ou seja, que funcionasse a partir das pilhas e do RCX.

Registro dos cadernos dos alunos:

Nesse dia não foram feitos registros escritos, pois todo o tempo foi dedicado à montagem do carro.

Registros das montagens dos alunos:

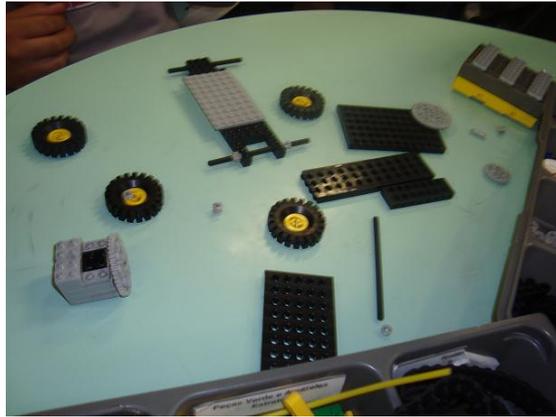


Figura 45 Carro desmontado

Um dos grupos montou o carro sem utilizar engrenagens. Quando questionado sobre como ligar o movimento das rodas ao movimento do motor, o desmontaram sem desorganizar o que já haviam feito e acrescentaram as engrenagens e o motor.



Figura 46 Carro 1

O carro apresentado na figura 46 foi montado com uma estrutura bem simples e com todas as engrenagens corretamente conectadas. Alguns encaixes estavam muito frágeis e precisaram ser reforçados para a sustentação do RCX e para colocar o carro em movimento.



Figura 47 Estrutura do carro

Esse grupo dedicou muito tempo à estrutura do carro. Seus integrantes demonstraram interesse em criar um carro utilizando as peças amarelas e demoraram muito tempo tentando manter a estrutura unida e comportar o motor. Não concluíram o desafio.



Figura 48 Grupo montando o carro

No grupo apresentado na figura 48 foi possível perceber que cada integrante buscava soluções para a execução do projeto. Eles conversavam sobre o que desejavam e partiam para exploração do material atrás de soluções individualmente. Quando um deles conseguia, apresentava a ideia para o restante do grupo que avaliava se acataria a sugestão.



Figura 49 Grupo montando o carro 2

A figura 49 retrata o envolvimento de todos os integrantes na realização do projeto. É um aluno que faz o encaixe, mas os demais estão atentos e participam com sugestões, dicas e dúvidas.

Diário de bordo:

Os alunos de 10 dos 16 grupos iniciaram pela escolha das rodas e logo as conectaram, duas a duas, com os eixos e os dois eixos com uma ou várias vigas.

Dos 16 grupos, 3 conectaram uma das rodas diretamente ao motor. Esses grupos não conseguiam inserir a quarta roda, pois uma estava ligada ao motor e as outras duas em um eixo na parte traseira do carro. Dois dos grupos colocaram dois motores.

Os grupos que usaram o conjunto motor-roda foram questionados sobre o funcionamento dos carros reais:

- O que significa tração traseira e dianteira?
- Como seria tração nas 4 rodas?
- Será que se a roda da direita sair do chão e a esquerda girar ela também gira ou fica parada no ar?

Depois de perceber que as rodas seriam ligadas por eixos, a maioria (15 dos 16 grupos) montou todo o carro sem colocar engrenagens em nenhum dos eixos, não conseguindo fazer as rodas se moverem com o motor.

Foi feita uma explicação geral sobre o sistema motor-engrenagem-eixo (apresentado na figura 18, página 61) e os grupos partiram para as modificações nos projetos em andamento.

Cada grupo tinha um participante mais envolvido em enfeitar e acrescentar detalhes à aparência dos carros, o *designer* do grupo.

Ao serem informados que deveriam montar o mesmo carro na próxima aula, 3 dos 16 grupos registraram algumas informações do projeto.

Análise

A condução do trabalho com os alunos seguiu na linha de uma atividade que poderia ser proposta no software LOGO.

- O que queremos que o carro faça?
- Como dizemos isso para ele?
- Que peças são capazes de permitir ao carro que ele execute os movimentos como queremos?

A insegurança em criar sem o apoio de uma revista que possui a resposta certa estava estampada nos rostos. Ao mesmo tempo, a sensação de criar algo “como eu quero” também tomava conta do espaço da sala de projetos. Era a primeira vez que o RCX e as pilhas entravam nos projetos, isso os excitava. Na aula 3 havia sido feita uma discussão sobre onde seria encaixado o motor caso fosse utilizado. Os grupos partiram para a escolha das rodas e pensaram logo na carroceria, no formato que teria o carro. Deparando-se com a falta de engrenagens apontada pela professora, investiram tempo na solução do problema “colocar o carro em movimento” e deixaram os detalhes da aparência de lado.

Papert coloca que quando crianças vão programar com o software LOGO, iniciam por

observar cuidadosamente alguém engajado na atividade que se deseja que o programa imite e tentar chegar a regras que possam ser programadas para fazer o computador agir de forma semelhante. (PAPERT, 2008, p. 160)

A atividade proposta era bastante semelhante. Não havia um carro dentro da sala para que os alunos o observassem, mas o carro faz parte do cotidiano dos alunos. As questões propostas durante a montagem e registradas no diário de bordo serviam para que as propriedades e o funcionamento dos carros reais viessem à tona para serem “copiados” no protótipo a ser construído. Inclusive na hora de definir onde seria frente do carro, os alunos pensavam no carro real, que tem o motor na frente. Porém, nos carros montados o motor ficava próximo às rodas, como a tração escolhida era traseira, o motor acabava ficando na parte traseira do carro.

AULA 6

O carro da aula anterior deveria ser montado novamente em um intervalo de tempo de 20 minutos. Depois, na sala de informática, a programação do RCX para deslocamento do carro seria explorada.

Registro dos cadernos dos alunos:

Não foi feito registro escrito nesse dia. A professora-pesquisadora salvou os programas criados pelos alunos no ROBOLAB[®].

Registro das montagens dos alunos:

Captura dos vídeos que registraram os testes com os carros motorizados.



Figura 50 Carro 1 andando

O carro da figura 50 funcionou corretamente. Em seu *layout* podem ser observadas as peças amarelas, desejo do grupo registrado na aula 5. O posicionamento do motor também diferia dos outros projetos, pois ficou “dentro” do carro montado.



Figura 51 Carro 2

O carro não andou. O motor se soltou da estrutura quando a engrenagem acoplada a ele girou. Foi verificado que o problema estava no encaixe entre a engrenagem acoplada ao motor e a engrenagem acoplada ao eixo que continha as rodas.



Figura 52 Carro 3 andando

O carro apresentava uma assimetria, escolhidas as rodas dianteiras e traseiras de tamanhos diferentes. O carro andou, mas o encaixe do motor era frágil e depois de alguns segundos o motor começou a patinar. Bastava apertar o encaixe do motor que ele voltava a funcionar.



Figura 53 Carro 4 andando

O carro da figura 53 mostrou-se o mais veloz. Os encaixes estavam firmes e a escolha das engrenagens permitiu que ele alcançasse velocidade maior que os demais carros utilizando o motor com a mesma potência.

Encaminhamento e registro das programações dos alunos:

Depois de apresentados os ícones do programa (Planejamento da aula 6), os alunos foram questionados sobre os ícones que seriam utilizados para que o carro andasse para frente e parasse. Os ícones que deveriam aparecer nessa programação foram dispostos na mesa de trabalho de cada computador (área roxa).

A discussão a respeito da medida de deslocamento foi bastante rica. O RCX não possui sensor de distância, então se conclui que o carro deveria se deslocar para frente por determinado tempo. Os alunos reconheciam que, dependendo da construção, do peso do carro, da seleção das engrenagens, o carro andaria uma distância maior ou menor no mesmo tempo. A disposição dos ícones ainda não era fonte de preocupação de um grande número de grupos. As figuras 54, 55, 56 e 57 são exemplos de como os alunos dispuseram os ícones selecionados.



Figura 54 Disposição dos ícones da programação 1



Figura 55 Disposição dos ícones da programação 2

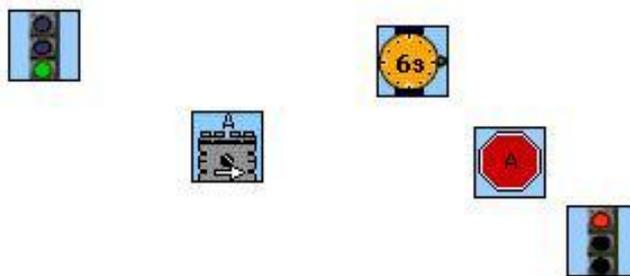


Figura 56 Disposição dos ícones da programação 3

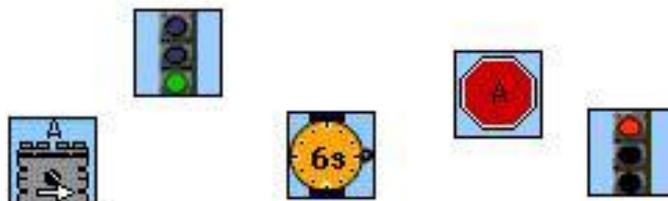


Figura 57 Disposição dos ícones da programação 4

Foi proposto que completassem a programação de maneira que, quando acionada, o carro andasse para frente, parasse e voltasse de ré até o lugar de onde havia saído.

Os grupos conseguiram selecionar os ícones responsáveis por fazer o carro voltar de ré até o local de onde saiu. Em função de terem organizado o espaço para poucos ícones, alguns não conseguiam colocar os ícones onde queriam. Foi retomada a ferramenta apresentada na figura 21 (página 63) que permite que os ícones que estão na mesa de trabalho sejam arrastados para outro lugar.

Depois de ter os ícones da programação na mesa de trabalho é necessário fazer uma ligação entre esses ícones na ordem em que devem ser lidos (executados pelo RCX). Para essa função usa-se a ferramenta carretel (Conectar fio). Quando a ligação está correta a linha de ligação é rosa, quando está com erro ela fica preta e branca. As programações feitas pelos alunos estão apresentadas a seguir:

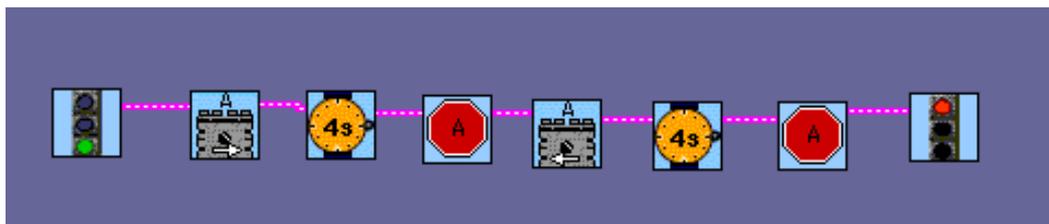


Figura 58 Programação completa 1

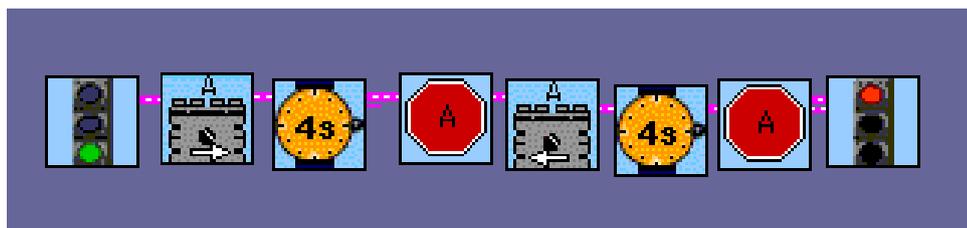


Figura 59 Programação completa 2

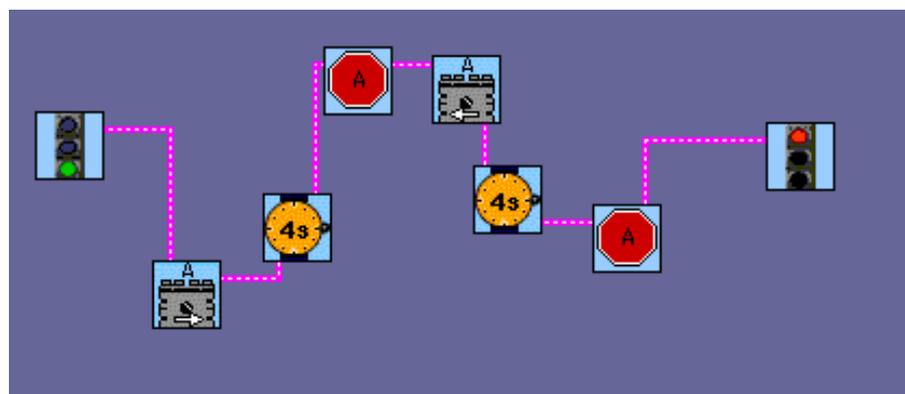


Figura 60 Programação completa 3

Diário de bordo:

Poucos grupos lembravam com detalhes do seu projeto anterior, mas lembravam onde encaixar o motor e como conectar as rodas.

Dos 16 grupos, 4 não conseguiram montar o carro em 35 minutos e fizeram a programação sem ter um carro para testá-la.

Todos tiveram muita dificuldade para transmitir a programação para o RCX pela torre de infravermelho; a ideia foi abandonada e passaram a fazer os carros andarem ligando o motor (sem usar a programação).

A programação para a ida do carro foi montada com bastante intervenção, pois os ícones e as possibilidades estavam sendo apresentadas pela primeira vez, mas a programação para que o carro voltasse de ré para o lugar de onde saiu foi feita sem auxílio e todos os grupos conseguiram fazer.

Não foi visto o robô (carro) executar a programação feita, mas oralmente os grupos demonstraram compreender os possíveis *bugs* e o funcionamento do software.

As diferentes velocidades dos carros foram questionadas e comentadas pelos alunos, que observaram as engrenagens usadas, e essa questão ficou para ser discutida em outro momento.

Análise

A programação, mesmo sendo simples, contém detalhes que são difíceis de comentar com um grupo tão grande. Alguns detalhes ficaram superficiais, como a potência do motor e a função das portas de entrada do RCX.

Os alunos mostravam-se bastante ansiosos por automatizar os carros, o que os envolveu bastante na tarefa de programar e de se organizar para que todos os carros fossem testados.

AULA 7

A partir da revista, montar o gerador.

Registro dos cadernos dos alunos:

Nesta aula não foram realizados os registros no caderno.

Registro das montagens dos alunos:

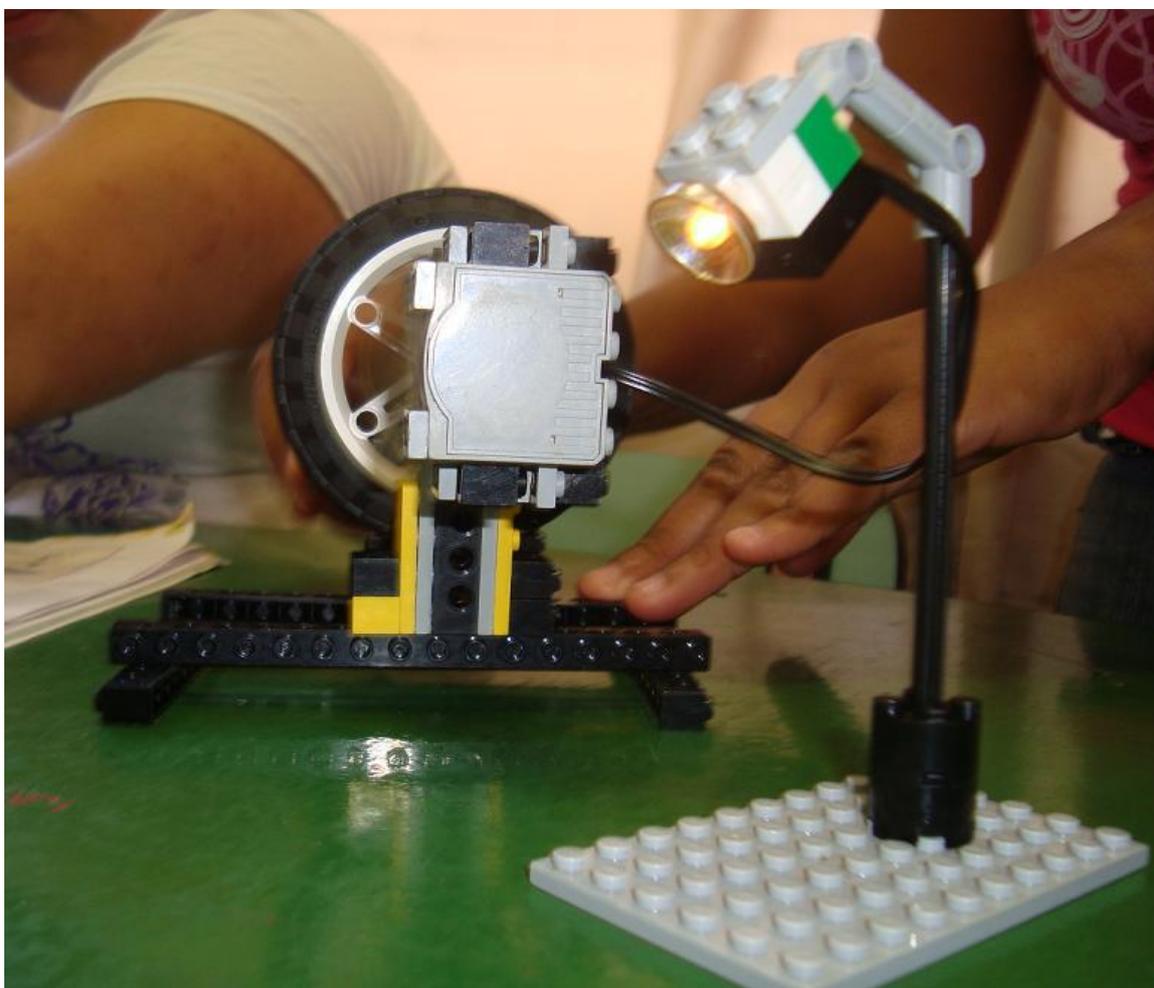


Figura 61 Gerador montado e funcionando

A figura 61 apresenta o gerador montado e a lâmpada acesa, comprovando o funcionamento do sistema.



Figura 62 Envolvimento do grupo na montagem

A figura 62 retrata um grupo cujos três integrantes estão envolvidos na montagem. Na mesa se identificam alguns pedaços do gerador que são montados de maneira independente: um dos alunos está selecionando as peças na maleta e os outros dois estão fazendo encaixes.



Figura 63 Atenção dedicada à atividade

Aluno encaixando o fio ao motor observando a revista aberta a seu lado.

Diário de bordo:

A possibilidade de fazer o farol acender deixou os alunos empolgados com a montagem do dia.

Os grupos dividiram as etapas de montagem e conseguiram envolver mais integrantes nesse processo. Além disso, concluíram o protótipo em um curto espaço de tempo.

Com os protótipos prontos foram propostas questões que buscavam as semelhanças e as diferenças entre o protótipo montado e um gerador de uma usina hidrelétrica:

- Onde passaria a água?
- O que ela faria? Ou, que parte ela movimentaria?
- De que material deveria ser feito o protótipo para ser usado com água?
- De que formato seria a “roda” movimentada pela água?

A maioria dos alunos inicialmente respondeu que a água moveria a manivela, mas quando questionados sobre como isso ocorreria, perceberam que ela agiria um pouco depois, direto na roda, tornando a manivela dispensável. O formato da roda foi observado e se chegou a conclusão de que seria com pás, semelhante a um moinho. Para usar na água os fios deveriam estar melhor protegidos, mas o material plástico serviria para essa finalidade.

Análise

A observação do protótipo em funcionamento e a identificação de sua função no cotidiano trouxeram conhecimentos prévios à tona. A discussão sobre fontes de energia e o questionamento sobre seu funcionamento resultou numa observação atenta e na percepção global do objeto montado. Da mesma maneira, pensando nas adaptações para cada fonte de energia (eólica, hidrelétrica) os detalhes foram examinados e mudanças que poderiam ser feitas foram apontadas pelos alunos. Para fazer um cata-vento teria que ser bem leve, e com outro formato. (Colocação de um aluno.)

Papert coloca que “Não é usar a regra que resolve o problema; é pensar sobre o problema que promove a aprendizagem.” (PAPERT, 2008, p.91) Ele está falando sobre o uso das regras de resolução de problemas apontadas por Polya¹⁸. Ele afirma que as regras são importantes, mas mais importante é pensar sobre o problema, conhecê-lo. Na robótica funciona da mesma forma. Não é montando a partir das instruções da revista que se aprende; mas pensando sobre o funcionamento do protótipo montado e em possíveis alterações que podem torná-lo mais eficiente em um ou outro ambiente, para uma ou outra tarefa.

A montagem do gerador a partir da revista resulta em um gerador que acende uma lâmpada a partir do movimento da manivela. É um protótipo interessante e bastante próprio para discussões de Física (eletricidade, movimento), Matemática (relação entre os tamanhos das engrenagens) e Geografia (fontes de energia), porém essas discussões não são intrínsecas ao objeto; é preciso despertá-las a partir de questionamentos. A relação entre as engrenagens de tamanhos diferentes poderia impulsionar um estudo sobre proporções bastante aprofundado, que neste estudo foi feito de maneira intuitiva.

As engrenagens presentes no protótipo são de tamanhos bem diferentes: a maior e a menor da maleta, apontadas na figura 64. Quando a manivela é movimentada, as duas giram, mas em velocidades diferentes. Independentemente da velocidade com que a manivela é movida, a menor engrenagem sempre gira mais rápido que a maior.

Para melhor elucidar esta questão foram discutidas algumas questões com os alunos:

- O que aconteceria se trocássemos as duas engrenagens de posição?
- A lâmpada acenderia com mais ou com menos intensidade?
- Se as duas engrenagens fossem iguais, o que mudaria no funcionamento do gerador?

¹⁸ A arte de resolver problemas, George Polya, 1986.

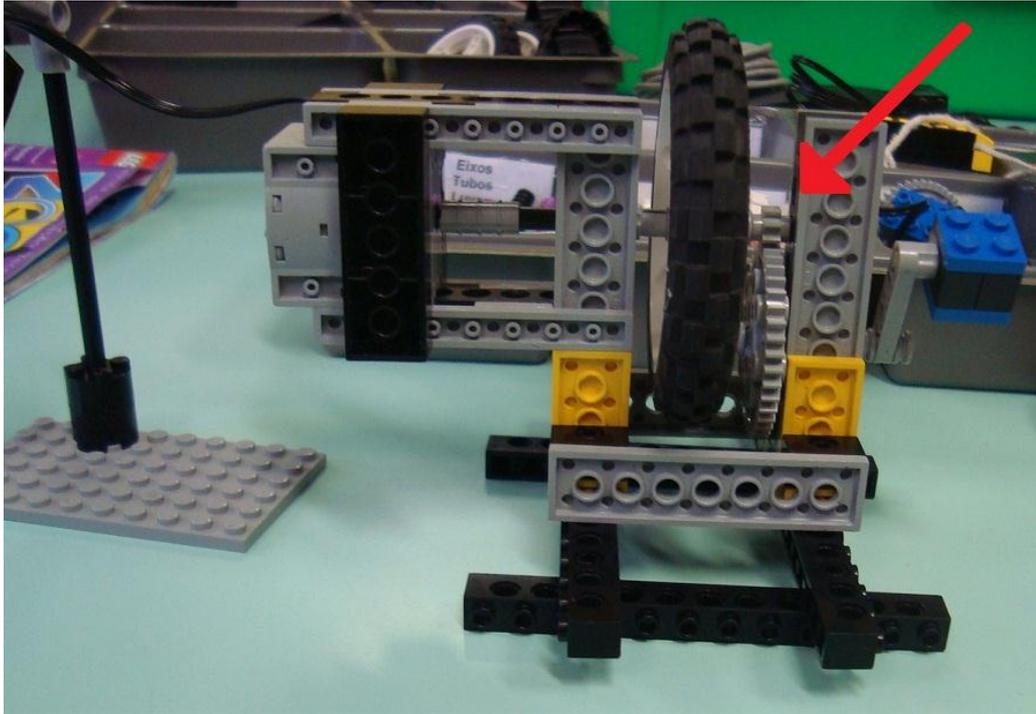


Figura 64 Gerador montado com destaque para as engrenagens

As respostas obtidas dos alunos demonstraram que os mesmos compreenderam, intuitivamente, que o movimento da manivela era o mesmo da engrenagem maior. Já o motor que passava a energia para a lâmpada estava conectado à engrenagem menor que girava com velocidade bem maior, transformando um movimento relativamente lento da manivela em um movimento rápido do motor, gerando mais energia para acender a lâmpada.

AULA 8

Com base nas montagens anteriores (carro motorizado e gerador) criar um carro, sem consultar as revistas, que acenda o farol quando se desloca.

Registro dos cadernos dos alunos:

Nessa aula não foram feitos os registros nos cadernos.

Registro das montagens dos alunos:

Captura dos vídeos que registraram os testes com os carros que acendiam o farol ao entrar em movimento.



Figura 65 Carro com estrutura simples

O carro da figura 65 apresenta uma estrutura bem simples. Os encaixes não estavam finalizados, é possível observar que as rodas estão presas aos eixos, mas não há buchas para impedir seu movimento. O protótipo funcionava sem se desmontar por ser um carro muito leve.



Figura 66 Carro com o farol aceso

O protótipo se assemelha aos modelos reais apresentando o farol na frente. A figura 66 mostra que o farol acendeu corretamente quando o carro estava em movimento. Pela imagem é possível observar que o aluno pressiona o motor

enquanto empurra o carro. Isso aconteceu porque os encaixes do motor à carroceria estavam sensíveis e ele se soltava quando o carro entrava em movimento.



Figura 67 Carro robô

O modelo criado por este grupo de meninas se assemelha aos robôs vistos na televisão, como mencionado por elas, o robô que faz a chamada do programa Big Brother Brasil, com rodinhas e uma lâmpada onde seria a “cabeça”. A captura do vídeo apresentada mostra que o farol acendeu quando o robô entrou em movimento.

Diário de bordo:

Dos 16 grupos, 5 iniciaram novamente colocando um motor diretamente ligado à roda. Somente desmontaram tal esquema depois de colocada a questão “Para onde vai andar esse carro quando esse motor for acionado?”

A montagem foi realizada por todos os grupos, porém os alunos que não estavam presentes em algum dos encontros anteriores (aulas 6 e 7) estavam visivelmente perdidos quanto à noção do projeto geral. Mesmo assim, as discussões dos grupos já expressavam certa compreensão de cada parte do carro e dos encaixes que deveriam haver entre elas.

As engrenagens utilizadas foram escolhidas de maneira que encaixassem (tamanho, distância entre os furos das vigas) e não de maneira que tornassem a energia transmitida para o farol maior. Depois de prontos os protótipos, os grupos

foram questionados sobre o que poderia ser modificado para que a luz acendesse de forma mais intensa. Apenas 4 grupos responderam corretamente e fizeram a transformação. Os demais concluíram que bastava empurrar o carro mais depressa.

Análise

Nesse encontro as antecipações foram fundamentais. A ausência de um modelo, como a revista, exigiu que os alunos pensassem sobre o problema a ser resolvido e buscassem problemas semelhantes já resolvidos por eles. A proposição era juntar os mecanismos das aulas 6 e 7 em um único objeto: carro com motor, que acendesse o farol.

“A automatização, evidentemente, é uma das manifestações mais visíveis do caráter invariante da organização da ação.” (VERGNAUD, 1993 p.3) Quando a proposta foi lançada e envolvia a montagem de um carro, automaticamente os alunos selecionaram as quatro rodas que seriam utilizadas. Eles especificavam o funcionamento e dizendo “carro que acenda o farol” a peça que contém a lâmpada já era imediatamente retirada da maleta. Embora isso tenha acontecido e demonstre uma organização de ação, foi ainda mais interessante observar quando já foram colocados para fora da caixa também os eixos e algumas engrenagens.

As antecipações e os conhecimentos-em-ação estiveram presentes nas mesas de todos os grupos. A ansiedade por encaixar as peças e ter seu carro funcionando transbordava a sala onde estavam. Muitas ideias surgiam em um mesmo grupo e, internamente, deveriam ser gerenciadas para que a montagem acontecesse.

A relação entre os tamanhos das engrenagens ainda não foi foco principal na hora de elaborar o projeto. Quando o grupo decidia onde as engrenagens ficariam, buscava na maleta algum conjunto que se acomodasse ao espaço destinado para tal. O projeto poderia ser feito no sentido contrário: “quero esse conjunto de engrenagens, como o acomodo?” Mas encontrar um conjunto que servia a seu modelo de carro já trazia os conhecimentos sobre o sistema rodas-motor-lâmpada. Com os protótipos prontos, na hora de testá-los eram colocadas questões semelhantes às da aula 7:

- O que aconteceria se trocássemos as duas engrenagens de posição? O farol do carro acenderia com maior ou menor intensidade?

- Se as duas engrenagens fossem iguais, o que mudaria no funcionamento do carro?

A maioria dos grupos conseguiu melhorar o aproveitamento da energia dada ao carro, usando um conjunto de engrenagens com tamanhos diferentes e encaixadas de maneira correta. Além disso, depois que o carro estava funcionando, os encaixes foram ajustados, reforçados e corrigidos.

AULA 9

Montagem da ponte rolante a partir da revista.



Figura 68 Ponte rolante

Registro da montagem dos alunos:

Nesse encontro não foram feitos registros fotográficos nem filmagens.

Registro dos cadernos dos alunos:

Tabela 4 Registro dos cadernos da aula 9

Concluimos	sim	87%
	não	13%
Consideramos	fácil	7%
	médio	80%
	difícil	13%
Peças principais*	Polias ou roldanas	100%
	elásticos	60%
	motor	33%
	rodas	33%
Matemática no projeto**	Peso ou força	27%
	Medidas ou distância	33%
* os totais somam mais de 100% porque alguns grupos marcavam mais de uma opção em cada resposta		
** os totais não somam 100% porque estão na tabela apenas os registros mais frequentes.		

Diário de bordo:

A falta de elásticos e o estado em que se encontravam os disponíveis prejudicou o funcionamento de alguns protótipos.

Dos 16 grupos, 2 construíram, depois de aprontar a ponte rolante, um caminhão para representar a tarefa do protótipo construído.

Ao concluírem a montagem, os grupos se davam conta de que não havia como acionar o motor sem o RCX e que o mesmo não estava disponível nesta aula. Foram orientados pela professora a substituir o movimento automático por uma manivela.

A discussão com os grupos depois de pronto o protótipo foi na linha de perceber o que deve ser feito para fazer e desfazer as tarefas solicitadas:

erguer um objeto → girar para a direita

desfazer a ação “erguer um objeto” → girar para a esquerda

baixar um objeto → girar para a esquerda

desfazer a ação “baixar um objeto” → girar para a direita

Análise

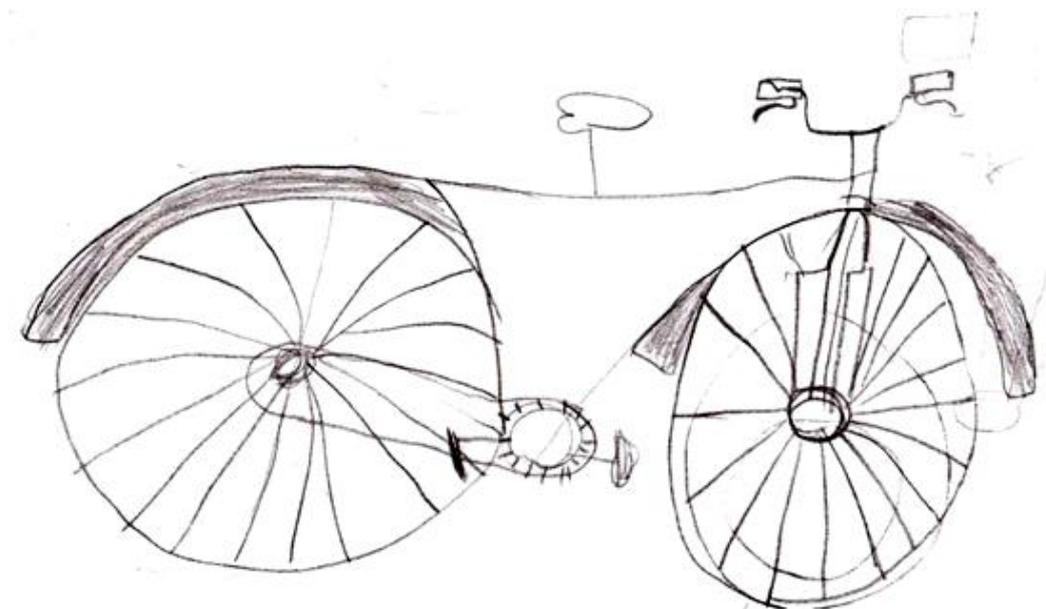
A percepção do funcionamento do objeto construído foi apresentada pelos alunos que simularam o içamento de peças de LEGO® com o protótipo. A representação de objetos do cotidiano remete a diferentes conhecimentos prévios e permite que detalhes observados na realidade sejam incorporados ao objeto montado com LEGO®. Na parte em que se encaixa o objeto a ser içado foi implementado um gancho, imitando a ponta dos guindastes vistos nas ruas da cidade.

Mesmo sendo um projeto montado a partir da cópia da revista, os grupos conseguiram fazer a alteração e acrescentar a manivela. A compreensão do objetivo do protótipo permitiu que outro mecanismo de transmissão de movimento fosse responsável pela execução do movimento desejado. Isso se deve ao fato de a montagem ter sua parte “mecânica” bem exposta e semelhante ao sistema de engrenagens explorado nas aulas anteriores.

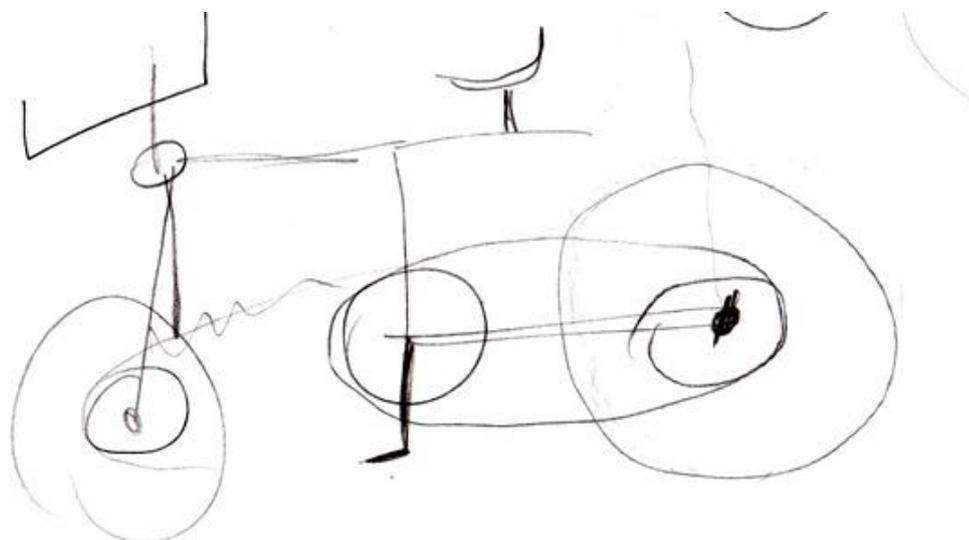
A analogia feita com os cálculos não surtiu o efeito esperado, pareceu forçada para os alunos e desconectada do contexto onde o projeto se apresentava: transporte de objetos pesados.

AULA 10

Criação de um projeto gráfico (desenho) de uma bicicleta. Depois disso, montagem de uma bicicleta ou triciclo que se movimentasse a partir do movimento dos pedais e tivesse guidom que girasse para os lados.

Registro dos projetos dos alunos:**Figura 69 Projeto da bicicleta 1**

Este projeto se assemelha muito a uma bicicleta real, apresentando os para-lamas e os manetes de freios. Não há evidências de associação de peças de LEGO® que possam servir na montagem.

**Figura 70 Projeto da bicicleta 2**

O projeto da figura 70 contém menos detalhes, e está claro que se trata de um esboço. Apresenta os elementos mais importantes e que devem estar presentes na montagem: pedais, rodas, guidão, correia. Também não apresenta as peças que podem ser utilizadas na execução do projeto.

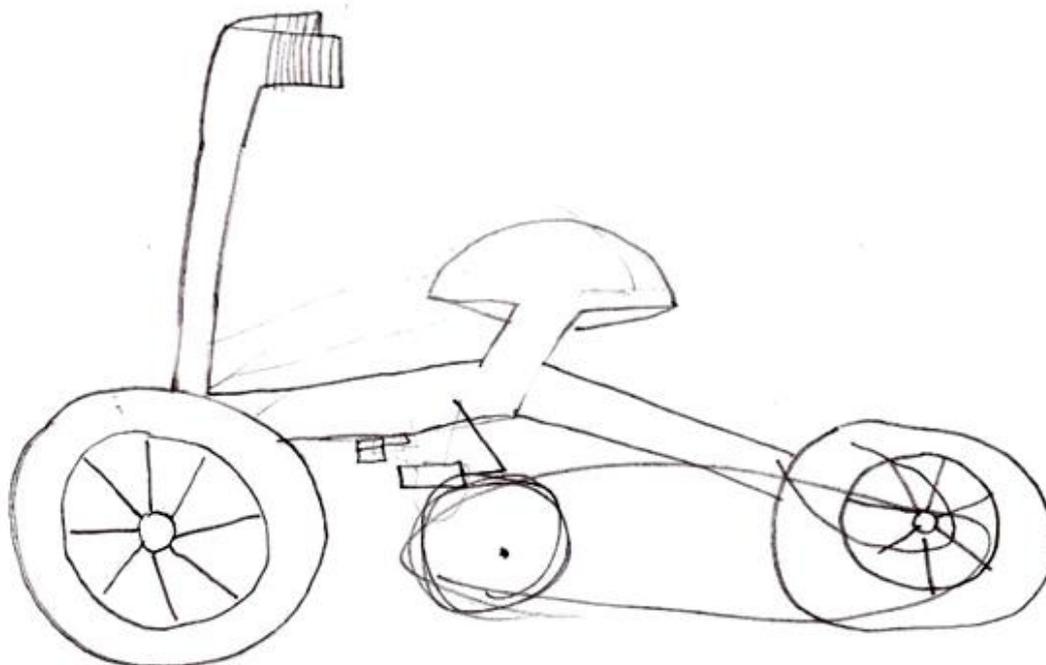


Figura 71 Projeto da bicicleta 3

Este projeto, da figura 71, apresenta outro modelo de bicicleta. O desenho não contém pedais e não esclarece como a parte central da correia se fixa à parte onde fica o banco.

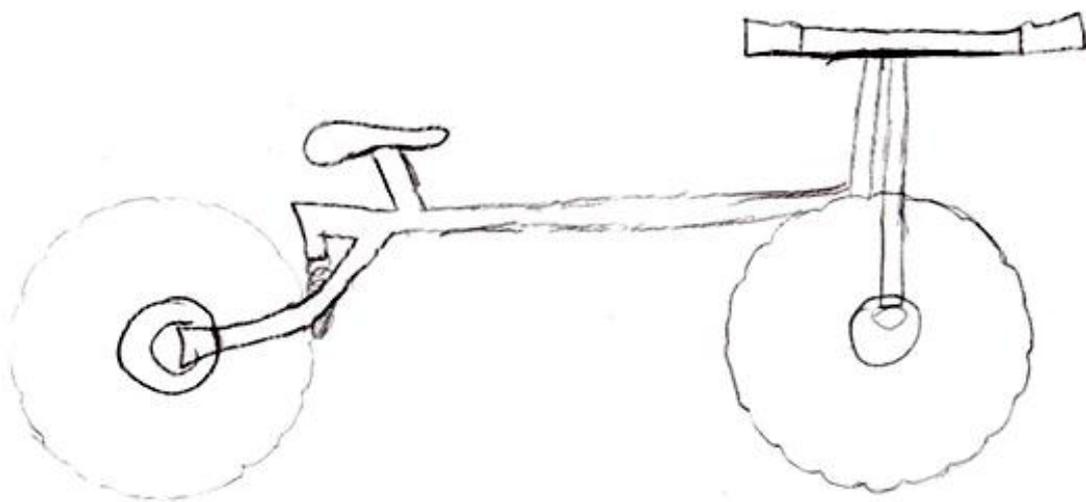


Figura 72 Projeto da bicicleta 4

Essa bicicleta tem várias semelhanças com o modelo da realidade, mas não apresenta pedais nem correia. Tampouco indica peças de LEGO® para a montagem do protótipo.

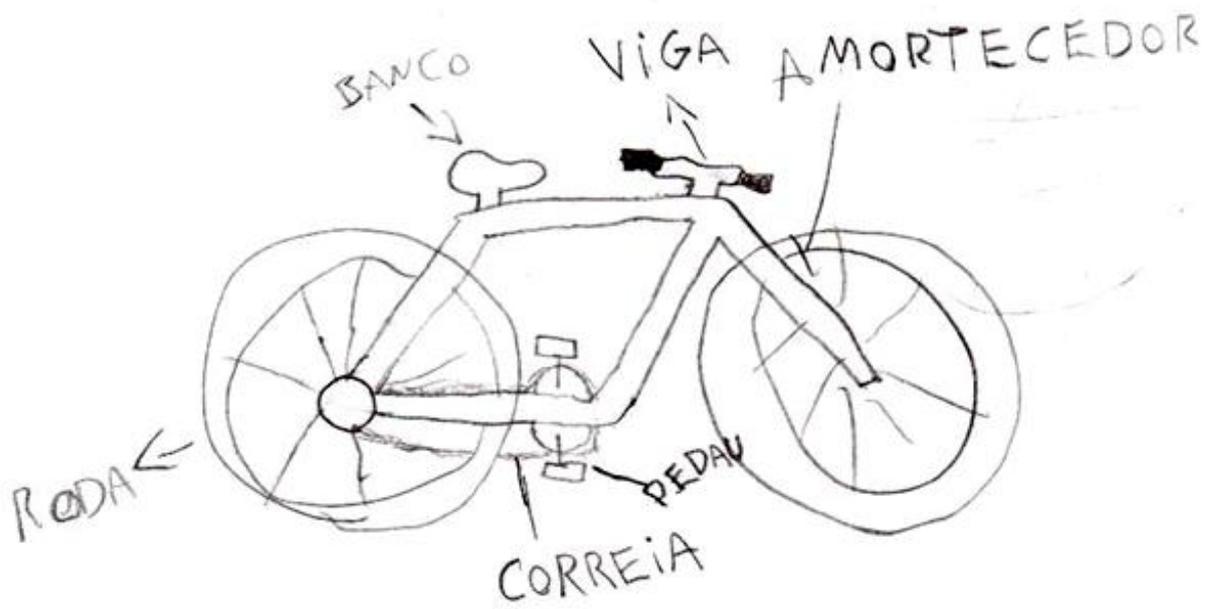


Figura 73 Projeto completo da bicicleta 5

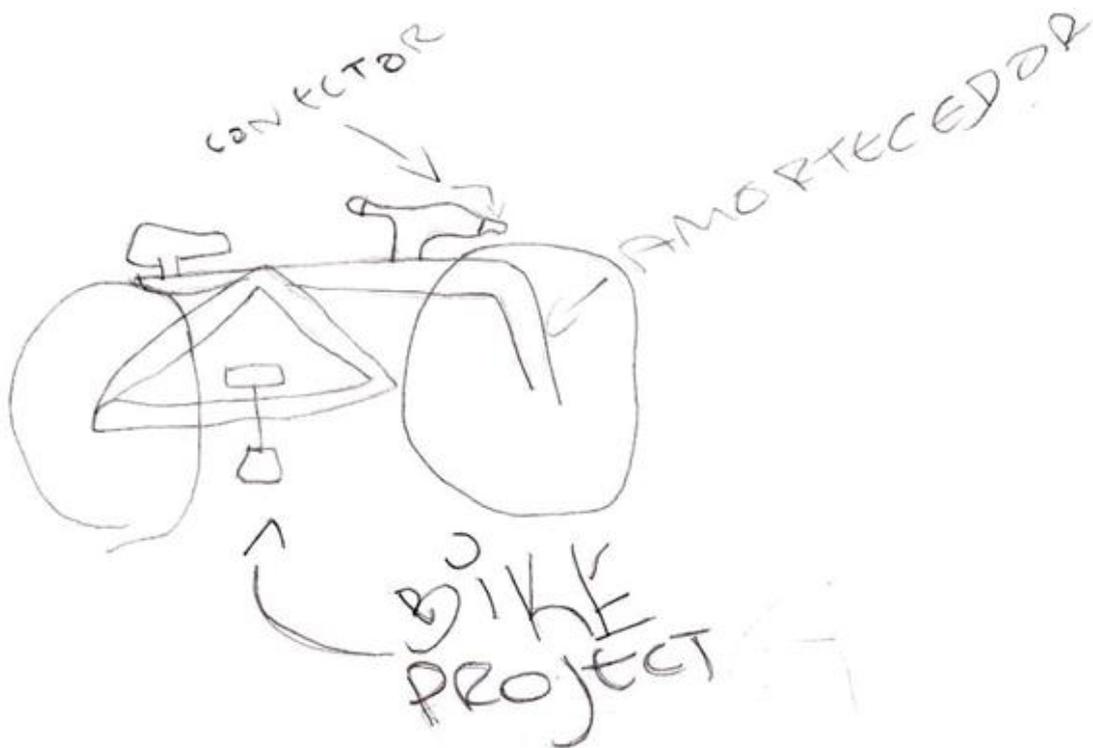


Figura 74 Elementos do projeto da bicicleta 5

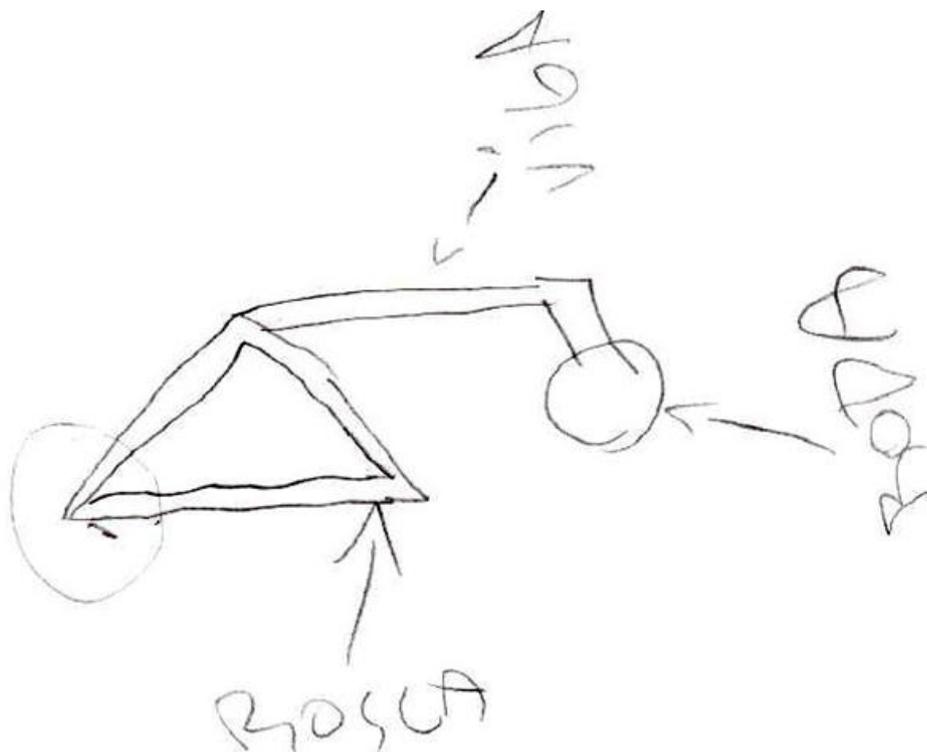


Figura 75 Peças usadas no projeto da bicicleta 5

O grupo responsável pelo projeto apresentado nas figuras 73, 74 e 75 foi bastante detalhista no registro gráfico. Apontaram os elementos da bicicleta real e fizeram algumas indicações de peças de LEGO® que poderiam servir para o projeto. O desenho apresenta o projeto dividido em partes e pode-se observar que essas partes são coerentes com o desenho completo (mesmo formato e encaixes propostos). A bicicleta montada por este grupo está registrada na figura 76, que aparece na próxima página.

Registro da montagem dos alunos:

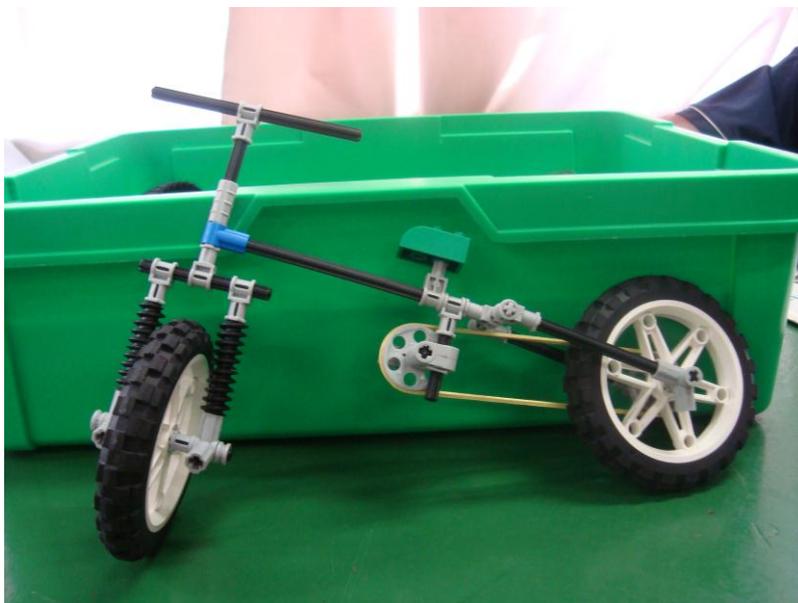


Figura 76 Bicicleta 1

A bicicleta montada e apresentada na figura 76 atendia todas as exigências propostas. Desafio superado com sucesso!

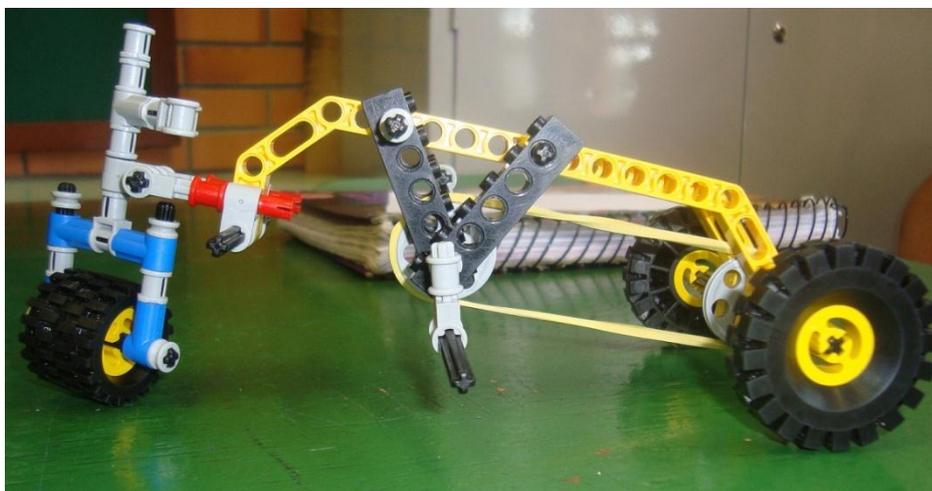


Figura 77 Bicicleta 2

A bicicleta da figura 77 segue o modelo de um triciclo. Sua estrutura, apesar dos detalhes, é simples. Não possui banco e o guidom só tem haste para um dos lados. O encaixe do guidom com o garfo foi feito de maneira singular, usando um conjunto de peças bastante diferente dos utilizados pelos outros grupos. O detalhe da roda dianteira ser composta por duas rodas menores para ficar mais grossa agradou os colegas.



Figura 78 Bicicleta 3

A bicicleta montada se assemelha a uma bicicleta real. É possível observar a utilização de polias de diferentes tamanhos junto aos pedais, permitindo a troca de marcha.



Figura 79 Bicicleta 4

O triciclo da figura 79 tem uma estrutura esguia. Intencionalmente o grupo selecionou eixos longos para fazer as vezes de garfo e de quadro. O posicionamento do banco está feito de forma que é impossível pedalar estando sentado, mas visualmente agradou ao grupo.



Figura 80 Bicicleta 5

A bicicleta montada por esse grupo rendeu orgulho aos seus criadores. Além de atender às exigências, foi elogiada pelos colegas pelos detalhes. Faltou acrescentar um banco, mas os alunos indicaram que essa peça era desnecessária em uma bicicleta.

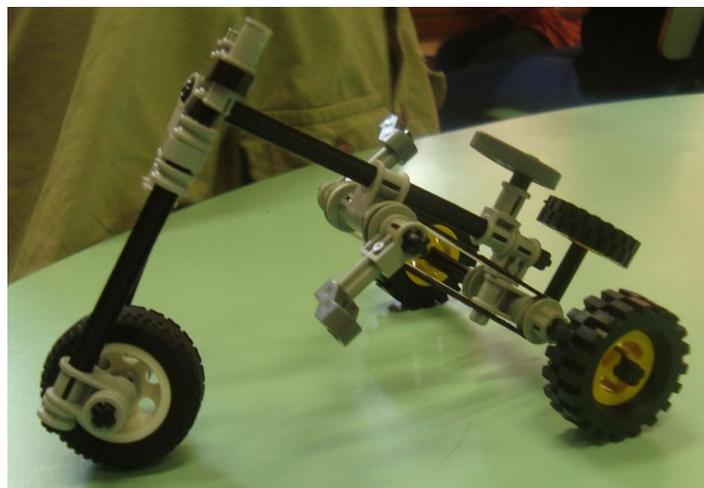


Figura 81 Bicicleta 6

A figura 81 apresenta um triciclo com vários detalhes que o diferenciam de um triciclo comum. Ele possui um sistema duplo de correias que funcionam juntas, além de um step na parte traseira. O banco foi colocado em uma posição que permite o alcance dos pedais quando se está sentado. Talvez sentado o piloto não alcance as mãos no guidom, mas essa dificuldade não incomodou os criadores desse protótipo.

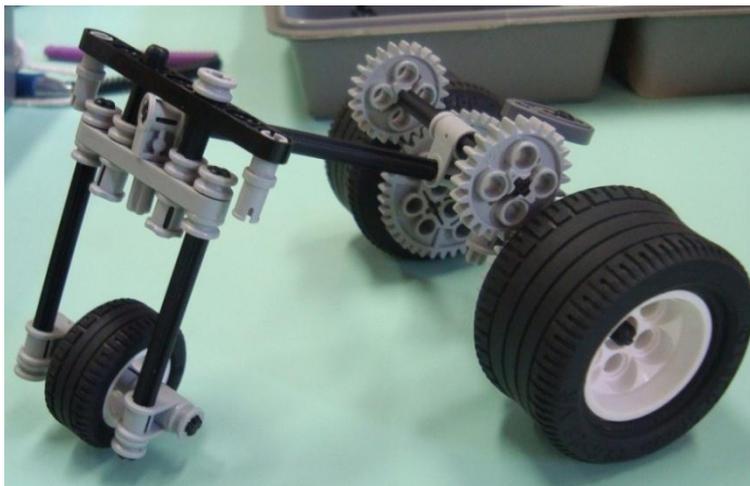


Figura 82 Bicicleta 8

O triciclo da figura 82 ficou com uma aparência carregada, com muitas informações. É possível perceber a simetria empregada no projeto e a utilização de peças diferentes das outras pelos demais grupos. Porém esse triciclo não possuía pedais, não atendendo a uma exigência importante do desafio.



Figura 83 Bicicleta 9

A bicicleta montada atendia às exigências propostas e ainda apresenta uma proporcionalidade bastante semelhante à das bicicletas reais. O posicionamento do banco e o tamanho do guidom foram implementados cuidadosamente e buscando copiar o modelo do cotidiano. Uma diferença entre esse protótipo e as bicicletas comuns é o formato do quadro que, nesse caso, é duplo. Também aparece na figura 83 a implementação de um “pezinho” que segurava a bicicleta de pé. Essa necessidade surgiu para fotografar o protótipo.

Análise:

O projeto gráfico exigiu um exercício de antecipação. A alusão a uma bicicleta real traz, mais uma vez, o cotidiano e os conhecimentos prévios de cada um para o ambiente da sala de aula. O desafio a ser solucionado não é “montar uma bicicleta”, mas consiste de pequenos desafios, configurados de maneira que cada parte da bicicleta funcione: “montar a correia”, “como fazer um garfo”, “como encaixo o quadro ao guidom”, “de que formato são os pedais e como eles entram no projeto” etc. Outra vez, intuitivamente, o grupo de alunos discutiu com a professora o tamanho das engrenagens ou polias a serem utilizadas. E questões do tipo abaixo foram propostas para essa discussão:

- A diferença na velocidade para girar que percebemos nas engrenagens dos carros também acontece com o uso de polias?
- Como fazemos pra trocar de marcha numa bicicleta?
- O que acontece se eu tiver uma engrenagem grande junto aos pedais e uma pequena junto à roda traseira?

As respostas dadas não são julgadas como certas ou erradas, mas a busca pela resposta era feita a partir da manipulação das peças e dos mecanismos. Para os alunos, saber robótica não é responder corretamente às perguntas formuladas pela professora, mas encontrar respostas e justificativas para suas montagens no próprio projeto.

Não é apenas um estilo intolerante de ensinar ou testar que é responsável pela insistência no sentido de uma porção tão grande do trabalho escolar ser exatamente certo. O conteúdo do currículo e a mídia do lápis e papel são inerentemente tendenciosos em direção a uma epistemologia do verdadeiro/falso – certo/errado. B¹⁹ descobriu que a atividade de programar é intrinsecamente viesada em direção à avaliação não do tipo 'isso está certo?', mas sim do tipo 'para onde podemos ir a partir daqui?'. Nisso ele não estava sozinho: muitos programadores habilidosos insistem em começar um trabalho fazendo um programa 'rápido e malfeito' que é vagamente o que se deseja e pensar como prosseguir a partir daí. (PAPERT, 2008, p. 162)

¹⁹B é uma criança da qual Papert relata alguns episódios. Nesse caso ele programou um jogo com poucos recursos para que pudesse acrescentar mais regras posteriormente.

Na robótica, os alunos iniciaram a montagem da bicicleta pela acomodação de duas rodas e um guidom presos a uma mesma viga. A montagem não estava certa nem errada, apenas não atendia às exigências colocadas no início da aula. Não é necessário desmontar e recomeçar, mas olhar para o que está montado e se perguntar

“Como coloco os pedais?”

“Como faço para que o guidom gire, mesmo estando conectado ao quadro?”

“De que forma vou fazer e encaixar o assento?”

Nenhuma dessas perguntas pode ser respondida de maneira errada. Os alunos, montando um protótipo como foi apresentado no registro das montagens, mostram que conseguiram responder às questões. A existência de diferentes modelos de bicicleta mostra que as respostas não eram únicas e que cada grupo poderia responder utilizando as peças que julgasse adequadas.

AULA 11

Montagem de um esqueleto de um prédio de, no mínimo, três andares com andaime que permitisse o trabalho em qualquer um dos andares e um sistema de içamento de materiais (balde). Depois de montado, o objeto deveria ser observado e desenhado em uma folha de papel.

Registro da montagem dos alunos:



Figura 84 Prédio 1

O andaime da figura 84 é quase do tamanho do prédio. A questão, quando colocada para o grupo, foi respondida da seguinte maneira: “Não tinha muitas peças para o prédio, daí ele ficou desse tamanho.” Os encaixes da estrutura do prédio estavam frágeis e ele se desmontava com facilidade. A fixação da estrutura do andaime ao prédio não funcionou porque o andaime era muito pesado e o prédio, fraco. O balde para içar material era o próprio andaime.

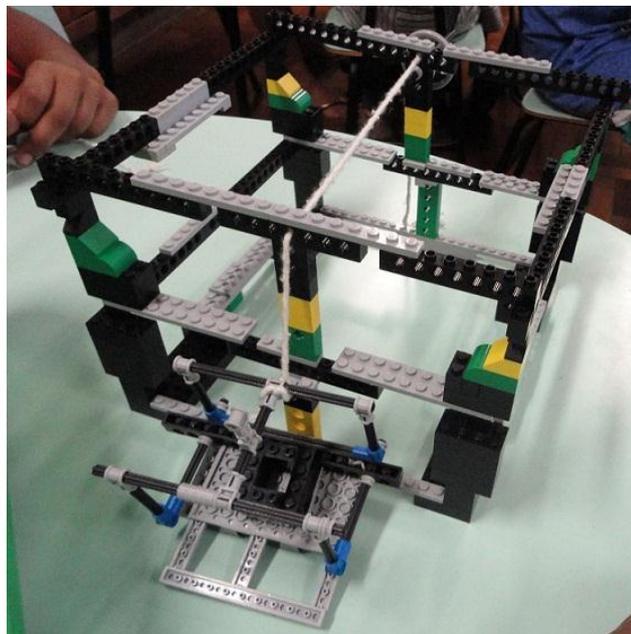


Figura 85 Prédio 2

O esqueleto do prédio da figura 85 apresenta uma simetria nas peças usadas em sua construção. O andaime construído não ficava com a base paralela ao chão,

o que dificultaria o trabalho dos pintores, além de tornar-se mais perigoso. Apesar desses detalhes, o andaime funcionava. O balde para içar materiais funcionava com um sistema idêntico ao do andaime, mas era um recipiente menor.

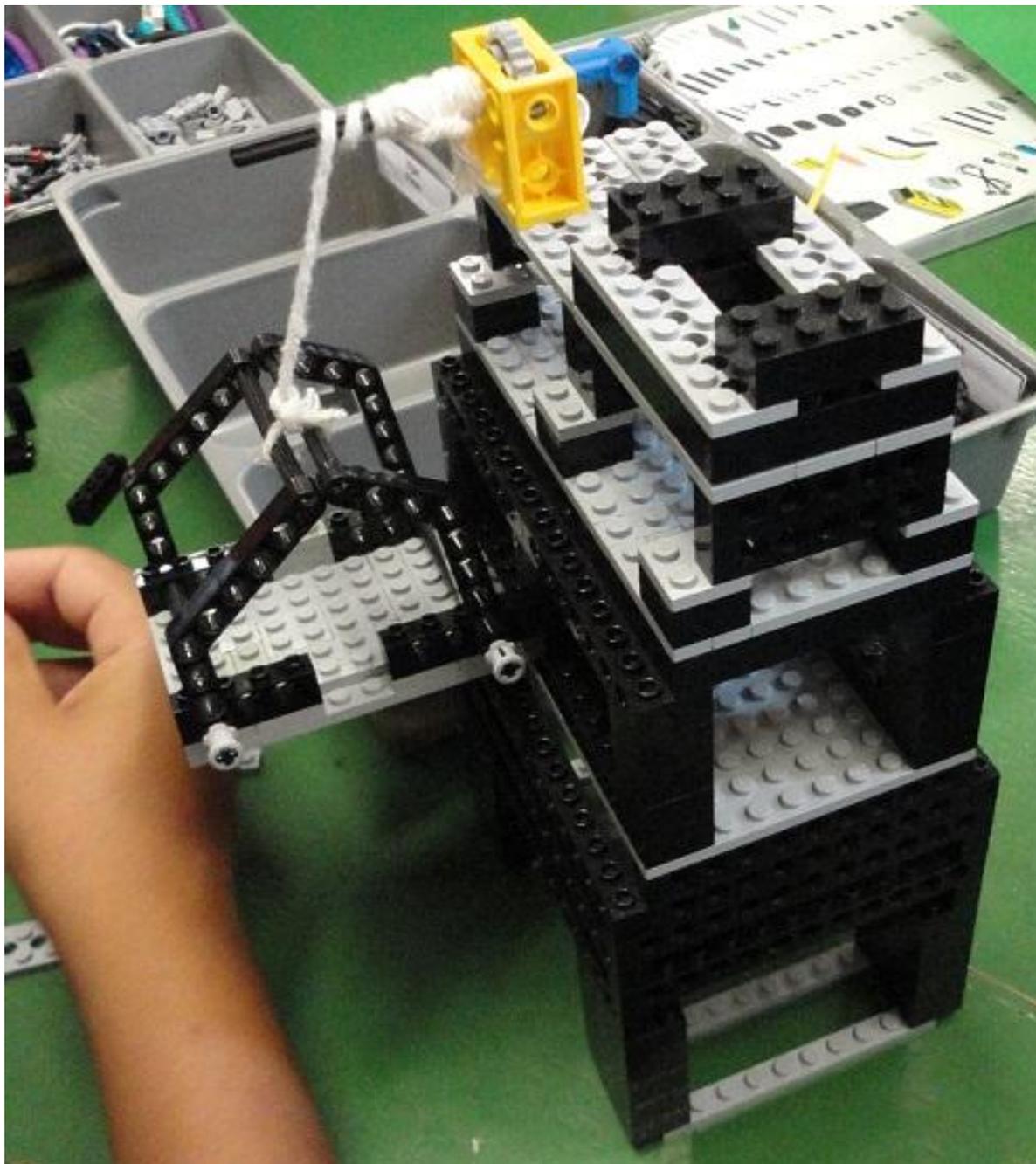


Figura 86 Prédio 3

A construção da figura 86 era bem forte e o modelo de prédio era diferente, pois os andares possuem áreas diferentes. Os alunos apresentaram o funcionamento do andaime dizendo “Um carinha fica lá em cima e gira a parte azul pro andaime subir ou descer.”

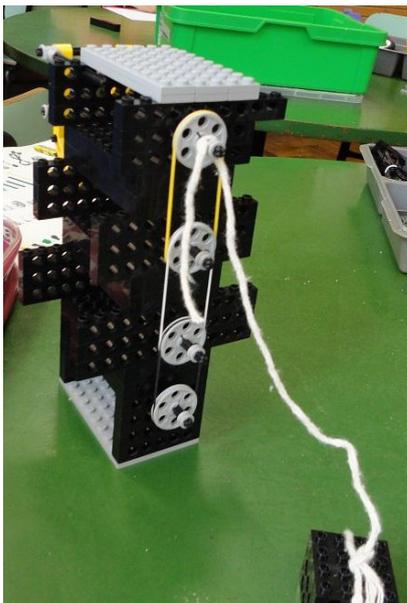


Figura 87 Visão lateral do prédio 4

O prédio 4 precisou ser fotografado em duas posições distintas para ser melhor observado. O sistema de içamento do material é apresentado na figura 87 e foi construído com um conjunto de polias conectadas por elásticos. Esse conjunto de roldanas foi usado para que o trabalhador de qualquer andar pudesse acionar o mecanismo.

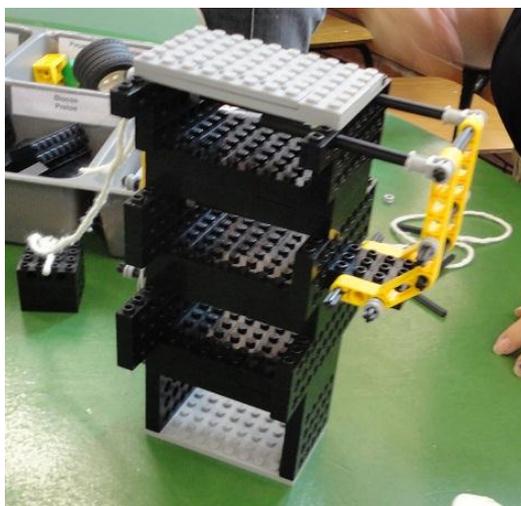


Figura 88 Visão frontal do prédio 4

O andaime criado é encaixado por eixos à estrutura do prédio. O modelo apresentado na figura 88 está posicionado para o trabalho no segundo andar. A instalação do mesmo na hora do trabalho foi apresentada como se “um guindaste coloca ele ali”. Tanto o formato como a ideia foram elogiados pelos colegas, mas a funcionalidade foi questionada pela professora.

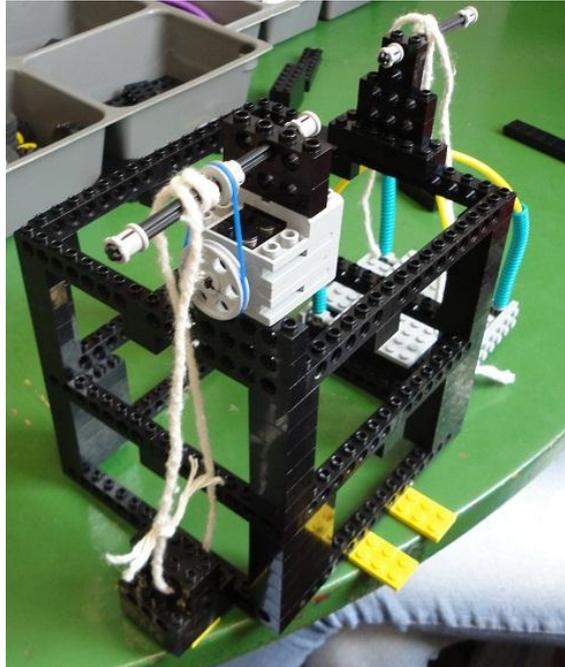


Figura 89 Prédio 5

O esqueleto do prédio da figura 89 atende às exigências de instalação de andaime e de balde para içamento de materiais, mas não tem três andares. A estrutura montada ficou bem firme e suportou os mecanismos criados quando parados, mas não aguentou a pressão quando os içamentos foram ser executados e se desmontou. O motor empregado estava sem função, apenas trazendo peso para a estrutura. Porém o andaime proposto pelo grupo se assemelhava aos andaimes utilizados em obras.

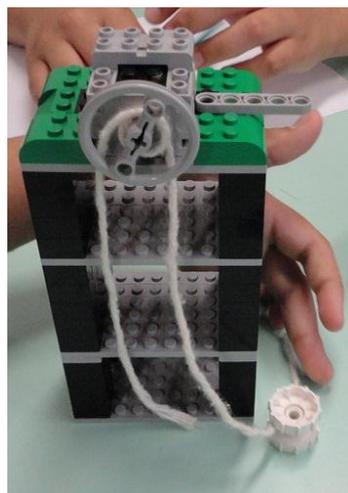


Figura 90 Prédio 6

O prédio da figura 90 apresenta um motor que, aparentemente, estava sem uso. O grupo justificou seu emprego afirmando que conectariam ao RCX para fazer

o içamento do material. O balde para o material foi representado por uma peça branca que foi amarrada ao barbante, mas que não permitia a inclusão de material em seu interior para que fosse içado. O andaime também não foi concluído. Apesar disso, o prédio tinha os três andares indicados e apresentava uma estrutura firme e com bom acabamento.

Registro dos desenhos dos alunos:

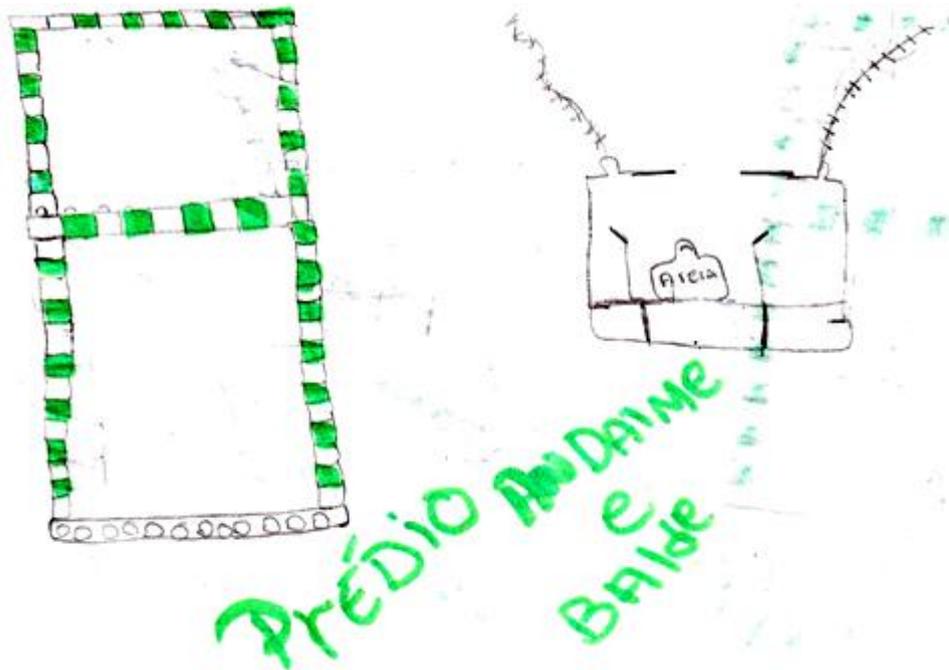


Figura 91 Projeto do prédio 1

A visão lateral do prédio imita as peças usadas na medida em que apresenta os furos das vigas na parte inferior e os pinos na viga que separa os andares. O andaime desenhado inclui também o balde para içamento de material, pois contém um saco de areia. A parte da direita da figura 91 não indica as peças usadas e simula uma sustentação bilateral do andaime que não foi feita com LEGO®.

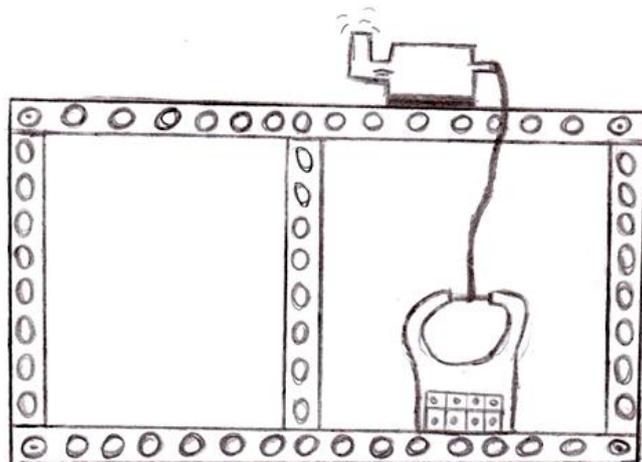


Figura 92 Projeto do prédio 2

A visão frontal, utilizada na figura 92, não representa os três andares do prédio construído com LEGO®. As peças utilizadas para a construção do esqueleto do prédio estão representadas pelos furinhos das vigas, mas o sistema de içamento do balde não se parece com peças de LEGO®. É possível identificar o barbante e, na parte superior, a manivela.

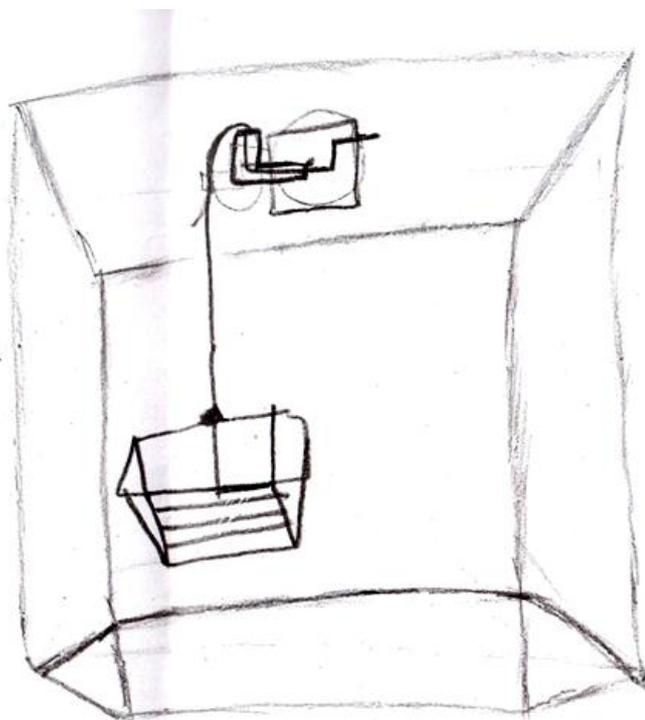


Figura 93 Projeto do prédio 3

O esboço feito apresenta uma tentativa de representação em perspectiva. Os andares da construção e as peças utilizadas não estão claros no desenho, mas a representação do objeto tridimensional se mostra um diferencial deste projeto.

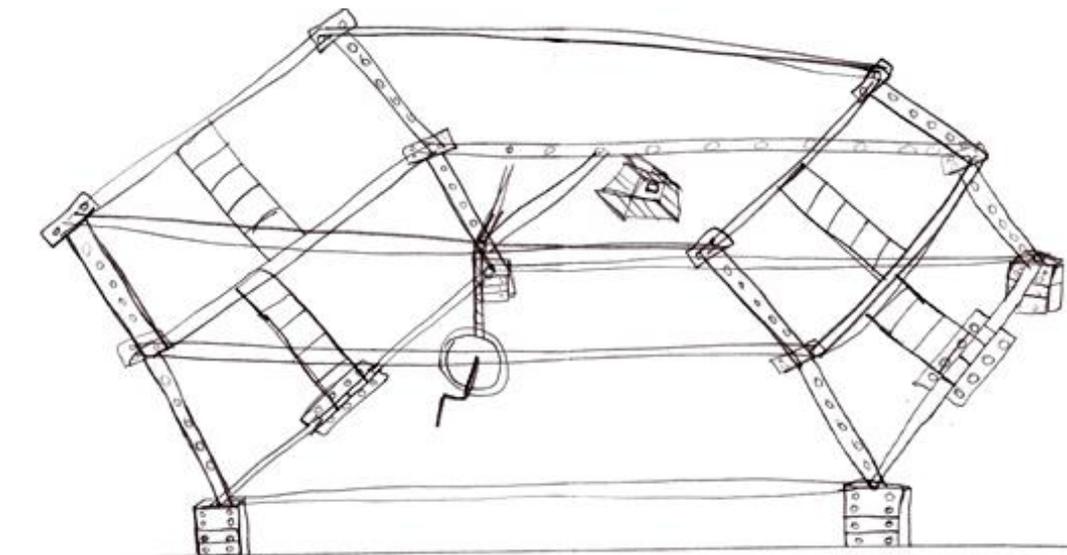


Figura 94 Projeto do prédio 4

A figura 94 também registra o projeto de maneira tridimensional fazendo uso da perspectiva. Este projeto é rico em detalhes que dão ideia das peças utilizadas na construção do esqueleto do prédio. O local por onde passa o barbante que sustenta o andaime não está claro e o próprio andaime, no centro do prédio, aparece sem detalhes.

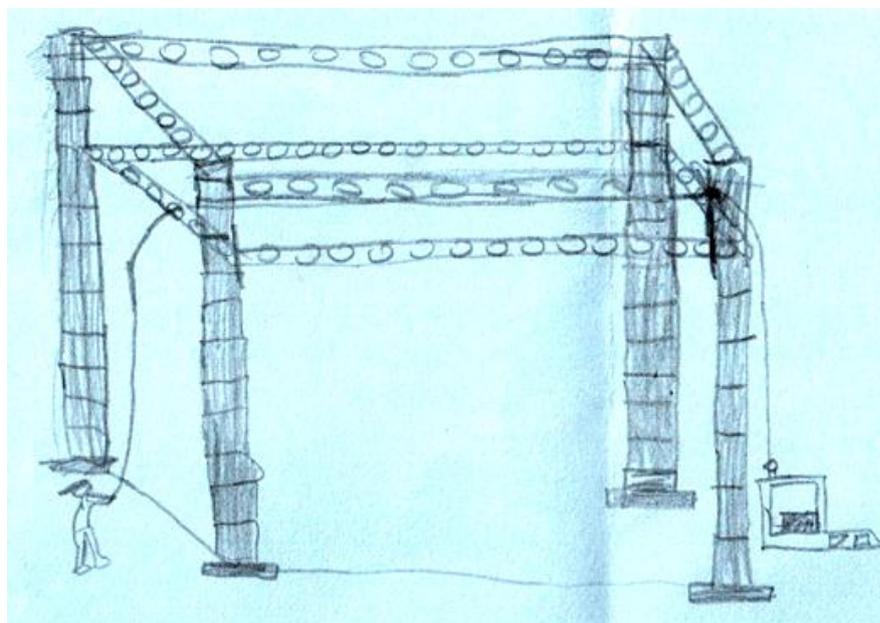


Figura 95 Projeto do prédio 5

Este projeto contém a representação de uma pessoa fazendo uso do mecanismo criado pelo grupo com LEGO®. Além de utilizar a perspectiva tridimensional para representar o objeto construído, o aluno registrou a

funcionalidade do objeto construído, agregando significado à sua produção e evidenciando o olhar para o objetivo do mecanismo empregado.

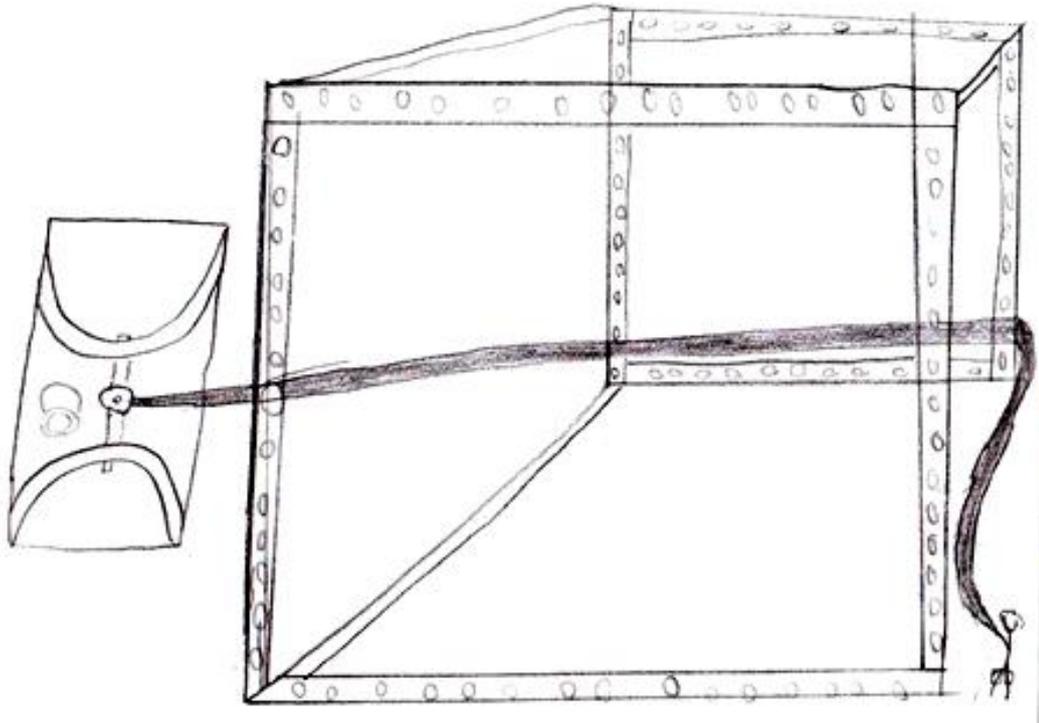


Figura 96 Projeto do prédio 6

Assim como a figura 95, o projeto da figura 96 contém uma pessoa executando a tarefa de içar o andaime. A perspectiva foi utilizada, mas confunde o observador, pois o andaime é desenhado como se estivesse sendo visto de cima enquanto o prédio está sendo olhado de frente. Apesar disso, o registro contém alusão às peças de LEGO®.

Análise

O desenho em perspectiva utilizado nos projetos demonstra o interesse em representar de maneira aproximada a construção realizada. Os registros desses prédios foram feitos pelos mesmos alunos que desenharam as bicicletas da aula 10. Por que a perspectiva só apareceu aqui? Essa questão trouxe dois pensamentos: o registro gráfico foi feito depois de ter o objeto construído, ou seja, os alunos poderiam observar as peças para desenhar; o formato da construção pode combinar mais com o registro tridimensional, pois o volume da construção é evidente nas montagens. Talvez isto sirva para ilustrar situações em que os alunos não realizam

os registros desejados pelos professores que interpretam outras formas de registro como erradas. Os alunos que desenharam simulando a tridimensionalidade da construção manifestam, pelo projeto entregue, a necessidade que sentiram de registrar essa construção dessa maneira. Esse tipo de desenho não foi trabalhado com eles na escola e o formato não foi exigência da professora-pesquisadora (Basta observar que os primeiros projetos não o seguiram). Essa é a importância de dar significado ao registro gráfico. Não era para entregar um simples desenho de um prédio, mas registrar o seu projeto, para que quem olhasse o desenho entendesse o que foi montado por eles.

Com os dados coletados e analisados, as conclusões da pesquisa realizada e a perspectiva de continuação do trabalho seguem no próximo capítulo.

6 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

A partir dos dados analisados, pode se concluir que a utilização do material de robótica educacional na escola é válida. Por quê? Além de permitir a exploração de conceitos de Matemática, aspectos relativos à educação tecnológica e conceitos de Física podem ser discutidos e abordados com alunos dos Anos Finais do Ensino Fundamental. A organização dos grupos para realizar os projetos, sua comunicação e expressão oral entre eles e com a professora melhorou. Foi percebido um maior envolvimento com os estudos relativos a robótica e a matemática. E também ficaram registrados os conhecimentos de Matemática adquiridos. Os dados apresentados refletem que a aprendizagem dos alunos, assim como com a utilização de outros recursos, não está garantida, pois muitos alunos apresentaram dificuldades de interpretar os mecanismos e resolver alguns desafios propostos. Considerando que não existe uma fórmula ou recurso que garanta a aprendizagem, a proposta desenvolvida mostrou-se enriquecedora tanto para os alunos quanto para a professora-pesquisadora.

Muitas crianças terão experiências menos ricas, embora seja raro que não haja nenhum ganho. A história não visa ser estatisticamente representativa de um evento médio, mas sim conceitualmente representativa de uma forma de aprender muito diferente daquela da escola. (PAPERT, 2008, p. 59)

Esta citação está relacionada a uma experiência com o software LOGO em uma escola, mas é absolutamente coerente com a proposta apresentada nesta dissertação. Uma ressalva a ser feita é que penso ser impossível, mas não improvável, que haja algum aluno ou professor que se envolva em um processo semelhante e que não tenha “nenhum ganho”. Se não houver um “ganho” no que se refere aos conceitos de Matemática, penso que se pode perceber uma melhora na postura e no desenvolvimento de trabalhos em grupo ou na aceitação de sugestões e críticas vindas de colegas ou professores.

No entendimento de que esta proposta foi importante para o desenvolvimento e a aprendizagem de Matemática dos alunos e que os resultados obtidos

corroboram para uma valorização do material de LEGO® em salas de aula, afirmo o interesse em repetir esta experiência em outros momentos da minha carreira como professora. A abordagem de conceitos integrantes do currículo de outros anos do Ensino Fundamental está sendo explorada e implementada na escola onde atuo. Portanto, uma tentativa de explorar o material tratado neste estudo com alunos dos Anos Iniciais do Ensino Fundamental está sendo estudada e, possivelmente, aconteça no ano de 2013.

Talvez no futuro existam mais experiências como a descrita neste texto ocorrendo nas escolas. Talvez não. Talvez nem as afirmações aqui apresentadas sirvam para convencer alguns profissionais de que este material pode fazer parte das aulas regulares das disciplinas escolares. Talvez alguns tentem. Para aqueles que concordam ou não com as inovações na escola, apresento esta citação de Papert:

O necessário é reconhecer que a grande questão no futuro da educação é se a tecnologia fortalecerá ou subverterá a tecnicidade do que se tornou o modelo teórico e, em larga medida, a realidade da Escola. (...) Na educação, a mudança virá pela utilização de meios técnicos para eliminar a natureza técnica da aprendizagem na Escola. (PAPERT, 2008, p. 64)

Ou seja, não é apenas a tecnologia que trará as mudanças, é o que se faz com ela. O próprio LEGO® pode ser utilizado de maneira a reproduzir montagens criadas por outras pessoas e servir apenas para reproduzir a mecanização das aprendizagens escolares. A proposta apresentada não se reduz a um recurso interessante e rico, mas trata de uma concepção diferente de aula. As atividades desenvolvidas foram elaboradas pensando em um ambiente de aprendizagem onde os erros são permitidos e considerados como parte importante do processo. A execução do planejamento foi feita com vista a contemplar diferentes formas de aprender e participar de um grupo. As montagens propostas foram selecionadas com a intenção de proporcionar a exploração de conceitos de Matemática, mas também provocar a criatividade dos alunos. Os conceitos de Matemática foram experienciados e registrados pelos alunos da maneira formal que a escola propõe, mas ganharam outro aspecto e outra abordagem quando observados nos mecanismos e protótipos montados com LEGO®.

O objetivo deste texto era, além de responder à pergunta central,

É possível utilizar a robótica educacional (LEGO®Mindstorms®) como recurso de ensino de Matemática nos anos finais do Ensino Fundamental? Como?,

apresentar uma forma alternativa de trabalhar a Matemática na escola. A diversidade de formas de aprender já foi centro de muitas pesquisas. Este texto quer ser parte de um conjunto de pesquisas sobre a diversidade de “ensinar”.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CABRAL, Cristiane P. **Robótica Educacional e Resolução de Problemas: uma abordagem microgenética da construção o conhecimento**. 2010. 145 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

LOPES, Daniel de Q. **A exploração de Modelos e os Níveis de Abstração nas Construções Criativas com Robótica Educacional**. 2008. 326 f. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

MALIUK, Karina D. **Robótica Educacional Como Cenário Investigativo nas Aulas de Matemática**. 2009. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Matemática, Instituto de Matemática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

MUNIZ, Cristiano A. O conceito de “esquema” para um novo olhar para a produção matemática na escola: as contribuições da Teoria dos Campos Conceituais. In: MUNIZ, Cristiano A., BITTAR, Marilena (Orgs.) **A aprendizagem de matemática na perspectiva dos Campos Conceituais**. Curitiba, PR: Editora CRV, 2009. p. 37-52.

PAPERT, Seymour. **LOGO: computadores e educação**. 3. ed. São Paulo, SP: Brasiliense, 1988. 253p.

PAPERT, Seymour. **A máquina das crianças: repensando a escola na era da informática**. Ed., rev. Porto Alegre, RS: Artmed, 2008. 220p.

SANTOS, Carmen F. **Um Estudo sobre Robótica Educacional Usando Lego Minsdtorms**. 2005. 166 f. Dissertação (Mestrado em Informática) – Programa de Pós-Graduação em Informática, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

VERGNAUD, Gérard. **Teoria dos Campos Conceituais**. In: Nasser, L. (Ed.) Anais do 1º Seminário Internacional de Educação Matemática do Rio de Janeiro, 1993. p. 1-26

VERGNAUD, Gérard. **A trama dos campos conceituais na construção dos conhecimentos.** In: Revista n° 4 - Tempo de romper para fecundar. Porto Alegre, RS: GEEMPA, 1996a. p. 9-19.

VERGNAUD, Gérard. **A formação de competências profissionais.** In: Revista n° 4 Tempo de romper para fecundar. Porto Alegre, RS: GEEMPA, 1996b. p. 63-75.

VERGNAUD, Gérard. O que é aprender? In: MUNIZ, Cristiano A., BITTAR, Marilena (Orgs.) **A aprendizagem de matemática na perspectiva dos Campos Conceituais.** Curitiba, PR: Editora CRV, 2009. p. 13-36.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 3. ed. São Paulo, SP: Bookman, 2005. 212p.

ZOOM: Revista de Educação Tecnológica. Curitiba: ZOOM – Editora Educacional, 2003.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Sequência de atividades

A sequência de atividades foi desenvolvida e implementada como parte da pesquisa referente à dissertação Robótica na sala de aula de matemática: os estudantes aprendem Matemática?

As atividades foram desenvolvidas junto a duas turmas de 7º ano do Ensino Fundamental em uma escola da Rede Municipal de Ensino de Porto Alegre no ano letivo de 2011. Os fundamentos teóricos que embasaram o planejamento e a execução das atividades são a Teoria dos Campos Conceituais de Gèrard Vergnaud e o ambiente de aprendizagem de Seymour Papert.

AULA1

Assunto/Conteúdo Simetria

Em sala de aula

Identificação dos eixos de simetria em figuras (quando existentes).

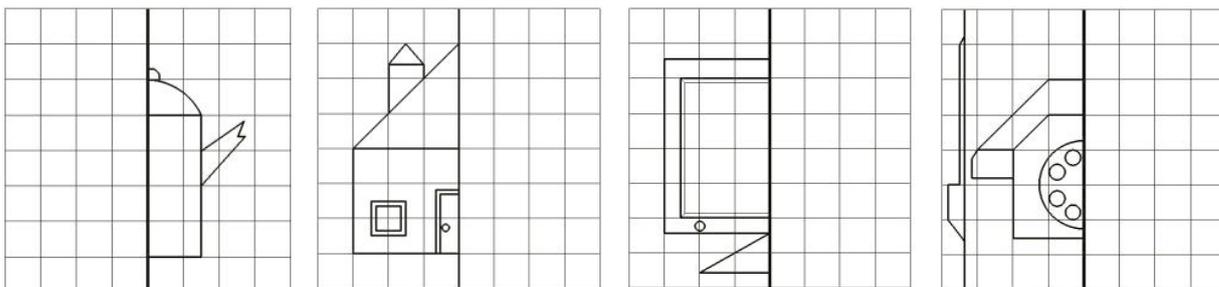


Questões discutidas coletivamente

- Quais características dos desenhos os impedem de serem simétricos?
- Existe algum desenho de Sol que seja simétrico?

- Como seria o desenho de uma Lua que apresente eixo de simetria?
- Como desenhar uma estrela ou uma borboleta que não apresentem eixo de simetria?

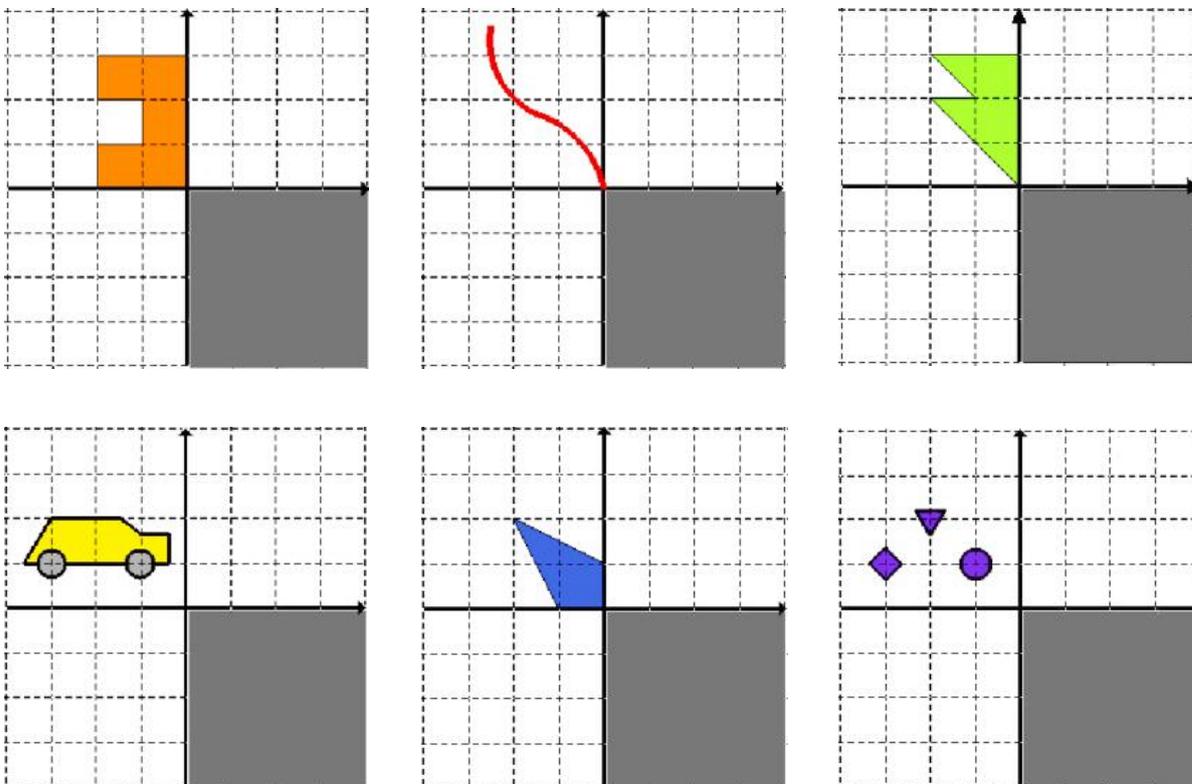
Completamento de figuras a partir do eixo de simetria dado:



Questões

- As figuras formadas são iguais aos objetos do dia-a-dia? Por quê?

Completamento de figuras a partir de dois eixos de simetria:



Questões discutidas

- É mais fácil desenhar figuras que representam objetos reais ou figuras geométricas? Por quê?
- É mais simples ou mais complicado desenhar uma linha ao invés de uma região?
- Em que posição ficam os carros do desenho 4?
- Como saber em que lugar desenhar o círculo do último desenho?
- Quantos eixos de simetria uma figura pode ter?

Com material de robótica

Relatar movimentos simétricos observados no cotidiano como asas de pássaros e borboletas, portas automáticas de shoppings, etc. Cada grupo de alunos (duplas, trios ou quartetos) deveria fazer uma montagem que tivesse movimentos e que os movimentos fossem simétricos.

Objetivos

1. Familiarizar-se com as peças e com os diferentes mecanismos de movimento que poderiam ser empregados;
2. Organizar-se para trabalhar em grupo de maneira que todos participem, sejam ouvidos e possam montar um pouco;
3. Observar a construção pronta e identificar o eixo de simetria; ou a ausência do mesmo e sistematizar o “reparo” necessário;
4. Perceber a necessidade de planejar a montagem para que não falem peças importantes, para que se consiga desmontar uma parte, corrigir um possível defeito e remontar a construção novamente;
5. Trocar ideias com outros grupos, apresentando todos os projetos prontos para a turma.

AULA 2

Assunto/Conteúdo Noção de proporção

Com material de robótica

Cada grupo iria receber uma revista ZOOM® nº 4 para a quinta série e montar o boneco Esqueitista. Além disso, era tarefa de cada grupo deverá criar (desenhar, colorir, etc) um cenário para esse boneco. – Os alunos foram avisados previamente para trazer lápis de cor e canetas hidrocor. – Cada grupo montaria uma cena com o boneco e o cenário para uma foto.



Objetivos

1. Identificar e separar apenas as peças que serão necessárias para a execução do projeto;
2. Criar um cenário que seja proporcional ao boneco montado;
3. Organizar-se para trabalhar em grupo de maneira que todos participem no que se sentem mais à vontade ou mais preparados;
4. Observar a construção pronta e encontrar “espaços” onde pode ser criado um diferencial para que seu boneco se distinga dos demais;
5. Organizar o tempo, que é limitado, para a realização das atividades.

AULA 3

Assunto/Conteúdo Medidas

Em sala de aula

Abordando o tema frações, compreender um número fracionário como indicativo de uma quantidade/medida. Comparação entre frações de mesmo denominador, com mesmo numerador, com numeradores e denominadores diferentes. Relação de ordem de números decimais, exemplificando com alturas de pessoas diferentes.

Questões

- Quem é mais alto, quem mede 1,40m ou quem mede 1,04m? (Então $1,40 > 1,04$.)
- Quem é mais baixo, quem mede 1,09m ou quem mede 1,9m? (Então $1,09 < 1,9$.)

Com material de robótica

Cada grupo iria receber a revista ZOOM® n°1 para a sexta série e montar o macaco.

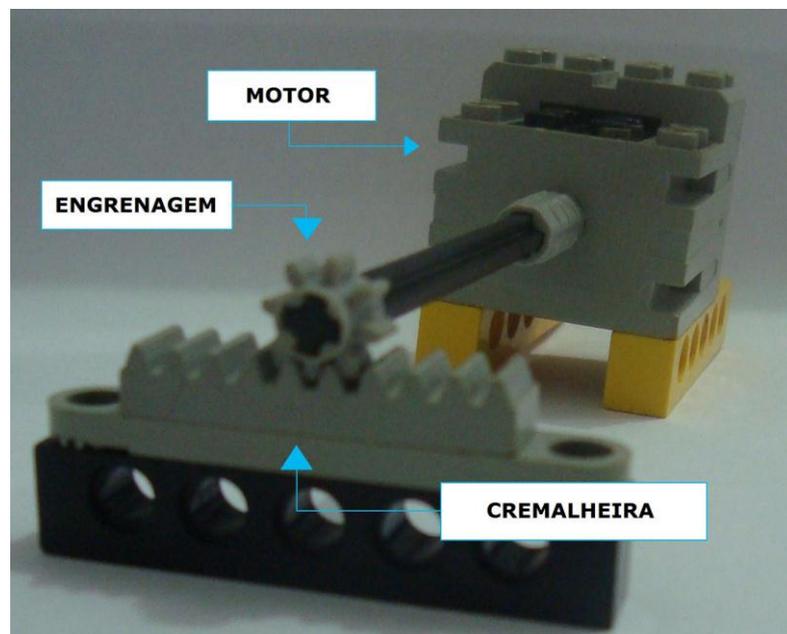


Questões a serem discutidas com o projeto montado

- Em que posição o macaco alcança maior altura?
- Em que posição o macaco atinge a menor altura?

Objetivos

1. Compreender as legendas utilizadas pela revista, bem como seguir suas instruções;
2. Reconhecer as peças através de imagens e características como tamanho, cor, tipo etc;
3. Observar o mecanismo funcionando e perceber a transformação do movimento circular em movimento linear feito pelo conjunto engrenagem-cremalheira;



4. Modificar o objeto construído de maneira que ele alcance a maior altura. (Para isso, será necessário compreender a “participação” de cada peça na montagem e onde deve ser mexido para que o macaco atinja uma altura ainda maior.) O ideal seria acrescentar uma cremalheira e tornar o movimento de subida mais amplo, durando por mais tempo e fazendo com que o macaco subisse mais que o modelo da revista.

AULA 4

Assunto/Conteúdo Frações

Em sala de aula

Transformação de uma fração em outra equivalente através de divisões nos desenhos e de multiplicações. Exploração da relação parte-todo na descrição de um conjunto de objetos.

Além disso, depois da montagem na robótica, responder um questionário e resolver exercícios que simulam a balança montada e pedem a medida de alguns objetos em relação a outros.

QUESTIONÁRIO A SER RESPONDIDO DEPOIS DA MONTAGEM

1. Quando colocamos dois objetos diferentes nos pratos da balança e ela fica equilibrada, o que podemos concluir?
2. Se eu colocar objetos iguais, e em mesmo número, nos dois pratos da balança, como ela vai ficar? Por quê?
3. Quando a medida de um objeto vai ser representada por uma fração? Como se chega a essa fração?
4. Se eu fizer uma pesagem na balança de dois pratos construída na robótica e concluir que o bloco 4x2 é equivalente a 2 unidades (blocos 2x2). Posso concluir que o bloco 4x2 é mais leve, mais pesado ou pesa a mesma coisa que a unidade?
5. Se eu fizer uma pesagem na balança de dois pratos construída na robótica e concluir que 3 placas 2x2 são equivalentes a 1 unidade (bloco 2x2). Posso concluir que a placa 2x2 é mais leve, mais pesada ou pesa a mesma coisa que a unidade?
6. Com uma balança maior do que a construída na robótica quero descobrir o peso do meu caderno. O que vou precisar? Como devo fazer?

Nomes: _____

Turma: _____

ATIVIDADE DE ROBÓTICA – Balança de dois pratos

1. Considere o apontador como unidade de medida de peso e, observando as figuras, indique o peso de cada um dos outros materiais escolares:

Com material de robótica

Cada grupo iria receber a revista ZOOM® n° 1 para a sétima série e montar a balança de pratos. Foi definido, coletivamente, que a peça bloco 2x2 seria a unidade. Com a balança montada e a unidade definida, os grupos deveriam utilizar a balança para descobrir o “peso” de outras peças. As peças a serem pesadas estão apresentadas na página 10 da revista. Essa tabela deveria ser copiada pelos alunos em uma folha de ofício e preenchida.

Peças					
Unidades					

Para que façam esse registro e obtenham sucesso na atividade é discutido o funcionamento da balança e são resolvidos alguns exemplos oralmente.



Questões

- Se uma peça estiver em equilíbrio quando do outro lado houver 5 unidades (blocos 2x2), qual o “peso” dessa peça? Ela é mais leve ou mais pesada que a unidade? O número vai ser maior ou menor que 1?
- Se de um lado eu colocar uma unidade e do outro eu colocar 8 peças iguais e a balança se equilibrar, qual o peso de cada peça? Cada pecinha vai ser mais leve ou mais pesada que a unidade? O número será maior ou menor que 1? Como escrever esse número (Uma unidade distribuída igualmente, pois são peças iguais, entre 8 peças.)?

Objetivos

1. Compreender o funcionamento de uma balança de dois pratos (objeto conhecido visualmente, mas que não é utilizado cotidianamente);
2. Generalizar o fato de que o prato que ficar mais baixo está com mais “peso” e o que está mais alto está com menos “peso”;
3. Completar corretamente a tabela com as medidas das peças solicitadas, montando corretamente cada fração.

AULA 6

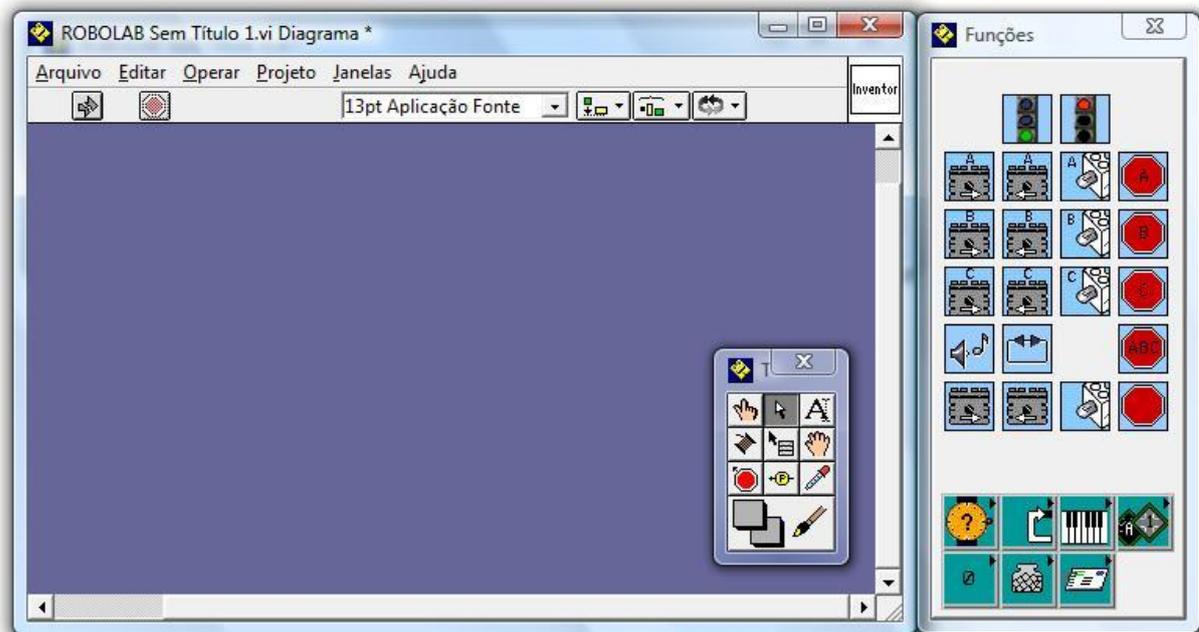
Assunto/Conteúdo Programação

Com material de robótica

Os grupos deveriam montar o carro criado na aula anterior (20 minutos) para iniciar a programação do mesmo e permitir que ele se automatizasse.

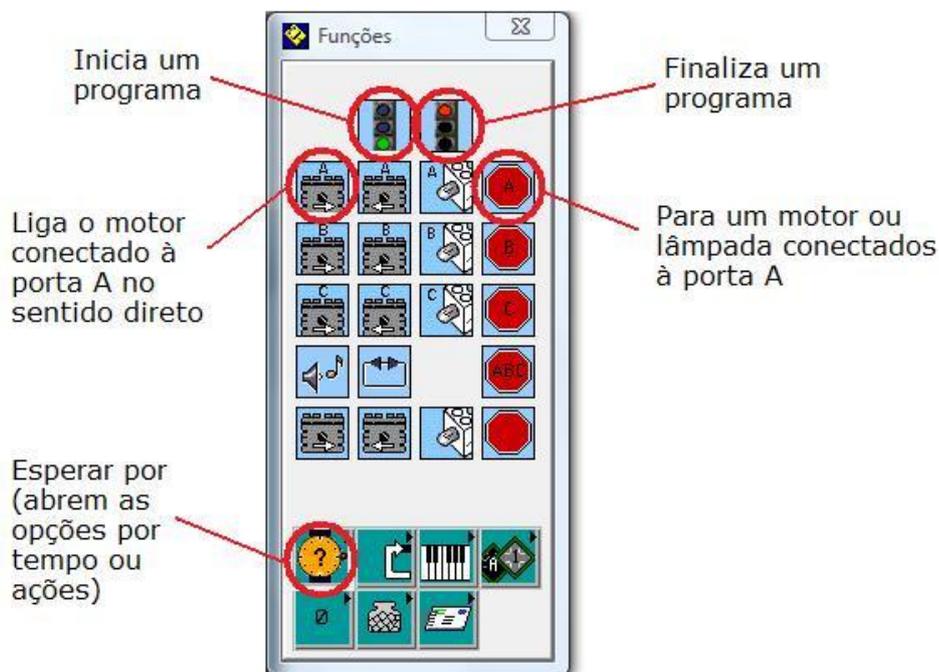
Introdução a programação usando o software ROBOLAB®: Onde encontramos o programa no computador, qual das interfaces vamos utilizar, seu funcionamento.

Apresentação do programa. Para isso, os alunos foram conduzidos até a sala de informática e foi solicitado que abrissem o software e selecionassem a interface 'Inventor 4'. Assim, chegariam todos ao mesmo ponto, estariam todos com a mesma tela em sua frente.



Foi apresentada a maneira icônica pela qual se comunicariam com o computador e como ele passaria essas informações para o robô posteriormente. Cada ícone colocado na parte roxa (mesa) vai comunicar certo comportamento ao robô. As tarefas são escritas na forma de um texto sem palavras, com desenhos (ícones), números, setas etc.

Inicialmente estão na mesa uma sinaleira com sinal verde e outra com sinal vermelho. A primeira, indica o início de uma programação e a segunda, o final. São como se fossem a letra maiúscula e o ponto final de um texto escrito em português. Os ícones que seriam utilizados foram apresentados no quadro branco presente na sala de informática, conforme a indica figura:



Os desenhos que representam as ações a serem executadas são bastante representativos de seu significado na programação. Além dessas funções que podem ser colocadas na programação existe uma paleta de ferramentas com as quais mexemos nesses ícones depois que eles estão dispostos na mesa de trabalho. Essa paleta está representada na figura abaixo com as principais ferramentas utilizadas em destaque.



O desafio era construir uma programação que fizesse com que o carro montado se deslocasse para frente, parasse e voltasse de ré até o lugar da partida.

Inicialmente foi construído coletivamente um programa que fazia com que o carro se deslocasse para frente. Os ícones que seriam necessários foram sugeridos pelos alunos e obteve-se o primeiro esboço:



Esses ícones estavam na área roxa de todos os estudantes envolvidos, mas em disposições diferentes. Essa configuração foi apresentada como um conjunto de palavras soltas, que não configuram uma mensagem. Era necessário conectar essas palavras na ordem em que deveriam ser lidas (executadas) pelo robô. A ferramenta “Conectar fio” apresentada anteriormente serve para esse fim. O carretel usado como ícone faz analogia a colocar contas em um colar ou costurar. O carretel serve para conectar as diversas ações dispostas na mesa.



Compreendida essa tarefa era necessário acrescentar ícones e fazer as alterações necessárias para que o carro voltasse de ré ao local de onde saiu.

Objetivos

1. Conhecer o software ROBOLAB® e seu funcionamento;
2. Identificar os elementos básicos de um programa e sua necessidade de organização (início, meio e fim);
3. Apresentar o formato LED (Liga-Espera-Desliga) e indicar que esse funcionamento será utilizado muitas vezes;
4. Apresentar os ícones do programa e o significado de cada um;
5. Criar um programa que faça o carro andar para frente, parar e voltar de ré para o mesmo lugar de onde partiu.

AULA 7

Assunto/Conteúdo geração de energia elétrica

Com material de robótica

A partir da revista ZOOM[®] n° 3 para a quinta série montar um gerador . Antes disso, discutir com o grupo algumas questões.

Questões

- De onde vem a energia que faz o ventilador da sala funcionar?
- Como funciona uma usina hidrelétrica?
- Que formas de geração de energia existem?

A partir das informações coletadas com os alunos e da discussão, explicar o funcionamento de uma usina hidrelétrica e propor a montagem do gerador.



Objetivos

1. Observar o conjunto de engrenagens utilizado e comparar as velocidades das engrenagens de tamanhos diferentes;
2. Conectar corretamente o motor ao sistema criado e permitir que o mesmo funcione com uma manivela ou com o encaixe do RCX;
3. Perceber que o motor pode servir como receptor de energia das pilhas para que o mecanismo funcione ou como condutor da energia do movimento para o farol.

AULA 8

Assunto/Conteúdo geração e transmissão de energia

Com material de robótica

A partir das experiências com as montagens anteriores (carro com hélice e gerador) montar, sem uso de revistas, um carro que acenda o farol a partir do movimento das rodas (quando empurrado)

Objetivos

1. Utilizar corretamente o sistema engrenagem-motor-farol para transmitir o movimento das rodas para o motor e do motor para o farol;
2. Encaixar corretamente os fios, observando os pontos das peças que contêm metal (condutores);
3. Utilizar tamanhos diferentes de engrenagens permitindo que o carro acenda o farol mesmo em baixa velocidade. As análises prévias tratam de como o conteúdo é normalmente ensinado e seus efeitos; tratam das dificuldades e obstáculos encontrados pelos alunos para efetivar essa aprendizagem; tratam do desenvolvimento histórico do assunto a ser ensinado e também tratam da sua fundamentação matemática.



AULA 9

Assunto/Conteúdo Multiplicação e divisão de números inteiros

Em sala de aula

Representação da multiplicação entre dois números positivos e entre um número positivo e outro negativo como soma de parcelas iguais. Por exemplo:

$$(+4) \cdot (+8) = (+8) + (+8) + (+8) + (+8) = (+32);$$

$$(+6) \cdot (-3) = (-3) + (-3) + (-3) + (-3) + (-3) + (-3) = (-18).$$

A partir da comutatividade da multiplicação conclui-se que $(-3) \cdot (+6) = (+6) \cdot (-3)$.

O produto entre dois números negativos seria uma subtração de parcelas iguais, sendo essas parcelas valores menores que zero:

$$(-6) \cdot (-3) = -(-3) - (-3) - (-3) - (-3) - (-3) - (-3) = (+18)$$

Subtrair valores negativos é o mesmo que somar seus simétricos.

Com material de robótica

A partir da revista ZOOM[®] n° 2 para a oitava série montar uma ponte rolante. Antes de iniciar a montagem ilustrar o problema que o protótipo envolve e discutir algumas hipóteses para solução.

Questões

- Como levantar uma máquina muito pesada para colocá-la em um caminhão e ser transportada?
- Como são erguidos os containers no cais do porto para serem colocados ou retirados de um navio? (Resposta: com guindastes.)

Um sistema alternativo que realiza o mesmo trabalho é a ponte-rolante.



Com os protótipos prontos, discutir os movimentos que devem ser realizados para erguer um objeto e o que acontece quando queremos desfazer a ação anteriormente realizada.

Objetivos

1. Utilizar o sistema de roldanas como transmissores de movimento alternativo ao uso de engrenagens;

2. Perceber que um sistema de roldanas diminui a força empregada em cada uma das roldanas observando o que acontece quando acionamos um sistema com uma, com duas ou com três roldanas para içar um objeto qualquer;

3. Observar a maneira como são ligadas diferentes roldanas para que funcionem simultaneamente;

4. Concluir que quando queremos desfazer a descida de um objeto devemos puxar para cima, fazendo analogia com a multiplicação entre dois números negativos que resulta em um número positivo.

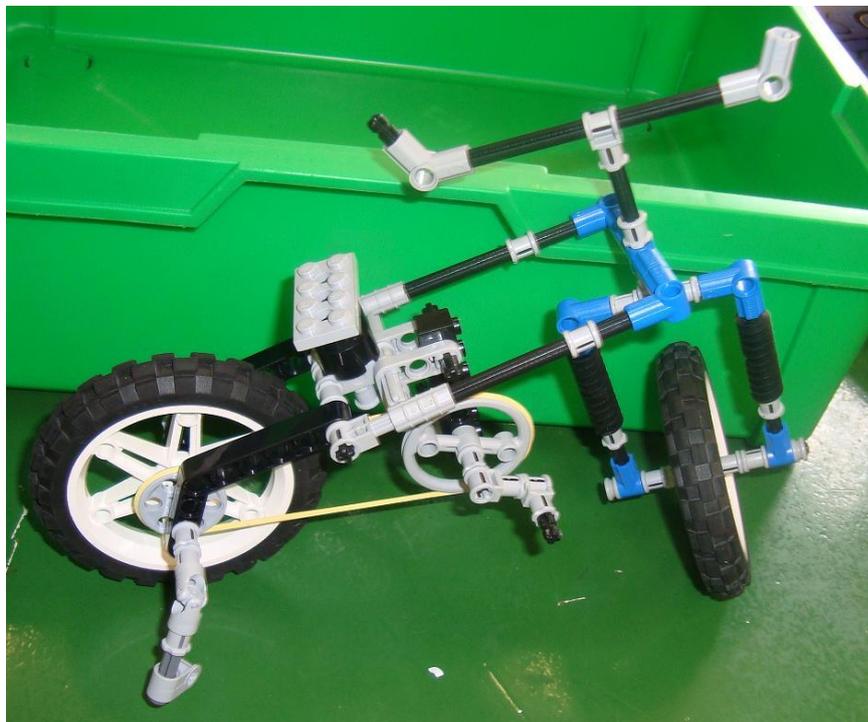
AULA 10

Assunto/Conteúdo uso de conectores e furos em cruz ou redondos

Com material de robótica

A partir da experiência cotidiana dos alunos desenhar/projetar uma bicicleta pensando nas peças que seriam úteis para a montagem da mesma.

Com o projeto gráfico pronto, montar uma bicicleta (ou triciclo) que movimentasse a roda a partir do movimento dos pedais. Além disso, a bicicleta deveria apresentar um guidom que girasse para os lados, permitindo que fossem feitas curvas.



Objetivos

1. Utilizar corretamente o sistema pedal-polia-roda traseira;
2. Utilizar o furo redondo para encaixar o guidom no quadro e o furo em cruz para encaixar o banco e os pedais ao mesmo quadro.

AULA 11

Assunto/Conteúdo representação de objetos conhecidos com LEGO®

Com material de robótica

Montar, sem o uso de revistas, o “esqueleto” de um prédio de, pelo menos, três andares, um andaime e uma balde para levar materiais do térreo para os demais andares. Depois de montado o projeto, os alunos, individualmente, deveriam fazer um registro (desenho) do projeto executado evidenciando as peças principais.

Questões

- Como é um andaime?
- Para que serve?
- De que material é feito?
- Pode ser aproveitado em mais de uma obra ou é descartável?
- Como os materiais e ferramentas são levados de um andar para o outro?
- Que sistemas são utilizados para esses transportes rápidos de materiais?

Objetivos

1. Observar mecanismos comuns no cotidiano de maneira que seja compreendido seu funcionamento e possa ser recriado com LEGO®;
2. Implementar um sistema com barbante e roldana para içar um “balde” com materiais;
3. Criar um sistema de encaixes que permitisse a instalação do andaime em qualquer andar do prédio;
4. Exercitar a representação dos projetos em desenhos.

APÊNDICE B - Termo de consentimento informado

TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO

Eu, _____, R.G. _____, responsável pelo(a) aluno(a) _____, da turma _____, declaro, por meio deste termo, que concordo que o(a) aluno(a) participe da pesquisa intitulada Robótica na sala de aula de Matemática: os estudantes aprendem matemática?, desenvolvida pela pesquisadora Elisa Friedrich Martins. Fui informado(a), ainda, de que a pesquisa é coordenada/orientada por Marcus Vinicius de Azevedo Basso, a quem poderei contatar a qualquer momento que julgar necessário, através do telefone ***** ou e-mail mbasso@ufrgs.br.

Tenho ciência de que a participação do(a) aluno(a) não envolve nenhuma forma de incentivo financeiro, sendo a única finalidade desta participação a contribuição para o sucesso da pesquisa. Fui informado(a) dos objetivos estritamente acadêmicos do estudo, que, em linhas gerais, são:

1. Planejar, implementar e validar uma lista de conceitos que possam ser abordados/trabalhados/explorados a partir de montagens com LEGO® Mindstorms®.
2. Pesquisar, reproduzir e criar montagens de máquinas (robôs, réplicas de objetos de dia-a-dia, mecanismos) que possam ser utilizados para a exploração/abordagem/aprofundamento desses conceitos.

Fui também esclarecido(a) de que as informações oferecidas pelo(a) aluno(a) serão apenas utilizadas em situações acadêmicas (artigos científicos, seminários etc.), identificadas apenas pela inicial de seu nome e pela idade.

A colaboração do(a) aluno(a) se fará por meio de entrevista/questionário escrito etc, bem como da participação em aula/encontro, em que ele(ela) será observado(a) e sua produção analisada, sem nenhuma atribuição de nota ou conceito às tarefas desenvolvidas. No caso de fotos, obtidas durante a participação do(a) aluno(a), autorizo que sejam utilizadas em atividades acadêmicas, tais como artigos científicos, palestras, seminários etc, sem identificação.

Estou ciente de que, caso eu tenha dúvida, ou me sinta prejudicado(a), poderei contatar a pesquisadora responsável pelo telefone ***** ou e-mail titamat@yahoo.com.br.

Fui ainda informado(a) de que o(a) aluno(a) pode se retirar dessa pesquisa a qualquer momento, sem sofrer quaisquer sanções ou constrangimentos.

Porto Alegre, ____ de _____ de _____.

Assinatura do(a) responsável:

Assinatura da pesquisadora:

Assinatura do orientador da pesquisa:

APÊNDICE C - Autorização para utilização de páginas das revistas ZOOM®

Tese de Mestrado  1 Ocultar detalhes

DE: Jefferson Feitosa | Gestão Educacional | ZOOM + Sexta-feira, 11 de Novembro de 2011 8:49

PARA: titamat@yahoo.com.br ★

CC: Andréia Siroto | Relacionamento e Negócios | ZOOM +

Bom dia Elisa, tudo bem?
Espero encontrá-la bem!

Recebemos sua solicitação para copiar algumas páginas dos fascículos LEGO em sua dissertação de mestrado, para nós da ZOOM é uma honra que isso aconteça, ao término do seu trabalho nos envie para que possamos apreciá-lo.

Fique à vontade para escaneá-las!

Um LEGO abraço!

Att.



ZOOM
education for life



Distribuidor exclusivo
LEGO education

Jefferson G. Feitosa
Coordenador pedagógico
Gestão Educacional

Telefone: +55 (11) 3075-2222
Celular: +55 (11) 9865-7747
Rua Alegre, 470, 13º andar
São Caetano do Sul - SP
09550-250 - Brasil
www.LEGOZOOM.com

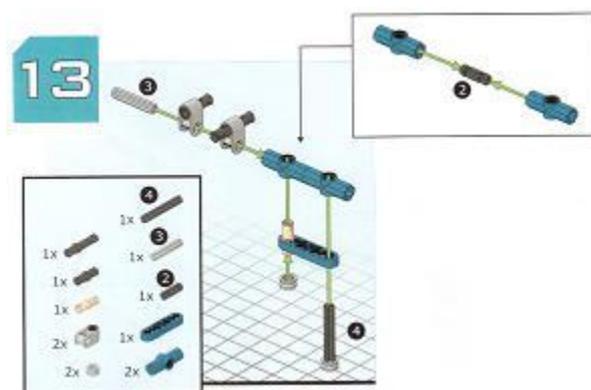


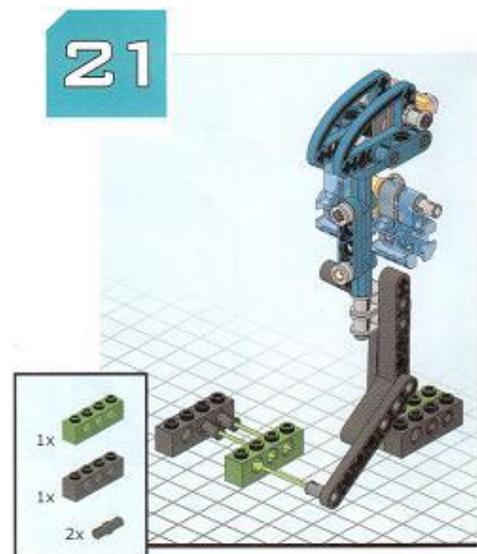
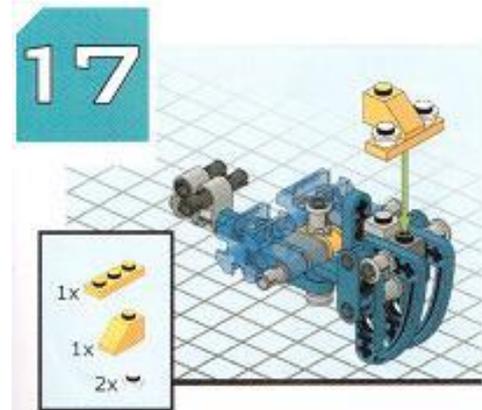
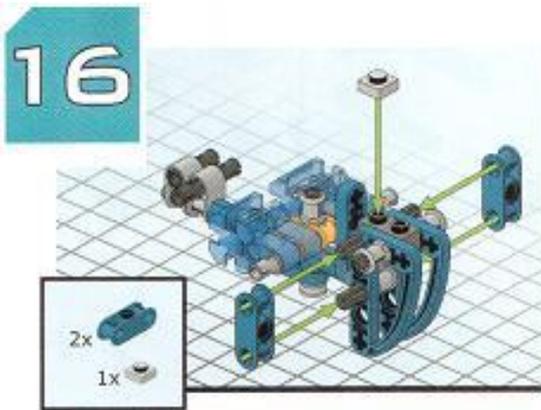
Responder para Jefferson Feitosa | Gestão Educacional | **Enviar** ×

ANEXOS

ANEXO 1 - Passo a passo da montagem do Esqueitista

Passo a passo da montagem do esqueitista proposto na revista ZOOM® n° 4 para a quinta série (inicia no passo 13 porque os anteriores referiam-se ao skate que não foi montado pelos alunos):

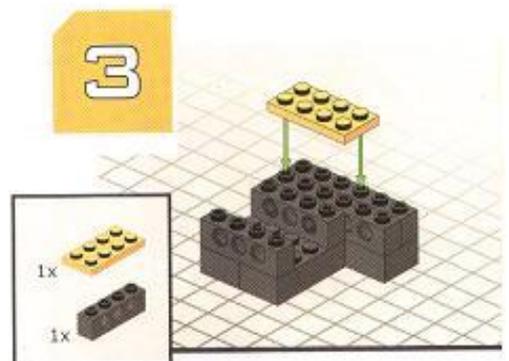
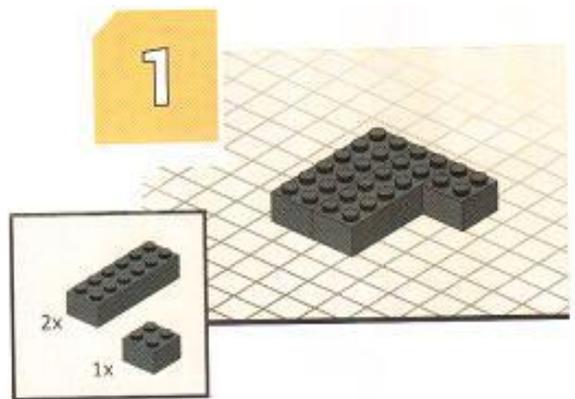
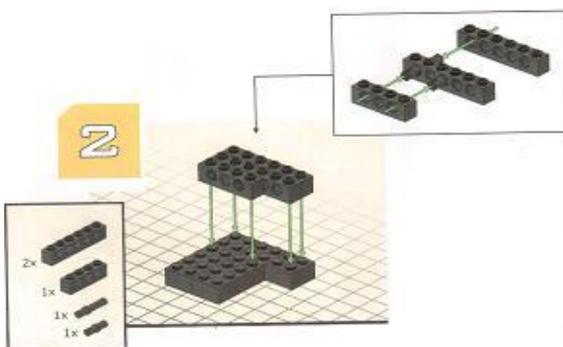


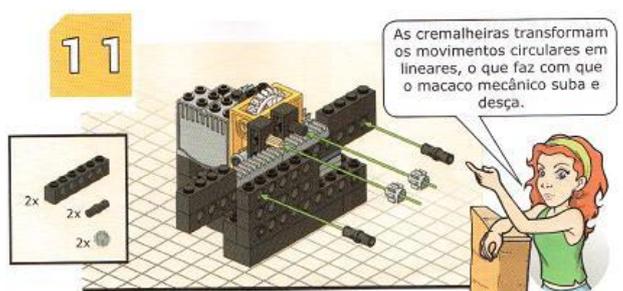
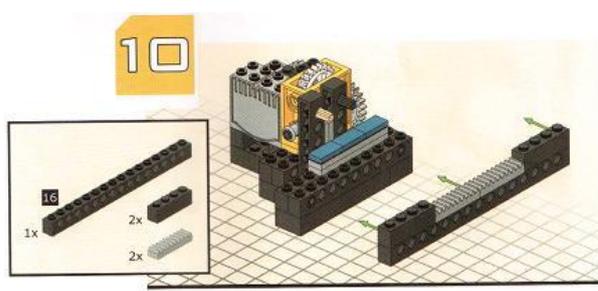
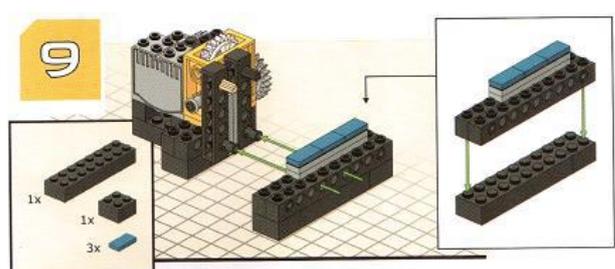
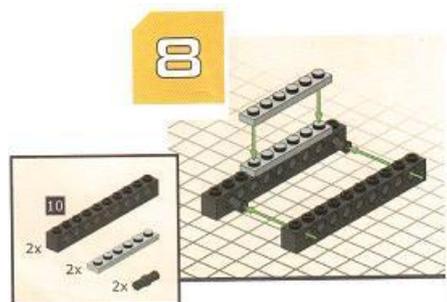
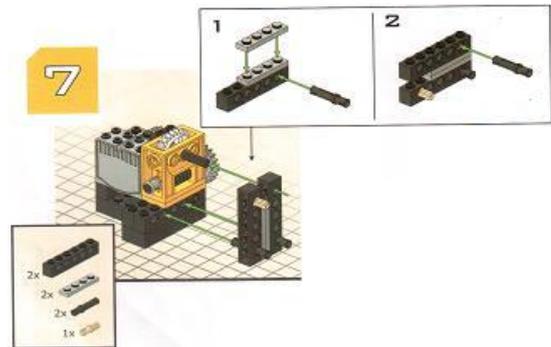
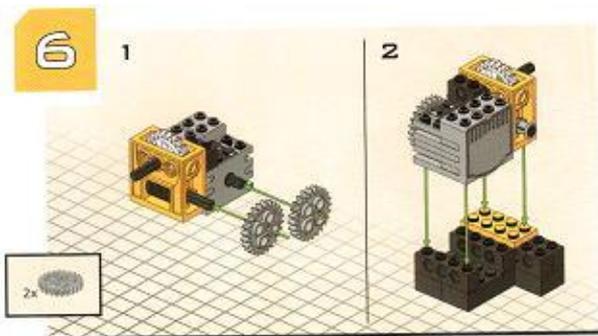
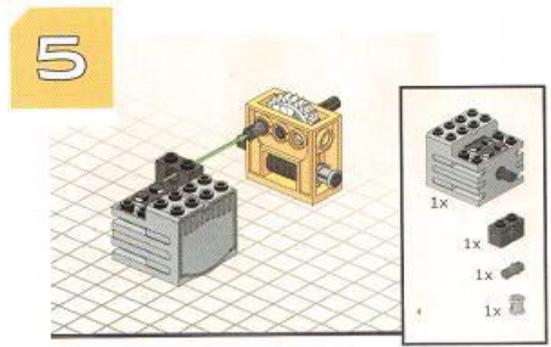
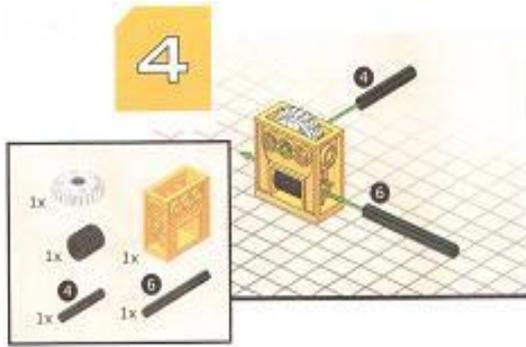




ANEXO 2 - Passo a passo da montagem do macaco

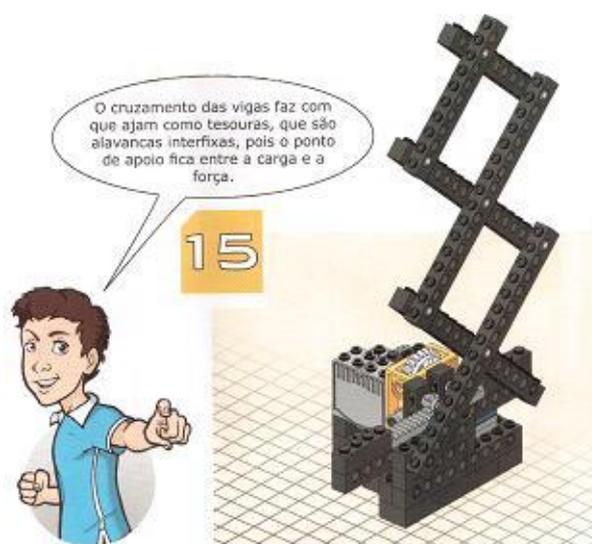
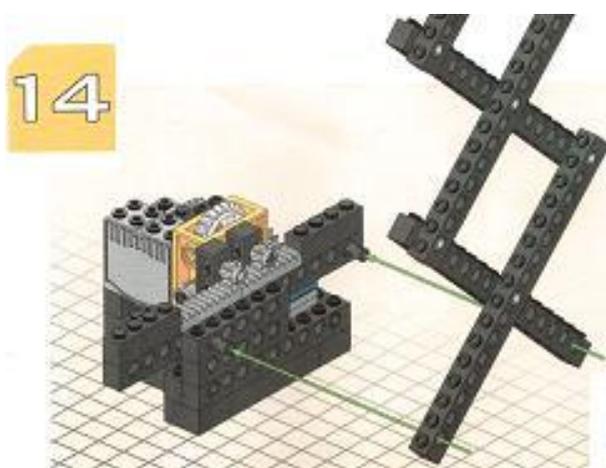
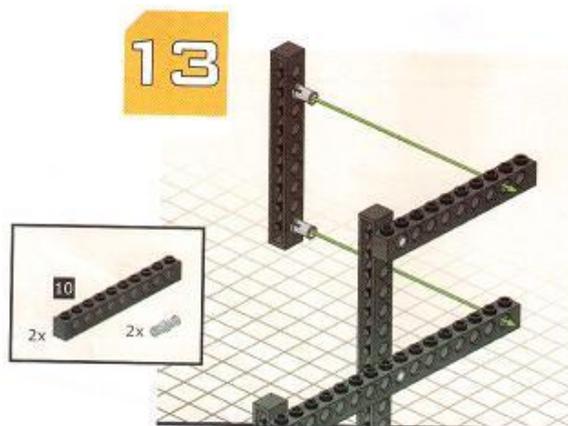
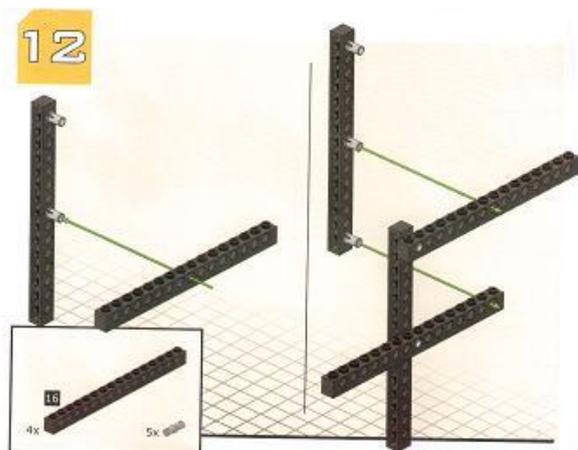
Passo a passo da montagem do macaco proposto na revista ZOOM® n° 1 para a sexta série:





As cremalheiras transformam os movimentos circulares em lineares, o que faz com que o macaco mecânico suba e desça.





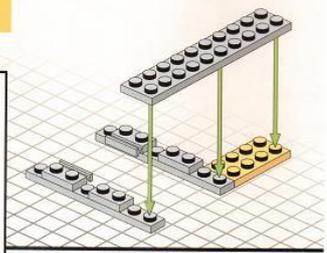
ANEXO 3 - Passo a passo da montagem do gerador

Passo a passo da montagem do gerador proposto na revista ZOOM® n° 3 para a quinta série:



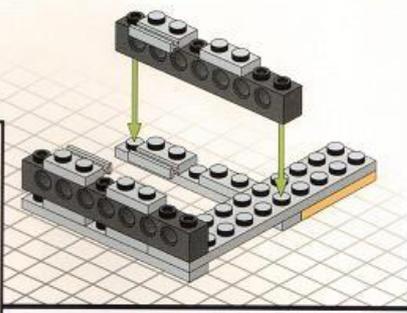
1

- 1x [1x 11-hole grey Technic beam]
- 2x [2x 8-hole grey Technic beam]
- 1x [1x yellow 1-hole Technic pin]
- 2x [2x grey 1-hole Technic pin]
- 2x [2x grey 1-hole Technic pin]



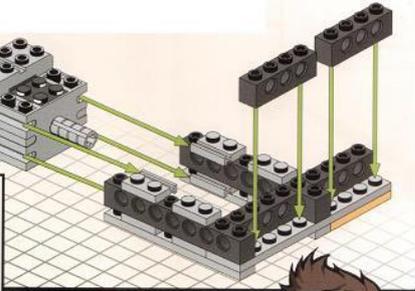
2

- 2x [2x 8-hole grey Technic beam]
- 2x [2x grey 1-hole Technic pin]
- 2x [2x grey 1-hole Technic pin]



3

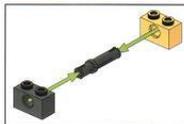
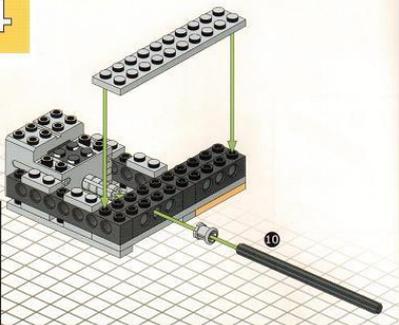
- 1x [1x grey motor housing]
- 4x [4x grey 2-hole Technic beam]
- 1x [1x grey 1-hole Technic pin]



As luvas permitem ampliar o alcance do eixo na estrutura e viabilizar a transmissão do movimento giratório.

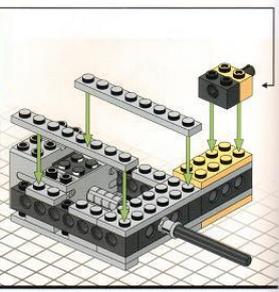
4

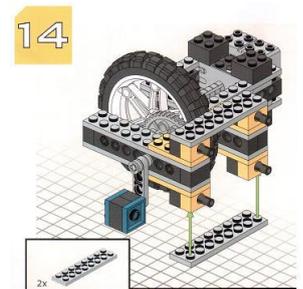
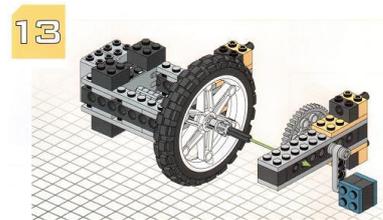
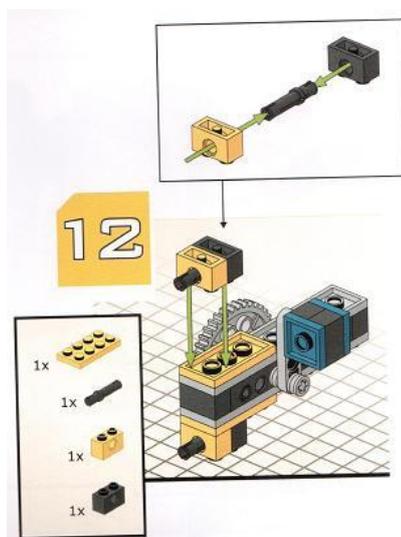
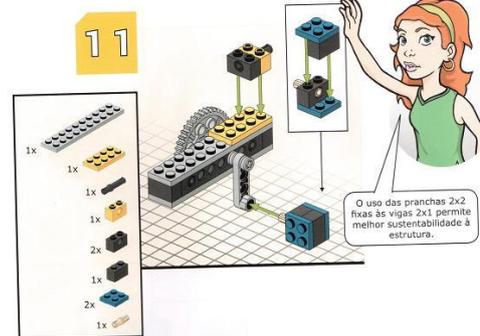
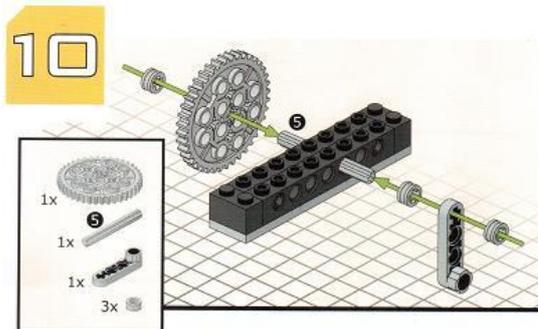
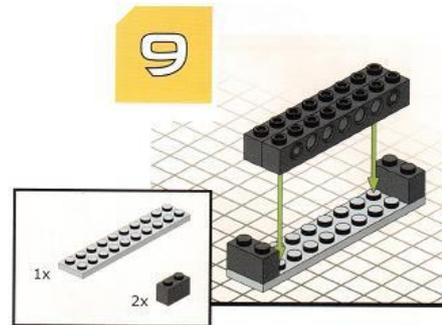
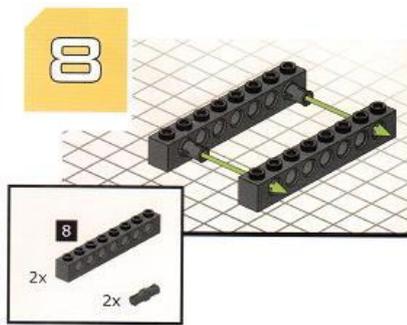
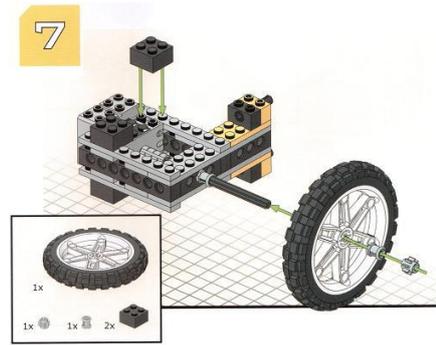
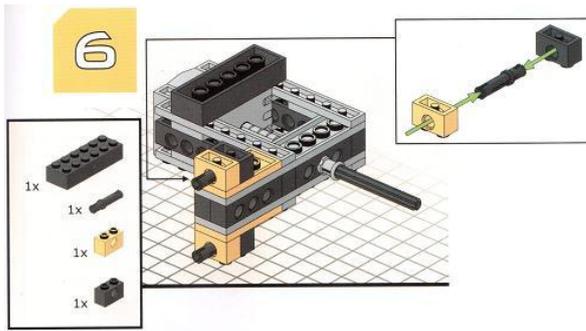
- 1x [1x 11-hole grey Technic beam]
- 1x [1x black axle]
- 1x [1x grey axle pin]

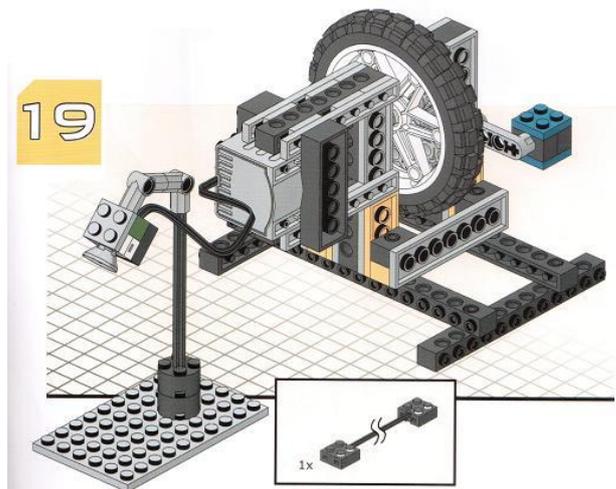
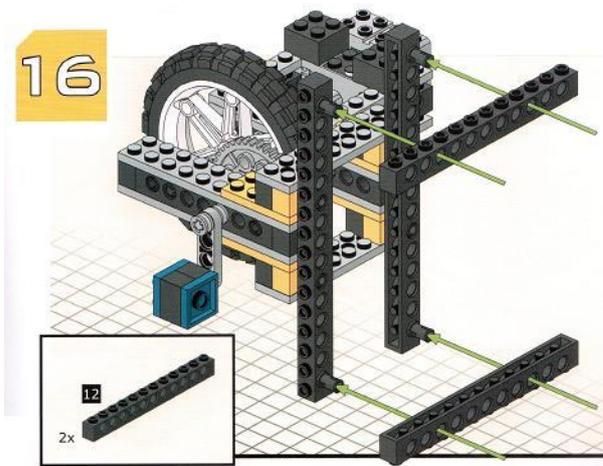
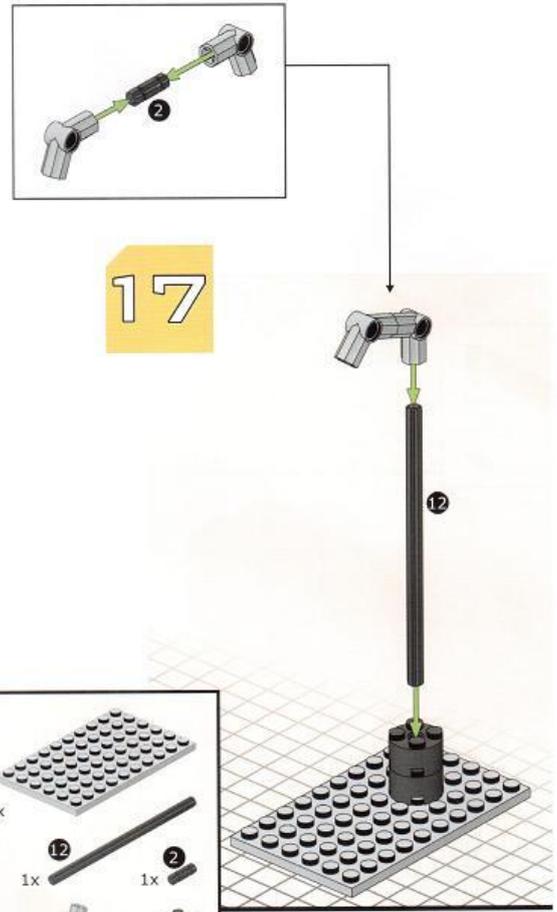
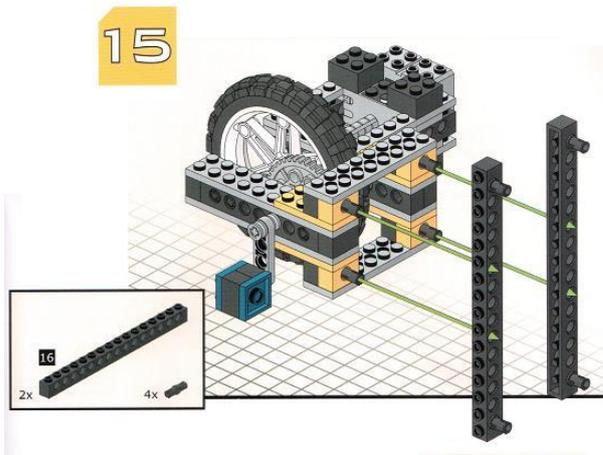


5

- 2x [2x 8-hole grey Technic beam]
- 1x [1x yellow 1-hole Technic pin]
- 1x [1x grey 1-hole Technic pin]
- 1x [1x yellow 1-hole Technic pin]
- 1x [1x black axle]







ANEXO 4 - Passo a passo da montagem da ponte rolante

Passo a passo da montagem da ponte rolante proposta na revista ZOOM® n° 2 para a oitava série (atividade 3):

