

**UNIVERSIDADE BANDEIRANTE DE SÃO PAULO
UNIBAN/SP**

ROGÉRIO LOPES LEITÃO

**A DANÇA DOS ROBÔS:
QUAL A MATEMÁTICA QUE EMERGE DURANTE UMA
ATIVIDADE LÚDICA COM ROBÓTICA EDUCACIONAL?**

**São Paulo
2010**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE BANDEIRANTE DE SÃO PAULO
UNIBAN/SP

ROGÉRIO LOPES LEITÃO

**A DANÇA DOS ROBÔS:
QUAL A MATEMÁTICA QUE EMERGE DURANTE UMA
ATIVIDADE LÚDICA COM ROBÓTICA EDUCACIONAL?**

Dissertação apresentada à Banca Examinadora da Universidade Bandeirante de São Paulo, como exigência parcial para obtenção do título de MESTRE EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, sob a orientação da Prof. Dra. Lulu Healy (Siobhan Victoria Healy)

São Paulo
2010

INSERIR PAGINA COM ASSINATURAS

*Dedico este trabalho a minha esposa Paula,
companheira inestimável em todos os
momentos de minha vida. E Anna Beatriz,
semente de Luz e Felicidade em nossas
vidas.*

AGRADECIMENTOS

À Lulu Healy, pessoa mais que especial, pelo carinho e paciência que sempre prestou a esse orientando durante toda a realização deste trabalho, contribuindo com sua sabedoria a realização deste sonho.

Aos Professores Doutores Maurício Rosa e Janete Bolite, pelas contribuições no exame de qualificação, vitais para o desenvolvimento e aperfeiçoamento desta pesquisa.

Ao Colégio Parthenon, por permitir a realização desta pesquisa em suas instalações.

Aos alunos que cederam seu tempo para participar de nossas atividades, sempre com disposição de ajudar e contribuir a nossos estudos.

Aos professores do programa de Pós graduação da Universidade, pelo exemplo prestado durante suas aulas, nos dando inspiração para imersão em nossos estudos.

Ao grande amigo Professor Mestre (quase doutor) Carlos R. Bifi, pela força e amizade prestadas desde o início desta empreitada.

À Secretaria de Educação do Estado de São Paulo, pela bolsa de estudos que financiou nossa pesquisa.

Aos meus pais, pelo amor, carinho e dedicação, pelos ensinamentos valiosos que mostraram o real valor da educação.

À minha eterna amiga e companheira Paula, pelo amor, carinho e compreensão em momentos difíceis, por seu apoio incansável em todos os momentos desta pesquisa, e principalmente o presente que guardou para o seu final, a realização do sonho de sermos pais.

À Deus, por provar a todos os momentos a intensidade de seu amor e sua presença em nossa vida.

A todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente com nossa pesquisa, os meus sinceros agradecimentos.

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura – 1 : Tartaruga de chão – Floor Turtle.....	23
Figura – 2: Interface LOGO.....	26
Figura – 3: Quadrado executado em LOGO.....	27
Figura – 4: Interface LEGO – Logo.....	30
Figura – 5: Robot Roamer.....	30
Figura – 6: Interface LEGO 70288.....	31
Figura – 7: Placa da interface 70288.....	32
Figura – 8 De cima, da esquerda descendo, Evolução dos tijolos programáveis. Tijolo do Logo (1987), Tijolo vermelho MIT (1995), Tijolo.....	32
Figura – 9: LEGO RCX.....	34
Figura 10 – Tela do ambiente de programação Robolab.....	35
Figura 11 – Comunicação do computador para o RCX via infravermelho.....	36
Figura 12 – Exemplo de montagem com material Fichertechnik.....	37
Figura 13 – Kit midstorms nxt.....	38
Figura 14 – Interface de Programação do Software Mindstorms NXT.....	39
Figura 15 – Interface do Software de Programação Mindstorms NXT.....	56
Figura 16 – Barra de Ferramentas do software Mindstorms NXT.....	56
Figura 17 – Driving Base.....	57
Figura 18 – Programação dos motores.....	58
Figura 19 – Desafio 2ª sessão – Atividade 2.....	59
Figura 20 – Desafio Terceira Sessão – Atividade 3.....	60
Figura 21- Desafio Quarta Sessão – Atividade 4.....	61
Figura 22 – Cálculo dos alunos para encontrar o número de rotações desejadas.....	67
Figura 23 – Primeira tentativa de programação do desafio da primeira sessão – Atividade 1.....	68
Figura 24 – Programação do desafio da primeira sessão – Atividade 1.....	70
Figura 25 – Desafio 2ª sessão – Atividade 2.....	71
Figura 26 – Estratégia de resolução dos alunos Segunda Sessão - Atividade 2.....	72
Figura 27 – Resolução dos alunos atividade 2 – Regra de três.....	76

Figura 28 – Programação da Atividade 2.....	74
Figura 29 – Desafio Terceira Sessão – Atividade 3.....	76
Figura 30: Dados do cenário feitos pelos alunos.....	77
Figura 31: Posição escolhida pelos alunos.....	77
Figura 32: Conclusões da atividade.....	78
Figura 33: Programação da atividade da terceira sessão.....	79
Figura 34: Posições dos robôs.....	79
Figura 35- Desafio Quarta Sessão – Atividade 4.....	80
Figura 36: Trajetória do robô na realização da atividade.....	82
Figura 37: Programação da atividade.....	82
Figura 38: Primeiro esboço da coreografia dos robôs.....	84
Figura 39: Cenário da dança dos robôs construído pelos alunos.....	86
Figura 40: Programação dos robôs para a dança.....	87

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	13
-----------------	----

CAPÍTULO 2: CARACTERIZAÇÃO DE UM AMBIENTE DE ROBÓTICA EDUCACIONAL

2.1 - O conceito de robô e robótica.....	18
2.2 - Inteligência Artificial	21
2.3 - Robótica Educacional.....	22
2.4 - A Linguagem Logo.....	25
2.5 - O Sistema Lego-Logo.....	28
2.6 - O Lego	34
2.7 - Kits de Robótica Educacional.....	36
2.8 - Kit Mindstorms NXT.....	38

CAPÍTULO 3: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA: CONSTRUCIONISMO, MICROMUNDOS E O BRINQUEDO NA APRENDIZAGEM DE MATEMÁTICA

3.1 - O Construcionismo.....	40
3.2 - O brinquedo e a aprendizagem.....	41
3.3 - O Brincar com Robô.....	44
3.4 - Micromundos de Aprendizagem.....	45

CAPÍTULO 4: PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1 - Abordagem metodológica: Design Experiments.....	50
4.2 - O Experimento.....	53
4.3 - Primeira Sessão – Atividade 1.....	55
4.4 - Segunda sessão – Atividade 2.....	58
4.5 - Terceira Sessão- Atividade 3.....	59
4.6- Quarta Sessão- Atividade 4.....	61

4.7- Quinta Sessão- Atividade 5.....	62
4.8 – Coleta de Dados.....	62

CAPÍTULO 5: ANÁLISE DA EXPERIMENTAÇÃO

5.1 – Considerações Iniciais.....	64
5.2 – Caracterização do grupo.....	64
5.3 – Primeira Sessão – Atividade 1.....	64
5.4 – Segunda sessão – Atividade 2.....	71
5.5 – Terceira sessão – Atividade 3.....	76
5.6 – Quarta sessão – Atividade 4.....	80
5.7 – Quinta sessão – Atividade 5.....	83

CAPÍTULO 6: CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 – Introdução.....	89
6.2 – Voltando as questões de Pesquisa.....	92
6.3 – Considerações para novos estudos.....	98

REFERÊNCIAS.....	99
-------------------------	-----------

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi investigar as potencialidades e contribuições que a utilização da robótica educacional oferece para o ensino da Matemática. Mais especificamente, pretende identificar como alunos do nono ano do Ensino Fundamental II interagem com artefatos robóticos e quais idéias matemáticas emergem desta interação. Para situar o estudo, o surgimento do ambiente de robótica educacional, assim como as modificações que este modelo tecnológico sofreu foram considerados. A partir desta discussão, o robô foi caracterizado como um ser cujas operações são essencialmente matemáticas, e quer-se com este trabalho aproveitar e explorar essa característica para a Educação Matemática. O trabalho se fundamenta teoricamente na interação do jovem com o robô em dois pilares básicos. Primeiro, a atividade com o robô enquanto uma brincadeira, com regras e práticas que conformam uma cultura lúdica. Segundo, como um micromundo de aprendizagem pode ser utilizado sob uma perspectiva construcionista. A metodologia adotada pela parte empírica do trabalho inspirou-se nos princípios associados aos *Design Experiments*, que têm como meta teórica estudar o processo por meio no qual estudantes desenvolvem uma compreensão das idéias matemáticas particulares, junto com os tipos de tarefas e práticas de ensino que podem suportar esse aprendizado. As análises indicaram que o desafio de coreografar uma dança de robôs incentivou a mobilização de várias idéias matemáticas, incluindo simetria e reflexão, estimativa, proporcionalidade e propriedades de ângulos, principalmente devido à necessidade, na comunicação com um ser robótico, a desvendar a matemática responsável pelos seus comportamentos de maneira compreensível a todos os participantes, seres humanos ou robóticos.

Palavras - Chave: Robótica Educacional, Micromundo, Educação Matemática, Cultura Lúdica.

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the potentialities and contributions that the utilization of educational robotics offers to the teaching of Mathematics. More specifically, it seeks to identify how students of the 9th year of compulsory education interact with robotic artefacts and which mathematical ideas emerge during this interaction. To situate the study, the birth of educational robotics environments, along with the modifications which this technological model has undergone, was considered. On the basis of this discussion, a robot was characterised as a being whose operations are essentially mathematical and the idea which guided the study was to explore and to capitalise upon this characteristic. The study drew its theoretical foundation on the interaction of young people with robots using two main pillars. First, activity with robot as play, with rules and practices that conform to a culture of playing and, second, as a microworld for mathematics learning, inspired by the constructionist perspective. The methodology adopted for the empirical part of the study drew upon the principles associated with Design Experiments, which have as their theoretical goal the study of the processes through which learners develop understandings of particular mathematical ideas, together with the kinds of tasks and practices which sustain this learning. Analysis of the results indicates that the challenge of choreographing a dance for robots motivated these students mobilize a variety of mathematical ideas, including symmetry and reflection, estimation, proportionality and angle properties, principally because of the need, in communicating with a robot, of unveiling the mathematics associated with its behaviour in ways that are understandable to all the participants in the activity, both the human programmers and the robotic dancers.

Keywords: Educational Robotics, Microworlds, Mathematics Education, Culture of Play.

1. INTRODUÇÃO

Minha trajetória com robótica educacional iniciou-se no ano de 2002, quando, graduando em Matemática, fui convidado a estagiar em um colégio que no momento implantava essa tecnologia. Esse trabalho causou-me um enorme encantamento: pela primeira vez em meus poucos trabalhos até então na disciplina, pude perceber uma Matemática tão viva, desafiadora, que se apresentava de forma empolgante tanto a mim, quanto aos alunos com quem trabalhava. Mais tarde fui convidado a integrar o departamento pedagógico da empresa que representa a marca LEGO Educational no Brasil, e justamente nessa época que senti a necessidade de aprofundamento dos meus estudos nesta área, suas carências e o que eu poderia contribuir para aproximar minha experiência ao ensino de Matemática.

Ao buscar esse programa de Mestrado, encontrei em minha orientadora a inspiração para o tema dessa pesquisa. Em seus trabalhos, ela tem escrito sobre a sua busca de uma matemática escolar de forma “mais viva” que o convencional, uma matemática que valoriza as narrativas criadas pelos aprendizes enquanto eles tentam dar sentido aos comportamentos de objetos matemáticos encontrados nas telas do computador (HEALY, SINCLAIR, 2007). Healy e Sinclair descrevem situações de aprendizagem nas quais aprendizes tratam objetos computacionais como seres matemáticos (cujos comportamentos refletem diferentes propriedades e relações matemáticas) e seres psicológicos (com gostos, pretensões e desejos). Assim, surgiu a idéia de engajar alunos em uma atividade de coreografar uma dança, na qual os participantes desta dança seriam robôs. Esta atividade envolveria a mobilização de conceitos matemáticos? E, no caso positivo, quais aspectos de Matemática seriam privilegiados?

Em minha atuação profissional como consultor pedagógico, pude perceber muitas vezes, que a prática adotada por algumas instituições tem sido a de tratar a Robótica Pedagógica apenas como a construção de brinquedos que executam determinadas tarefas, ou como estratégia de marketing

educacional, desvinculando essa atividade da formalização de objetos matemáticos e físicos. Existe, nos diversos modelos de atividades relativas à Robótica Pedagógica, uma matemática oculta, não explicitada ou sistematizada. Essa camuflagem é própria do desenvolvimento da tecnologia.

Por exemplo, podemos perguntar: “Quanta matemática está presente em um forno micro-ondas, nos freios ABS de um carro, no telefone celular, em um fax, nas senhas dos cartões bancários e também em uma infinidade de equipamentos que fazem parte do cotidiano das pessoas?” Embora presente, ela é oculta, no sentido de não aparecer de forma explícita ao usuário. Rotineiramente não é comum visualizarmos o procedimento matemático que conduz à execução de eventos tecnológicos, num ambiente escolar, ao contrário, aproveitar a existência dessa matemática oculta como objeto de ensino pode propiciar a introdução de novos significados aos saberes matemáticos ensinados em sala de aula.

O ideal deste trabalho está fortemente associado às idéias de Seymour Papert, pesquisador matemático do Massachusetts Institute of Technology (MIT), idealizador do chamado *Construcionismo*. Segundo Papert o Construcionismo visa “produzir a maior aprendizagem a partir do mínimo de ensino” (PAPERT, 1994). Entretanto, isso não significa dispensar o professor, nem reduzir a quantidade de ensino, mas sim oferecer ao aluno um tipo de experiência que lhe ajude a produzir mais conhecimento.

A construção de robôs está fortemente associada à atividade de brincar. Para crianças e jovens (e mesmo para fabricantes de kits de robô) construir é uma atividade lúdica. Todo brinquedo possui, de acordo com Vygotsky, uma situação imaginária e um conjunto de regras que pode aparecer de forma explícita ou implícita. Em nossa visão, o Robô é um ser essencialmente matemático, a sua construção exige a manipulação de conceitos matemáticos. O aspecto matemático da construção do robô num ambiente de Robótica Pedagógica é parte do conjunto de regras de um jogo. Nesta pesquisa pretendemos tornar explícitas essas regras, os objetos matemáticos ocultos na construção dos robôs.

No que se refere à parte empírica, um grupo de alunos trabalharam de forma colaborativa, utilizando os kits Lego Nxt, com o objetivo de programar e executar uma dança coreografada. A pesquisa envolve atividades que pretendem proporcionar condições aos alunos do Ensino Fundamental de demonstrar suas intuições acerca de como os robôs podem ser movidos para criar uma dança e verificar quais ideias matemáticas emergem durante a realização da atividade e quais são as estratégias utilizadas pelos alunos para realizá-la.

Tal verificação nos possibilita várias questões ora envolvidas:

- Quais ideias matemáticas emergem durante a atividade associada ao desafio de uma dança coreografada de robôs?
- Qual é o papel do material na emergência dessas ideias?
- Como o aspecto lúdico do trabalho com robôs influencia o envolvimento com os alunos?

Para o desenvolvimento desse trabalho, procuraremos em primeiro lugar localizar historicamente a robótica educacional. Considerando seu advento como uma aplicação no âmbito educacional dos recursos tecnológicos que já existem no ambiente industrial. Assim, ela é parte da revolução tecnológica que temos vivenciado desde meados do século passado, cuja tecnologia difere essencialmente da tecnologia do período histórico anterior em virtude do papel determinante cumprido pela informação.

Procuraremos também apontar definições, conceitos, para os elementos centrais que envolvem nosso trabalho. O que é robô? E robótica educacional? Essas são definições que servem para balizar nossa pesquisa.

A associação que vemos entre robótica educacional e atividade lúdica, citada acima, é abordada de forma mais aprofundada, a partir do conceito

Vygotskyano de brinquedo, segundo o qual todo brinquedo possui situação imaginária e regras ocultas ou explícitas. A nossa perspectiva é explorar o robô enquanto brinquedo que possui regras matemáticas ocultas.

Nossa visão de robótica educacional enquanto ambiente educacional envolve a interação dos alunos com micromundos de aprendizagem. A noção de micromundos é parte integrante do nosso trabalho e, assim, dedicamos o Capítulo 3 para conceituá-lo e levantar fatos e aspectos históricos que contribuíram para o surgimento e o desenvolvimento deste ambiente no âmbito educacional. No capítulo 3, também apresentaremos os fundamentos teóricos que embasam nossa pesquisa. Apresentaremos as ideias de Construcionismo de Seymour Papert. Uma perspectiva vygostkyana do papel dos instrumentos e brincadeiras na aprendizagem de Matemática será discutida também neste capítulo, assim como a caracterização do robô como um instrumento lúdico de aprendizagem.

Apresentaremos uma descrição da parte empírica da presente pesquisa, baseada na metodologia *Design Experiment* no capítulo 4, assim com a descrição das sessões de pesquisa as atividades foram divididas em seis sessões com desafios próprios em cada uma delas.

Na fase de experimentação os alunos realizaram a programação de seus robôs, este foi o ciclo no qual os aprendizes testaram suas hipóteses, verificaram seus modelos e executaram o desafio.

O Capítulo 5 foi destinado à análise dos dados coletados nos Ciclos de Desenvolvimento e de Experimentação. Procuraremos analisar quais ideias matemáticas surgiram durante a realização da atividade, como elas foram expressas pelos alunos, quais as diferenças e semelhanças entre os grupos de alunos que surgiram durante os dois ciclos da pesquisa.

O Capítulo 6 é destinado às conclusões finais desse trabalho de

pesquisa. Analisa os resultados obtidos à luz dos fundamentos teóricos, relacionando-os com os pressupostos metodológicos. A seguir, confronta tais resultados com as questões de pesquisa e finaliza apontando alguns elementos que podem nortear ou subsidiar pesquisas futuras relativas à robótica educacional.

2. CARACTERIZAÇÃO DE UM AMBIENTE DE ROBÓTICA EDUCACIONAL

2.1 - O Conceito de robô e robótica

O termo robótica é amplamente utilizado nos dias de hoje por vários segmentos de nossa sociedade. As crescentes inovações tecnológicas estão cada vez mais transformando as relações sociais, e sem dúvida a robótica está a passos largos ganhando espaço dentre as grandes tecnologias do século XXI.

A robótica pode-se dizer que é

“[...] o ramo da mecânica, (englobando mecânica, elétrica e eletrônica) que, atualmente, trata de sistemas compostos por máquinas e partes mecânicas automáticas e controlados por circuitos integrados (micro processadores), tornando sistemas mecânicos motorizados, controlados manualmente ou automaticamente por circuitos ou mesmo computadores”

(Craig 1989, p. 125)

Além disso, podemos dizer que ela trabalha com o desenho e construção de máquinas e/ou robôs capazes de desenvolver tarefas realizadas por nós seres humanos ou que requerem o uso de sistemas inteligentes. Ela engloba um conjunto de conceitos básicos de cinemática, automação, hidráulica, pneumática, informática e inteligência artificial, que estão envolvidos no funcionamento de um robô.

O termo robô é originado da palavra tcheca “*robotá*”, que designa trabalho escravo e surgiu na peça teatral “R.U.R” (*Rossum’s Universal Robotis*) de Karel Capek, em 1921, que descrevia a história de um cientista que inventava robôs para ajudarem as pessoas a executarem tarefas simples, mas essas máquinas acabam se voltando contra os humanos e conquistando o mundo (BRETON, 1991).

Um robô, segundo Martins (1993), é um dispositivo geralmente mecânico, que desempenha tarefas automaticamente, seja de acordo com a supervisão humana direta, através de um programa predefinido ou seguindo um conjunto de regras gerais, utilizando técnicas de inteligência artificial. Geralmente estas tarefas substituem, assemelham ou estendem o trabalho humano, montagem de peças, manipulação de objetos pesados ou perigosos, trabalho no espaço, etc.

Não existe uma única definição para a palavra robô. De acordo com o dicionário Aurélio, robô é:

1. *Mecanismo automático, em geral com aspecto semelhante ao de um homem, que realiza trabalhos e movimentos humanos;* 2. *Inform. Mecanismo automático dotado de percepção e capaz de tomar decisões e realizar tarefas mecânicas para as quais foi programado;* (FERREIRA, 1993).

As definições acima aparecem também quando definimos um robô industrial. Segundo a Associação das Indústrias de Robótica (RIA) dos EUA, o robô industrial é “[...] um manipulador reprogramável, multifuncional, projetado para mover materiais, peças, ferramentas ou dispositivos especiais em movimentos variáveis programados para a realização de uma variedade de tarefas.” (PAZOS, 2002). Esta definição está de acordo com o que encontramos em 1. (no Aurélio). Um robô industrial por executar tarefas, muitas vezes repetitivas, e pré-determinadas pode nos passar a falsa impressão de não necessitar de uma percepção do meio externo para realizar suas tarefas e isso pode nos remeter a uma impressão equivocada do que seja um robô industrial, pois ele não é apenas uma máquina programada para executar tarefas automatizadas.

O robô industrial interage com o meio externo de forma a “aprender” a executar uma tarefa, e isso é o que o difere de uma máquina automática. Segundo (FREITAS 2005), o robô aprende de duas maneiras: diretamente com o operador, o que este chama de modo on-line, ou por meio de uma simulação

computadorizada, modo off-line. Desta forma podemos distinguir um robô de outras máquinas automáticas.

A partir destas informações podemos definir um robô como: máquinas programáveis que **captam informação** do meio externo, **processam** esta informação por meio de sua programação e **definem** uma ação. Esta definição esta de acordo com Heine:

[...] podemos definir um robô de modo geral como uma máquina programável que é capaz de imitar as ações ou a aparência de uma criatura inteligente, geralmente um ser humano. Para se caracterizar como um robô, a máquina deve ser capaz de no mínimo duas coisas:

- obter informações do seu próprio ambiente;*
- atuar de alguma forma física neste ambiente – se movendo ou manipulando objetos por exemplo. (HEINE, 2006)*

A interação com o meio externo é a principal característica que difere os robôs das demais máquinas programáveis. Ou seja, o robô define o que vai fazer em função do meio externo no qual ele está sujeito. Esta interação se dá pela coleta de informações (temperatura, luminosidade, contato) que o robô faz no ambiente que está inserido graças a um grupo de dispositivos chamados sensores, que captam informações diversas deste ambiente e as transmite para o processador do robô. De porte destas informações, seu programa processa e define as tarefas que serão executadas pela máquina.

Hoje os robôs são usados para levar a cabo tarefas que são demasiado sujas, perigosas, difíceis e repetitivas para os humanos. Outras aplicações incluem a limpeza de resíduos tóxicos, exploração espacial, mineração, busca e resgate de pessoas e localização de minas terrestres. A manufatura continua sendo o principal mercado onde os robôs são utilizados. Em particular, robôs articulados (similares em capacidade de movimento a um braço humano) são os mais usados. As aplicações incluem soldados e partes de maquinaria. A Indústria automotiva tomou grande vantagem desta nova tecnologia na qual os robôs foram programados para substituir o trabalho dos humanos em muitas tarefas repetitivas. Existe uma grande esperança, especialmente no Japão, de

que o cuidado do lar para a população de idade avançada possa ser levado a cabo por robôs.

Em termos de conceito e aplicação, a robótica é uma das ramificações formadoras da inteligência artificial. Além dela, outras disciplinas integram a maior parte dos conteúdos e projetos desenvolvidos em inteligência artificial, abordaremos esse tema de forma mais abrangente a seguir.

2.2 - Inteligência Artificial.

Inteligência Artificial (IA) é uma área de pesquisa da ciência da computação dedicada a buscar métodos ou dispositivos computacionais que possuam ou simulem a capacidade humana de resolver problemas, pensar ou, de forma ampla, ser inteligente. A Inteligência Artificial pode ser definida como a inteligência exibida por qualquer coisa que tenha sido construída pelo homem.

O primeiro trabalho reconhecido recentemente em Inteligência Artificial foi o realizado por Warren McCulloch e Walter Pitts em 1943. O trabalho desenvolvido foi a construção de um modelo de neurônios artificiais, que eram capazes de “ligar” e “desligar”, dependendo da estimulação dos neurônios vizinhos. Os trabalhos em I.A. iniciaram-se experimentalmente na década de 50 com pioneiros como Allen Newell e Herbert Simon, fundadores do primeiro laboratório de inteligência artificial na Universidade de Carnegie-Mellon. Posteriormente os trabalhos de John McCarty juntamente com Marvin Minsky culminaram com a fundação do MIT Artificial Intelligence Laboratory em 1959.

Como ciência, a Inteligência Artificial ganha espaço a partir de 1987, com a adoção de métodos rigorosos para suas experimentações e com muitos pesquisadores avançando nos estudos.

McCarty e seus colegas introduziram uma definição de I.A. numa conferência em Dartmouth, Estados Unidos no ano de 1955 que tornou-se muito popular, segundo esta definição, o propósito da Inteligencia Artificial é

"fazer a máquina comportar-se de tal forma que seja chamada inteligente caso fosse este o comportamento de um ser humano" (MCCARTHY, MINSKY, ROCHESTER E SHANNON, 2007). Assim, podemos destacar que em sua definição, existem quatro grandes áreas de atuação (RUSSEL E NORVING, 2004):

- 1- Sistemas que pensam como seres humanos: O novo e interessante esforço para fazer os computadores pensarem... máquinas com mentes, no sentido total e literal;
- 2- Sistemas que atuam como seres vivos: A arte de criar máquinas que executam funções que exigem inteligência quando executadas por pessoas;
- 3- Sistemas que pensam racionalmente: O estudo das faculdades mentais pelo uso de modelos computacionais;
- 4- Sistemas que atuam racionalmente: A inteligência Computacional é o estudo de agentes inteligentes.

O teste clássico para aferição da inteligência em máquinas é o Teste de Turing. O teste consistia em submeter um operador, fechado em uma sala, a descobrir se quem respondia suas perguntas, introduzidas através do teclado, era um outro ser humano ou uma máquina. Sua intenção era de descobrir se podíamos atribuir à máquina a noção de inteligência. Ele foi projetado para verificar uma definição operacional satisfatória de inteligência.

No início das pesquisas em inteligência artificial os objetivos tinham uma aproximação experimental com a psicologia, dando ênfase ao que poderia ser chamado de inteligência lingüística (tal como exemplificado no Teste de Turing).

Considerando essa contribuição dos trabalhos em I.A. para os inícios dos estudos de robótica educacional, a seguir abordaremos esse conceito nos seus aspectos históricos e a fim de caracterização do ambiente.

2.3 - Robótica Educacional.

O termo robótica educacional é utilizado para designar ambientes de aprendizagem (da Educação Infantil ao Ensino Médio), que lançam mão de kits

de montagem compostos por peças como: motores, polias, sensores, engrenagens, eixos, blocos ou tijolos de montagem, peças de sucata como metais, plásticos, madeira, além de um microcomputador e uma interface, permitindo assim a montagem de objetos que podem ser controlados e comandados por uma linguagem de programação. Esses objetos podem ser dispositivos ou robôs, que executam tarefas pré-estabelecidas em uma linguagem de computador e depois transmitidas aos objetos por diversas formas como, por exemplo, uma porta paralela, interface serial, via infravermelho, etc.

Definimos robótica educacional como um ambiente de ensino e aprendizagem baseado na construção de um artefato que possui sensores, processador ligado a um software de computador e componentes eletromecânicos de atuação. A este artefato denominaremos robô, cujas características são as de interagir com o meio externo para poder definir uma ação.

Pode-se considerar o início da robótica educacional com o surgimento da 'Tartaruga de Chão' (Floor Turtle) de Seymour Papert, nos anos 60 (Figura 1). Ela era um robô mecânico simples, conectado a um computador por um longo "cordão umbilical", e traçava figuras simples no chão de acordo com instruções escritas em Logo no computador (RESNICK et al, 1996).



Figura – 1 : Tartaruga de chão – Floor Turtle

No início dos anos 90, a empresa dinamarquesa de brinquedos Lego® propiciou um novo enfoque para a Robótica Pedagógica em fusão com a linguagem Logo. Com seus blocos de montar acrescentados de motores, eixos, engrenagens e sensores, conectados a um computador no qual se escreviam instruções de programação em Logo. Tornou-se possível o desenvolvimento de atividades com características qualitativamente distintas daquelas desenvolvidas com o robô tartaruga de Papert.

Um problema inicial era o da conexão com o computador. Como esta era feita inicialmente por cabos, os chamados cordões umbilicais, causavam muita limitação para sua atuação, além de resultarem numa contradição com o ideal de autonomia que se espera destes mecanismos. Desse modo, uma das principais problemáticas da Robótica Pedagógica neste período foi encontrar uma maneira de executar a transferência da programação escrita no computador para um módulo que funcionasse como um cérebro no robô. Resnick nomeou este módulo como 'Programmable Brick' (RESNICK et al, 1996). Surgiu o microcontrolador, que é o módulo que armazena o programa do computador e permite transportar o robô para qualquer lugar. Essa transferência é realizada por infravermelho ou por cabo. Os kits de Robótica apresentam essa evolução na comunicação descrita.

Designamos como um kit de Robótica Pedagógica um conjunto de componentes mecânicos de montagem, eixos, elementos de transmissão mecânica (polias e engrenagens), motores e sensores. É acompanhado de um microcontrolador que conecta motores e sensores à placa de um computador e, por fim, de um software para a programação de um robô.

É desse novo formato de kits de Robótica que emergem a grande maioria das atividades desenvolvidas num ambiente de Robótica Pedagógica. Nesse sentido, descrevemos duas características centrais que permeiam as atividades desenvolvidas nestes ambientes.

O aprendiz deve montar seu próprio robô antes de fazê-lo agir. Isso deu uma amplitude para a ação da criança, envolvendo-a no conjunto de atividades que constituem a Robótica: mecânica, eletrônica e informática.

A associação da Robótica com o ato de **brincar** é a segunda característica que destacamos. No ambiente educacional a Robótica pedagógica esta vinculada à brincadeira, à atividade lúdica. Jogos e brincadeiras possuem uma importância fundamental no processo de aprendizagem.

Brinquedos (e robôs) podem ser vistos como elementos de mediação entre o aprendiz e o mundo que o cerca. Mediação é um conceito central na visão Vygostkyana do desenvolvimento cognitivo. O homem se relaciona com o mundo que o cerca por meio de instrumentos, de tecnologia. E robô é tecnologia. Robótica Pedagógica pressupõe a construção de tecnologia, de instrumentos e signos. Construir e aprender é a condição básica do construcionismo, concepção que surgiu com Papert. Ambos, mediação e construcionismo remetem a idéia de **micromundos de aprendizagem**, o ideal que constituí essa corrente teórica descreveremos no capítulo 3.

Além dos eventos citados neste capítulo, consideramos o surgimento da linguagem Logo, e do sistema Lego-Logo, como fatores preponderantes para o surgimento da robótica educacional, esse histórico apresentaremos a seguir.

2.4 - A Linguagem Logo

No final da década de 60, Seymour Papert¹ e seus colegas do MIT² desenvolveram o Logo, uma linguagem de programação³ para crianças (Papert 1980). No ambiente Logo de programação, a manipulação da “tartaruga”

¹ Pesquisador e um dos pioneiros em tecnologia em educação

² Massachussets Institute of Technology

³ Linguagem de programação é um método padronizado para expressar instruções para um computador.

(Figura 2) como objeto gráfico é a grande conquista para a aproximação da computação na educação.

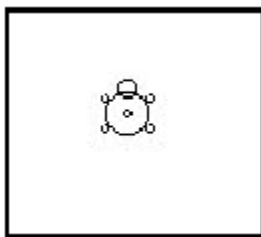


Figura – 2: Interface LOGO

A linguagem Logo tem como principal característica, segundo Martins, Prado e Sidericoudes:

“[...] o equilíbrio entre a sofisticação computacional e o acesso facilitado a atividade de programação. Essa facilidade deve-se a uma terminologia simples em termos de nomes de comandos, de regras sintáticas e de uma parte gráfica que se caracteriza pela presença de um cursor representado pela figura de uma Tartaruga que pode ser deslocada no espaço da tela através de alguns comandos relacionados ao deslocamento e giro da mesma” (Martins, Prado e Sidericoudes, 2000 pg. 2).

Quando ensinamos a tartaruga a fazer alguma coisa, por exemplo, a figura de um quadrado, isto quer dizer que estamos fazendo uma analogia para uma atividade de programar, no contexto do objeto gráfico (Tartaruga). A tartaruga anda pela tela deixando um rastro, ou seja, ela traduz graficamente o que o usuário determinou na descrição da linguagem.

Se o objetivo do usuário é construir na tela uma figura que possa representar um quadrado, será preciso instruir a tartaruga a se movimentar por um caminho para que o objetivo possa ser alcançado. Para que ela possa se movimentar, o usuário deve usar a sintaxe:

Parafrente “50” – O número entre aspas será determinado pelo usuário.

Este comando faz com que a tartaruga ande 50 passos para frente. O usuário deverá pensar em como o objeto gráfico se tornará aquilo que foi pensado no início da atividade. No Logo, a tartaruga deverá também girar em sentido de graus para que possa formar os ângulos necessários para fechar o quadrado. Este comando pode ser:

Paradireita "90" – O número entre aspas significa que a tartaruga vai virar 90 graus para direita.

Conduzindo por quatro vezes estes dois comandos veremos que a tartaruga desenvolverá na tela a figura de um quadrado (figura 3).

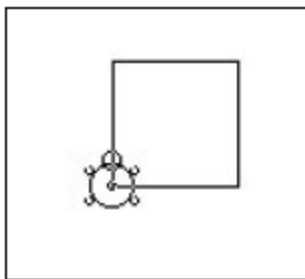


Figura – 3: Quadrado executado em LOGO

Para Papert (1980), o ponto importante do Logo é que o usuário pode criar suas próprias palavras e inseri-las no banco de dados da linguagem e assim personalizar as ações da máquina, tornando-a mais pessoal.

A aplicação mais popular do Logo envolveu "a tartaruga de Walter", que estava conectada ao computador por um longo "cabo umbilical". Esta linguagem de programação utilizou as ideias de Walter e implementou, entre outras características, comandos que tinham o controle dos movimentos das tartarugas. Por exemplo, pelo computador poderíamos "dizer" ao objeto mover para frente, para trás, direita ou esquerda.

No começo dos anos 70, os dispositivos gráficos não eram muito utilizados por causa do seu valor, fazendo com que o Logo fosse conhecido pelo seu uso com as tartarugas mecânicas. Quando os microcomputadores começaram a se disseminar, as tartarugas mecânicas cedem seu lugar para as tartarugas gráficas. Isso queria dizer que as crianças controlavam os

movimentos da mesma maneira que faziam com as tartarugas de Walter, mas agora a diferença é que o dispositivo era gráfico, ele se dava na tela e por isso eram muito mais rápidas e fáceis de manipular. Hoje, esta linguagem de programação Logo é muito conhecida em muitos países, e se manifesta em diversas plataformas como o megaLogo, micromundos, superLogo, etc.

No final da década de 80 já aconteciam os primeiros congressos sobre robótica na educação, com ênfase no sistema LEGO-Logo. Algumas universidades em nível mundial já começavam a preparação de professores para utilizar a robótica em sala de aula.

No Brasil, os primeiros kits de robótica na educação vieram pelas universidades, que através de seus núcleos começaram a desenvolver os projetos de robótica na sala de aula. As universidades que receberam os kits foram: Universidade estadual de Campinas (UNICAMP) e seu Núcleo de Informática Aplicada À Educação (NIED) em 1988; Universidade Federal de Alagoas (UFAL) e seu Núcleo de Informática na Educação Superior (NIES) em 1993; Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e seu Departamento de Psicologia/LEC em 1994. A iniciativa das universidades era no sentido de experimentar a ação do professor diante desta nova tecnologia. Mais tarde ela foi testada com alunos de escolas públicas.

Também encontramos diferentes programas para controle dos dispositivos (Robôs), o Logo ainda é utilizado, mas podemos facilmente ver que as escolas estão usando diversos programas para o controle de suas montagens, como por exemplo, o software Mindstorms NXT que utilizaremos em nossa pesquisa, que usa a estrutura de ícones, o que torna a programação visual e proporciona a visualização da rotina que esta sendo elaborada.

2.5 - O Sistema Lego-Logo

O sistema LEGO/Logo é um ambiente computacional que possibilitou a construção de dispositivos com comportamentos programáveis. Ele é o resultado do trabalho conjunto de um grupo de pesquisadores do Epistemology

and Learning Group do MIT e da indústria dinamarquesa LEGO (OCKO et al., 1987).

O sistema Lego-Logo possui um ponto muito importante que o faz diferente da tartaruga mecânica: No uso das tartarugas de Walter, não existia a possibilidade de transformar o dispositivo, ele já estava pronto. Podíamos apenas controlar seus movimentos. No ambiente LEGO-Logo, além de controlar o objeto mecânico, temos a oportunidade de construir o próprio objeto. Ele pode ser uma tartaruga ou qualquer outro animal ou mesmo qualquer outra “coisa” que desejarmos.

O LEGO/Logo é formado pelos seguintes elementos:

a) Peças tradicionais da LEGO, tais como, tijolos, eixos, polias, engrenagens, correntes etc..

A essas peças foram acrescentados motores e sensores de toque, de luz e conta giros;

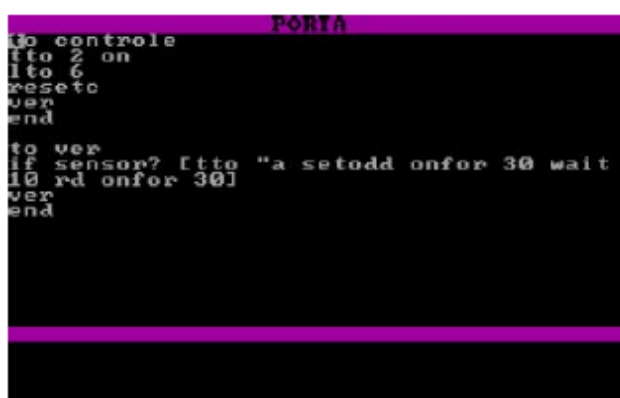
b) A linguagem Logo foi acrescida de comandos específicos relativos aos motores e sensores, tais como, comandos para ligá-los (ligamotor) e desligá-los (desligamotor), comandos para ativar os sensores (ligasensor), e para contar pulsos emitidos pelos sensores (contapulso); e

c) Uma interface que estabelece um canal de comunicação entre o computador e o dispositivo, sendo que esse canal de comunicação permite a troca de informações nos dois sentidos: informações do computador para o dispositivo e vice-versa.

A construção de dispositivos é obtida através da combinação das peças da LEGO, motores e sensores, e uma vez feita a ligação entre o computador e a interface, pode-se usar a linguagem Logo ampliada para escrever procedimentos que, explorando a troca de informações entre o computador e o dispositivo, determinam o comportamento do dispositivo.

Então, agora quem participa deste ambiente tem não só a tarefa de programar seu objeto para que ele execute uma determinada tarefa, como também precisa desenvolver o objeto que ele mesmo vai controlar.

O sistema LEGO-Logo começou a ser comercializado no final dos anos 80, sendo vendido para as escolas pelo grupo LEGO com o nome de TC Logo (Figura 4). Foi uma grande inovação para a época, pois verdadeiramente era o primeiro Kit de robótica desenvolvido até o momento, mesmo possuindo suas limitações.



```
PORTA
to controle
lto 2 on
lto 6
resete
un
end

to ver
if sensor? [lto "a setodd onfor 30 wait
10 rd onfor 30]
ver
end
```

Figura – 4: Interface LEGO - Logo

Quase que ao mesmo tempo foi desenvolvido em Portugal uma tartaruga semelhante às usadas com o Tc Logo, que foi chamada de Robot Roamer (Figura 5). Este robô tinha em sua carapaça um teclado de funções que habilitava o usuário a movimentar a tartaruga de forma parecida com a programação Logo.



Figura – 5: Robot Roamer

O Tc Logo, que era utilizado em microcomputadores IBM PC com sistema operacional Microsoft DOS 2.1, utilizava os conceitos da linguagem Logo e possuía comandos que lhe permitia controlar a interface da LEGO modelo 70288 (Figura 6).

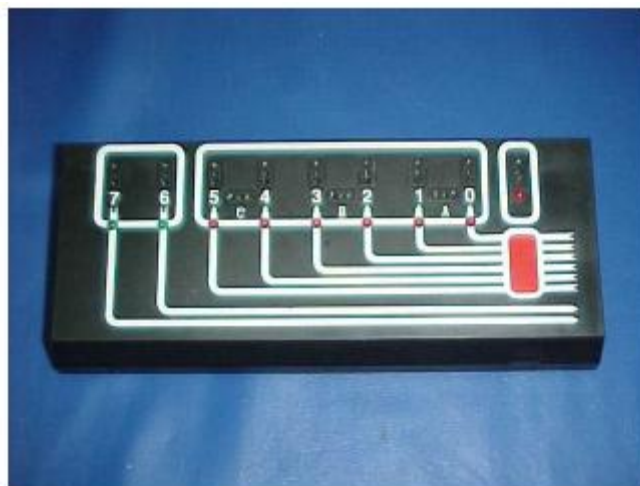


Figura – 6: Interface LEGO 70288

A interface 70288 possuía seis saídas, com três de inversão de sentido para motor de corrente contínua e duas entradas para sensor de toque ou de luz. A comunicação entre um e outro ficava por conta de uma placa conectada ao barramento ISA do computador (figura 7).



Figura – 7: Placa da interface 70288

Enquanto este sistema já estava alcançando as escolas, os pesquisadores do MIT já pensavam nas mudanças e inovações dos seus

sucessores. Para eles, estava claro que os novos modelos deveriam inserir partes eletrônicas nos tijolos. A questão era se seria possível introduzir um “computador” dentro de um bloco suficiente para ser carregado por um modelo LEGO. Em 1987 foram desenvolvidos os primeiros protótipos do que foram chamados de “Tijolos programáveis” (figura 8), que seriam utilizados em projetos com crianças da 5ª e 7ª séries. As crianças construíram projetos usando os tijolos com um dispositivo LEGO. Eles escreveram programações para dar diferentes comportamentos para seus robôs como, por exemplo, desviar de obstáculos.

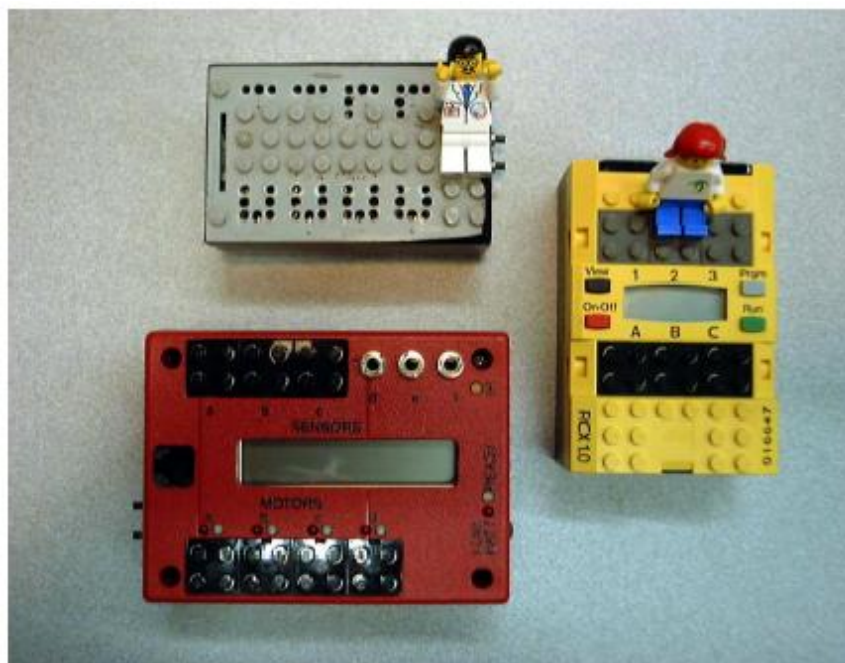


Figura – 8 De cima, da esquerda descendo, Evolução dos tijolos programáveis. Tijolo do Logo (1987), Tijolo vermelho MIT (1995), Tijolo do LEGO RCX(1998).

Neste projeto, segundo RESNICK (2000), os pesquisadores prestaram atenção em como as crianças se relacionavam com a tecnologia. Alguns deles gostavam de tratar os dispositivos montados como se fossem animais de estimação, e sempre que seus robôs demonstravam um comportamento inesperado, os alunos se mostravam muito interessados. Outros estavam mais preocupados em observar a ação dos robôs para ver se eles desenvolviam de forma correta as tarefas designadas.

Durante o período de 1992 a 1996 o grupo de pesquisadores do MIT desenvolveu a segunda geração de tijolos programáveis, incluindo o “tijolo cinza” e o “vermelho”, chamados assim pelas respectivas cores de seus plásticos. O tijolo vermelho vendeu mais de 100 cópias para escolas e centros comunitários durante sua existência. Ele não era diferente do original tijolo do Logo. Em seus conceitos mais básicos, os alunos construíam objetos LEGO (que carregavam o tijolo programável em sua própria montagem) e então ligavam o tijolo com o computador para programá-lo.

Enquanto o tijolo vermelho era utilizado de forma extensiva, o grupo do MIT começou a se reunir para discutir as características do novo modelo de tijolo programável. Uma das coisas mais questionadas foi o tamanho dos tijolos. O vermelho tinha aproximadamente o tamanho de uma caixa pequena de suco e também era muito pesada. Isto era um desafio para as crianças no momento de construir seus modelos.

Ao mesmo tempo, o grupo começou uma avaliação do ambiente de programação Logo que os alunos utilizavam para comandar seus robôs. Alguns estudantes achavam o Logo interessante, outros alunos discordavam.

A partir disso os pesquisadores começaram a idealizar as possibilidades de inserir as bases do Logo em tijolos gráficos em tela, que poderiam se arrastar e soltar, permitindo assim que os alunos pudessem experimentar a mesma forma de utilização da montagem dos robôs com o material LEGO na programação.

Este programa foi chamado de “Logo Blocks” e serviu de início para que o grupo LEGO pudesse começar mais tarde a comercialização dos kits que continham os tijolos programáveis (RESNICK, 2000).

Além dessas mudanças, também foi motivo de discussões a quantidade de saídas e entradas que o tijolo deveria ter.

2.6 - O Lego

O tijolo vermelho possuía quatro saídas para motores e seis entradas para sensores. Outra questão foi à implementação de uma pequena tela de LCD, que seria utilizada pelos alunos para a compreensão mais detalhada de como os sensores, de luz, por exemplo, funcionam. O número de saídas para motores também foi colocado em questão.

De forma clara, o tijolo programável vermelho estava funcionando bem. O que poderia ser mudado talvez fossem as saídas e entradas de motores e sensores, mas o que realmente foi necessário era a tela de LCD. Então os pesquisadores começaram a refazer o tijolo para que tivesse os ajustes necessários para sua melhoria. O interessante é que todos concordavam que o próximo tijolo deveria realmente ser pequeno e leve, para que pudesse ser carregado nos dispositivos montados com facilidade.

Foi então que surgiu o Tijolo RCX (figura 9). O RCX dividia muito dos ideais do Tijolo vermelho, incluindo saída de motores, entradas de sensores e uma tela LCD.



Figura – 9: LEGO RCX

O tijolo RCX foi introduzido como parte de um Kit denominado Lego Mindstorms, lançado pelo Grupo LEGO para alcançar as crianças em suas casas (os primeiros kits com tijolos programáveis foram usados apenas em

escolas). O trabalho dos pesquisadores em desenvolver um ambiente de programação com ícones, que foi chamado de “Logo Blocks”, foi adaptado pela Lego para servir ao ambiente de programação para a versão Lego Mindstorms. Juntamente com o Kit, surgiu o ambiente Robolab (figura 10) de programação, que usa basicamente a estrutura de ícones para escrever a linguagem que será enviada para o dispositivo montado.

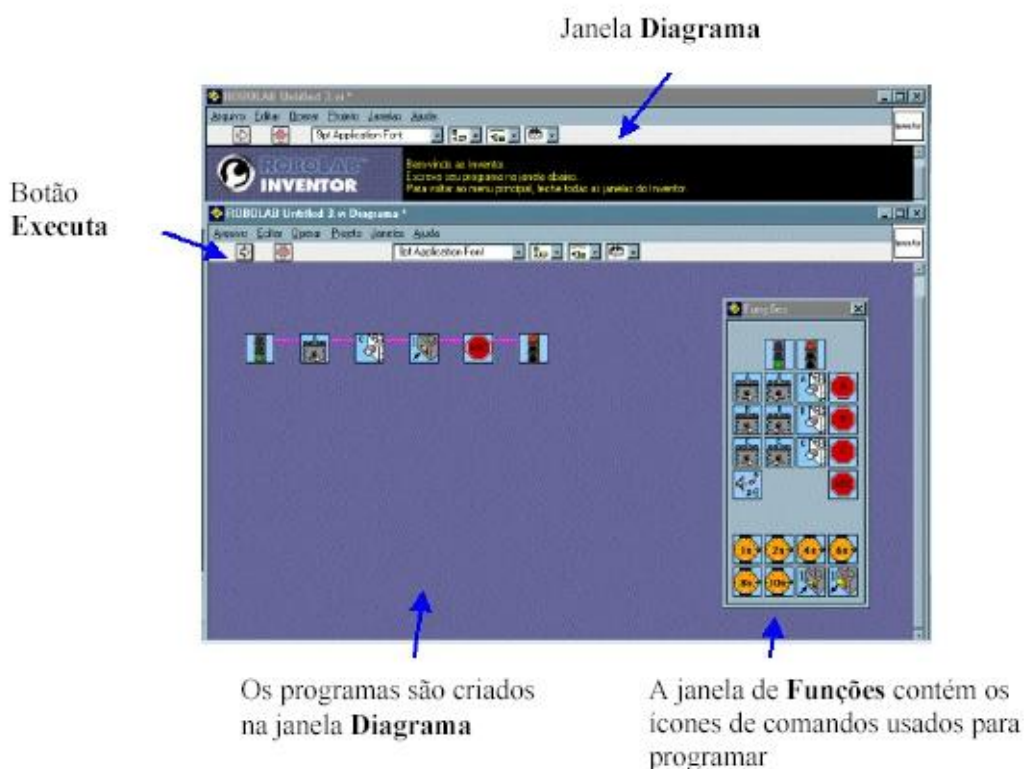


Figura 10 – Tela do ambiente de programação Robolab

O conjunto mindstorms consiste basicamente por peças lego, incluindo motores, sensores de toque, sensores de luz, o RCX que é o cérebro do computador, além da torre de comunicação. Depois que os usuários montam seus objetos, é necessário então que seja feita a programação para que o objeto construído possa se movimentar e executar a tarefa designada. Após a programação ter sido feita, o usuário faz a comunicação do computador para o RCX utilizando o infravermelho (figura – 11).

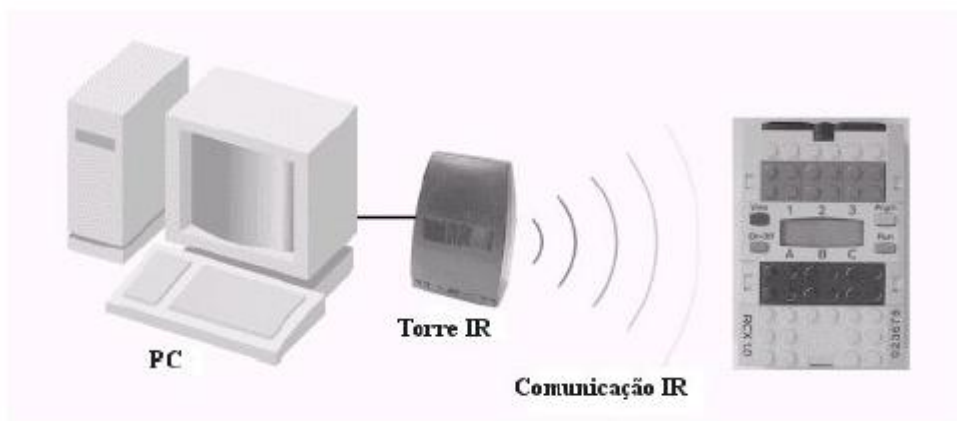


Figura 11 – Comunicação do computador para o RCX via infravermelho.

2.7 - Kits de Robótica Educacional.

Definimos um kit de robótica educacional como um conjunto de componentes mecânicos de montagem, eixos, elementos de transmissão mecânica (polias e engrenagens), motores e sensores. É acompanhado de um microcontrolador que conecta motores e sensores à placa de um computador e, por fim, um software para a programação.

No mercado educacional existe uma variedade de materiais de apoio para serem utilizados em ambientes de aprendizagem de robótica educacional. Entre esses materiais podemos citar:

Kit LEGO Technic, este kit foi o primeiro considerado um ambiente de robótica para a educação. Utilizavam-se as peças lego para a montagem e o programa Tc Logo para a programação dos dispositivos montados.

Super Robby, este kit foi desenvolvido pela empresa ARS⁴ e utiliza basicamente materiais de sucata como objetos de montagem. O kit possui uma interface, uma fonte de alimentação, um motor contínuo, três lâmpadas, seis metros de fio e um disquete que contém os arquivos de instalação do projeto.

⁴ ARS Consult empresa do ramo de consultoria pedagógica que desenvolveu interface para Robótica.

Robot Roamer é parecida com a tartaruga de solo e em sua carapaça existe um teclado de funções com os mesmos comandos da tartaruga do Logo. Ela pode ser programada e fazer tarefas através dos comandos dados pelo seu teclado.

Fichertechnik (figura 12) é um kit de fabricação alemã e tem suas peças de montagem muito parecidas com os blocos da LEGO. O interessante é que este material tem um ar muito mais profissional, visível quando seus dispositivos são construídos. O material possui uma interface, motores, sensores e o programa utilizado para controlar os dispositivos é o LLWIN 3.0.



Figura 12 – Exemplo de montagem com material Fichertechnik

Kit Lego Robolab (mindstorms) possui diversas peças lego com motores, sensores, lâmpadas e um RCX que é um bloco programável que permite a construção de objetos utilizando o próprio RCX. Sua programação é feita através do software robolab que utiliza a linguagem de ícones para facilitar o aprendizado.

Além destes materiais, existem muitas escolas que possuem parcerias com empresas ligadas ao ramo da tecnologia educacional que utilizam materiais alternativos como sucata e interfaces genéricas para desenvolverem seus trabalhos com robótica educacional, bem como várias linguagens de programação para controle dos dispositivos. No Brasil os kits da LEGO® são os mais populares entre as escolas, e são utilizados geralmente do ensino Fundamental I ao Ensino Médio. Atualmente a representante da LEGO® educacional no Brasil está com um projeto chamado Lego zoom. Este projeto consiste na comercialização para as escolas de uma revista pedagógica com

conteúdos curriculares específicos e montagens que acompanham a mesma, além de o fornecimento dos kits para as escolas parceiras do projeto.

2.8 - Kit Mindstorms NXT.

Para o desenvolvimento de nossa pesquisa, escolhemos o kit Mindstorms NXT, fabricado pela empresa dinamarquesa LEGO®.

Lançado comercialmente em agosto de 2007, o kit Mindstorms NXT constitui-se numa versão mais avançada dos kits da empresa, equipado com um processador mais potente, software próprio e sensores de luz, de toque, som e ultrassom, permitindo a criação, programação e montagem de robôs com noções de distância, capazes de reagir a movimentos, ruídos e cores, e de executar movimentos com razoável grau de precisão.



Figura 13 – Kit midstorms nxt.

O Software para o LEGO® MINDSTORMS® NXT permite a programação das aplicações robóticas e dispositivos criados no NXT, podendo a carga deste programa ser realizada pela conexão física via USB ou pela comunicação sem fio via interface Bluetooth. Permite a aquisição de dados, geração de gráficos e tabelas. Tal Software, tanto para o Mac como para o PC, é intuitivo (icônico) e

do tipo “clique e arraste”, desenvolvido sobre a plataforma LabVIEW™ da National Instruments™.

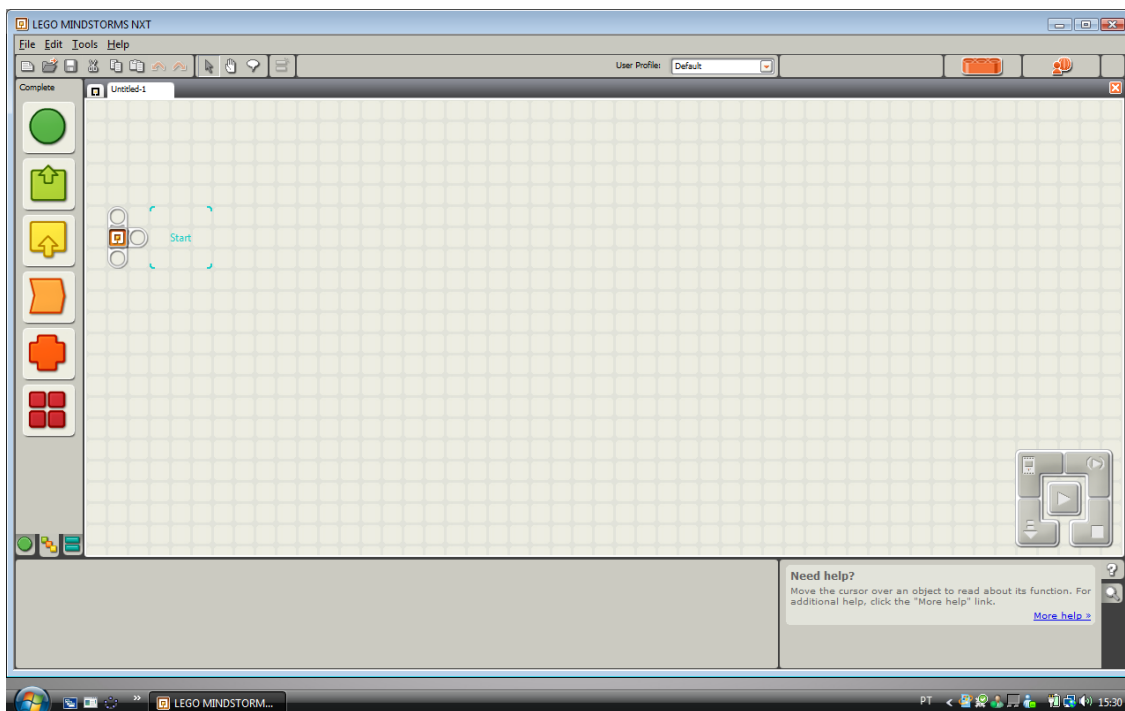


Figura 14 – Interface de Programação do Software Mindstorms NXT.

Até o momento, nossa pesquisa preocupou-se em definir o conceito de robótica, caracterizar um ambiente de robótica educacional, os materiais utilizados e os fatos históricos que proporcionaram seu surgimento, assim como os principais estudos e pesquisas que ajudaram a fundamentar esse ambiente. A seguir analisaremos correntes teóricas que darão fundamento aos nossos estudos.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA: CONSTRUCIONISMO, MICROMUNDOS E O BRINQUEDO NA APRENDIZAGEM DE MATEMÁTICA

3.1 - O Construcionismo.

O psicólogo e matemático sul-africano Seymour Papert, professor do Laboratório de Inteligência Artificial do MIT, adaptou os princípios do Construtivismo Cognitivo de Piaget, que chamou de Construcionismo. Sua proposta considera o computador como uma ferramenta para a construção do conhecimento e para o desenvolvimento do aluno (ALMEIDA, 2000).

Nessa perspectiva da aprendizagem em ambientes computacionais, Papert considera as “[...] iniciativas, expectativas, necessidades, ritmos de aprendizagem e interesses individuais dos alunos” (BARROS, 2008, p. 77), que são incitados a estabelecer conexões entre o novo conhecimento em construção e outros conceitos de seu domínio, empregando para tal a sua intuição.

Segundo Valente (2003), Papert cita duas ideias principais sobre a construção do conhecimento que fazem com que o Construcionismo se diferencie do Construtivismo de Piaget: primeiro o fato de que o aprendiz é quem constrói alguma coisa, ou seja, o aprendizado acontece através do fazer, do “colocar a mão na massa”. Segundo, o fato do aprendiz estar construindo algo do seu interesse e para o qual está motivado. “O envolvimento afetivo torna a aprendizagem mais significativa” (VALENTE, 2003, p.7).

Valente (2003), no entanto, afirma que a diferença fundamental entre as duas maneiras de construir o conhecimento está no artefato utilizado para que isso aconteça – o computador. Quando o aluno interage com o computador, requer certas ações que são bastante efetivas no processo de construção do conhecimento, pois manipula conceitos e isso contribui para o seu desenvolvimento mental.

“ [...] Assim, o Construcionismo, minha reconstrução pessoal do Construtivismo, apresenta como principal característica o fato que examina mais de perto do que os outros –ismos educacionais a idéia da construção mental. Ele atribui especial importância ao papel das construções no mundo como um apoio para o que ocorreu na cabeça, tornando-se, desse modo, menos uma doutrina puramente mentalista. Também leva mais a sério a idéia de construir na cabeça reconhecendo mais de um tipo de construção (algumas delas tão afastadas de construções simples como cultivar um jardim) e formulando perguntas a respeito dos métodos e materiais usados” (PAPERT, 1994, p.127-128).

Segundo Papert “a atitude construcionista tem como meta ensinar de forma a produzir a maior aprendizagem a partir do mínimo de ensino.” (Papert, 1993 pg. 135). O Construcionismo defende a ideia de que as crianças aprendem de forma mais eficaz quando, por si mesmas, atingem o conhecimento específico de que precisam através da construção de algo palpável.

Segundo essa perspectiva construcionista, nos parece apropriado considerar que a atividade de construção de robôs pode proporcionar situações de aprendizado a criança e estabelecer uma relação com seu desenvolvimento intelectual, um aspecto considerado primordial por Vygotsky. Analisaremos a seguir as relações do brinquedo e do brincar com a aprendizagem

3.2 - O brinquedo e a aprendizagem.

Para Vygotsky, as brincadeiras não são atividades inatas das crianças, mas sim ações sociais e culturais aprendidas nas relações interpessoais (Vygotsky, 2004). Por ele, é inegável, portanto, a importância deste fato para crianças de todas as idades, já que ele pontua que o novo, representado pela presença de uma situação imaginária na brincadeira, expressa uma mudança qualitativa no desenvolvimento da criança. Ou seja, para Vygotsky, o brincar tem um papel central no desenvolvimento intelectual da criança. Ele argumenta que na primeira infância a criança não consegue separar a percepção do mundo que a envolve com as relações motoras, “os objetos ditam a criança o

que ela tem que fazer” (Vygotsky, 1998, p. 126). Ou seja, nessa idade, a percepção serve como estímulo para a ação.

No brinquedo essa relação entre percepção e reação motora se modifica. A criança passa a agir numa esfera *cognitiva*, independente daquilo que a cerca e que ela vê. Essa não é uma mudança nem imediata e nem insignificante. Para Vygotsky, “ [...] *isso representa uma tamanha inversão da relação da criança com a situação concreta real e imediata, que é difícil subestimar pelo seu significado.*” (p. 127). Esse processo não se dá de forma automática, de uma só vez. Há uma transição expressa por objetos que representam uma separação entre o pensamento e o mundo real.

“ [...] As brincadeiras implicam em tomadas de decisão e dependem, basicamente, de um acordo de regras entre os participantes. São marcadamente espaços de criação, experimentação, inovação, nos quais, a cada momento, as crianças descobrem suas competências e possibilidades” (Vygotsky, 1984, pg. 114)

Segundo Vygotsky, a imaginação constitui uma característica típica da atividade humana consciente, que surge da ação, mais no mesmo tempo, por meio de brincar, emancipar o indivíduo das restrições situacionais.

“ [...] Contudo, na brincadeira, os objetos perdem sua força determinadora sobre o comportamento da criança, que começa a agir independentemente daquilo que ela vê, pois a ação, numa situação imaginária, ensina a criança a dirigir seu comportamento não somente pela percepção imediata dos objetos ou pela situação que a afeta de imediato, mas também pelo significado dessa situação” (Vygotsky 2004).

No momento da brincadeira, as ações da criança são controladas pelas ideias, pela representação, e não pelos objetos. Assim, a brincadeira fornece um estágio de transição em direção à representação do que Vygotsky chama de mundo real (Vygotsky 2004). – que pode ser denominada brincadeira simbólica (que envolve não apenas as falas de quem está brincando como também seus movimentos e gestos).

Nesta visão, o brinquedo é um elemento de mediação entre aquele que brinca e mundo que o circunda. Relacionando esta visão com nossa pesquisa, conjecturamos que quando o aprendiz constrói um robô, ele pode estabelecer relações do instrumento que está sendo construído e a função que este pretende desempenhar, assim criando um ser matemático com quem pode brincar. O processo de mediação que é central nesta perspectiva é, de fato, um dos principais conceitos da teoria de Vygotsky. Segundo esse conceito, o homem se relaciona com o mundo e com os outros homens por meio de instrumentos e signos. Esses dois elementos básicos são a mediação que irá determinar o desenvolvimento das funções psicológicas superiores. O instrumento é um meio físico para o controle e o domínio da natureza.

“[...] A função do instrumento é servir como um condutor da influência humana sobre o objeto da atividade, ele é orientado externamente, deve necessariamente levar a mudanças nos objetos. Constitui um meio pelo qual a atividade humana externa é dirigida para o controle e o domínio da natureza (VYGOTSKY, 1998, p. 72-73).

Instrumentos e signos compõem a mediação entre o homem e o mundo que o cerca. Podemos aplicar a mesma análise ao processo de aprendizagem: o aprendiz se relaciona com o objeto do conhecimento de forma mediada, indireta. A sala de aula, os colegas, o professor são todos elementos de mediação, assim como o brinquedo.

O signo por outro lado, não modifica em nada o objeto da operação psicológica. Constitui um meio da atividade interna dirigido para o controle do próprio indivíduo. O signo é orientado internamente.(VYGOTSKY, 1998, P. 73)

Em resumo, o brinquedo representa um salto de qualidade na relação da criança com o mundo. Como afirma Vygotsky: “A essência do brinquedo é a criação de uma nova relação entre o campo do significado e o campo da percepção visual – ou seja, entre situações no pensamento e situações reais”. (p. 137). Nossa questão é como nos apropriar deste salto em situações envolvendo pensamento matemático – o robô, cujos comportamentos podem ser definidos através de brincar com regras de ação, parece uma possibilidade

Os estudos de Vygotsky no sentido de dar fundamento ao brinquedo como um instrumento de aprendizagem nos induz a estabelecer um paralelo com a atividade de construção de um robô, e caracterizá-lo também como um destes instrumentos. A seguir, descreveremos nos aprofundaremos na relação entre a brincadeira e a atividade de construção de robôs.

3.3 - O Brincar com Robô.

Podemos relacionar a noção de brincadeira discutidas nos trabalhos de Vygotsky com o conceito de ludicidade presente no trabalho de Távora:

Em todo momento de nossa pesquisa, nosso intuito foi dar um enfoque lúdico:

“[...] vem do latim ludus, que significa jogo, divertimento, passatempo. As coisas lúdicas, portanto, são aquelas em que predominam a alegria e o desafio jovial. Enfim, os bons momentos da vida [...]” (TÁVORA, 2007).

Acreditamos que, a construção de robôs é uma atividade fortemente associada a ludicidade e ao ato de brincar, uma crença fortalecida pela identificação do principal fabricante de kits de Robótica Educacional no mundo, a Lego com brinquedos de montar ou até pelo fato de que os robôs mexem com o imaginário infantil, criando novas formas de interação, e exigindo uma nova maneira de lidar com símbolos.

A construção de um robô possibilita a criação de novas formas de interação com o mundo e, em particular, pode favorecer a cooperação e autonomia, assegurar a centralidade do indivíduo na construção do conhecimento e possibilitar resultados de ordem cognitiva, afetiva e de ação.

No âmbito de nossa pesquisa, a nossa conjectura é que brincar com robô é uma atividade lúdica, culturalmente inserida no cotidiano dos jovens, que implicam em tomadas de decisão em acordo das regras (matemáticas) que controlem seus comportamentos.

Para os efeitos do nosso trabalho, vamos nos concentrar em analisar a capacidade dos alunos em explicitar as regras ocultas da brincadeira de um robô, a Matemática presente na estrutura e na ação do jogo, aqueles objetos matemáticos que não são abordados de forma clara, mas que são necessários para o desenvolvimento do projeto de um robô. De modo geral, podemos adotar a hipótese de que todo robô é um ser matemático, sendo assim, age de acordo com suas regras, frequentemente ocultas. Assim, o nosso foco é buscar essas regras e fazer com que os alunos as expressem a sua maneira.

Accioli, em seu trabalho sobre Robótica Pedagógica, questionou se “*um ambiente de robótica pode funcionar como um micromundo de aprendizagem matemática*” (Accioli, 2005, p. 5). Esse foi um dos primeiros textos que lemos para desenvolver a presente pesquisa. Com efeito, a noção de micromundo esteve presente durante todo o desenrolar do nosso trabalho. Tornou-se imperativo um estudo mais aprofundado a respeito desse conceito. E logo no primeiro momento a nossa percepção foi que robótica e micromundo deveriam ter algum tipo de relação.

Assim, micromundo é um conceito que se impôs sobre o qual o presente trabalho não poderia deixar de revelar. No tópico a seguir, procuramos conceituar micromundo e estabelecer suas relações com o presente trabalho.

3.4 - Micromundos de Aprendizagem

Os micromundos nasceram na comunidade de inteligência artificial onde os computadores eram inteligentemente” programados para que fossem capazes de resolver problemas num domínio relativamente simples e definido.

Segundo Hoyles (1993), Papert acrescentou a este conceito dizendo que um simples e definido domínio do conhecimento passa a fazer parte do domínio do conhecimento do indivíduo e não só do computador. Na história dos micromundos foi notável a mudança de objetivo. É que o universo dos micromundos foi ampliado. Além de ensinar computadores com a finalidade de

resolver problemas, também objetiva criar um ambiente de aprendizagem que tem por finalidade a apropriação do conhecimento. Papert trouxe para Educação Matemática a idéia de micromundos.

Para Papert, do ponto de vista da aprendizagem, o que de mais importante que pode acontecer em um micromundo, é que os estudantes, ao serem livres para experimentar e explorar os elementos do micromundo, são também livres para criar e expressar suas próprias teorias, sem que estas sejam certas ou erradas e sobretudo estes sejam responsáveis pela sua própria aprendizagem (Drisostes, 2005, p. 20-21).

Embora o conceito de micromundo não se limite a atividades desenvolvidas em ambientes computacionais, em nossa pesquisa centramos nossos estudos em atividades neste tipo de ambiente. O desenvolvimento desse tipo de micromundo consiste na criação através de uma linguagem de programação de construtos ou objetos, que serão investigados ou modificados pelo aprendiz, para que o mesmo decida se estes construtos poderão auxiliá-lo na resolução do problema proposto. Segundo Squires (apud Valente, 1999, p.66) "micromundo baseado no computador, é definido como uma conjunção de primitivas claramente especificadas, que possibilitam transformações de estado em objeto(s), cujos atributos são definidos de um conceito fundamental e de construtos de programação".

A utilização de linguagem de programação, ou de construtos para criação de uma solução geral para o problema proposto é uma das principais características do micromundo. Segundo Groen e Kieran (1983, apud Hoyles e Noss, 1992, p.2), os micromundos para aprendizagem matemática "são essencialmente minis domínios de matemática piagetiana, um meio termo para incluir um tipo de abstração espontânea e reflexiva que leva à construção de uma nova estrutura de lógica matemática".

O micromundo permite ao designer a criação de atividades que estimulem ao aprendiz a exploração de diversos conceitos através da manipulação dos objetos criados. Para Abelson e diSessa (1981, apud Hoyles

e Noss, 1992, p.2) "o micromundo tem que permitir um fácil acesso às idéias mais profundas pela exploração de uma abordagem fenomenológica".

De acordo com Balacheff e Kaput (1996, p. 471, apud Acciole, 2005, p. 8), um micromundo precisa contemplar um conjunto de objetos primitivos que possam ser manipulados por meio de operações elementares baseadas em regras de execução e ter um domínio fenomenológico de representação na tela do computador condizente com os objetos e ações subordinadas ao fenômeno.

Hoyles (1993) descreveu que a essência do micromundo está no domínio do conhecimento que será investigado, mediante a interação com o software. De simples pontos de partida, o objetivo é aprofundar idéias e conceitos sobre um tópico matemático. E mais, enquanto o aprendiz estiver envolvido na construção do conhecimento, ele também poderá estar voltado a acrescentar ferramentas ao micromundo. O micromundo cresce à medida que vai sendo investigado, ou seja, os micromundos são extensíveis. O aumento da funcionalidade do software mostra que o uso e o potencial para aprendizagem se ampliam muito além das expectativas iniciais. A criação de novas primitivas envolve os aprendizes no processo de generalização e formalização.

Podemos, então, caracterizar micromundos como softwares pedagógicos, que possibilitam ao aprendiz uma interação ativa e significativa. De modo geral, os softwares pedagógicos podem ser vistos como sistemas formais que possuem três características básicas (Healy, 2002, p.48).

- eles (re)agem em resposta à comunicação de usuários;
- suas (re)ações são determinadas por seus sistemas formais;
- suas respostas representáveis em meios variados são coerentes com as regras de seus sistemas;

Nos micromundos, com a manipulação de objetos computacionais ou no desenvolvimento de procedimentos, envolvendo conceitos matemáticos, os aprendizes podem construir idéias a partir de conexões particulares abstraindo relações matemáticas. Estas ideias, "abstrações", que são significativas no

ambiente onde ocorreram "situadas" são muito importantes para o processo de aprendizagem envolvendo o conceito de micromundo e o uso de linguagem de programação.

Por abstração situada, utilizaremos as ideias de NOSS e HOYLES (1996). Para estes autores, as relações matemáticas que possam ser abstraídas dos objetos constituem-se situações particulares de abstração, e são nestas situações que emergem o que os pesquisadores entendem por abstrações situadas.

“[...] o termo abstração situada descreve como os aprendizes constroem idéias matemáticas a partir de conexões particulares nesta situação específica, que por sua vez formatam a maneira como as idéias são expressas.” (ibid., p. 122)

E importante considerar a maneira com que os alunos se expressam matematicamente, além de considerar a linguagem e os recursos conceituais disponíveis na situação. Segundo Accioli (2005, p. 11) “Esta forma de expressão pode ultrapassar os limites da própria situação e fornecer diferentes possibilidades de generalização”.

“... um aprendiz encadeia e articula seus conhecimentos e entendimentos por intermédio das ações dentro do ambiente computacional, ou seja, dentro de um micromundo, manipulando objetos e fazendo relações numa situação específica. A linguagem do meio explicita as generalizações na medida que as suas funcionalidades e semântica são preservadas e utilizadas pelo aluno da mesma forma como este indivíduo utiliza a linguagem natural para criar e expressar significados apreendidos de objetos matemáticos num ambiente inerte, com a vantagem de que um micromundo pode proporcionar a manipulação destes objetos e de suas relações, que quando ocorre, necessariamente houve uma abstração matemática”.

O ideal construcionista de Papert (1986) vem de encontro às noções de abstração situada na medida em que ambos se configuram situações nas quais os “objetos nos fazem pensar”. Noss e Hoyles (ibid., p.123) complementam que “a abstração situada pode ser simultaneamente uma articulação, uma

declaração ou ainda um processo de (re) pensar, tornando-a um suporte para uma atividade, pois Matemática é mais que uma atividade que envolve objetos, é uma atividade que envolve relações, justificativas e generalizações.

Outras ideias de Papert que são recorrentes em nosso trabalho é a sua concepção de sintonicidade corporal (percepção e conhecimento do aprendiz sobre seu próprio corpo) e de sintonicidade com o ego (o aprendiz como uma pessoa com sentimentos, intenções, objetivos, desejos, gostos e desgostos). Estas concepções pressupõem a construção de significado pessoal para a Matemática.

O termo sintonicidade, explica Papert, foi usado por Freud para “descrever instintos ou ideias que sejam aceitáveis ao ego, isto é, compatíveis com a integridade do ego e com as suas necessidades”.

A aprendizagem sintônica é aquela que ocorre quando o indivíduo se identifica com o objeto de estudo e se envolve afetivamente com a aprendizagem, porque sente prazer, orgulho em aprender e se torna responsável e ativo por ela. Assim, o conhecimento assimilado está relacionado não apenas ao fator cognitivo, mas também e principalmente ao aspecto afetivo. (PAPERT, 1986 p, 49)

Neste sentido, e considerando todos os aspectos aqui mencionados, trataremos a seguir das correntes metodológicas que fundamentaram nossa pesquisa.

4. PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS

Neste capítulo apresentaremos a metodologia de pesquisa escolhida para o desenvolvimento deste trabalho .

4.1 - Abordagem metodológica: Design Experiment.

Para responder as questões de pesquisa sugeridas neste trabalho utilizaremos elementos da metodologia denominada *design experiment*.

Para Cobb et al. (2003), um dos princípios fundamentais de *design experiment* como uma metodologia está voltado à construção e ao desenvolvimento de uma “engenharia” de formas particulares de aprendizagem – bem como ao estudo sistemático dessas formas – ambos situados dentro de um contexto definido pelos meios que lhe dão suporte. Para eles, este contexto está sujeito a testes, revisões e sucessivas interações que geram um novo modelo, semelhante ao anterior, resultante de variações do experimento.

A idéia fundamental desta metodologia não é apenas a confirmação de uma conjectura, mas sim testá-la, desenvolver novas conjecturas e sujeitá-las a testes também. Este processo de re-experimentação, ou re-design caracteriza um ciclo, ou seja, um processo iterativo de invenções a fim de melhorar o projeto inicial.

Quanto ao papel do pesquisador na condução de um design experiment, Kelly & Lesh (2000) definem que uma das características que distinguem esta metodologia das demais é a insolubilidade entre os papéis de pesquisador e professor, pois muitas vezes os papéis são redistribuídos de forma a atribuir ao pesquisador o papel de professor ou de co- aprendiz. Nesta metodologia, o pesquisador tem a oportunidade de investigar o raciocínio matemático dos alunos em experimentações que podem influenciar, tanto no significado dado

ao conhecimento matemático como em sua construção (Steffe & Thompson, 2000, apud Accioli, 2005).

Na condução de um *design experiment*, ações do professor (pesquisador) devem acontecer num contexto de interação com os estudantes durante a aplicação do experimento. Este deve saber como agir e como questionar quando deparar-se a uma situação inesperada. Neste contexto são definidos dois tipos de interação entre o professor-pesquisador e os estudantes: a interação receptiva e a interação analítica.

Na interação receptiva o professor pesquisador interage com os estudantes sem estabelecer intencionalmente a distinção entre o seu conhecimento e o dos mesmos, ela ocorre quando o professor pesquisador não tem plena consciência de como agir. É importante ressaltar que este tipo de interação não ocorre obrigatoriamente somente no início do experimento.

A interação analítica ocorre quando o professor-pesquisador identifica nos estudantes raciocínios ricos e repletos de implicações para futuras intervenções. Nesta interação o professor-pesquisador traça um mapa do caminho que pode ser trilhado com os estudantes com as coordenadas do que se deve ser aprendido e o caminho a ser percorrido.

Deste modo, o objetivo principal do professor pesquisador neste tipo de metodologia é estabelecer modelos vivos da matemática dos estudantes, ou seja, criar meios de interação que possam encorajar os estudantes a modificar seus pensamentos atuais. Para isso, os alunos devem ser entendidos como seres humanos capazes de oferecer contribuições independentes (KARRER, 2006)

Cobb et al. (2003, p.9-10) identificaram cinco características transversais que caracterizavam a metodologia Design Experiments.

Primeira: a finalidade de um Design Experiments é desenvolver uma classe de teorias a respeito, tanto do processo de aprendizagem quanto dos significados que são desenhados para dar suporte a aprendizagem.

Segunda: design experiment é uma metodologia altamente intervencionista que sempre procura a inovação. Isto significa que a intenção deste tipo de metodologia é inquirir sobre as possibilidades de novas formas de aprendizagem, visando mudanças educacionais.

Terceira: envolve os aspectos prospectivos e reflexivos. No primeiro deles o design é implementado como um processo de aprendizagem baseado em hipóteses. No segundo aspecto, conjecturas são realizadas com vários níveis de análise. O design ou projeto inicial é uma conjectura sobre os significados que darão suporte a uma forma particular de aprendizagem que por sua vez será testada.

Os aspectos prospectivos e reflexivos juntos resultam na quarta característica: é relativa à forma cíclica como o design é conduzido, sua natureza dinâmica. Como conjecturas são geradas e talvez refutadas, novas conjecturas são desenvolvidas e sujeitas a teste. Esta característica foca-se nos ciclos de revisão e intervenção necessários para o desenvolvimento da pesquisa.

Finalizando, a quinta característica ao desenvolvimento de design experimento é que os modelos teóricos que emergem durante as tentativas de interpretar as atividades dos aprendizes-participantes são humildes, modestas no que tange a sua relação a um domínio específico do processo de aprendizagem.

Steffe e Thompson (2000, p.275) apontam que a importância de um *design experiment* não é apenas para testar hipóteses, mas também para gerá-las, então, nas observações levamos em consideração principalmente a interação dos alunos com o material e o software utilizado a fim de verificarmos quais conceitos científicos no domínio da Matemática poderiam ser explorados especificamente.

4.2 - O Experimento

Com estas características em mente, optamos em conduzir nosso experimento com um grupo de alunos voluntários de uma tradicional instituição de ensino particular em Guarulhos, São Paulo. Fundada em 1979, é considerada umas das principais instituições de ensino deste município. O colégio oferece cursos desde a educação infantil ao Ensino Médio, tem por princípio investir em olimpíadas acadêmicas e conta com um grande índice de aprovação de seus alunos em vestibulares.

Para nossa pesquisa, a coordenação pedagógica da instituição convidou cinco alunos do nono ano do Ensino Fundamental II, com idades entre 13 e 15 anos. Por iniciativa própria, a coordenação convidou alunos que se destacam nas aulas de Matemática.

O primeiro encontro foi dirigido no sentido de introduzir a manipulação do software, assim como sua utilização e principais ferramentas de programação, a utilização de motores e sensores na execução de tarefas. Na construção do robô, foi sugerido um modelo presente no próprio software, um robô semelhante a um “carrinho”, com dois motores e com suporte para se acoplar sensores.

Nenhum dos participantes da pesquisa havia realizado algum trabalho em robótica, tão pouco possuía algum conhecimento prévio ou afinidade com o material com o qual a pesquisa foi realizada.

Segundo Steffe e Thompson (ibid, p. 273), um *design experiment* requer uma seqüência de episódios. Conforme Healy, Pozzi e Hoyles (1995, p. 506 – 507), a seqüência de episódios planejada tem a finalidade de envolver o grupo, alunos e professor pesquisador, em torno de um objetivo comum, contudo, sem atribuir papéis específicos aos alunos de forma que todos possam interagir entre si, com o material e instrumentos disponíveis, para não fragmentar qualquer conhecimento que o estudante individualmente venha a construir, isto nos leva ao encontro da perspectiva teórica sócio – cultural de

Vygotsky (1998, p. 25 – 40), na qual todo desenvolvimento intelectual parte das relações sociais mediadas por instrumentos que são transmitidos culturalmente e pelas ferramentas psicológicas, como a linguagem e os signos, que permitem o desenvolvimento e o aprimoramento do pensamento humano.

As atividades de pesquisa no ambiente de robótica educacional foram elaboradas conforme as possibilidades fornecidas pelo material utilizado, contemplando o propósito geral de oficinas deste tipo que é explorar, investigar e solucionar problemas utilizando recursos tecnológicos. Entretanto, sem perder de vista a possibilidade de que tal ambiente deve promover um meio de interações sociais no qual idéias matemáticas sejam construídas, compartilhadas e até mesmo negociadas de maneira significativa (Healy, Pozzi e Hoyles, 1995 p. 506)

Planejamos cinco sessões com encontros de cem minutos (duas horas/aulas) com a participação do professor-pesquisador e o grupo de cinco alunos do nono ano (antiga oitava série) do Ensino Fundamental II.

Em linha com a perspectiva construcionista do Papert, descrita no Capítulo 3, nossa pretensão foi a de “sustentar a maior aprendizagem a partir do mínimo de ensino.” Tendo em mente que sua ideia de que as crianças aprendem de forma mais eficaz quando, por si mesmas, atingem o conhecimento específico de que precisam através da construção de algo palpável, em cada sessão os alunos receberiam um desafio diferente para que seu robô realizasse. Todas as estratégias traçadas daí em diante para sua execução eram de total responsabilidade da equipe, uma vez que esta, a partir da segunda sessão, já possuía a autonomia de programação necessária para a conclusão do objetivo. Nos momentos em que se fazia necessário, o professor pesquisador realizava uma pequena interferência no sentido de esclarecer alguma eventual dúvida na montagem da programação apenas.

Registraríamos as atividades considerando as perspectivas de Powell, Francisco e Maher (2004), que para entender o desenvolvimento do pensamento matemático e construir um histórico de evolução do mesmo, os

tipos de dados coletados e a maneira como são armazenados deveriam permitir registros permanentes para serem consultados inúmeras vezes a qualquer tempo e, assim, minimizar o risco de interpretações prematuras dos eventos ocorridos durante a pesquisa.

Desta maneira optamos por filmar todas as sessões com o objetivo de registrar e identificar o que os alunos produzissem durante a realização das sessões. Estes também receberam um caderno de anotações no qual deveriam utilizar para registro de suas estratégias e relatórios sobre o desafio a ser realizado. Além destes registros, todos os programas elaborados pelos alunos seriam armazenados em mídia compatível (pen drive e laptop) para análises posteriores.

As sessões seriam descritas e os diálogos transcritos com o objetivo de selecionarmos os momentos significativos ou críticos nos quais os estudantes apresentariam evidências, fossem elas ideias ou argumentações relevantes à pesquisa para juntamente com seus registros em papel, todas as versões dos programas elaborados construirmos um histórico dos eventos e pensamentos do grupo pesquisado, pois temos grande interesse no comportamento dos alunos em função dos objetivos, variáveis e inferências que as situações de aprendizagem lhe oferecem e permitem a percepção das invariantes nelas incorporadas.

Apresentamos a seguir a descrição das sessões e dos desafios apresentados aos alunos durante a realização de nossa pesquisa. O objetivo final foi à coreografia de uma dança, as seis sessões foram planejadas para a execução de passos pertinentes a execução deste desafio final.

4.3 - Primeira Sessão – Atividade 1.

Em nosso primeiro contato com os alunos, optamos por uma atividade de conhecimento do material e do software. Como descrevemos anteriormente, o material escolhido para a realização desta pesquisa foi o kit LEGO®

Mindstorms NXT, juntamente com seu software de programação que tem o mesmo nome.

O Mindstorms NXT é um software visual utilizado para programar o micro controlador LEGO® NXT. Este software foi desenvolvido para fins educacionais, visando apresentar uma interface amigável e uma acessível linguagem de programação.

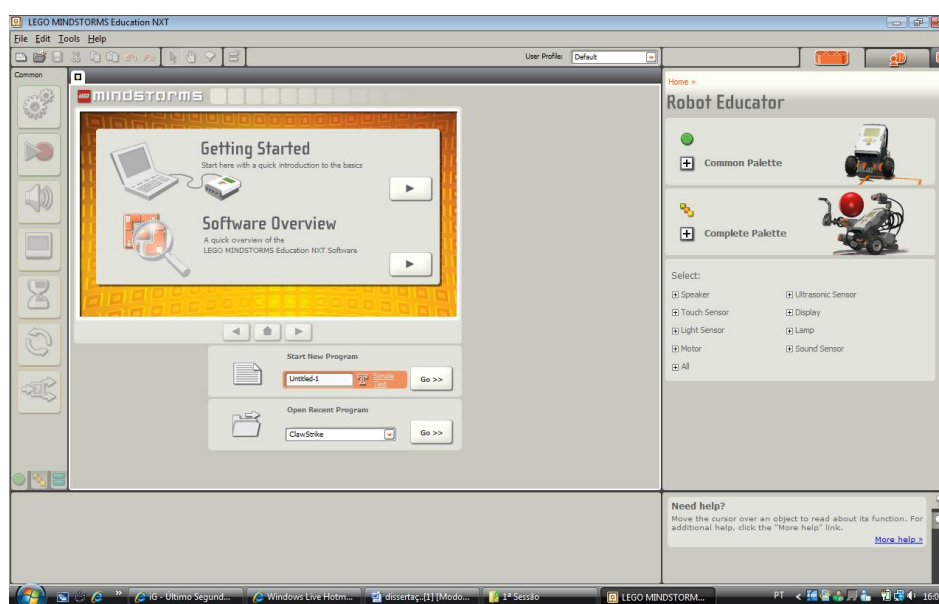


Figura 15 – Interface do Software de Programação Mindstorms NXT

Pela sua característica visual, o software permite que o aluno monte sua programação escolhendo o ícone respectivo à função desejada e de maneira linear, ou seja, alinhando os ícones lado a lado de acordo com as funções desejadas, e assim crie o programa com as funções que deseja que seu robô desempenhe.



Figura 16 – Barra de Ferramentas do software Mindstorms NXT

Para a realização das atividades, foi sugerido aos estudantes a construção do modelo *Driving Base*, do guia de construção do próprio software. Trata-se de um modelo com dois motores laterais que permitem que o robô gire sob seu próprio eixo e mude de direção com facilidade, proporcionando a este uma grande liberdade de movimentos.

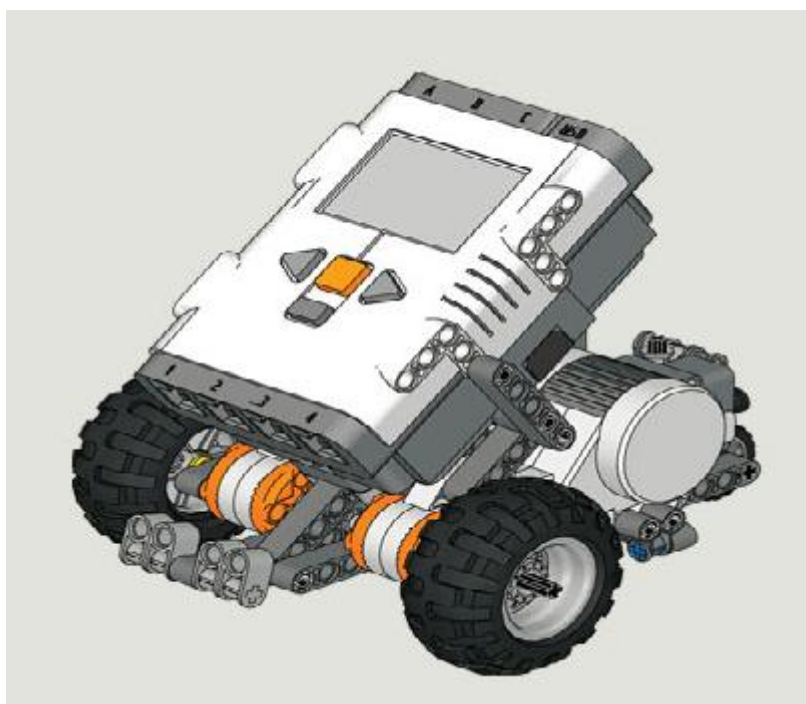


Figura 17 – Driving Base

Quanto ao funcionamento dos motores, foi explicado aos alunos que estes podem ser programados para funcionarem por tempo, graus de giro do motor, por contagem das rotações do motor ou ilimitadamente. Assim como quando o robô necessitar realizar curvas, o software equilibra a potência dos motores a fim de que este realize o giro desejado, basta arrastar a seta em destaque na figura abaixo na direção que se espera.

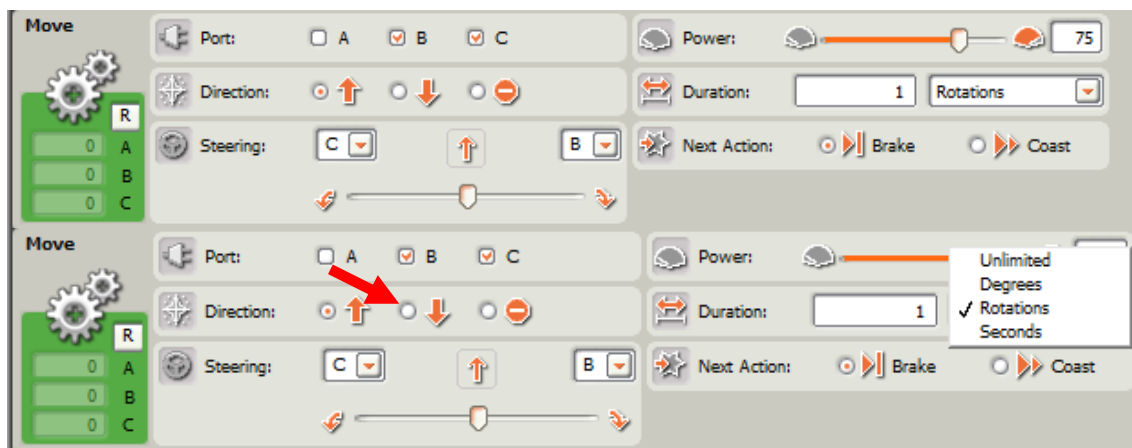


Figura 18 – Programação dos motores

Após a construção do modelo de robô sugerido, as instruções de programação do acionamento dos motores foram expostas aos alunos. A seguir foi sugerido que estes programassem seu modelo para que este percorresse um determinado percurso em linha reta.

Também foram introduzidos o acionamento dos sensores de toque e de luminosidade ou cor, que poderiam atuar como modificadores de tarefas dos robôs quando necessários.

4.4 - Segunda Sessão – Atividade 2.

Para o segundo encontro, nenhum conhecimento novo sobre a utilização do software foi passado aos alunos. Neste encontro, o desafio dos aprendizes foi programar o robô para traçar o desenho no lado oposto a um eixo de reflexão, de tal forma a produzir uma figura simétrica.

A escolha da figura para a atividade se deve ao fato de direcioná-la para que os alunos mobilizem conceitos relativos a simetria e reflexão em suas estratégias de resolução, já que conjecturamos que simetria poderia ser um aspecto importante da dança final. Ao mesmo tempo, pensamos em uma trajetória fácil de visualizar, pois prevemos que a reflexão da imagem original seria facilmente compreendida pelos alunos, mas que o processo de construção desta trajetória não seria trivial, pelo fato de que a imagem a ser

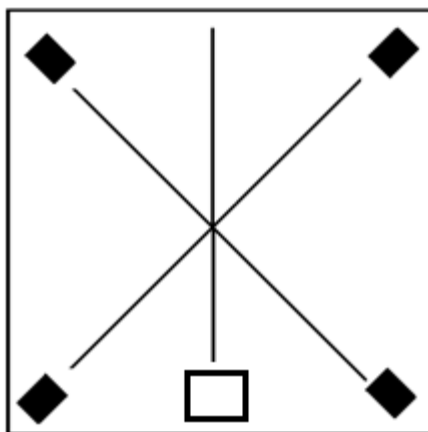


Figura 20 – Desafio Terceira Sessão – Atividade 3.

Os alunos poderiam escolher qual das quatro posições (marcadas em retângulos pretos ao final das linhas transversais) determinaria que fosse o destino de seu robô, assim com a estratégia e a programação que criariam para a realização do desafio.

Desta vez o cenário da atividade sugere um percurso com quatro pontos de estacionamento para o robô, cada ponto contendo a sua posição simétrica refletida, pretendemos com isso destacar mais o processo de reflexão, em particular, na resolução desta atividade foi esperado que os alunos identificassem a congruência dos ângulos refletidos.

Depois que escolhessem um dos quatro pontos e fizessem que o robô “estacionasse” neste local escolhido, o grupo deveria levá-lo posteriormente a posição refletida a esta em que se encontrava.

Visualizamos como possíveis soluções desta atividade a utilização do sensor de luz (introduzido na primeira sessão), que pode ser um recurso facilitador para os alunos no sentido de encontrar a linha preta em um cenário branco. Também podem utilizar a programação a partir das rotações do motor, e verificando que, utilizando apenas um dos motores do robô, ele gira para o lado do motor que foi acionado (considerações e estratégias passadas aos alunos no primeiro encontro). Mas o que consideramos mais interessante na elaboração das estratégias de resolução desta atividade se deve ao fato de

que os alunos percebam a inversão da direção do ângulo de giro do motor a partir do eixo de simetria, pois este valor de giro não será alterado, apenas o sentido terá que ser invertido, e que isso favoreça um processo de generalização deste conhecimento para as atividades futuras.

4.6 - Quarta Sessão – Atividade 4.

O robô deve localizar o ponto simétrico a sua posição no campo.

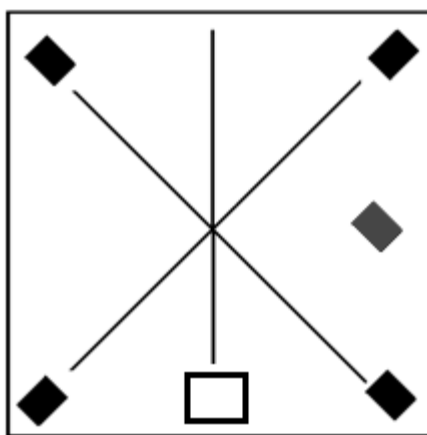


Figura 21- Desafio Quarta Sessão – Atividade 4.

No mesmo cenário do desafio anterior, foi determinado um ponto qualquer e o desafio seria que os estudantes fizessem com que o robô localizasse a posição refletida deste ponto. Todas as estratégias, a programação e as referências que estes se apropriariam foram determinadas pelos próprios estudantes. O objetivo matemático foi para generalizar os procedimentos usados nos casos “mais específicos” da atividade anterior – o desafio principal é a ausência dos traços que o robô deveria seguir.

Pretendíamos também investigar o comportamento dos alunos em relação à falta de referências na figura, como investigaram a questão dos ângulos que precisaram encontrar e como determinaram este trajeto, nos interessa no sentido de criar uma situação onde possam emergir ideias matemáticas para o sucesso na atividade.

4.7 – Quinta sessão - Atividade 5

Nesta sessão pretendeu-se fazer com que os alunos executassem uma dança coreografada com dois robôs interagindo entre si. Os alunos receberam um robô idêntico ao seu, e deveriam executar o desafio. Nenhuma outra instrução ou direcionamento foi dado aos estudantes, estando estes totalmente “livres” para a escolha de suas estratégias de resolução do desafio.

Nesta dança pretendíamos investigar as estratégias utilizadas pelos alunos durante sua realização, e a premissa de nossa pesquisa, evidenciar quais ideias matemáticas emergem durante a sessão. De uma maneira geral, pretendíamos que as atividades realizadas até então pudessem servir de pré-requisitos, tanto de programação, quanto de estratégias, matemáticas ou não, para que estes desenvolvessem o desafio proposto.

Admitimos para esta atividade a hipótese de que os alunos se valeriam de conceitos empíricos relativos a simetria, no sentido de que a coreografia neste momento deverá ser realizada por dois robôs, que em determinados momentos podem dançar lado a lado, executando as mesmas tarefas.

4.8 – Coleta de dados:

Optamos por filmar todas as sessões, iniciando com uma tomada geral e depois focando nos momentos em que aconteciam os debates ou as decisões por parte dos alunos. Foram feitas anotações pelo pesquisador em notas de campo. Além disso, os alunos receberam um caderno de anotações, de onde foram coletados os registros em papel feitos durante a realização das atividades, bem como os arquivos com as gravações das duplas durante as sessões.

Como sugere o design experiment, refletimos após cada sessão levando em consideração os seguintes pontos: as atividades realizadas e as considerações dos alunos sobre elas. Os dados coletados foram transcritos de forma seletiva procurando identificar:

- As estratégias dos alunos para a realização das atividades;
- As formas utilizadas para expressar estas soluções, procurando identificar evidências da articulação de abstrações situadas e de sintonicidade corporal;
- As principais ações, decisões e interações do pesquisador com os alunos;
- O papel do material utilizado e suas relações com as estratégias de realização das atividades;
- A Matemática mobilizada para a resolução das atividades.

A análise destas sessões será realizada no capítulo a seguir, no qual pretendemos descrever os eventos ocorridos durante as sessões de coleta de dados, relacionando-os simultaneamente a luz das teorias apresentadas, enfatizando o construcionismo de Papert e a teoria sócio-cultural de Vygotsky.

5. ANÁLISE DA EXPERIMENTAÇÃO

5.1 – Considerações Iniciais

Neste capítulo, descreveremos os grupos que participaram de nossa pesquisa, as atividades relevantes e os respectivos resultados com o objetivo de identificarmos o perfil histórico de mudanças de seus participantes para analisá-los posteriormente segundo a nossa fundamentação teórica.

5.2 – Caracterização do grupo.

O grupo de trabalho foi composto pelos alunos Bruno de 14 anos, Fernando de 15 anos, Guilherme de 14 anos, Ian de 14 anos e Augusto, também com 14 anos.

5.3 – Primeira Sessão – Atividade 1.

Esta sessão foi o primeiro encontro com os alunos voluntários de nossa pesquisa, nela o pesquisador e a pesquisa foram apresentados aos alunos, foi iniciado o contato com o material. O kit Lego Mindstorms foi apresentado aos estudantes, que manusearam suas peças pela primeira vez. A seguir, foi proposto o modelo do robô que deveriam construir, e iniciou – se a montagem do mesmo.

Após a montagem, com o robô em mãos, os estudantes tiveram a oportunidade de conhecer o software de programação. Os alunos receberam as informações de como construir um programa para o acionamento dos motores, como descrito anteriormente (Figura 18).

Foi solicitado aos estudantes que o programa elaborado deveria conter instruções para que o robô percorresse um determinado percurso, marcado no chão com duas garrafas. O objetivo desta atividade seria de verificar o funcionamento do modelo que haviam construído e programado. Entretanto,

estes sentiram a necessidade de conhecer o percurso a ser realizado antes de programar o robô.

Guilherme: *“Vamos ver a distância pra tentar descobrir as rotações que o robô precisa antes da gente programar”*.

Com o decorrer da atividade, ficou evidente que Guilherme não estava pensando apenas sobre a distância em questão, ele estava expressando a necessidade de construir um método de calcular o número das rotações das rodas para andar uma dada distância, ou seja, ele estava buscando um método geral. Assim, parece que a atividade de movimentar o robô motivou um processo de abstração, um processo situado nas especificidades da tarefa em mãos, mas ao mesmo tempo, um processo que poderia ser aplicado para outras situações. A seguir, descreveremos os passos pelo quais este método foi desenvolvido e como, embora tenha tido início em uma fala de Guilherme, virou um método que pertenceu ao grupo inteiro, com todos os membros contribuindo para a generalização final.

Com o auxílio de uma régua os alunos mediram o tamanho de um dos pisos da sala onde se encontravam, para assim, determinar a distância que o robô percorreria para realizar o desafio. Encontraram que cada piso media 40 cm.

Guilherme: *“São 6 (seis) pisos e cada um tem 40 cm, então o robô deve andar 240 cm”*.

Bruno: *“E agora como vamos transformar isso em rotação?”*

O grupo iniciou um pequeno debate sobre as estratégias que iriam utilizar para a programação do robô. O aluno Fernando deu a seguinte sugestão.

Fernando: *“Vamos descobrir o tamanho da roda que depois a gente divide o percurso por ela”*.

Para descobrir o diâmetro da roda do robô os alunos decidiram encontrar o valor do raio da mesma, verificaram que a medida do raio da roda do robô era de aproximadamente 2,24 cm. O aluno Ian deu a seguinte sugestão aos seus colegas:

Ian: *“Agora a gente pega π ao quadrado vezes o raio para saber o tamanho da roda e quantas rotações a gente vai precisar”.*

De poder dessa informação, concluíram que o comprimento da roda do robô era de 15,8 cm $((2,24)^2 \cdot 3,14)$. Neste momento, os alunos estavam mobilizando conceitos previamente trabalhados em sala de aula em relação a cálculo de comprimento e área de circunferências para a realização da atividade, uma consideração que não havia sido prevista no momento da sua elaboração. Entretanto, Ian escolheu o método de calcular área e não o comprimento da circunferência, um fato que não percebido pelo grupo, talvez porque o comprimento de aproximadamente 14,1 cm seja relativamente próximo a área da circunferência calculada. De fato, os alunos concluíram que o robô necessitaria de aproximadamente 15 rotações para realizar o percurso (Figura 22).

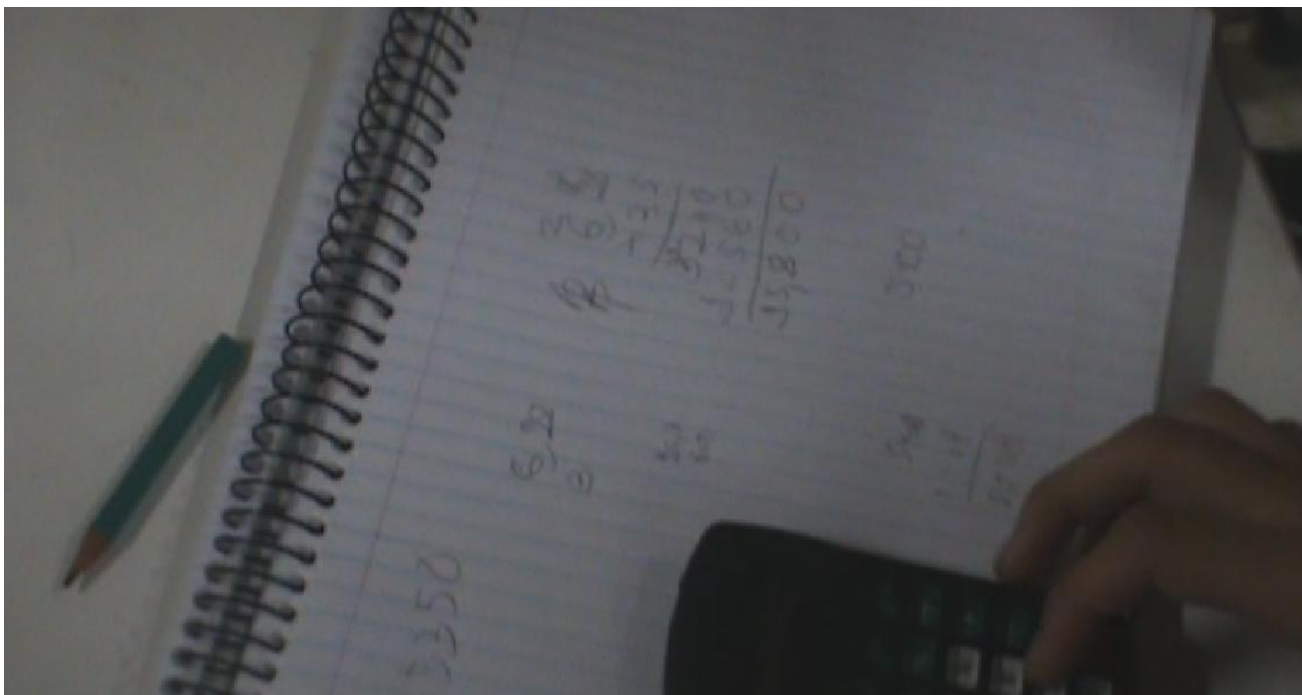


Figura 22 – Cálculo dos alunos para encontrar o numero de rotações desejadas

A partir desses dados os alunos executaram a programação e iniciaram o primeiro teste com o robô. Para sua surpresa, o robô percorreu uma distância maior do que o desejado por eles, passando um pouco da marca final do percurso, provavelmente devido ao equívoco da utilização do cálculo da área da circunferência ao invés do comprimento.

Augusto: “*O que vocês erraram?*”

Ian: “*Vem você fazer as contas.*”

O comentário do Augusto, de forma leve e em tom de brincadeira, “culpou” os membros que tinham responsabilidade para os cálculos e no mesmo espírito Ian convidou eles para refazê-los. De fato, o clima e o nível de investimento dos alunos durante a execução desta atividade merecem destaque. Enquanto o robô percorria o traçado determinado, era grande a euforia dos alunos em relação ao seu ponto de parada, se esta aconteceria no local determinado ou não. Talvez o aspecto lúdico da tarefa em mãos contribuiu para estas atitudes. Neste caso o robô passou alguns centímetros da

marca final e se fez necessária uma depuração da programação. Apesar da “cobrança” de Augusto, os alunos buscaram um erro nos cálculos, escolhendo uma estratégia de aproximação por estimativa, diminuindo um pouco as rotações do motor.

Ian: “*Vamos programar por graus*”.

Bruno: “*Vamos diminuir um pouco as rotações*”.

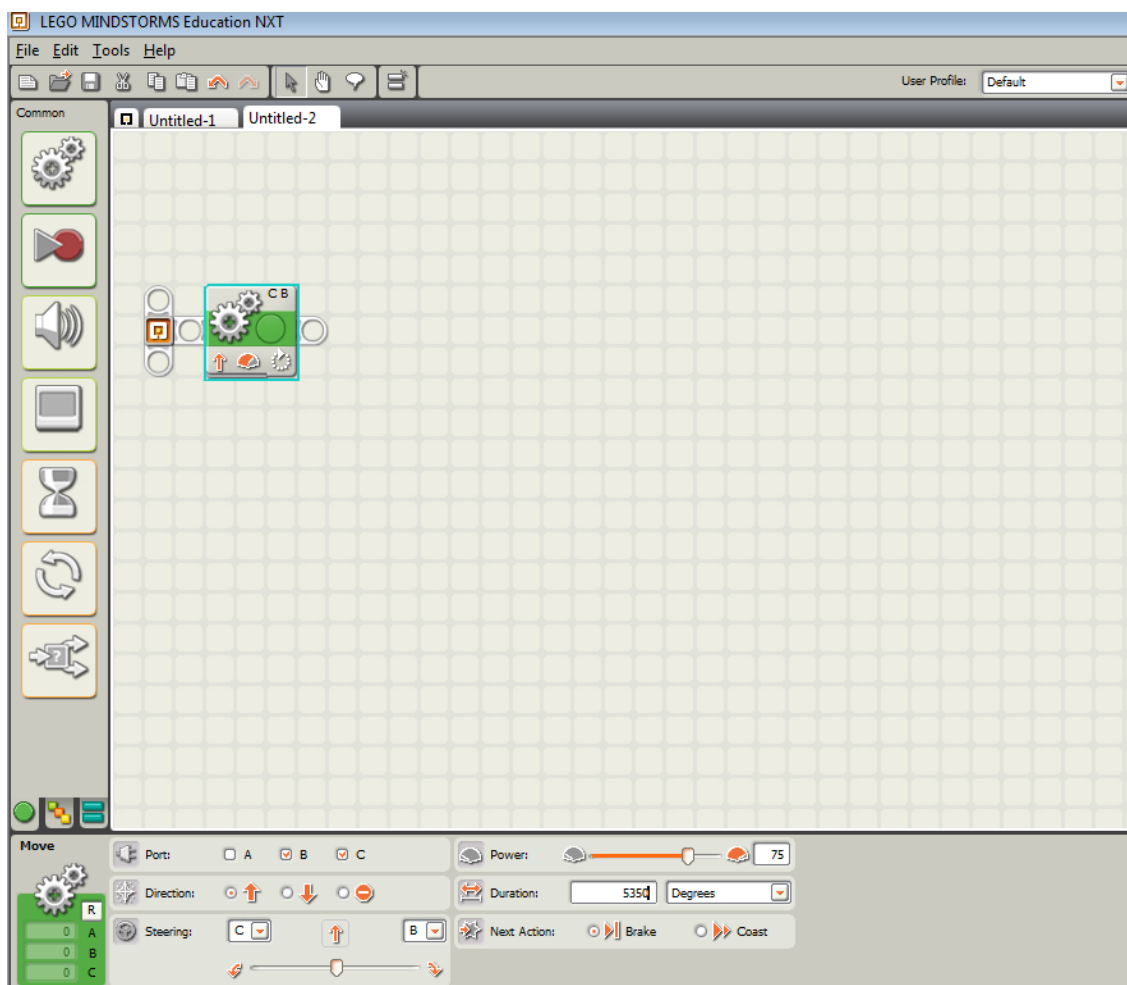


Figura 23 – Primeira tentativa de programação do desafio da primeira sessão – Atividade 1

Os alunos decidiram reduzir o giro dos motores para 14,8 rotações para o robô realizar o percurso. Também escolheram utilizar as medidas em graus, pois acharam mais conveniente para programar. O software converteu o valor das rotações (14,8) para graus, mostrando o valor de 5350°.

Neste momento validaram-se uma de nossas hipóteses iniciais para esta atividade, pois para refinar seu resultado os alunos partiram para sua conclusão da atividade através de estimativas, pois não existia um acordo sobre o número ideal de graus de rotações a ser utilizadas.

Guilherme: *“Testa agora pra ver se dá certo”*.

Novamente o percurso realizado pelo robô foi maior que o pretendido na atividade. O grupo então decidiu reduzir o acionamento dos motores para 5100º de giro para realizar o percurso, para chegar a esse valor os alunos não realizaram nenhum cálculo, foi um valor estimado pelo grupo. Realizaram o percurso novamente.

Augusto: *“Agora tem que dar certo!”*

Fernando: *“Se não der a gente aumenta ou diminui um pouco a programação”*.

Nesta tentativa o robô realizou com perfeição o percurso desejado, o grupo vibrou muito com seu feito, os alunos se abraçaram e comemoraram muito. Ainda empolgados, decidiram fazer com que o robô, ao final do percurso realizasse a volta, de marcha ré, até o ponto de partida.

Guilherme: *“Coloca agora a mesma medida com o sentido do motor invertido”*.

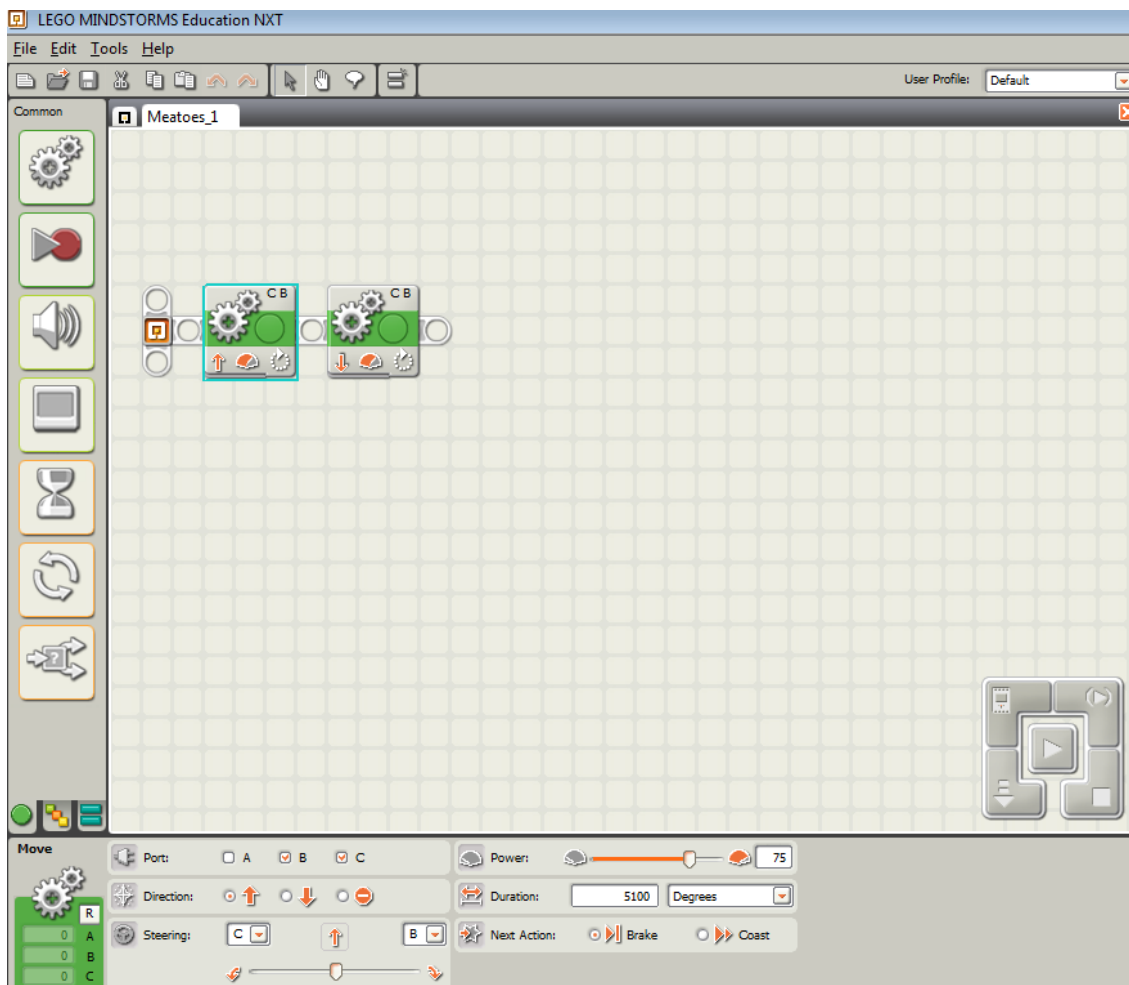


Figura 24 – Programação do desafio da primeira sessão

Neste momento restavam alguns minutos para o término da sessão e os alunos encontravam-se ansiosos em saber o desafio do próximo encontro, como houve a negativa do pesquisador em revelar a atividade com antecedência, estes começaram a discutir idéias para auxiliá-los na próxima atividade. Neste momento o aluno Ian teve o seguinte raciocínio.

Ian: *“Se a gente encontrar quantos centímetros o robô anda para cada grau que a gente programar vai ficar mais fácil os próximos desafios”.*

Foi a partir de então que o método deles realmente ganhou um caráter geral, e pode ser considerado com um exemplo da idéia da abstração situada: uma estratégia válida matematicamente, mas originalmente desenvolvida para

lidar com um problema específico agora é generalizada para uso em outras atividades com a mesma estrutura. O grupo passou a trabalhar na idéia do Ian. Para isso, dividiram 5100 por 6, que era a quantidade de pisos do percurso, encontrando o quociente de 850° , concluindo que essa era a quantidade de graus necessária para o robô percorrer 40 cm. Depois, explicando que fariam uso da regra de três, admitiram o valor de $21,25^{\circ}$ para cada centímetro percorrido pelo robô. Esse quociente foi um valor recorrente nas demais atividades, como passaremos a descrever a seguir.

5.4 – Segunda Sessão – Atividade 2.

Para esta sessão o desafio proposto aos alunos foi para que o robô traçasse um percurso que completasse um desenho entregue ao grupo (Figura 25).

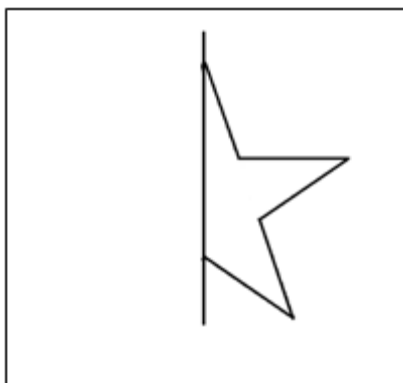


Figura 25 – desafio 2ª sessão – Atividade 2

Após o pesquisador entregar o cenário com o desenho ao grupo, os estudantes se puseram a analisar o mesmo e retirar a maior quantidade de informações possíveis, como o tamanho dos segmentos de reta que formam a figura e os valores de seus ângulos. Debruçaram-se sobre o tapete que continha o cenário da atividade e, munidos de régua e transferidor, iniciaram suas análises, anotando suas conclusões em seu caderno de anotações. O aluno Ian foi o primeiro a solicitar essa ação para o grupo.

Ian: “*Vamos encontrar as medidas da estrela*”.

Assim como eles mediram os segmentos e ângulos na metade da estrela originalmente entregue, eles foram desenhando a outra metade, produzindo uma estrela simétrica. Interessante notar que as medidas foram registradas apenas para um das partes do desenho. Talvez esta decisão tenha sido tomada pelo fato de que os alunos reconhecem que a imagem de uma figura em um eixo de reflexão tem medidas congruentes à original e assim um conjunto de medidas foi suficiente para construir os caminhos em ambos os lados do eixo.

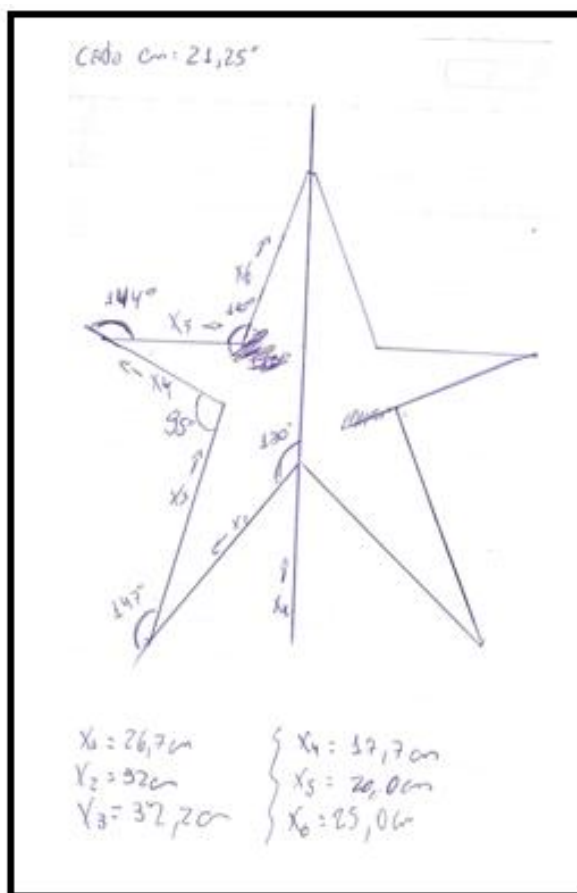


Figura 26 – Estratégia de resolução dos alunos Segunda Sessão - Atividade 2

Os alunos realizaram uma cópia do desenho no chão, em seu caderno de anotações como mostra a Figura 26. O grupo segmentou o desenho em seis partes, denominando-as de X_1 , X_2 , X_3 , X_4 , X_5 e X_6 . Cada parte corresponde a um segmento de reta da figura. Eles também marcaram cinco ângulos, pensando nos giros que o robô precisaria executar para percorrer o caminho desejado. Tendo as distâncias e ângulos identificados, Guilherme sugeriu que o robô efetuasse cada percurso, bastava multiplicar pelo valor do

grau de rotação de motor localizado na atividade anterior. Nesta forma, o grupo faz uso do seu método geral. No caso da atividade, esta generalização não foi feita simplesmente para demonstrar um domínio de um determinado conceito matemático como frequentemente acontece na sala de aula usual, ela foi útil, foi construída para resolver um desafio. Além disso, o feedback associado com sua implementação indicou sua eficácia.

Guilherme: *“Agora a gente multiplica essas distâncias por 21,25° e encontra quanto o robô tem que andar”.*

Nesse momento os alunos Ian e Guilherme separam-se momentaneamente do restante do grupo munidos de uma calculadora e iniciam as contas. A partir de então, estava resolvida a questão das distâncias que o robô deveria percorrer os alunos então se concentraram nos ângulos de giro que o mesmo deveria realizar. Augusto iniciou a discussão refletindo sobre o funcionamento dos motores, lembrando como foi efetuado um giro na introdução.

Augusto: *“Se o robô funcionar apenas com um dos motores ele gira para o lado desse motor”.*

No entanto, o grupo não encontra um valor ideal para a realização do giro do robô, então o aluno Ian fez a seguinte sugestão a seus colegas:

Ian: *“Vamos encontrar quantos graus precisamos para que ele gire 90° e fazemos igual na primeira aula por regra de três”.*

Decidida a estratégia, na qual Ian formula outra abstração situada, generalizando o método que funcionou para as distâncias para o caso dos ângulos, Augusto e Ian fizeram seus cálculos, como segue na figura a seguir (Figura 27).

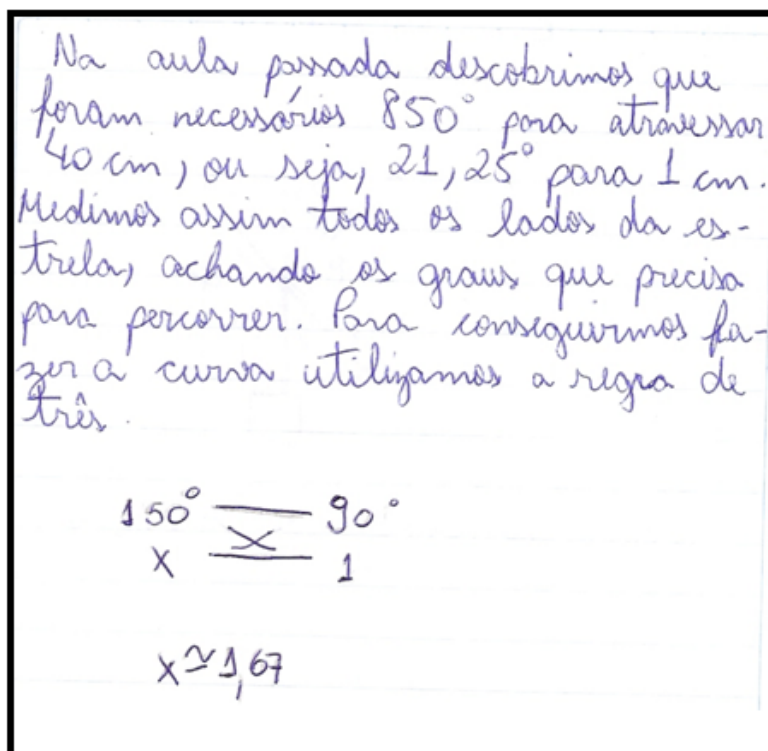


Figura 27 – Resolução dos alunos atividade 2 – regra de três.

Antes de programarem o robô para completar a figura, o grupo decidiu fazer com que este percorresse a parte com contorno já desenhado com perfeição, para que após isso, passar para a outra metade do desenho. Ao perceber essa estratégia o pesquisador questionou o aluno Bruno.

Pesquisador: “O que vocês estão fazendo Bruno?”

Bruno: “Nós vamos fazer o robô andar sobre a linha primeiro, depois vamos pro outro lado.”

Pesquisador: “E do outro lado a programação será a mesma?”

Bruno: “Não, do outro lado a gente inverte as direções.”

Nesse momento estava consolidada uma das hipóteses da atividade, na qual esta deveria salientar a reflexão dos ângulos e a sua mudança de direção, a resposta de Bruno evidência a mobilização deste conhecimento assim como sua generalização – novamente podemos caracterizar esta fala como uma

abstração situada, uma propriedade geral associada com figuras simétricas (a inversão da orientação dos ângulos em lados respectivos do eixo da simetria) é expresso em termos da direção do robô.

Um fato que chamou muito a atenção do pesquisador foi à postura do aluno Gabriel durante a programação do robô. A cada passo que este inseria na programação, antes ele fazia o movimento que o robô deveria realizar com o seu corpo, assim sendo, o robô reproduziu o que o aluno já havia realizado. Nesta ação vemos traços fortes da sintonicidade corporal descrita nos trabalhos de Papert. Parece que Gabriel estava se colocando no lugar do robô, um ato de identificação que ajudou ele a imaginar os passos necessários para a realização do desafio. De certa forma aqui podemos fazer uma relação entre a posição de Vygotsky sobre o papel de brincar na aprendizagem e a ideia da sintonicidade do Papert – Gabriel imaginou que ele estava sendo o robô e assim conseguiu trazer para o plano visível – ou pelo menos palpável - as regras responsáveis pelos seus movimentos.

Após inserirem os dados retirados de seu desenho na programação (Figura 26), os alunos não tiveram dificuldade em terminar a atividade, percorreram a primeira parte da figura, voltaram ao computador, modificaram seu programa (Figura 28) e completaram o desafio.

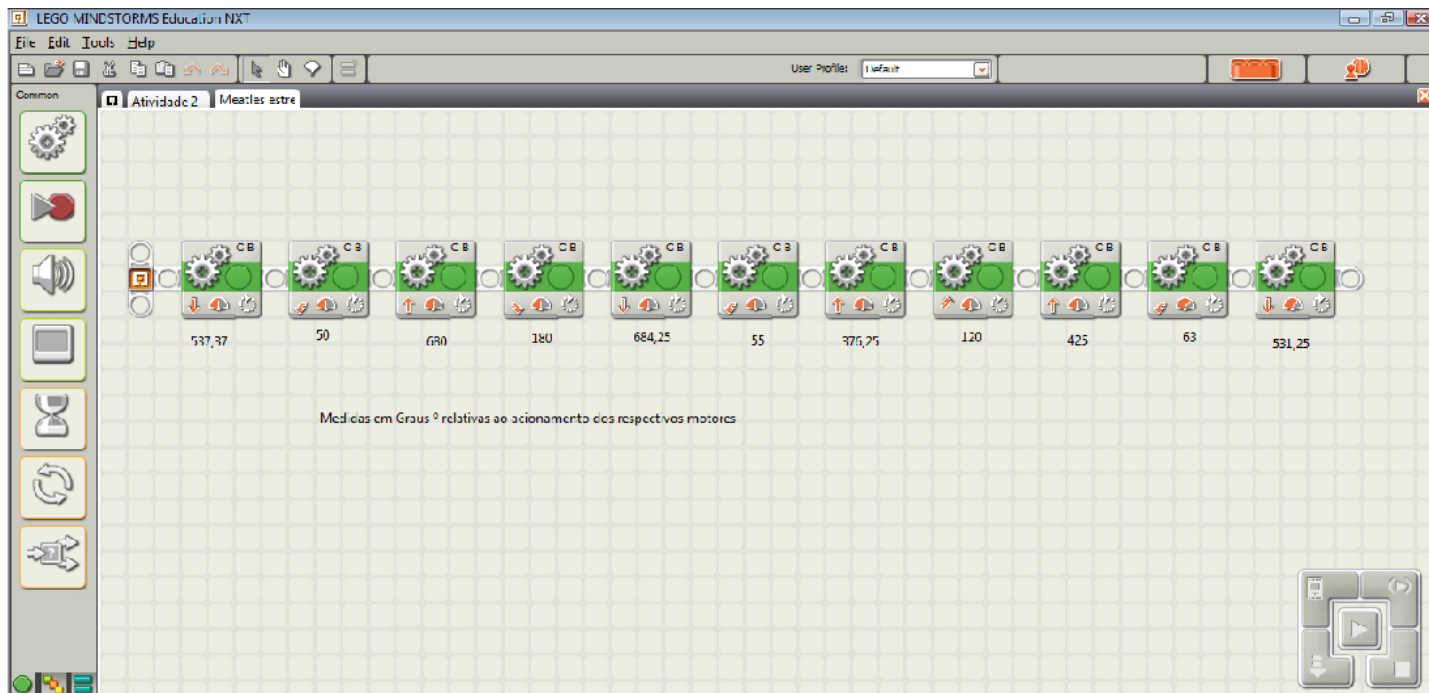


Figura 28 – Programação da Atividade 2

5.5 – Terceira Sessão – Atividade 3.

Neste encontro a atividade proposta aos alunos foi para que, a partir do cenário entregue, que o robô escolhesse uma posição para estacionar, e a seguir encontrasse a posição simétrica a ela.

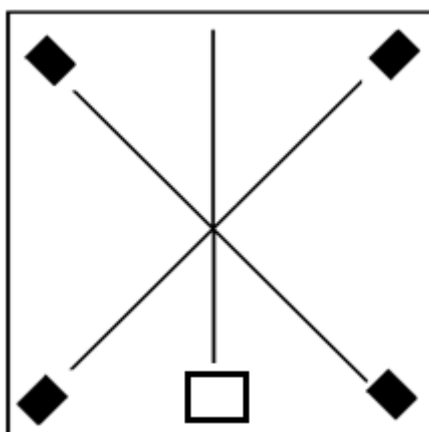


Figura 29 – Desafio Terceira Sessão – Atividade 3.

Na forma parecida da atividade anterior, após a entrega do cenário, os alunos, com o auxílio de uma régua grande de 1 metro e de um transferidor,

retiraram o maior número possível de informações do desenho que lhes foi entregue.

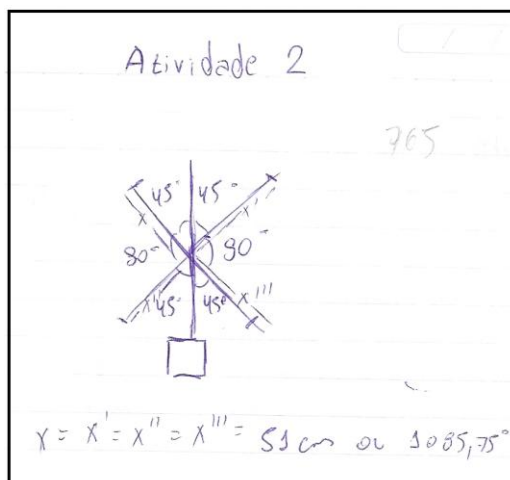


Figura 30: Dados do cenário feitos pelos alunos

Recorrendo aos cálculos realizados nas atividades anteriores, os alunos, munidos de uma calculadora, não encontraram dificuldade para programar o robô para um ponto do cenário. As relações estabelecidas por meio de duas regras de três realizadas nas atividades anteriores foram consultadas novamente.

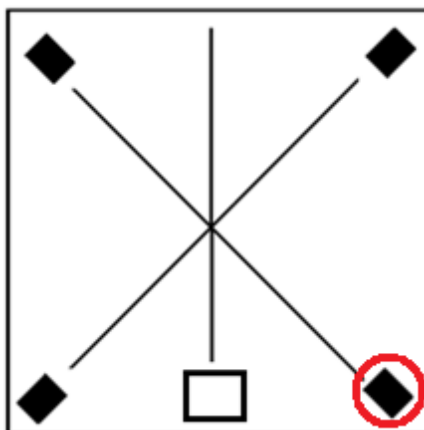


Figura 31: Posição escolhida pelos alunos

Ao chegar ao ponto desejado, os alunos iniciaram um debate a fim de elaborar sua estratégia.

Ian: "O que temos de fazer agora?"

Guilherme sugere a seguinte estratégia:

Guilherme: “Primeiro temos que voltar a mesma distância pra voltar ao centro.”

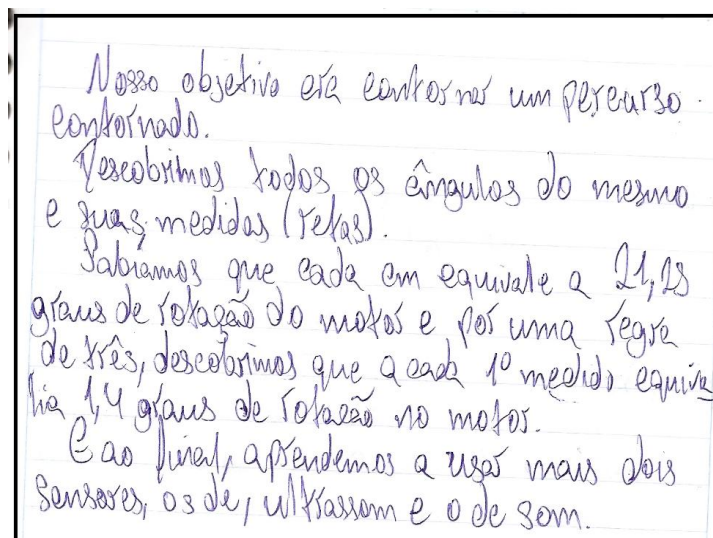
Augusto: “De quantos graus foi esse primeiro ângulo de virada?”

Ian: “60°.”

Neste caso vale à ressalva, efetuando os cálculos a medida exata de graus seria 63° (1,4 x 45), por convenção os alunos preferiram arredondar o valor para 60°.

Augusto: “Então temos que virar 120° agora e andar a mesma distância.”

De fato, os alunos realizaram com facilidade esta tarefa, a figura a seguir mostra suas conclusões.



Nosso objetivo era controlar um percurso contornado.
 Descobrimos todos os ângulos do mesmo e suas medidas (rebas).
 Sabíamos que cada cm equivale a 21,23 graus de rotação do motor e por uma régua de três, descobrimos que a cada 1° medida equivale há 1,4 graus de rotação no motor.
 E ao final, aprendemos a usar mais dois sensores, os de ultrassom e o de som.

Figura 32: Conclusões da atividade

A Figura 33 mostra o programa elaborado pelos alunos para a realização da atividade.

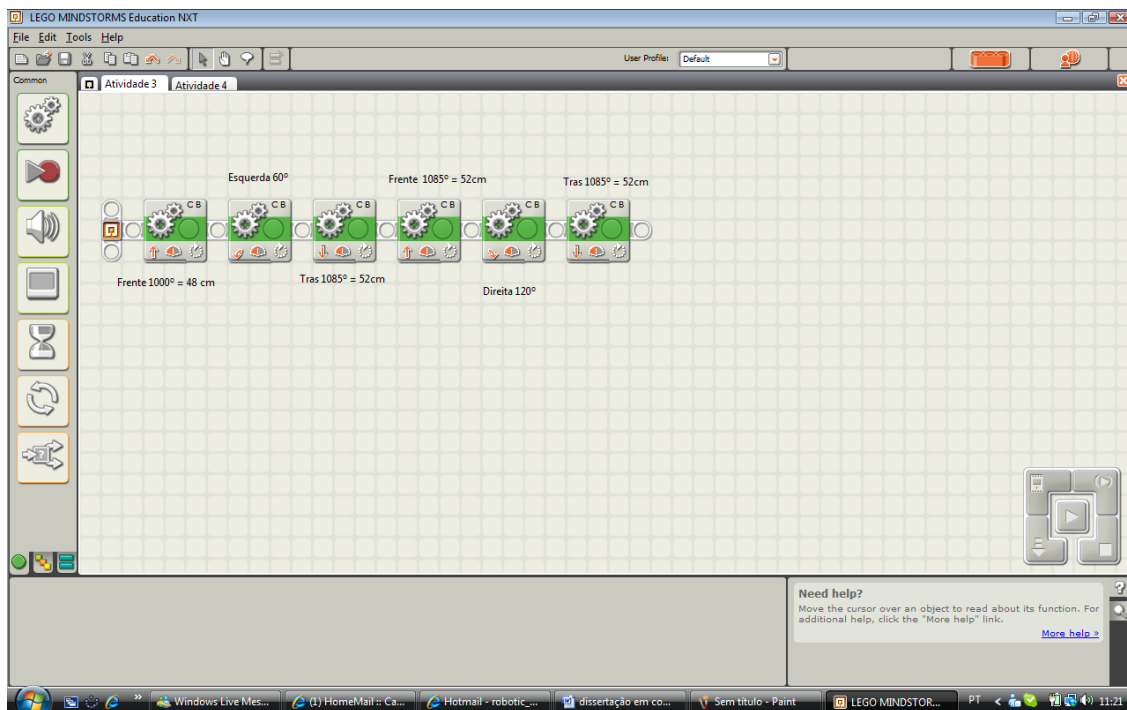


Figura 33: Programação da atividade da terceira sessão

A figura 34 indica as posições escolhidas pelos alunos na atividade.

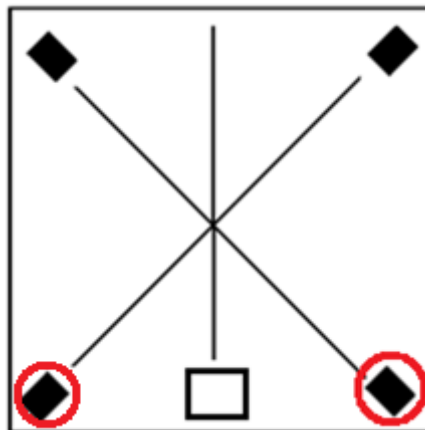


Figura 34: Posições dos robôs.

5.6 – Quarta Sessão – Atividade 4.

A proposta de atividade da quarta sessão envolvia o cenário do desafio anterior, sendo que foi incluído um ponto para que os alunos o simétrico em relação a ele (Figura 35).

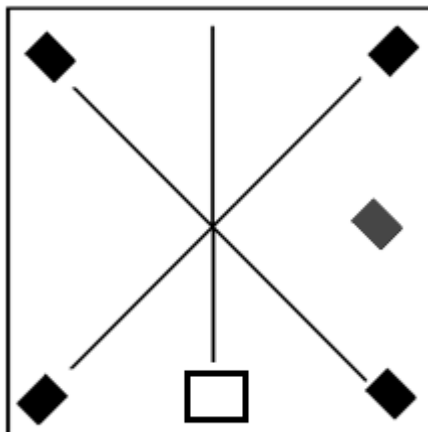


Figura 35- Desafio Quarta Sessão – Atividade 4.

No momento em que a atividade foi entregue, o aluno Ian fez o seguinte questionamento:

Ian: “Podemos usar o programa da atividade passada?”

Quando autorizado, comunicou ao grupo sua estratégia.

Ian: “A gente usa o programa que usamos na outra aula e muda o ponto para o que está marcado e depois repete do outro lado.”

Neste momento ocorre outra generalização, os alunos estão tentando identificar os parâmetros da atividade anterior que deveriam ser modificados. Verificamos nesta atividade que os alunos recorrem a estratégias de sucesso em atividades anteriores, buscando adaptá-las as novas situações, esta generalização pode também contribuir para obterem sucesso em suas estratégias.

Após o grupo aceitar sua estratégia, mediu a distância do ponto marcado ao centro do desenho e o ângulo de giro do robô, iniciou-se uma pequena discussão para chegarem a um acordo sobre este valor. Felipe fez a seguinte sugestão:

Felipe: “Aqui tem um ângulo de 90° (indicando os dois segmentos de reta a direita do cenário).”

Nesta fala identificamos que Felipe está fazendo uso de uma propriedade associada à transformação reflexão (ponto e imagem pertencem um segmento perpendicular ao eixo da reflexão, com ponto e imagem eqüidistantes do eixo e localizados em lados opostos dele). Não podemos ter certeza que ele está consciente da generalidade da propriedade que eles expressam, tanto no caminho escolhido quanto na programação que possibilita esta trajetória, mas é interessante notar que de certa forma a necessidade de programar resultado é um tipo de explicitação formal desta propriedade.

Ian segue o raciocínio do colega.

Ian: “O ponto esta no centro, então é 45° .”

Felipe continua.

Felipe: “Então temos que pegar os 60° de rotações do motor da outra atividade mais esses 45° do desenho.”

Verificamos que os alunos empiricamente realizaram algumas operações envolvendo ângulos para completarem a atividade. Esta estratégia contempla a hipótese inicial da atividade, no sentido de que os alunos buscaram referências na Matemática para sua realização, pois o ponto que deveria ser localizado não possuía retas em sua direção como os outros, e o recurso buscado foi o seu conhecimento em operações com ângulos para encontrarem a direção ideal para o robô seguir.

Com a calculadora em mãos, os alunos converteram os valores mais uma vez utilizando a relação estabelecida na primeira atividade e concluíram o desafio, a figura a seguir (Figura 41) mostra a trajetória do robô.

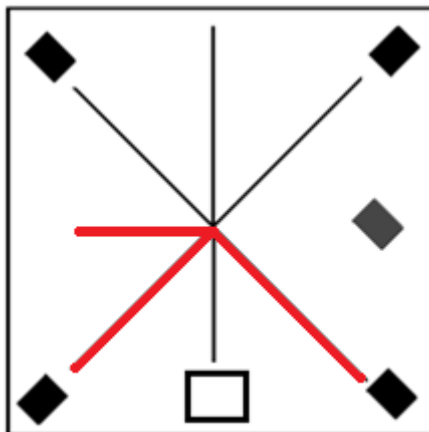


Figura 36: Trajetória do robô na realização da atividade

A seguir (Figura 37) a programação dos alunos para a realização da atividade.

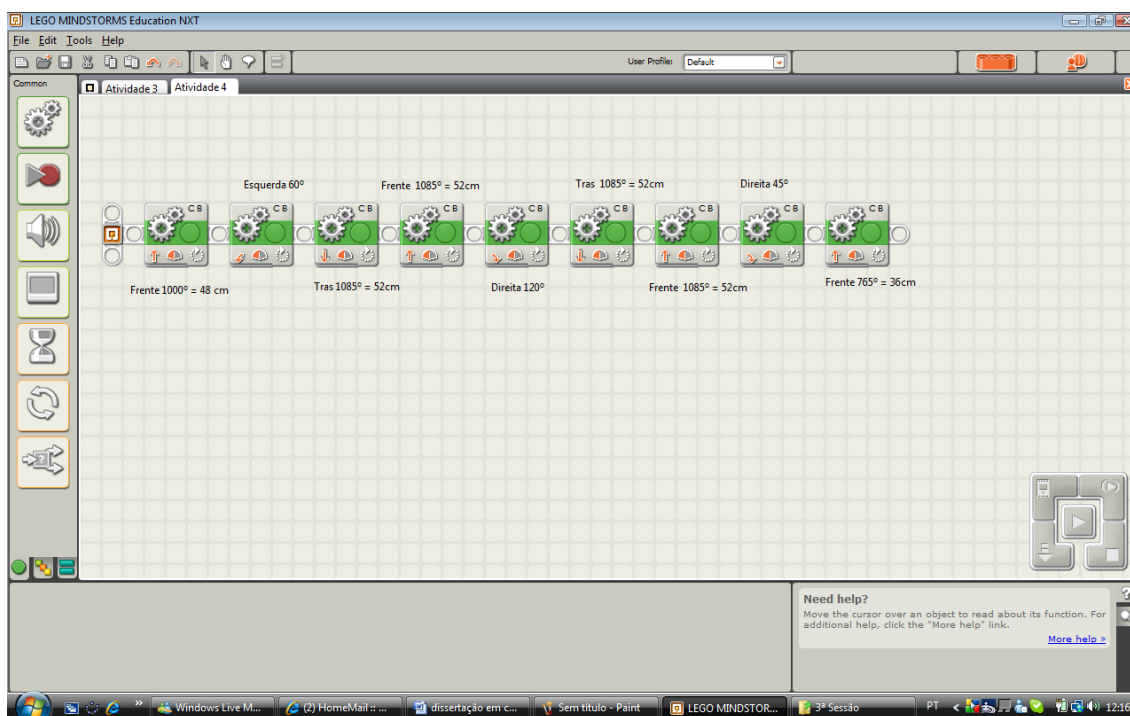


Figura 37: Programação da atividade

Uma forte constatação que encontramos durante a realização das duas últimas atividades, foi à recorrência de experiências de sucesso nas atividades anteriores, tanto na busca de conceitos matemáticos quanto nas estratégias de programação, fato que evidencia em nosso entendimento não apenas a generalização de conceitos e procedimentos, mas também a apropriação destes proporcionada pelas atividades no ambiente de robótica educacional.

5.7 - Quinta Sessão – Atividade 5

Em nossa última atividade, o desafio proposto aos alunos foi à execução de uma dança coreografada, com dois robôs, simultâneos.

Nenhuma instrução, cenário, orientação ou direcionamento foi repassado aos alunos além da proposta da atividade, toda a execução da coreografia deveria ser de autoria do grupo.

No dia desta sessão o colégio disponibilizou um local diferente para a realização da atividade, uma sala mais ampla e mais próxima ao pátio. Tal fato dificultou a gravação da sessão no sentido de captar as falas dos estudantes. Mediante isso, as reproduções de diálogos serão menores nesta sessão.

Após as instruções iniciais da tarefa do encontro, os alunos se reuniram para discutir como fariam a atividade. Decidiram realizar marcações no chão e utilizar o sensor de luminosidade ou cor. A escolha se deve ao fato de não terem utilizado este recurso até o momento, e esta ser a última oportunidade. Foi o que o pesquisador constatou no pedido do aluno Ian.

Ian:” Podemos usar o sensor de luz? Não fizemos nada com ele ainda e esse é o último encontro.”

“Autorizados” a fazer uso do recurso, um esboço em seu caderno de anotações das trajetórias dos robôs para a execução de sua coreografia (Figura 38).

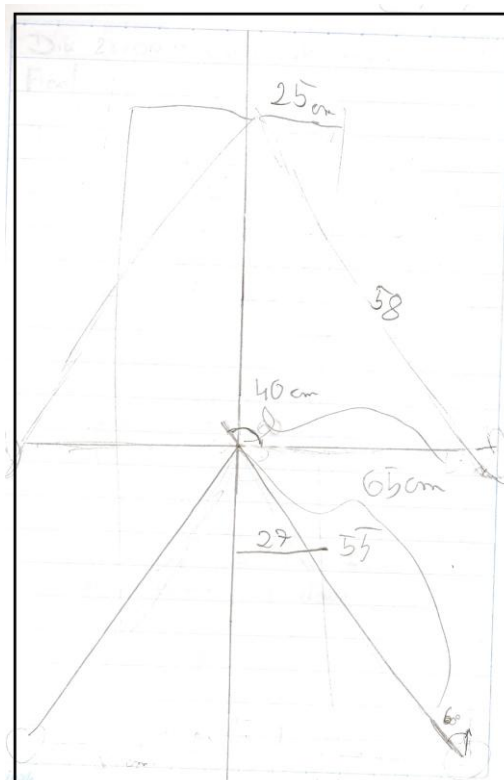


Figura 38: Primeiro esboço da coreografia dos robôs.

Constatamos neste esboço fortes indícios das atividades anteriores. A busca da construção de um “cenário” para a dança nos remete aos cenários entregues anteriormente, também nos lembramos o fato de que os alunos buscavam suas soluções a partir das informações extraídas das figuras em todas as sessões, como suporte para a construção da programação do robô e como fonte de informações e dados. A maneira como este cenário foi construído produziu semelhante interesse, os recursos matemáticos utilizados como segmentos de retas, ângulos e um eixo central de simetria, com a reflexão do primeiro cenário, nos mostra a generalização destes conceitos das atividades anteriores, o que fundamenta também outra hipótese levantada durante o quarto encontro, quando comentamos sobre a repetição de estratégias de sucesso. Os alunos buscaram em situações anteriores onde foram bem sucedidos, os recursos para a realização do desafio, procurando

adaptar suas estratégias, o que nos mostra a generalização das estratégias utilizadas anteriormente.

A generalização de procedimento e conceitos nos ficou muito evidente quando o pesquisador questionou o aluno Guilherme sobre qual estratégia utilizariam para a realização da dança e este a revelou.

Guilherme: “A gente vai programar um robô primeiro sobre a linha, depois invertemos as direções dos ângulos e transferimos a programação para o outro robô, parecido com o que fizemos na atividade da estrela.”

Felipe complementou a estratégia do colega.

Felipe: “Vamos colocar também uns giros e um *Moonwalker* (referência ao mundialmente famoso passo de dança do cantor Michael Jackson)

Após a realização do esboço, partiram para a construção do cenário para a dança de seus robôs, e com uma fita adesiva, marcaram no chão o desenho que haviam feito em seu caderno de anotações.

Ao realizar o primeiro teste, os alunos constataram um problema. Quando ocorria um cruzamento nas linhas marcadas, o sensor se confundia sobre a direção a ser tomada e perdia o rumo. Isso os levou a planejar um novo cenário.

Para a construção deste novo cenário, os alunos adotaram outro procedimento. Introduziam um segmento de reta, com um pedaço da fita adesiva e no momento da curva, giravam uma das rodas do robô manualmente, verificando a posição do sensor, quando consideravam a posição adequada, a marcavam com uma moeda, dessa maneira elaboraram a primeira parte.

A construção da segunda parte do cenário foi muito interessante em termos de conceitos matemáticos utilizados pelos alunos durante essa

construção. Primeiramente marcaram certa distância, entre o primeiro e o segundo com a fita, construíram segmentos de reta congruentes e começaram a colar no local desejado, trabalhando a reflexão do primeiro.

Um momento em especial chamou muita atenção durante esse procedimento de construção. Iniciou-se entre os alunos uma dúvida quanto à medida dos ângulos a ser reproduzida. Como haviam feito uma marcação com o auxílio de uma moeda, não sabiam precisar com certeza sua medida. O aluno Ian, utilizou uma estratégia muito interessante para resolver o impasse.

Com uma régua em mãos, Ian a posicionou em um dos segmentos paralelos, posicionando a fita adesiva sobre a marcação já realizada, reproduziu o ângulo marcado. A seguir, virou a régua ao contrário produzindo um ângulo refletido ao marcado. Relacionou-se nesta operação a propriedade dos ângulos alternos e internos a retas paralelas.

A figura a seguir (Figura 39) mostra o cenário produzido pelos alunos.

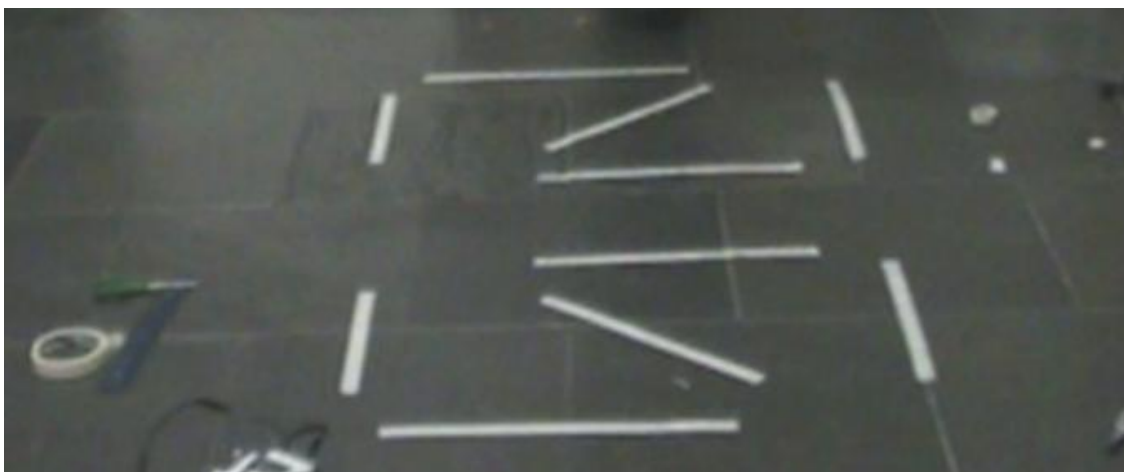


Figura 39: Cenário da dança dos robôs construído pelos alunos

Após o cenário pronto, os alunos transferiram o programa para um dos robôs e testaram a programação. Em seguida, produziram um programa simétrico e transferiram para o outro.

A Figura 40 reproduz as programações dos robôs.

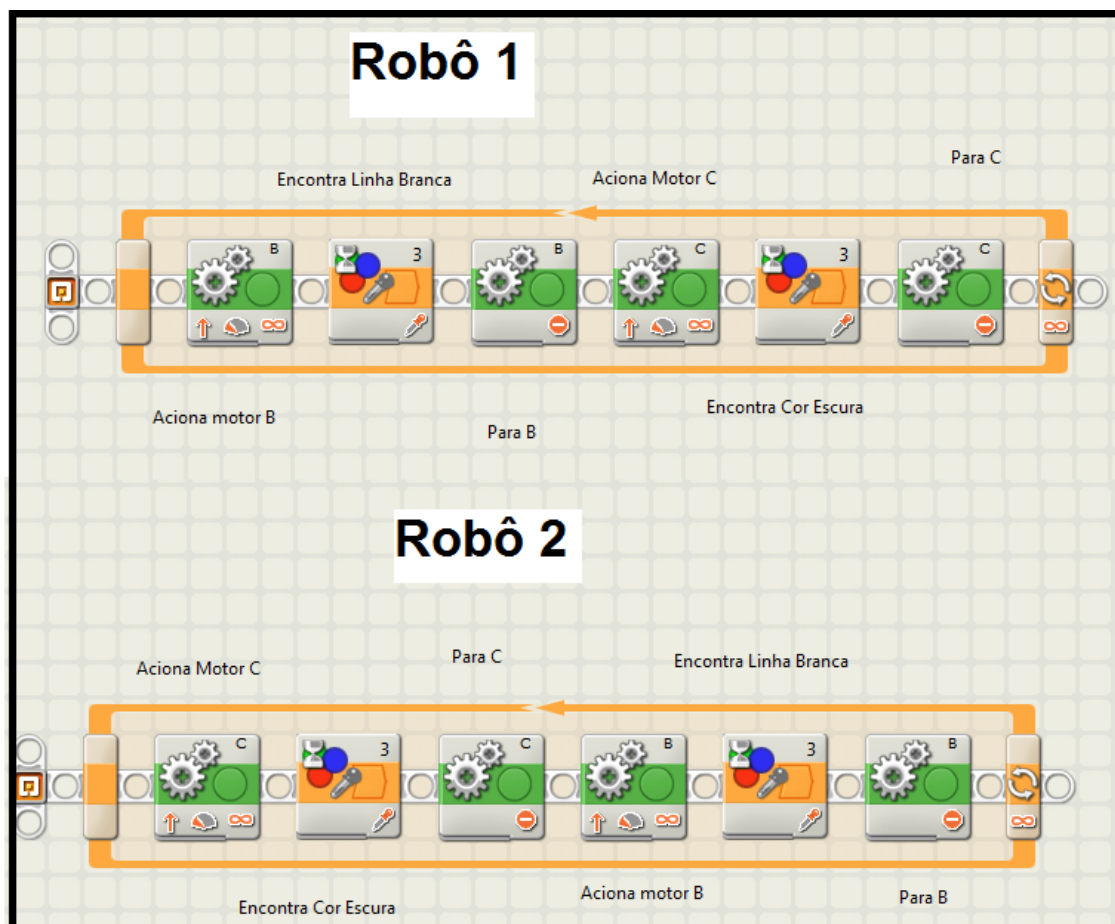


Figura 40: Programação dos robôs para a dança

Cada motor acionado significa virar uma direção. Podemos observar nos programas acima (Figura 40) a simetria e a reflexão pretendidas pelos alunos no sentido dos giros dos robôs na execução de sua coreografia, assim como em relação ao sensor de luz: enquanto um gira em direção a linha branca, o outro gira no sentido da cor escura produzindo assim movimentos simétricos e opostos (refletidos).

Ao testarem sua programação no cenário os alunos encontraram problemas com os robôs, as fitas utilizadas no chão para marcar a trajetória da dança não eram suficientes para que pudessem ser captadas pelos sensores dos robôs e, apesar de vários ajustes no cenário, a programação não funcionou da maneira como os alunos esperavam.

Com o término do horário do final do encontro se aproximando, o pesquisador pede aos alunos que estes mostrem com as mãos, a coreografia que pretendiam que os robôs realizassem. Os alunos Bruno e Ian pegam um robô cada e mostram a dança que deveria ter sido apresentada.

Embora não executada em termos de programação, a demonstração dos alunos aponta uma dança simétrica, onde os robôs, cada um em seu cenário, executariam “passos” iguais. De maneira geral, apesar do inconveniente final, a atividade confirmou as hipóteses iniciais sobre o uso de conceitos relativos à simetria e a reflexão. Esses conceitos emergem empiricamente no elaborar da coreografia, provocado provavelmente pelo modo na qual as atividades anteriores foram propostas. Interessante notar as diferentes formas de expressar propriedades destas ideias matemáticas, com os robôs (e os alunos) dançando lado a lado e também no momento da programação, pois os movimentos e comandos do robô 1 são invertidos na programação do robô 2.

Encerrando as análises de nossas atividades, procurando verificar os conceitos matemáticos mobilizados, as ideias emergentes e as generalizações realizadas pelos alunos em todas as sessões, apresentaremos a seguir as conclusões de nosso trabalho, assim como procuraremos responder as questões iniciais que balizaram nossa pesquisa.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 – Introdução

Como nos referimos no início deste trabalho, tive a oportunidade de conhecer e ter contato com a robótica educacional no início de minha carreira acadêmica, e principalmente de continuar meus trabalhos nesta área, por outro lado, pude perceber que a robótica educacional é uma área relativamente nova no âmbito da pesquisa em Educação Matemática. Esse elemento deu a tônica inicial de todo o desenvolvimento do nosso trabalho. Quisemos desde o princípio, explorar as potencialidades que esse ambiente pode oferecer para o ensino da Matemática, ao mesmo tempo em que procuramos situar com fatos o surgimento do caráter pedagógico da robótica, nos preocupamos em (re)afirmar alguns conceitos que pudessem tornar claro aquilo que estávamos abordando.

Em primeiro lugar, há que (tentar) responder a pergunta “Por que robótica educacional?”. De uma forma mais geral possível, a resposta a essa pergunta é que a robótica é o futuro que está presente em diversos setores industriais e já começa a fazer parte do cotidiano escolar. Olhar para frente é vislumbrar uma realidade com a presença de robôs. De qualquer maneira eles podem ajudar hoje, na nossa realidade atual, a Educação Matemática. Esse é um dos objetivos que pretendemos alcançar com este trabalho.

A robótica educacional foi enfocada levando-se em consideração as características peculiares do artefato robótico e o papel do aluno enquanto interage com este, essa interação vai possibilitar uma riqueza de situações de aprendizagem que ira justificar plenamente a adoção da robótica educacional como um recurso privilegiado para o fazer Matemática na escola.

Este capítulo aponta algumas conclusões neste sentido. Mostra primeiramente os fundamentos teóricos sobre o qual se baseou a parte empírica de nossa pesquisa, procurando relacioná-los com os resultados

obtidos. A seguir, apresenta os pressupostos metodológicos e como eles se manifestaram nas atividades desenvolvidas. A seguir, confronta os resultados com as questões de pesquisa. E, por fim, traça alguns elementos que podem, eventualmente, subsidiar considerações futuras com vista a novas pesquisas relacionadas ao tema.

Neste trabalho os alunos produziram pouquíssimo material escrito. Mas as gravações das aulas mostram que das interações com o robô emergiram muitas ideias matemáticas, sobretudo aquelas que não estavam previstas quando da preparação das atividades.

Iniciamos nosso estudo procurando caracterizar o ambiente de robótica educacional, conceituando os termos robô e robótica, e trazendo os estudos pioneiros para o desenvolvimento deste ambiente e sua utilização no campo da educação. A perspectiva Construcionista de Seymour Papert foi presente em toda a realização desta pesquisa, nos causa especial encantamento a premissa de que “a atitude construcionista tem como meta ensinar de forma a produzir a maior aprendizagem a partir do mínimo de ensino.” (Papert, 1993 pg. 135).

O Construcionismo requer um ambiente propício e atividades que permitam ao aluno a construção de algo que tenha significado. Para isso Papert salientou a importância do desenvolvimento de micromundos de aprendizagem. Sob sua óptica interpretamos o robô utilizado nas atividades com robótica educacional como um ser matemático, a comunicação como esse ser demanda operações e relações matemáticas claramente definidas. E da interação dos alunos com o robô nesse ambiente, as três características citadas que formam um micromundo estão presentes. Procuramos utilizar a noção de abstração situada (NOSS; HOYLES, 1996) com o intuito de verificarmos se e por como conseqüência os alunos constroem, organizam e expressam idéias matemáticas a partir das conexões particulares promovidas pelas atividades elaboradas no ambiente robotizado.

Em todo momento de nossa pesquisa, nosso intuito foi dar um enfoque lúdico as nossas atividades, a partir das ideias de Távora (2007). Assim, a ludicidade, ou seja, o modo de ser lúdico, o modo de estar em jogo, de se divertir, era visto como um substantivo que poderiam traduzir a maneira de transformar aulas e conteúdos, que causam muitas vezes sonolência, em momentos prazerosos e possivelmente vistos sob uma diferente perspectiva. Procuramos também relacionar nossas atividades com o brincar, segundo Vygotsky, as brincadeiras não são atividades inatas das crianças, mas sim ações sociais e culturais aprendidas nas relações interpessoais (Vygotsky, 2004). Nesse sentido o robô aparece como elemento de mediação. No âmbito de nossa pesquisa, a nossa conjectura é que brincar com robô é uma atividade lúdica, culturalmente inserida no cotidiano dos jovens, que implicam em tomadas de decisão em acordo das regras (matemáticas) que controlem seus comportamentos.

Como metodologia de nossa pesquisa, escolhemos adotar o Design Experiment, cuja meta teórica é estudar o processo por meio do qual os estudantes desenvolvem uma profunda compreensão das idéias matemáticas particulares, junto com os tipos de tarefas e práticas de ensino que podem suportar esse aprendizado.

Buscamos referências em Cobb et. al.(2003) que denominam as experimentações oriundas do Design Experiment salientando a sua aplicação na exploração de um sistema interativo complexo que envolve tarefas ou desafios para os alunos solucionarem, uma forma de expressão, regras, materiais ou ferramentas e uma prática pedagógica relacionando todos estes elementos, que na nossa interpretação podem ser produzidos num ambiente de robótica educacional.

Elaboramos atividades na qual poderiam emergir idéias matemáticas relativas à simetria e reflexão, mas a mobilização de ideias relativas às suas soluções nos mostrou uma gama de diferentes conceitos matemáticos que a atividade em ambientes robotizados pode favorecer.

Nosso experimento foi realizado em cinco sessões de pesquisa com um grupo de alunos do nono ano, todos com bom desempenho em Matemática, do Ensino Fundamental II de uma instituição particular de ensino de Guarulhos – SP. Nas quatro primeiras foram apresentados desafios nos quais pressupomos que os alunos utilizariam estratégias matemáticas para buscar sua resolução, e que estas atividades dessem suporte para, na quinta sessão os alunos realizassem uma coreografia de dança com dois robôs.

6.2 – Voltando as questões de pesquisa.

O ideal de nossa pesquisa foi o de fundamentar a utilização dos materiais e do ambiente de robótica educacional como um micromundo propício à aprendizagem de Matemática. Procuramos evidenciar em nosso estudo, com atividades dirigidas de maneira lúdica, como emergem ideias matemáticas, como os alunos mobilizam conceitos e vivenciam a ciência. Optamos por não fazer uso da “Matemática Escolar”, centrada no currículo, com sua ordem pré-determinada e orientamos nossas atividades no sentido de que os alunos pudessem desvendar uma “Matemática oculta”, aquela que não aparece em um enunciado, que não se segue nos livros, mas que se origina em uma situação, que em nosso caso foi o trabalho com os robôs. A seguir, voltamos às questões da pesquisa apresentadas no primeiro capítulo, oferecendo respostas baseados nas interações dos participantes desta pesquisa.

Quais idéias matemáticas emergem a atividade associada ao desafio de uma dança coreografada de robôs?

Da interação do grupo durante a realização das atividades, foi possível concluir que os alunos elaboram três estratégias gerais com diferentes essências matemáticas que são claramente identificáveis. Em relação a cada uma das três estratégias, foi também possível identificar as especificidades das noções matemáticas que emergiram.

A primeira estratégia denominamos de *matematização do artefato e do desafio*, no qual os alunos antes da realização de cada atividade buscaram no robô e nos cenários conceitos matemáticos previamente conhecidos que poderiam ajudá-los a resolver o desafio proposto. Nessa estratégia, o que predomina é a interação com o robô e com os objetos do desafio. Desde a primeira atividade essa evidência nos chamou atenção. No momento em que os alunos buscam informações na roda do robô para subsidiar seus cálculos sobre a distância pretendida, onde verificamos que emergem as idéias matemáticas de relações com circunferências ou enquanto estes retiravam dos cenários entregues o maior número de informações possíveis, trabalhando ideias de simetrias, ângulos e reflexões, ou até mesmo a escolha de símbolos pseudo-algébricas (como aconteceu nos rótulos inventados pelas medidas da figura da estrela na atividade 2), as tentativas de *matematizar a situação* na qual fazemos referência encontra-se fortemente presente.

Na segunda estratégia, apontamos a busca de *generalizações matemáticas*. A estratégia foi associada com momentos nos quais os alunos já possuem uma compreensão dos movimentos do robô e passam a raciocinar sobre eles em maneiras mais gerais, expressando ou registrando métodos para resolver não apenas o desafio específico em mãos, mas também todos os desafios da mesma classe. Um exemplo, que permeou todas as sessões, sendo o cálculo de número de graus que o motor teria que funcionar para movimentar o robô uma certa distância – para este cálculo, inicialmente efetuado na primeira atividade, os alunos mobilizaram conceitos matemáticos relativos à regra de três, realizando uma generalização, que foi subsequentemente reutilizado quando necessário. As interações entre as participantes durante momentos associados à esta estratégia foram acompanhadas por crescente uso de registros no caderno de anotações, tentativas e erros e aproximações sucessivas. As ideias matemáticas referentes à noção intuitiva de função também emergiram a partir daí, pois todos os percursos a serem realizados desde então, foram executados em função dessa generalização realizada. As estratégias de sucesso também foram resgatadas e adaptadas a novas situações, repetindo o sucesso anterior,

o que fundamenta esta *generalização* proporcionada pelas atividades oriundas de um ambiente de robótica educacional.

Quanto às ideias matemáticas emergentes, relembramos o momento da última sessão, no qual os alunos decidiram construir um cenário para a dança dos robôs, as ideias de simetria, reflexão, retas paralelas, ângulos alternos e internos foram evidenciadas nesta construção. Notamos também que os alunos buscaram “modelar” a atividade aos moldes das anteriores, nas quais recebiam um cenário, e este sempre apresentava elementos geométricos em sua composição, fica evidente a generalização neste procedimento, pois sem nenhuma instrução do pesquisador, os alunos buscaram em modelos matemáticos anteriores, onde obtiveram sucesso, o amparo para a realização de seu desafio.

O termo *abstração situada* descreve como os aprendizes constroem ideias matemáticas gerais a partir de conexões particulares feitas em situações específicas, que por sua vez formatam a maneira como as ideias são expressas (NOSS E HOYLES, 1996, p. 122). A natureza situada das expressões dos alunos foi bastante evidente. Por exemplo, têm vários indícios de que os alunos entenderam que a orientação da imagem por reflexão de uma figura geométrica em relação ao original é invertida, mesmo que ninguém tenha pronunciado este fato nas formas convencionais – foi expresso em movimento, mas também foi formalizado na linguagem da programação do software.

A terceira estratégia se desenvolve praticamente sem o uso do artefato. Se, em alguns casos, eles expressam propriedades gerais na “linguagem” da situação, em outros suas ações foram aparentemente motivadas mais por relações matemáticas emprestadas de outros contextos, ou melhor talvez, o contexto da aula da Matemática mais convencional. O exemplo mais claro foi a citação da regra de três, que norteou as atividades posteriores.

Qual é o papel do material na emergência dessas ideias?

De certa forma, é difícil separar o papel do material, a matemática que emergiu e a natureza lúdica da atividade realizada. Entretanto têm alguns pontos em particular sobre o material que valem a pena ser destacados. Em primeiro lugar, retornamos para um aspecto da perspectiva de Papert previamente mencionada no Capítulo 2. Ele argumenta que situações mais propícias para aprendizagem são aquelas nas quais o aprendiz se identifica com o objeto de estudo e se envolve com ele afetivamente, assumindo, de forma ativa, a responsabilidade para sua própria aprendizagem, ou seja, situações vivenciadas sintonicamente. Ele menciona em particular dois tipos de sintonicidade: sintonicidade corporal e sintonicidade com o ego. A sintonicidade corporal foi – talvez seja – um fator fortemente associada às atividades que envolvem a programação de robôs. Em vários momentos ao longo de nosso estudo, observamos como os alunos se colocaram “no lugar” do robô, para visualizar, para sentir, quais comandos seriam necessários para atingir o caminho desejado. De fato na última atividade os alunos literalmente incorporam o papel do robô, efetuando os movimentos que eles não conseguiram formalizar através dos limites do ambiente no qual a sua programação foi realizada.

Indícios de sintonicidade com ego são mais sutis, e, no caso de um desafio envolvendo a coreografia de uma dança, depende da identificação dos aprendizes com este tipo de atividade. Vemos aqui um encontro entre as ideias de Papert sobre sintonicidade e as de Vygotsky sobre ludicidade. Para Vygotsky quando o aprendiz brinca, ele passa a interagir em uma realidade particular, que tem suas próprias regras, mas ao mesmo tempo é controlado pelos seus desejos e vontades, dando a brincadeiras aspectos que Papert associam à sintonicidade com o ego.

Em segundo lugar, nas tentativas dos alunos em controlar o comportamento de outros seres, foi preciso que eles se expressassem de forma compreensível para o robô. Buscamos em nossas atividades, instigar a utilização de algumas noções matemáticas, mas de forma implícita, a partir de

um desafio, uma situação a ser resolvida. Juntando as demandas da atividade com a necessidade de comunicar com o robô através de uma linguagem de programação, sugerimos que a matemática presente na situação não poderia ficar oculta, teria que ser desvendada, enfim, decifrada de maneira compreensível a todos os participantes, seres humanos ou robóticos, um código chave para a realização do desafio.

Como o aspecto lúdico do trabalho com robôs influencia o envolvimento com os alunos?

O “falar Matemática” proporcionou aos alunos durante nossa atividade momentos de criatividade. Deu oportunidade para que estes expressassem ideias que não tinham nada de original para muitos, mas que para eles era algo novo. Essa noção nos permite ampliar nossa visão de ensinar Matemática. Quando o aprendiz mostra criatividade? Não é quando apresenta uma ideia nova, inédita, mas sim quando expõe uma ideia que é nova *para ele*. As estratégias utilizadas pelos alunos no decorrer das atividades, como por exemplo, quando os alunos construíam o cenário para a dança dos robôs e solucionaram o problema dos ângulos na construção da parte que deveriam refletir (Pg. 79), ou como com a fita adesiva reproduziram segmentos congruentes, são ideias genuinamente criativas. Do nosso ponto de vista, esses e outros exemplos foram elementos que determinaram o caráter lúdico de nossas atividades.

A presença de robô num ambiente escolar é uma atividade lúdica. Esse caráter de brincadeira é incorporado também pelos alunos. Nas atividades realizadas nesta pesquisa, a oportunidade de interagir com o robô parece ter despertado a curiosidade dos participantes e proporcionado a saída da sala de aula convencional e quebra a “seriedade” de uma aula formal, evidenciando assim as ideias de Vygotsky relativas ao ato de brincar, “brincadeiras implicam em tomadas de decisão e dependem, basicamente, de um acordo de regras entre os participantes. São marcadamente espaços de criação, experimentação, inovação, nos quais, a cada momento, as crianças descobrem suas competências e possibilidades”. (Vygotsky, 1984, pg. 114).

No desenvolver de nossa pesquisa, buscamos em todas as nossas atividades a busca de uma Matemática descontextualizada do currículo formal, nosso principal interesse sempre foi à busca da mobilização de conceitos matemáticos implícitos para sua realização, e quais ideias emergiriam da realização destas atividades. Esse caráter “informal” aproxima nossas atividades do ato de brincar, o próprio propósito de construir uma dança reafirma nossa evidência. Momentos da pesquisa nos quais os alunos tentam reproduzir o passo *Moonwalker* com o robô denota este aspecto lúdico das atividades planejadas.

Sugerimos que uma atração de trabalho com robôs é exatamente essa informalidade, que contribui como fator motivador para a utilização desse ambiente no ensino de Matemática. Sua aproximação com o brincar podendo favorecer a quebra do paradigma de que a “aula de Matemática é chata”, trazendo novos modelos de verificação de aprendizagem, assimilação e mobilização de conceitos. Existe também outro elemento motivacional, que transcende os limites de uma simples resolução de problemas. O aluno está resolvendo um problema seu, para o qual dá um sentido particular, vê um significado que vai mudar sua visão em algo particular. Este é um dos cerne do Construcionismo de Papert: aprender algo que lhe faça sentido.

Percebemos durante a realização de nossa pesquisa que o robô, por si só já é um elemento motivador para os alunos. Trabalhar com robótica remete ao futuro, a evolução, pudemos perceber implicitamente como o robô atrai a atenção dos alunos durante as atividades.

Durante a realização da primeira atividade, em suas tentativas iniciais de programação, os alunos deveriam fazer o robô executar um percurso determinado, uma tarefa simples, voltada para a apresentação das ferramentas de programação. Em especial, e que serve de referência para responder essa pergunta, foi à evidência constatada pelo pesquisador pelo fato dos alunos vibrarem e torcerem para que o robô executasse com perfeição a tarefa determinada. Essa torcida foi recorrente em todas as atividades realizadas.

No desenvolver de nossa pesquisa, o aluno foi considerado o agente do processo de aprendizagem, tomando para si a tarefa de solucionar um problema, numa situação fora do ambiente escolar, com regras distintas e artefatos lúdicos. Os estudantes brincaram e aprenderam. E para eles, a atividade foi marcante, significativa, daquelas que dá vontade de “querer mais”.

6.3 – Contribuições para novos estudos.

Finalizando os trabalhos, nos resta tecer alguns comentários relativos a aspectos de nossa pesquisa que podem balizar, de uma forma ou de outra, pesquisas futuras relativas à utilização de robótica educacional. Uma limitação deste estudo foi que ele envolveu um número bastante reduzido de alunos e também um grupo de alunos diferenciados em referência aos seus estudos de Matemática. Acreditamos que nossos resultados mostram como é possível que nestas circunstâncias, a matemática emerge com certa naturalidade, sem grandes intervenções (além do *design* das atividades) na parte do pesquisador. Seria interessante investigar se este fenômeno se repete quando os alunos envolvidos tem menos afinidade para Matemática Escolar. Outra área que também não foi investigada neste estudo é o papel do professor num ambiente de robótica educacional. Qual a formação necessária para que o professor possa interagir neste ambiente também é uma questão a ser analisada, pois em nossa pesquisa, como evidenciamos em diversos momentos, o pesquisador possui grande experiência de trabalho neste ambiente.

REFERÊNCIAS.

ACCIOLI, R. M. **Robótica e as transformações geométricas: um estudo exploratório com alunos do ensino fundamental.** São Paulo: PUC, 2005.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Educação Matemática, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2005

ALMEIDA, M.E.B. **O computador na escola: contextualizando a formação de professores. Praticar a teoria, refletir a prática.** São Paulo Tese (Doutorado) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. 2000.

Barros, R. P., **Roboeduc- uma ferramenta para programação de robôs lego,** Relatório técnico, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2008.

BRETON, P. **A história da Informática.** São Paulo: Editora UNESP, 1991

CHELLA, Marco Túlio. **Ambiente de Robótica para Aplicações Educacionais com SuperLogo.** Dissertação de Mestrado, NIED/UNICAMP, 2000.

COBB, P; CONFREY, J; DISESSA, A; LEHRER, R; SCHAUBLE, L. Design Experiments in Educational Ressearch. In: **Educational Researcher**, Vol. 32, No. 1,2003, p 9 – 13.

DRISOSTES, Carlos A. T. (2005). **Design iterativo de um micromundo com professores de matemática do Ensino Fundamental.** São Paulo. 300 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.

FRREIRA, A. B. H. **Minidicionário Aurélio da Língua Portuguesa.** Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 1993, 11ª Ed.

HEALY, L.; POZZI, S.; HOYLES, C. Making Sense of groups, Computers, and Mathematics. In: **Cognition and Instruction**, London: Lawrence Erlbaum Associates, 1995, p. 505 – 523.

HEALY, L. (S) **Iterative design and comparison of learning systems for reflection in two dimensions**. PhD thesis. University of London, Inglaterra, 2002.

HEINE, F. **O que é robô** [online] Disponível em http://www./Robótica - Farlei J_Heine - Artigos.html

HOYLES, C. Microworld / Schoolworlds: The transformation of an innovation. In, Keitel C, Ruthven K (eds.), **Learning from Computers: Mathematics Education and Technology**. NATO ASI, Series F: Computer and Systems Sciences, 1993 Vol. 121, Springer – Verlag, pp. 1 – 17

KARRER, M. **Articulação entre Álgebra Linear e Geometria: um estudo sobre as transformações lineares na perspectiva dos registros de representação semiótica**. São Paulo. 300 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. 2006.

MARTINS, A. **O que é Robótica**, São Paulo, Brasiliense, 1993.

NOSS, R.; HOYLES, C. **Windows on Mathematical Meanings – Learning Cultures and Computers**. Netherlands: Kluwer, 1996.

NORVIG, Peter, RUSSEL, Stuart. **Inteligência Artificial**, Rio de Janeiro, Editora Campus, 2004.

PAPERT, Seymour. **The Connected Family: Bridging the digital generation gap**, Atlanta GA, Longstreet Press, 1996

PAPERT, Seymour. **A máquina das crianças**. Porto Alegre: ARTMED, 1994.

_____. **Logo: Computadores e educação**. São Paulo: Ed. Brasiliense, 1986.

_____. **Constructionism**, Norwood, New Jersey, 1991.

_____. **Mindstorms: Children, Computers and Powerful Ideas**, New York, Basic Books, 1980.

_____. **A critique of Technocentrism in Thinking About the School of the Future**, Memo n° 2, MIT, Massachusetts, 1990.

_____, **Looking at technology Through School-Colored Spectacles**, Massachusetts, MIT, 1997.

PAZOS F. **Automação de Sistemas & Robótica**, Axcel Books do Brasil, 2002.

POWELL, A. B.; FRANCISCO J. M.; MAHER C. A. Uma abordagem à Análise de Dados de Vídeo para Investigar o Desenvolvimento de Idéias e Raciocínios Matemáticos de Estudantes Data. In: **Boletim de Educação Matemática**, Ano 17, no. 21. Rio Claro: UNESP, 2004.

RESNICK, M.; SARGENT, R.; MARTIN, F.; SILVERMAN, B. Building and learning with programmable bricks. In: **Constructionism in Practice: Designin, Thinking and Learning in a digital world**. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1996.

RESNICK, Mitchel. **Distributed Constructionism**, Northwestern University, International Conference on the learning Sciences, 1996.

SERICOUDES, O. Uma atividade Lego – Logo em Trigonometria. Separata de: VALENTE J. A, **Computadores e Conhecimento: Repensando a Educação**. Campinas: NIED, 1995. Disponível em

<<http://nied.unicamp.br/publicacoes/separatas/Sep18.pdf>>. Acesso em 27 de Junho de 2009.

STEFFE L. P.; THOMPSON, P. W. Teaching methodology: Underlying principles and essencial elements. In: LESH, R. & KELLY, A. E. (Eds.), **Ressearch design in mathematics and science education**. Hillsdale, NJ: Erbaum, 2000. P. 267 – 307.

TÁVORA, L. Palavras Lúdicas. **Diário do Nordeste**. Editora Verdes Mares. Fortaleza, 2007. Caderno 3 Disponível em: <<http://diariodonordeste.globo.com/materia.asp?codigo=234967>> Acesso em: 03 jul. 2007.

VALENTE, José Armando. **O computador na sociedade do conhecimento**, Campinas, UNICAMP/NIED, 1999.

_____. **Computadores e Conhecimento: Repensando a Educação**, Campinas, UNICAMP/NIED, 1993.

VALENTE, J. A. **Por que o computador na Educação** [online] Disponível em <HTTP://www.nied.unicamp.br/publicacoes/separatas/sep2.pdf>. Acessado em 27 de Abril de 2010

VALENTE, J. A.; CANHETE, C. C. Uma atividade Lego – Logo em Trigonometria. Separata de: VALENTE J. A, **Computadores e Conhecimento: Repensando a Educação**. Campinas: NIED, 1995. Disponível em <<http://nied.unicamp.br/publicacoes/separatas/Sep4.pdf>>. Acesso em 02 de Junho de 2009.

VIGOTSKY, L. S. **A Formação Social da Mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

VIGOTSKY, L. S. **Pensamento e Linguagem.** São Paulo: Martins Fontes, 1993.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)