



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



RoboEduc: Uma Metodologia de Aprendizado com Robótica Educacional

Alzira Ferreira da Silva

Orientador: Prof. Dr. Luiz Marcos Garcia Gonçalves

Co-orientador: Profa. Dra. Ana Maria Guimarães Guerreiro

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da UFRN (Área de concentração: Engenharia da Computação) como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Natal, RN, Março de 2009

Divisão de Serviços Técnicos

Catálogo da Publicação na Fonte. UFRN / Biblioteca Central Zila Mamede

Silva, Alzira Ferreira da.

RoboEduc: uma metodologia de aprendizado com robótica educacional / Alzira Ferreira da Silva - Natal, RN, 2009.

133 f.

Orientador: Luiz Marcos Garcia Gonçalves

Co-orientador: Ana Maria Guimarães Guerreiro

Tese (doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia Elétrica.

1. Robótica pedagógica - Tese. 2. Vygotsky - Tese. 3. Metodologia Educacional - Tese. 4. Lego Mindstorms - Tese. I. Gonçalves, Luiz Marcos Garcia. II. Guerreiro, Ana Maria Guimarães. III. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. IV. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 371.694(043.2)

RoboEduc: Uma Metodologia de Aprendizado com Robótica Educacional

Alzira Ferreira da Silva

Tese de Doutorado aprovada em 16 de março de 2009 pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. Luiz Marcos Garcia Gonçalves(orientador) DCA/UFRN

Prof. Dr^a. Ana Maria Guimarães Guerreiro (co-orientador) DCA/UFRN

Prof. Dr. João Vilhete Viegas D´Abreu NIED/Unicamp

Prof^a Dr^a Silvia Silva da Costa Botelho DCA/FURG

Prof^a Dr^a Maria das Gracas Pinto Coelho DCA/UFRN

Prof^a Dr^a Aquiles Medeiros Filgueira Burlamaqui DCA/UFRN

*A João Gabriel, pela sua luz que me
ilumina todos os dias.*

Agradecimentos

Ao meu orientador Luiz Marcos Garcia Gonçalves, pelo exemplo de como fazer pesquisa e acima de tudo de como cuidar das pessoas.

Aos meus pais, Antônia e José Walter, pelo carinho e valores que que deram e que não se perderam no tempo.

Aos meus irmãos Giovanilton, Genilson, Alzivane, José Walter e Alzilene, pelo apoio e torcida em cada etapa da minha vida.

Ao meu companheiro e amigo Roque Mendes Prado Trindade, pelo incentivo, desafios, cumplicidade, apoio e ajuda durante essa etapa de nossas vidas. O seu sorriso largo e franco me acompanha sempre.

Aos meus amigos Raquel Patiño e Dennis Barrios, por nossas reuniões, sejam sobre nossos projetos de pesquisa sejam sobre coisas da vida.

As minhas amigas do Núcleo De Tecnologia Educacional, NTE-16, de Vitória da Conquista, em especial a minha amiga Elmara Pereira.

VERDADE

A porta da verdade estava aberta,
mas só deixava passar
meia pessoa de cada vez.
Assim não era possível atingir toda a verdade,
porque a meia pessoa que entrava
só trazia o perfil de meia verdade.
E sua segunda metade
voltava igualmente com meio perfil.
E os meios perfis não coincidiam.
Arrebentaram a porta. Derrubaram a porta.
Chegaram ao lugar luminoso
onde a verdade esplendia seus fogos.
Era dividida em metades
diferentes uma da outra.
Chegou-se a discutir qual a metade mais bela.
Nenhuma das duas era totalmente bela.
E carecia optar. Cada um optou conforme
seu capricho, sua ilusão, sua miopia.
Carlos Drummond de Andrade

Resumo

Neste trabalho propomos uma metodologia para o ensino de robótica no Ensino Fundamental, baseada na teoria sócio-histórica de Lev Vygotsky. Esta metodologia em conjunto com o kit Lego Mindstorms[®] e um software educacional (uma interface para controle e programação de protótipos) compõem o sistema de robótica pedagógica denominado RoboEduc. Para o desenvolvimento dessa pesquisa foi utilizado o método pesquisa-ação, sendo realizadas atividades de robótica com a participação de crianças com idade entre 8 a 10 anos, alunos do Ensino Fundamental I da Escola Municipal Professor Ascendino de Almeida, localizada no bairro Pitimbú, na periferia de Natal, Rio Grande do Norte. As atividades visaram produzir conhecimento sobre a construção de protótipos robóticos, sua programação e controle. Ao construir os protótipos as crianças desenvolvem ZDPs, que são espaços de aprendizagem que quando bem aproveitados proporcionam a construção, pelos indivíduos não só de conceitos científicos, mas também de habilidades e competências importantes para as interações sociais e culturais de cada um e do grupo. Com o desenvolvimento das oficinas foi possível analisar a utilização do robô como elemento mediador do processo de ensino-aprendizagem e as contribuições que o uso da robótica pode trazer para o ensino desde o nível fundamental.

Palavras-chave: Robótica Pedagógica, Vygotsky, Metodologia Educacional, Lego Minstorms

Abstract

In this work, we propose a methodology for teaching robotics in elementary schools, based on the socio-historical Vygotsky theory. This methodology in conjunction with the Lego Mindstoms kit (R) and an educational software (an interface for control and programming of prototypes) are part of an educational robotics system named RoboEduc. For the practical development of this work, we have used the action-research strategy, being realized robotics activities with participation of children with age between 8 and 10 years, students of the elementary school level of Municipal School Ascendino de Almeida. This school is located at the city zone of Pitimbu, at the periphery of Natal, in Rio Grande do Norte state. The activities have focused on understanding the construction of robotic prototypes, their programming and control. At constructing prototypes, children develop zone of proximal development (ZPDs) that are learning spaces that, when well used, allow the construction not only of scientific concepts by the individuals but also of abilities and capabilities that are important for the social and cultural interaction of each one and of the group. With the development of these practical workshops, it was possible to analyse the use of the Robot as the mediator element of the teaching-learning process and the contributions that the use of robotics may bring to teaching since elementary levels.

Keywords: Robotic Pedagogical, Vygotsky, Educational Methodology, Lego Mindstoms

Sumário

Sumario	i
Lista de Figuras	iii
1 Introdução	1
1.1 Contribuições	3
1.2 Metodologia Utilizada	5
1.3 Estrutura da Tese	7
Lista de Simbolos e Abreviaturas	1
2 Aprendizagem sob o foco sócio-histórico de Vygotsky	9
2.1 Aprendizagem sob o foco da Teoria Histórico-Cultural	9
2.1.1 Aprendizagem Social	10
2.1.2 Processos de Desenvolvimento	14
2.1.3 Formação dos Conceitos Científicos	18
2.1.4 Teoria da Atividade	19
2.1.5 O brinquedo e a Aprendizagem	20
2.1.6 O Papel da escola	22
2.1.7 Aplicações da Teoria Sócio-interacionista	22
2.2 Considerações	23
3 Robótica Pedagógica	25
3.1 Introdução	25
3.2 Robótica	26
3.3 Robôs como artefatos mediadores na Educação	31
3.3.1 Objetivos da Robótica Pedagógica	33
3.3.2 Conjuntos (ou <i>Kits</i>) de Robótica	34
3.3.3 Robótica com sucata	38
3.3.4 <i>Softwares</i> utilizados em Robótica	41
3.4 Robótica Pedagógica no Brasil	44
3.4.1 As Competições de Robótica	45
3.5 Pesquisas em Robótica Pedagógica	49
3.6 Robótica e Teoria Sócio-histórica	50
3.7 Considerações	52

4	RoboEduc: <i>hardware e software</i>	53
4.1	Hardware do RoboEduc: A plataforma Lego Mindstorms	54
4.2	O <i>Software</i> Educacional RoboEduc	57
4.3	Considerações	67
5	RoboEduc: Metodologia para Robótica Educacional	69
5.1	Formação em Robótica Educacional	70
5.1.1	Contextualização da oficina	71
5.1.2	Utilização de Elementos Mediadores	73
5.1.3	Outros Elementos Mediadores	74
5.2	Realização das Oficinas	76
5.2.1	Criando contextos	78
5.2.2	Montagem de protótipos robóticos	78
5.3	Processo de Avaliação	81
5.4	Considerações	83
6	Oficinas de Robótica Pedagógica: Aplicação e Resultados	85
6.1	Coleta dos dados	86
6.2	Oficinas de Robótica Pedagógica	86
6.2.1	Espaço de Ação e Sujeitos Participantes	87
6.2.2	Planejamento das Oficinas Pedagógicas	89
6.3	Resultados	92
6.3.1	Avaliação das Oficinas	92
6.4	Avaliação Quantitativa	102
6.5	Considerações sobre os experimentos	104
7	Conclusão	105
7.1	Trabalhos Futuros	107
	Referências Bibliográficas	109

Lista de Figuras

1.1	Quatro Ciclos Básicos da pesquisa-ação	6
2.1	Processo de Mediação	11
2.2	Processo de Mediação	13
2.3	Zona de Desenvolvimento Proximal	16
2.4	Quatro estágios da ZDP	18
3.1	O Homem Vitruviano, 1492. Lápis e tinta.	26
3.2	Robô móvel Khepera	28
3.3	Robôs em várias áreas	30
3.4	<i>kits</i> Lego Mindstorms	35
3.5	Material da Fichertechnik	35
3.6	Material da Fichertechnik	36
3.7	Eduotec	37
3.8	ROBOKIT	37
3.9	Robô Móvel Curumim	38
3.10	ALFA 2008	39
3.11	Cyberbox	39
3.12	Super Robby	40
3.13	Placa Go-go	40
3.14	Tela: Pilot	42
3.15	Tela: Inventor	42
3.16	Tela: INVESTIGATOR	43
3.17	Fazendo um quadrado no SuperLogo	44
3.18	OBR 2008	48
4.1	RCX	54
4.2	Torre	55
4.3	Sensores Lego	56
4.4	Motores Lego	57
4.5	Tela do RoboEduc 1.0	59
4.6	Telas do RoboEduc 2.0	61
4.7	Telas do RoboEduc 2.1	62
4.8	Tela Inicial do RoboEduc 3.0	63
4.9	Tela do Nível 2	64
4.10	Tela Níveis de Programação	64
4.11	Nível 1	65

4.12	Tela do Nível 2	66
4.13	Tela do Nível 3	66
4.14	Tela do Nível 4	67
4.15	Tela do Nível 5	67
5.1	Estrutura da Metodologia	70
5.2	Dimensões da Avaliação	82
6.1	Apresentação do Projeto às crianças	89
6.2	Ficha de Avaliação - Oficinas 2006	94
6.3	Peça Teatral Fora Lâmpião	96
6.4	Exemplo de elementos mediadores produzidos para as oficinas	99
6.5	Realização de Atividades	100
6.6	Critérios para Avaliação/ Oficinas 2007	101
6.7	Tela de Erro - RoboEduc 3.0	102
6.8	Avaliação zpd das crianças em 2006 e 2007	103

Capítulo 1

Introdução

Toda sociedade é marcada pelo desenvolvimento tecnológico que proporciona ao homem apropriar-se da natureza e transformá-la em favor dos seus interesses. É certo que essas mudanças ocorrem também por questões políticas, econômicas e sociais. Assim, como em outros tempos, estamos vivendo conflitos decorrentes dos avanços tecnológicos, só que em uma dimensão maior que acentua ou nos mostra mais claro todo processo de exclusão, discriminação e má distribuição de renda. Alguns desses processos nós herdamos de outras épocas e os reproduzimos.

A grande diferença em relação a outras épocas é que não só criamos novas tecnologias de dominação da natureza, como também, essas novas tecnologias possibilitam a apropriação da informação. Durante sua história, a humanidade tem passado por várias revoluções no domínio da informação. A primeira foi a invenção da escrita há aproximadamente 6.000 anos na Mesopotâmia e na China. A segunda revolução ocorreu devido a invenção do livro escrito, primeiro na China, por volta de 1300 AC e depois na Grécia 500 AC, com a criação dos livros "Os épicos" de Homero, que até então eram recitados. As invenções da impressora e do tipo móvel por Gutemberg (entre 1450 DC e 1455 DC) e da gravação (na contemporaneidade) ocasionaram a terceira revolução.

Agora, a revolução é decorrente do surgimento e uso freqüente das tecnologias digitais, com o surgimento da denominada sociedade da informação. Claro, existem também pessoas à margem de todo processo informacional, os denominados *excluídos digitais*. Segundo Fitch [Fitch 2002], uma pessoa excluída é aquela que não tem a capacidade de participar totalmente nas esferas sociais e econômicas devido a uma grande variedade de problemas sociais, incluindo desemprego e falta de instrução, entre outras deficiências.

Esse assunto tomou dimensões sociopolíticas, fazendo com que governos, organizações do terceiro setor e ONG's tenham desenvolvido esforços para possibilitar o acesso a esses recursos de forma regular, por meios de políticas que visem o crescimento auto-sustentável de forma colaborativa e gradual, não com medidas emergenciais e paliativas. A tecnologia da informação tem influenciado de forma tão significativa, que o acesso à informação poderá ser um grande passo para combater a exclusão social e a partir da qual muitos caminhos dentro do ambiente social podem ser contemplados.

Vários países têm desenvolvido estratégias para diminuir a exclusão digital [Fitch 2002, Meer 2003, Wilson et al. 2003, Selwyn 2004, Willis & Tranter 2006], dentre eles, o Brasil [Silva Filho 2003, Rondelli 2003, Porcaro 2006]. Em geral, projetos envolvendo

inclusão digital estão fortemente direcionados a "usar computadores e internet". Estes tipos de projetos são muito importantes para acelerar o processo de introdução da cultura digital, mostrando às pessoas outras formas de interagir com o mundo.

Diante desse cenário, a partir de 2003, o Laboratório Natalnet da Universidade Federal do Rio Grande do Norte idealizou e, em 2005, colocou em execução o projeto Inserção Digital Usando Robôs e Avatares em Ambientes de Realidade Mista. O objetivo geral desse projeto é desenvolver metodologias para que pessoas possam fazer uso de robôs e de avatares, que são representações de usuários em ambientes virtuais, pela Internet, mesclando realidade virtual com robótica e tele-operação. O objetivo prático do projeto é realizar experiências em escolas e museus, com robôs sendo controlados à distância, bem como fazer robôs agirem de forma autônoma em peças teatrais. Esse projeto trilhou dois caminhos: o da Robótica Pedagógica e o da Realidade Virtual e Tele-operação. Assim, a partir deste projeto, a área de pesquisa em Robótica Educacional, que busca utilizar a robótica como instrumento de ensino e no combate da exclusão digital, pôde se consolidar de vez na Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Nesse mesmo ano, iniciamos pesquisas sobre o tema Aprendizagem de Agentes Inteligentes. Um agente é definido como um sistema computacional que está situado em um ambiente e é capaz de agir autonomamente em um ambiente para atingir seus objetivos de projeto [Wooldridge 1993]. Neste tema, o objetivo dos trabalhos é modelar o processo de aprendizagem para agentes inteligentes usando o conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), idealizado pelo psicólogo russo, Lev Vygosty.

Vygotsky [Vygotsky 1998] define a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) como o conjunto de habilidades que uma pessoa consegue realizar com a ajuda de outra mais capaz. A aprendizagem é baseada principalmente no relacionamento das pessoas, sendo que a aprendizagem ou mudança de comportamento pode ocorrer durante toda a existência da pessoa.

No artigo intitulado Aprendizagem em Agentes Robóticos baseado na Teoria de Vygotsky foi apresentado uma formalização matemática sobre aspectos importantes da teoria de Vygotsky [Silva & Gonçalves 2007]. O resultado principal do trabalho nessa linha foi a criação de uma nova abordagem em aprendizagem de agentes inteligentes. No entanto, precisava-se de uma aplicação mais prática para validar a teoria até então desenvolvida. Para isso, precisávamos, basicamente, analisar como construir a resolução de um problema, ou uma heurística, para poder, a partir daí, implementar isto em agentes inteligentes. Convém ressaltar que, na nossa concepção, não temos um agente ZDP, tal como formalizado por Andrade [Andrade et al. 2003], mais sim agentes constituídos de ZDP de acordo com o contexto.

Então, propomos analisar inicialmente como as crianças resolvem problemas, formando com isso um banco de dados para treinamento de agentes. Um meio promissor se vislumbrou com as oficinas de robótica propostas para a execução do projeto Inclusão Digital.

Ao analisarmos a literatura referente à implementação de metodologias de Robótica Educacional, constatamos que a maioria restringe-se ao Ensino Médio, mais voltada para o ensino de programação [Dagdilelis et al. 2005]. Há ainda uma ênfase menor nas séries finais do Ensino Fundamental e Médio com o intuito de se trabalhar conceitos mais

avancados de engenharia e programação visando a participação em competições de robótica com o uso de protótipos¹ LEGO [Lau et al. 1999, Lund & Pagliarini 2000, Petre & Price 2004, Solar & Avilés 2004].

Em outros trabalhos [Zilli 2004, Castilho 2002, Steffen 2002, Ribeiro 2006, Miranda 2006] constatamos que, apesar de descreverem o uso de robótica no ensino fundamental, também com o desenvolvimento de ferramentas computacionais de auxílio didático, nenhum deles investiga os aspectos metodológicos do uso de robôs como elementos mediadores da aprendizagem, muito menos o uso da teoria histórico-cultural de Vygotsky. Portanto, acreditamos que a grande contribuição e principal novidade do presente trabalho é a metodologia desenvolvida que permite a aplicação de Robótica Educacional nas séries iniciais do Ensino Fundamental. Não constatamos nenhuma proposta similar na literatura, que apresente soluções para o tema abordado com a mesma profundidade que a deste trabalho.

1.1 Contribuições

A robótica é uma área de pesquisa que visa o desenvolvimento de robôs para, de algum modo, auxiliar o homem em tarefas complexas ou repetitivas. Sendo, portanto, uma área que agrega várias áreas do conhecimento, traz em si a interdisciplinaridade. Isso se mostra também na diversidade de setores em que robôs podem ser utilizados.

Nos últimos anos, as pesquisas em robótica tem desenvolvido artefatos não só para a indústria automobilística e têxtil (suas primeiras aplicações), mas também para o agronegócio, indústria bélica, alimentícia, entretenimento, etc. Recentemente, a robótica chegou à escola. Nesse setor, a robótica toma um nova forma, deixa de ser eminentemente para produção de robôs para se constituir um novo mediador no processo de ensino-aprendizagem [d'Abreu 1999].

Buscando ampliar o leque de aplicação da robótica na educação, o tema desta tese é o uso de robôs como mediadores no processo ensino-aprendizagem. A nossa principal contribuição é o desenvolvimento de uma metodologia de ensino-aprendizagem com base na teoria sócio-histórica de Vygotsky para aplicação de robótica, como ferramenta de auxílio no processo ensino-aprendizagem, em escolas do Ensino Fundamental.

Desta contribuição principal, advêm algumas outras contribuições práticas e científicas ou tecnológicas, tais como:

- Foram realizadas oficinas de robótica pedagógica com crianças das primeiras séries do Ensino Fundamental;
- Foi desenvolvido um software educacional para ensino de Robótica nas séries do Ensino Fundamental;
- Foi aplicado o software desenvolvido nas oficinas de robótica educacional ao ensino de controle e programação de protótipos robóticos pelas crianças;

¹Tomamos o significado de protótipo de Engenharia de software, em que um protótipo é uma versão do software ainda incompleta, utilizada para avaliação de suas funcionalidades. Então, protótipo robótico é uma versão de um robô para avaliação de suas estruturas e tarefas.

- Foi analisado o surgimento de zonas de desenvolvimento proximal em relação à robótica nos alunos participantes das oficinas de robótica. Essa etapa tinha como objetivo analisar a aquisição de habilidades desenvolvidas a partir da interação com os protótipos robóticos.

Como resultado parcial do presente trabalho, um ambiente de Robótica Educacional foi elaborado: o **Roboeduc**. O Sistema RoboEduc é um ambiente constituído de peças para montagem de protótipos, um software com o mesmo nome e uma metodologia que busca valorizar as interações sociais entre os sujeitos envolvidos no processo de aprendizado escolar, nesse caso alunos, professores e robôs.

Para a montagem de protótipos, utilizamos o kit LEGO Mindstorms [LEGO 2006] que é constituído de componentes para processamento e transmissão de dados, atuadores, sensores, peças para conexão e transmissão de movimento. A escolha desse recurso ocorreu devido à facilidade de manuseio por crianças que ainda estão desenvolvendo a coordenação motora fina e grossa e também devido à diminuição no tempo de montagem em relação a outros kits que exigem um maior desenvolvimento motor, pois os dispositivos são montados usando parafusos e porcas. Outro fator importante é o encapsulamento de conceitos científicos que não precisam ser abordados ao se construir um protótipo, tais como eletricidade, transistores, etc. Esses conceitos ainda são, sem dúvida, complexos para uma grande parte dos educadores [Zilli 2004]. Dessa forma, como o kit da LEGO é bem didático, tornando-se uma boa opção para o ensino de robótica às pessoas que estão iniciando o aprendizado nessa área.

Para o controle e programação, a nossa equipe desenvolveu o software RoboEduc, que nada mais é do que um software educacional voltado para o ensino da robótica. Esse software foi desenvolvido de acordo com a metodologia prototipagem evolutiva [Wainer 2007]. Nesta abordagem, um protótipo é desenvolvido rapidamente, sendo o mesmo modificado sucessivamente de acordo com comentários dos seus usuários até se obter o sistema final. O protótipo começa por ser muito simples obedecendo aos requisitos fundamentais e que estejam completamente definidos. Para o desenvolvimento desse software procuramos utilizar também os mesmos referenciais da proposta metodológica, pois

o desenvolvimento de software educacional guarda uma especificidade própria. Porque é preciso entender como as pessoas aprendem, para transpor este entendimento para o software educacional. Para tanto, torna-se necessário estudar as teorias de aprendizagem.

Os ambientes computacionais de aprendizagem cooperativa podem ser vistos como formas de aplicação dos princípios de Vygotsky : ZDP, cooperação entre os pares, o par mais capaz [Santos & Sichman 1997].

Assim, dentro da perspectiva sócio-histórica, o *software* e os protótipos robóticos funcionam como mediadores da cultura. Por isso, os *softwares* educativos devem ser ajustados à linguagem dos alunos, determinando a necessidade de serem avaliados segundo padrões vistos não somente sob o ponto de vista do nível de cognição e do valor do feedback, mas segundo padrões culturais do sujeito [Santos 1999]. O mesmo se estende para

ambientes de robótica educacional, tanto em relação ao *software*, quanto os componentes de montagem e a metodologia.

Existem várias ferramentas (livres e comerciais) para programação de robôs. No entanto, essas são destinadas a usuários com conhecimentos mínimos em programação e em robótica. Por exemplo, as linguagens de programação para LEGO Mindstorms [LEGO 2006], a linguagem BrickOS [BrickOS 2006] e o NQC [NQC 2006] têm como base a linguagem de programação C. Os conceitos inerentes a essas linguagens (controle de fluxo, atribuição de variáveis, chamadas de funções, etc) não são simples para serem ensinados às crianças, que são os sujeitos pertencentes ao grupo de estudo dessa tese, principalmente porque elas não têm intimidade com certos recursos tecnológicos. O mesmo acontece com o programa LeJOS [LeJOS 2006] baseado na linguagem de programação Java. O mais simples destes produtos é o RoboLab que é vendido junto com os kits LEGO Mindstorms e usa a linguagem de programação gráfica LabVIEW. Contudo, este requer também um certo conhecimento e compreensão das funcionalidades de baixo nível de um robô (motores, sensores, etc.).

Uma solução para sanar as dificuldades acima relacionadas foi adicionar ao software RoboEduc vários níveis de programação. Desde o controle simples do protótipo (nível zero), para quem não tem conhecimento sobre programação, até o uso de linguagens de programação mais avançadas como a Linguagem C (nível 5) destinadas a pessoas com a devida experiência em programação [Barrios Aranibar et al. 2006]. Os níveis de programação implementados no RoboEduc serão descritos no capítulo 4.

1.2 Metodologia Utilizada

Escolher uma metodologia é escolher como será o caminho para o desenvolvimento da pesquisa. O caminho escolhido tem o enfoque na pesquisa qualitativa, do tipo pesquisa-ação. Essa metodologia trata da produção de conhecimento como resultado da inter-relação entre as pessoas e saberes envolvidos em uma prática social em que se priorizam os interesses e as falas dos envolvidos no processo. Portanto, é muito adequada para entender a dinâmica desse processo de inter-relação, participação e interdisciplinaridade.

A pesquisa-ação é definida por Thiollent [Thiollent 2005] como um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo.

Isso ocorre, para o autor [Thiollent 2005], porque nesse tipo de pesquisa os pesquisadores desempenham um papel ativo no equacionamento dos problemas encontrados, no acompanhamento e na avaliação das ações desencadeadas em função dos problemas. Sem dúvida, a pesquisa-ação exige uma estrutura de relação entre pesquisadores e pessoas da situação investigada seja do tipo participativo.

Freitas [Freitas 2005] argumenta também que o pesquisador faz parte da própria situação de pesquisa, a neutralidade é impossível, sua ação e também os efeitos que propicia constituem elementos de análise. Dessa forma, a pesquisa-ação é um tipo de pesquisa qualitativa que visa a modificação do ambiente em que a pesquisa ocorre através das ações do pesquisador [Thiollent 2005, Wainer 2007, Miranda & Resende 2006, Franco 2005].

Essa proposta tem sido aplicada, segundo [Tripp 2005], nas mais diversas áreas, tais como administração, saúde, ensino e também na geração de tecnologia.

Dessa forma, a utilização da pesquisa-ação é adequada ao tema desta tese porque, ao propor o uso da teoria histórico-cultural para o ensino de robótica, concorda-se com a afirmação de Freitas [Freitas 2005] de que, para Vygotsky, todo conhecimento é sempre construído na inter-relação das pessoas. Por isso, como afirma o mesmo autor, produzir um conhecimento a partir de uma pesquisa é, pois, assumir a perspectiva da aprendizagem como processo social compartilhado e gerador de desenvolvimento.

As áreas de aplicação do presente trabalho são a Educação e a Computação. Para Tripp [Tripp 2005], a pesquisa-ação em educação (ou pesquisa-ação educacional) é principalmente uma estratégia para o desenvolvimento de professores e pesquisadores de modo que eles possam utilizar suas pesquisas para aprimorar seu ensino e, em decorrência, o aprendizado de seus alunos. Na área de computação, Wainer [Wainer 2007] a descreve como um caso de tentativa (bem-sucedida ou não) de modificação de uma organização ou grupo através do desenvolvimento (opcional) e a implantação de um sistema.

A pesquisa-ação é uma atividade cíclica [Tripp 2005]. Primeiro, começa-se com o planejamento e a implementação do que foi planejado. Com base nos resultados, ocorre a descrição e avaliação das mudanças para melhoria da prática. Aprende-se mais, no correr do processo, tanto a respeito da prática quanto da própria investigação. A figura 1.1 ilustra quatro ciclos básicos da pesquisa-ação.

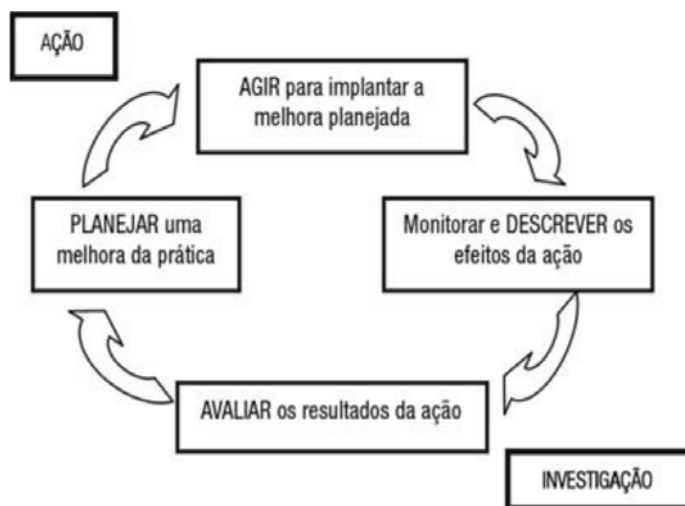


Figura 1.1: Quatro Ciclos Básicos da pesquisa-ação

Para obtenção e análise dos dados relativos à aplicação de conceitos de robótica, montagem e programação de protótipos robóticos foram utilizados como observação não estruturada, fichas de avaliação, discussões durante o planejamento das oficinas, as atividades desenvolvidas pelos alunos e entrevista com os professores. A população alvo foi constituída de 42 alunos participantes das oficinas, 4 professoras do Ensino Fundamental

I (duas de cada série), a diretora e a coordenadora pedagógica.

As atividades sobre robótica foram realizadas com participação direta das crianças com idade entre 8 a 10 anos. Essas atividades visavam produzir conhecimentos sobre a construção de protótipos robóticos e a sua programação e controle.

As crianças participantes dessa pesquisa foram alunos do quarto e quinto anos da escola Municipal Professor Ascendino de Almeida. Esta instituição está localizada no bairro Pitimbú, na periferia de Natal, Rio Grande do Norte. Sua escolha se deu por ser uma escola modelo para a Secretaria de Educação desse município e por atender às crianças das classes menos favorecidas (C e D). Esse fator foi levado em conta tendo como base dados de uma pesquisa realizada em 2003, pela Fundação Getúlio Vargas. O resultado dessa pesquisa é um mapa da exclusão digital no Brasil, que mostra que a maioria das pessoas excluídas digitalmente encontram-se nas periferias das cidades [Bagio 2003], dentre elas, a periferia de Natal-RN. Esse fato justifica a utilização do Projeto Inclusão Digital com Robô naquela instituição pública de ensino

1.3 Estrutura da Tese

Nessa seção, descrevemos como o trabalho se encontra estruturado. É importante destacar que o presente estudo está voltado para educadores e engenheiros interessados em utilizar robótica na educação ou desenvolver ferramentas computacionais para robótica educacional. Assim, procuramos escrever o texto, ao nosso entender, de forma fácil, tentando focar essas duas maneiras de abordar os problemas de pesquisa, que são, por natureza, completamente opostas. Os capítulos foram organizados de modo que o embasamento teórico contribua para o encadeamento das idéias apresentadas.

- O segundo capítulo apresenta a teoria histórico-cultural proposta pelo soviético Lev Vygotsky. Nesse Capítulo, são destacados conceitos como mediação, internalização, controle, níveis de desenvolvimento e zona de desenvolvimento proximal. Aspectos referentes ao desenvolvimento de conceitos científicos e a importância de jogos e brincadeiras na educação, também são apresentados.
- No terceiro Capítulo, é apresentada a robótica e sua aplicação na educação: a robótica Educacional. Os focos são os objetivos, recursos e possibilidades pedagógicas que podem advir a partir do uso de protótipos robóticos.
- O ambiente de robótica pedagógica desenvolvido, o RoboEduc, é descrito no quarto capítulo. Nas seções desse Capítulo, são abordados tanto os componentes de *hardware*, peças do Kit lego Mindstorms quanto o desenvolvimento do *software* RoboEduc.
- A Metodologia é descrita no quinto capítulo. Nesse capítulo cada etapa do processo para aplicação da teoria de Vygotsky em Robótica Pedagógica é descrito.
- No sexto Capítulo são apresentadas experiências com utilização do Ambiente RoboEduc, através de oficinas pedagógicas realizadas na Escola Municipal Prof. Ascendino de Almeida. Resultados obtidos com a aplicação das oficinas, também são apresentados nesse capítulo.

- Finalmente, no sétimo Capítulo, é apresentada a conclusão obtida e sugestões de trabalhos futuros, incluindo possíveis melhoramentos na presente proposta.

Capítulo 2

Aprendizagem sob o foco sócio-histórico de Vygotsky

Ninguém pode ser um caderno vazio; todos nascem para contribuir e transformar a história.
Paulo Freire

Segundo o filósofo Pierre Lévy [Lévy 1995], vivemos num mundo cercado de informações e é preciso, no meio desse turbilhão, construir o conhecimento. O conhecimento é construído através de processos cognitivos que nos possibilitam fazer relações, formar novos conceitos e gerar novas informações.

Nesse emaranhado de informações e sensações, somos seres "aprendentes" por natureza. Aprendemos a falar, escutar, ver, comer etc. e também a estabelecer relações, interrelações, a construir conceitos e a reconstruí-los. Essa capacidade de aprender, do ser humano, tem fascinado diversos cientistas (teóricos e práticos) que dedicaram ou dedicam parte de seu tempo em entender como esse processo cognitivo ocorre. Mais ainda, alguns "roboticistas" têm tentado atribuir essa capacidade às máquinas, de modo que elas possam assumir o lugar do homem em determinadas situações, tal como na resolução de problemas complexos.

Dentro deste contexto, neste capítulo, abordamos a teoria histórico-cultural proposta por Lev Vygotsky no início do século passado. Essa teoria tenta explicar o desenvolvimento da mente humana inspirando-se nas idéias do materialismo dialético, que é uma das bases da filosofia marxista.

2.1 Aprendizagem sob o foco da Teoria Histórico-Cultural

Conforme visto anteriormente, os seres humanos são seres aprendentes por natureza. Aprende-se a falar, escutar, ver, comer, etc. Alguns estudiosos acreditam que desde a fase embrionária exercitamos nossa capacidade em aprender. Existem diversas teorias que tentam explicar como se aprende e o quê aprender. No presente trabalho, a base teórica é a corrente estruturalista, que segundo Pozo [Pozo 1998], tem progressivamente ganhado força dentro da psicologia cognitiva. Mais especificamente, baseamo-nos na

teoria histórico-cultural de Lev Vygotsky, que teve seus trabalhos divulgados no ocidente no final do século passado.

2.1.1 Aprendizagem Social

A aprendizagem social é vista aqui como um processo da aprendizagem causado ou favorecido pelos indivíduos que convivem em um mesmo ambiente. Neste sentido, o outro é percebido não somente como um critério para a comparação e o crescimento, mas também como uma fonte neutra da informação, que possa ajudar ou apressar o processo de aprendizagem. Além disso, a aprendizagem social é conceituada, aqui, como um fenômeno ascendente, e definida de maneira gradual, partindo de conceitos elementares. Em suma, a aprendizagem social é o fenômeno por meio do qual um indivíduo atualiza sua própria base de conhecimento (adicionando ou removendo uma informação dada, ou modificando uma representação existente) percebendo os efeitos positivos ou negativos de uma dada situação submetida ou produzida por outro.

Vygotsky elaborou uma psicologia alicerçada na teoria marxista do funcionamento intelectual humano, juntamente com seus colaboradores Alexandre Romanovich Luria e Alexei Leontiev. Para ele, o desenvolvimento cognitivo se dá pelo processo de internalização da interação social com materiais fornecidos pela cultura e, de acordo com Oliveira [Oliveira 1997], "a interação social, seja diretamente com os outros membros da cultura, seja através dos diversos elementos do ambiente culturalmente estruturado, fornece a matéria prima para o desenvolvimento psicológico do indivíduo".

E como deve ser a cultura entendida neste contexto? Há concepções, chamadas de "idealistas" na tradição dialética marxista, em que as culturas são vistas apenas em termos de seus componentes mais "espirituais": suas formas de arte, de ciência, de filosofia, seus sistemas legais, etc. A concepção marxista, em contraste, enfatiza outro domínio das atividades humanas: aquele relacionado com a satisfação das necessidades materiais do homem, ou seja, com as atividades econômicas, as tecnologias e as estruturas de relações sociais associadas a elas. Esta noção de cultura constitui, naturalmente, o núcleo da concepção materialista da história desenvolvida por Marx e Engels [Frawley 2000, Vygotsky 1998, Oliveira 1997].

Segundo Vygotsky, nascemos apenas dotados de funções psicológicas elementares (FPE), como os reflexos e a atenção involuntária, presentes em todos os animais mais desenvolvidos. Com o desenvolvimento, algumas dessas funções desaparecem (como o ato de sucção, por exemplo) e outras surgem (como a apreensão com o polegar). Mas, essas funções nos permitem agir de forma automática no mundo. Para Vygotsky, quando nascemos possuímos algumas funções básicas que nos permitem agir no mundo. Essas funções são determinadas pela estimulação ambiental, sendo reguladas por processos biológicos. No entanto, as interações do sujeito no meio social ao qual pertence proporcionam no indivíduo o surgimento de outro tipo de funções: as Funções Psicológicas Superiores (FPS). Essas funções possuem características que as distingue das FE, a saber:

- i) são construídas com base no contexto social;
- ii) são controladas pelo indivíduo;

- iii) são intencionais, isto é, reguladas de forma consciente, mesmo quando estão automatizadas (quando o desenvolvimento se deu num momento histórico muito afastado), sendo que, para Vygotsky, essas fossilizaram-se, confundindo o pesquisador com funções automáticas, tais como as funções elementares;
- iv) são mediadas por elementos externos à relação sujeito-objeto.

Vygotsky trabalhou com a noção de que a relação do homem com o mundo não é uma relação direta, mas, fundamentalmente, uma relação mediada. Assim, para o autor, a relação sujeito-objeto deixa de ser direta e passa a ser mediada por instrumentos. A figura 2.1 ilustra que o processo estímulo-resposta (S-R) que é substituído por um ato complexo, mediado por um estímulo auxiliar (X)

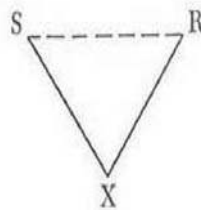


Figura 2.1: Processo de Mediação

É importante ressaltar que, segundo Vygotsky, para surgir as FPS, é necessária a existência das funções elementares. Mas, estas não são condição suficiente para sua aparição, ou seja, as FPS não são uma evolução das funções elementares. Ao contrário, seu desenvolvimento depende do contexto social no qual o indivíduo está inserido. As FPS são essencialmente humanas e seu processo de desenvolvimento é mais complexo porque o desenvolvimento inclui mudanças na estrutura e funcionamento das FPS que se transformam [Baquero 1998].

Assim, as FPS apresentam uma estrutura tal que entre o homem e o mundo real existem mediadores, ferramentas auxiliares da atividade humana. Vygotsky distinguiu dois tipos de elementos mediadores: os instrumentos e os signos. Embora exista uma analogia entre esses dois tipos de mediadores, eles são bastante diferentes. O instrumento é um elemento interposto entre o trabalhador e o objeto de seu trabalho, ampliando as possibilidades de transformação da natureza, como, por exemplo, uma alavanca ou uma polia. O instrumento é um objeto social e mediador da relação entre o indivíduo e o mundo das ações concretas [Vygotsky 1993].

Já os signos, agem como um instrumento da atividade psicológica de maneira análoga ao papel de um instrumento no trabalho. São ferramentas que auxiliam nos processos psicológicos. Os signos, também chamados por Vygotsky de "instrumentos psicológicos" ou "simbólicos", são orientados para o próprio sujeito, para dentro do indivíduo. Eles são usados para o controle de ações psicológicas, do próprio indivíduo ou de outras pessoas e trazem algum significado implícito [Komosinski 2000]. São classificados em:

- os signos indicadores que têm uma relação de causa e efeito com aquilo que significam, por exemplo, fumaça representa fogo;

12CAPÍTULO 2. APRENDIZAGEM SOB O FOCO SÓCIO-HISTÓRICO DE VYGOTSKY

- os signos iônicos são imagens ou desenho daquilo que significam, por exemplo, uma placa de trânsito; e
- os simbólicos são abstrações daquilo que representam, como, por exemplo, as palavras, os símbolos matemáticos.

O sistema composto por signos e ferramentas é construído coletivamente e, para Vygotsky, são fundamentais para o desenvolvimento das funções psicológicas superiores, distinguindo o homem dos outros animais. Esses elementos aumentam a capacidade de atenção e de memória e, sobretudo, permite um maior controle voluntário do sujeito sobre sua atividade.

O símbolo, por sua vez, é um recurso utilizado pelo indivíduo para controlar ou orientar a sua conduta, desse modo, o indivíduo se utiliza desses recursos para interagir com o mundo. À medida que o indivíduo internaliza os signos que controlam as atividades psicológicas, ele cria os sistemas simbólicos que são as estruturas de signos articuladas entre si. O uso de sistemas simbólicos, como a linguagem, por exemplo, favoreceu o desenvolvimento social, cultural e intelectual dos grupos culturais e sociais ao longo da história.

Vygotsky [Vygotsky 1998, Vygotsky 1993, Vygotsky 2004], enfatiza em seus estudos a importância da linguagem como instrumento que expressa o pensamento, afirmando que a fala produz mudanças qualitativas na estruturação cognitiva do indivíduo, reestruturando diversas funções psicológicas, como a memória, a atenção voluntária, a formação de conceitos, dentre outros.

Portanto, a linguagem age decisivamente na estrutura do pensamento, além de ser o instrumento essencial ao processo de desenvolvimento. A linguagem, em seu sentido amplo, é considerada por Vygotsky como instrumento, pois ela age no sentido de modificar estruturalmente as funções psicológicas superiores, da mesma forma que os instrumentos criados pelos homens modificam as formas humanas de vida.

Essa capacidade de lidar com representações que substituem o real é que possibilita que o ser humano faça relações mentais na ausência dos referentes concretos, imagine coisas jamais vivenciadas, faça planos para um tempo futuro, enfim, transcenda o espaço e o tempo presente, libertando-se dos limites dados pelo mundo fisicamente perceptível e pelas ações motoras abertas. A operação com sistemas simbólicos, e o consequente desenvolvimento da abstração e da generalização permitem a realização de formas de pensamento que não seriam passíveis sem esses processos de representação e definem o salto para os denominados processos psicológicos superiores, tipicamente humanos.

Dessa forma, Vygotsky defende a ideia de que o homem é capaz de operar mentalmente sobre o mundo supondo-se, necessariamente, a existência de algum tipo de conteúdo mental de natureza simbólica, isto é, a representação dos objetos, situações e eventos do mundo real no universo psicológico do indivíduo. Assim, a linguagem humana, sistema simbólico fundamental na mediação entre sujeito e objeto de conhecimento, tem, para Vygotsky, duas funções básicas: a de intercâmbio social e a de pensamento generalizante. Isto é, além de servir ao propósito de comunicação entre indivíduos, a linguagem simplifica e generaliza a experiência, ordenando as instâncias do mundo real em categorias conceituais cujo significado é compartilhado pelos usuários dessa linguagem. Ao utilizar a linguagem para nomear determinado objeto, estamos, na verdade, classificando

esse objeto numa categoria, numa classe de objetos que têm em comum certos atributos. A utilização da linguagem favorece, assim, processos de abstração e generalização através da mediação.

O aprendizado cultural, mediado pela linguagem, faz com que parte das funções básicas se transforme em funções psicológicas superiores, como a consciência, o planejamento e a deliberação, características exclusivas do homem. Assim, como ilustrado na Figura 2.2, a mediação é um processo essencial para tornar possível as atividades psicológicas voluntárias, intencionais, controladas pelo próprio indivíduo.

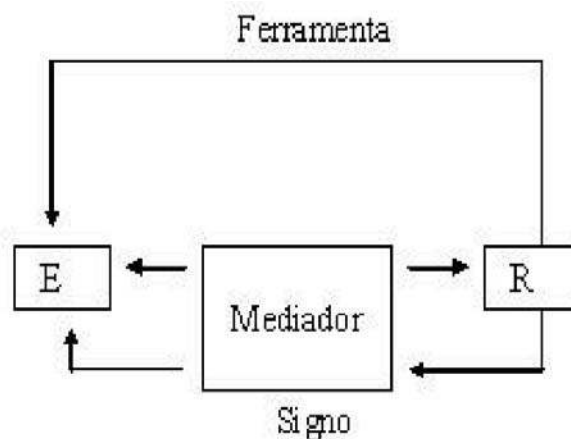


Figura 2.2: Processo de Mediação

Mas, o que possibilita a construção de FPS? Segundo Vygotsky é o processo de aprendizagem. A aprendizagem nessa teoria é um evento social que ocorre através da interação dos indivíduos ao meio em que está inserido, adquirindo informações, habilidades, atitudes e valores a partir de seu contato com a realidade, o meio ambiente, e as outras pessoas. É um processo que se diferencia das posturas inativistas e dos processos de maturação do organismo e das posturas empíricas que enfatizam a supremacia do meio no desenvolvimento.

A idéia básica é que a aprendizagem inclui a interdependência dos indivíduos envolvidos no processo, decorrido das interações sociais. Aprender é um processo assimétrico, pois isso requer a troca entre indivíduos que tenham capacidades diferentes. O homem não reage mecanicamente aos estímulos do meio. Ao contrário, pela sua atividade, põe-se em contato com os objetos e fenômenos do mundo circundante, atua sobre eles e transforma-os, transformando também a si mesmo.

Para Vygotsky [Vygotsky 1998, Vygotsky 1993, Vygotsky 2004], a aprendizagem impulsiona o desenvolvimento cognitivo do indivíduo. Isso está alicerçado no contexto social e cultural do qual o indivíduo faz parte. Isso é um diferencial entre Piaget e Vygotsky. Lembrando que, para Piaget, o princípio do equilíbrio explica o desenvolvimento cognitivo.

Portanto, de acordo com a constituição histórico-social, o desenvolvimento psicológico humano se dá através do processo de apropriação da cultura mediante a comunicação com outras pessoas. Tais processos de comunicação e as funções psíquicas superiores

14CAPÍTULO 2. APRENDIZAGEM SOB O FOCO SÓCIO-HISTÓRICO DE VYGOTSKY

neles envolvidas efetivam-se primeiramente na atividade externa (interpessoal) que, em seguida, é internalizada pela atividade individual, regulada pela consciência. Essa é a denominada Lei da Dupla Formação, pois

toda função psíquica superior no desenvolvimento da criança vem à cena duas vezes: a primeira como atividade coletiva, social, ou seja, como função intersíquica; a segunda, como atividade individual, como modo interior de pensamento da criança, como função intrapsíquica.[Vygotsky 2004]

2.1.2 Processos de Desenvolvimento

Segundo Frawley [Frawley 2000], para Vygotsky, o desenvolvimento é teleológico, isto é, o progresso vai em direção a um estado final melhor. A aprendizagem se dá quando, ao ocorrer uma situação inesperada, um colapso, o indivíduo procura ajuda, direcionando suas ações para o grupo e para as condições sociais externas em busca de apoio. Esse processo se dá de acordo com três conceitos elementares: a internalização, a mediação e o controle.

Em termos gerais, internalização refere-se ao processo através do qual as sugestões ou os conteúdos externos ao indivíduo apresentados por um "outro social" são trazidos para o domínio intrapsicológico (do pensar e do sentir subjetivos), passando a incorporar-se à subjetividade do indivíduo. Desta forma, é através do processo de internalização que o ser humano é capaz de reconstruir internamente ações externas fazendo com que o processo interpessoal inicial se torne intrapessoal.

A internalização envolve uma atividade externa que deve ser modificada para tornar-se uma atividade interna, é interpessoal e se torna intrapessoal. Vygotsky usa o termo função mental para referir-se aos processos de: pensamento, memória, percepção e atenção. E coloca que o pensamento tem origem na motivação, interesse, necessidade, impulso, afeto e emoção.

Para Vygotsky, a atividade do sujeito refere-se ao domínio dos instrumentos de mediação, inclusive sua transformação por uma atividade mental. Para ele, o sujeito não é apenas ativo, mas interativo, porque forma conhecimentos e se constitui a partir de relações intra e interpessoais. É na troca com outros sujeitos e consigo próprio que se internalizam conhecimentos, papéis e funções sociais, o que permite a formação de conhecimentos e da própria consciência. Trata-se de um processo que caminha do plano social - relações interpessoais - para o plano individual interno - relações intrapessoais. Já a mediação, é o processo, em termos genéricos, de intervenção de um elemento sócio-histórico intermediário numa relação, que deixa de ser direta e passa a ser mediada por esse elemento, que pode ser um instrumento, ou um signo, como descrito acima.

A utilização dos instrumentos e dos signos auxilia as atividades psíquicas. A internalização e a mediação são os meios para se obter o controle sobre o pensamento e a ação. O controle possui três fases importantes que possibilitam a aquisição de novos conhecimentos [Frawley 2000]:

- Planejamento: antecipar e regular as ações. O planejamento possui dois estágios. No primeiro o indivíduo realiza uma ação e depois nomeia o que realizou. No

segundo, o processo é inverso, sendo uma etapa superior ao primeiro. Em um realizar-se para depois pensar, no outro pensa-se para depois realiza.

- **Inibição:** Filtro cognitivo que limita as opções feitas durante o planejamento, deixando que o indivíduo prossiga com as suas ações, dominando seu próprio comportamento.
- **Local de controle:** Pensar no local de controle é tentar definir onde se obtém informações para regular o pensamento. Assim, o local de controle pode ser definido como o recurso que se busca para regular o pensamento.

Essa metaconsciência pode está localizada em um dos três pontos: nos objetos, nos outros e no no id (*self*). Em termos de desenvolvimento, o controle cresce do objeto para si próprio. Entretanto, os estágios de desenvolvimento são simétricos, pode-se atravessar essa sequência quando se desejar, dependendo da tarefa a ser realizada. Dessa forma, pode ser regulada pelo objeto em um determinado momento e auto-regulada em outro. Desta forma, o pensamento superior busca o controle através da mediação e da internalização, pode ser regulado pelo objeto, regulado pelo outro ou regulado pelo *self*.

Níveis de Desenvolvimento

Diferentemente das teorias que determinam vários níveis de desenvolvimento, Vygotsky [Vygotsky 1998, Vygotsky 1993] analisou a relação entre o "processo de desenvolvimento" e a "capacidade de aprendizado" para definir dois níveis de desenvolvimento:

- Nível de Desenvolvimento Real - NDR:** Pertence a esse nível todas as capacidades que já foram adquiridas ou formadas. É isso que determina o que uma pessoa é capaz de fazer por si própria. Segundo o autor, é esse nível que é medido nas avaliações de quociente de inteligência (QI). Neste nível, estão os processos consolidados.
- Nível de Desenvolvimento Próximo ou Potencial - NDP:** Neste nível estão as funções em processo de amadurecimento. É aquilo que uma pessoa consegue fazer com a ajuda dos outros mais capazes. Por exemplo, uma criança com 8 anos pode resolver, com ajuda de outro mais capaz, situações problemas destinadas às crianças com 9, 10, 11 ou 12 anos.

Portanto, para Vygotsky, entre o NDP e o NDR existe um diferencial, que ele chamou de Zona de Desenvolvimento Proximal(ZDP). Pode-se afirmar que o NDR é limite inferior e o NDP é o limite superior das FPSs. Assim, para Vygotsky [Vygotsky 1998]

essa diferença entre doze e oito ou entre nove e oito, é o que chamamos de Zona de Desenvolvimento Proximal. Ela é a distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes.

A aprendizagem interage com o desenvolvimento, produzindo abertura nas Zonas de Desenvolvimento Proximal (ver Figura 2.3), nas quais as interações sociais são centrais, estando então, ambos os processos, aprendizagem e desenvolvimento, inter-relacionados.



Figura 2.3: Zona de Desenvolvimento Proximal

De acordo com Vygotsky, a ZDP corresponde às funções que estão em maturação no indivíduo. Essa zona proximal revelaria a dinâmica do processo de desenvolvimento, prevendo o resultado a ser obtido quando o conhecimento for assimilado. Ela revela o desenvolvimento real futuro, aquilo que uma pessoa será capaz de fazer sozinho, depois de internalizar o aprendizado.

Contudo, a ZPD não é estática, muda conforme a criança atinge um nível mais elevado (ver Figura 2.3). A ZPD é uma sequência de zonas em constante mutação. A cada mudança, a criança torna-se capaz de aprender conceitos e habilidades mais complexas. O que fez anteriormente, apenas com a assistência, passa a ser independente amanhã. E um novo nível de desenvolvimento proximal surge. Este ciclo se repete como mostra a Figura 2.3 e assim a criança obtém novas maneiras de concluir, de adquirir conhecimentos, habilidades, estratégias, disciplinas, ou de se comportar.

Gallimore e Tharp [Gallimore & Tharp 1990] descrevem o progresso através da ZDP em um modelo de quatro estágios, conforme apresentado na Figura 2.4. Este modelo é centrado, particularmente, sobre a relação entre o auto-controle e o controle social.

- *Estágio I:* Nessa fase, o desempenho é assistido por outros mais capazes. Antes de agir como agente independente, a criança deve confiar em adultos capazes ou outros pares para regulamentar o desempenho de tarefas que ainda não domina. A quantidade e natureza da regulação dependem da idade da criança e da natureza da tarefa. Durante os períodos mais rápidos da ZDP, a criança pode ter uma compreensão muito limitada da situação, da tarefa, ou da meta a ser alcançada, nesse instante, pais, professores, ou pares mais capazes oferecem direções ou modelos. Nesses momentos, a resposta da criança pode ser complacente ou imitativa. Gradativamente, a criança vai compreendendo como as partes de uma atividade dizem respeito uma à outra. Normalmente, essa compreensão desenvolve-se através de conversas durante a execução da atividade. Quando alguma concepção do desempenho global é adquirida através de linguagem ou de outros processos semióticos, a criança pode ser assistida por outros meios como perguntas ou comentários mais estruturados. Essa é uma fase de transição, aos poucos a responsabilidade de execução da tarefa e do autodesempenho são efetivamente entregues a criança. Claro que isso é realizado de forma progressiva, com os progressos ocorridos no

início se encaixam. A linha sombreada entre cada uma dos estágios da Figura 2.4 representa um subzona de transição.

- *Estágio II*: Nessa fase, o desempenho é assistido pela autodeterminação. A criança leva ao cabo uma tarefa sem a ajuda de outros. No entanto, isso não significa que o desempenho é totalmente desenvolvido ou automatizado. Nessa fase, inicia-se o processo do discurso autodirigido.

O discurso autodirigido reflete um profundo significado no desenvolvimento da criança. Depois que esta começa a orientar diretamente seu comportamento com o seu próprio discurso, uma etapa importante foi alcançada na transição de um conhecimento através da zona de desenvolvimento proximal. Constitui-se a próxima etapa de passagem de comando ou de assistência do adulto para a criança, saindo do perito para o aprendiz.

Isto continua a ser verdade, ao longo da vida. Em especial, a aquisição de capacidades de desempenho. Os trabalhos de Vygotsky falam principalmente sobre o desenvolvimento em crianças, mas processos idênticos de autoajuda e de outros na ZDP podem ver expandidos para a aprendizagem em adultos.

- *Estágio III*: O desempenho é desenvolvido, automatizado e fossilizados. Quando a auto-regulação desaparece, a criança já saiu da zona de desenvolvimento proximal. A execução da tarefa é suave e integrada. Foi internalizado e automatizado. A assistência, a partir do adulto ou de sua autodeterminação, deixa de ser necessária. É nesta condição que a assistência continuada, por outros, é irritante e perturbadora. Mesmo a auto-consciência em si é prejudicial para a integração harmoniosa de todos os componentes da tarefa. Esta é uma etapa para além de auto-controle e de controle social. O desempenho não está em desenvolvimento; já está desenvolvido. Vygotsky descreveu os resultados desta etapa como "frutos" do desenvolvimento, mas ele também descreveu como "fossilizados", enfatizando a sua fixidez e a distância das forças sociais e mentais da mudança.
- *Estágio IV*: Nessa fase, uma des-automatização do desempenho leva à recursão através da zona de desenvolvimento proximal. A aprendizagem ao longo da vida de qualquer pessoa é formada pelos mesmos regulamentados, isto é, ZDPs seqüenciadas - a partir de outras de assistência à auto-ajuda - recorrentes, uma e outra vez para o desenvolvimento de novas capacidades. Para cada indivíduo, em qualquer momento, haverá uma mistura de outros-regulação, a auto-regulação, e automatização de processos. É a etapa no colapso descrito acima.

Observado os estágios acima é possível prever o desenvolvimento de uma pessoa ao observar a diferença entre o que ela faz e o que pode fazer. Uma forma de consolidar o que é possível fazer com a ajuda de outros é a imitação. Para Vygotsky, a imitação não é uma cópia real e sim uma reconstrução, realizada individualmente sobre o que é observado em outras pessoas. Quando a criança imita uma ação, está, na verdade, construindo algo novo, partindo da observação que realiza de outras pessoas.

Conforme os pressupostos de Vygotsky, a imitação não é um processo mecânico e se constitui em uma chance para a criança efetivar ações, que estão além de suas capacidades momentâneas e isto possibilita o seu desenvolvimento. Na concepção de Vygotsky, as funções psicológicas superiores são fundamentadas nas características biológicas do

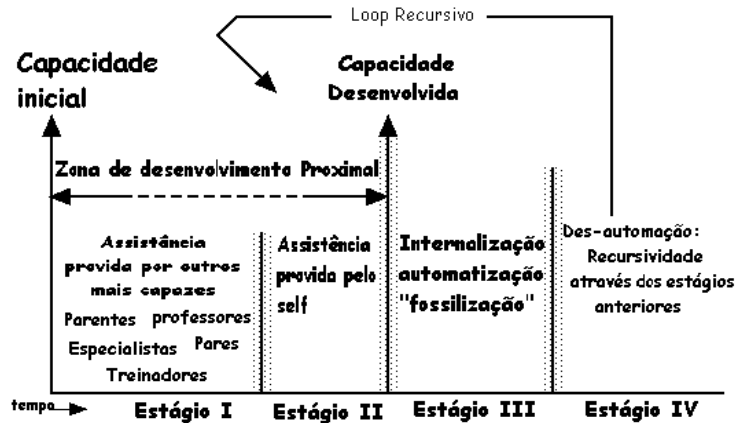


Figura 2.4: Quatro estágios da ZDP

homem, como também são construídas no decorrer de sua história. Entre os processos psicológicos superiores estão a percepção, atenção e memória. Vygotsky relaciona esses fatores ao desenvolvimento e aprendizado.

Frawley [Frawley 2000] destaca duas características da ZDP, que são importantes para esse trabalho. A primeira diz respeito à criação da ZDP: ela pode surgir naturalmente ou de forma deliberada, desde que leve em consideração a diferença entre os níveis de desenvolvimento. A segunda diz respeito à intersubjetividade e assimetria. Um indivíduo deve se envolver com "pelo menos um parceiro", e um deve ser mais capaz na tarefa e levar o outro além do nível de desenvolvimento real.

2.1.3 Formação dos Conceitos Científicos

Ao desenvolver estudos experimentais para observar a dinâmica do processo de formação de conceitos (mais de trezentas pessoas foram estudadas - crianças, adolescentes e adultos), segundo Veer e Valsiner [van der Veer & Valsiner 2001], Vygotsky concluiu que :

- a percepção e a linguagem são indispensáveis à formação de conceitos;
- a percepção das diferenças ocorre mais cedo do que a das semelhanças porque esta exige uma estrutura de generalização e de conceitualização mais avançada;
- o desenvolvimento dos processos que resultam na formação de conceitos começa na infância, mas as funções intelectuais que formam a base psicológica do processo de formação de conceitos amadurecem e se desenvolvem somente na adolescência;
- a formação de conceitos é o resultado de uma atividade complexa, em que todas as funções intelectuais básicas (atenção deliberada, memória, lógica, abstração, capacidade para comparar e diferenciar) tomam parte;
- os conceitos novos e mais elevados transformam o significado dos conceitos inferiores.

Vygotsky aponta, no seu livro *Pensamento e Linguagem* [Vygotsky 1998], três fases básicas na trajetória da formação de conceitos:

- i) **Agregação desorganizada** - amontoados vagos de objetos desiguais, fatores percentuais são irrelevantes; predomínio do sincretismo.
- ii) **Pensamento por complexos** - os objetos associam-se não apenas devido às impressões subjetivas da criança, mas também devido às relações concretas e factuais que de fato existem entre esses objetos, podendo, entretanto, mudar uma ou mais vezes durante o processo de ordenação.
- iii) **Generalização e diferenciação** - na terceira fase da formação de conceitos, o grau de abstração deve possibilitar a simultaneidade da generalização (unir) e da diferenciação (separar); essa fase exige uma tomada de consciência da própria atividade mental porque implica numa relação especial com o objeto, internalizando o que é essencial do conceito e na compreensão de que ele faz parte de um sistema.

Vygotsky defendia que inicialmente formam-se os conceitos potenciais, baseados junção de certas propriedades, e em seguida os verdadeiros conceitos. Essa abstração vai ocorrer na adolescência. No entanto, mesmo depois de ter aprendido a produzir conceitos, o adolescente não abandona as formas mais elementares. Elas continuam a operar ainda por muito tempo, sendo na verdade predominantes em muitas áreas do seu pensamento.

Existem para Vygotsky dois tipos de conceitos: os conceitos "cotidianos" e os conceitos "científicos". Os conceitos cotidianos são aqueles que a criança, durante seu processo de desenvolvimento, vai formulando, na medida em que ela utiliza a linguagem para nomear objetos e fatos, presentes em sua vida diária. Ao falar, ela passa a se referir à realidade exterior e, quanto mais interage com seus pares mais capazes, mais o conceito deixa de está diretamente ligado ao concreto, para tornar cada vez mais abstrata, tendo a capacidade de generalizar a realidade. .

Por conceitos científicos, Vygotsky considerou aqueles formados a partir da aprendizagem sistematizada e, portanto, a partir do momento em que a criança se defronta com o trabalho escolar. Os conceitos científicos são todos aqueles que derivam de um corpo articulado de conhecimento e que aparecem nas propostas curriculares, como fundamentais na organização de conteúdos a serem trabalhados com os alunos.

2.1.4 Teoria da Atividade

A Teoria da Atividade é uma corrente psicológica que surgiu inspirada nos trabalhos de Vygotsky. Essa teoria foi desenvolvida pelos seus colaboradores Leontjev e Luria, sendo estes os responsáveis pelo emprego do nome Teoria da Atividade [Leontev 1977, Leontev 1978]. Essa teoria trata da forma como o indivíduo usa o ambiente e as condições sob as quais o pensamento se modifica.

A Teoria da atividade mantém um dos princípios básicos da teoria de Vygotsky, de que as relações humanas com o mundo não são diretas, mas sim mediadas. Outro conceito trabalhado na Teoria da Atividade é o conceito de internalização.

Essa teoria aborda conceitos que não foram postulados por Vygotsky. De acordo com Martins [Martins 2001], atividade é a tradução da palavra russa *deyatel'nost*. Essa palavra tem um significado muito mais profundo do que a palavra conhecida nossa *atividade*.

20CAPÍTULO 2. APRENDIZAGEM SOB O FOCO SÓCIO-HISTÓRICO DE VYGOTSKY

Dentro da psicologia Soviética a palavra *deyatel'nost* significa uma "unidade organizacional para a realização de uma função mental".

De acordo com Leontiev [Frawley 2000, Oliveira 1997, Komosinski 2000], existem três níveis de análise para a teoria da atividade humana: atividade, ações e operações. A Teoria da Atividade oferece subsídios teóricos para compreender o contexto e o funcionamento do trabalho colaborativo ao trazer a possibilidade de análise a partir dos seus elementos constitutivos: o objeto, o sujeito, a comunidade, a divisão de trabalho e as regras.

Uma atividade está diretamente associada à motivação que surge na tentativa de alcançar-se um determinado desejo que esteja necessariamente ligado ao mundo objetivo. Seguindo esta motivação, o indivíduo precisa realizar ações que seriam planejamentos conscientes, que permitiriam ao sujeito satisfazer o seu desejo.

Estas ações estão relacionadas a objetivos/metapas. Uma vez definidos os objetivos/metapas conscientes, as condições externas vão determinar o conjunto de passos que deverão ser realizados no sentido de atingir o que foi proposto. Os passos são as operações. Assim, podemos dizer que uma ação é constituída de uma ou várias operações, do mesmo modo que uma atividade pode estar associada a várias ações diferentes, ou ainda, que uma ação pode ser útil a diferentes atividades.

2.1.5 O brinquedo e a Aprendizagem

É inegável na nossa sociedade, a importância do brincar para crianças de todas as idades. Contudo, para Vygotsky [Vygotsky 2004], as brincadeiras não são atividades inatas da criança, mas ações sociais e culturais aprendidas nas relações interpessoais. Assim, a brincadeira ou o brinquedo é um processo de aprendizagem sociocultural.

Esse processo é originado nas crianças por duas fontes: o adulto, que vai introduzindo comportamentos lúdicos na sua relação com elas e as descobertas das próprias crianças e delas entre si.

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. Para Vygotsky, o brincar e o brinquedo criam na criança uma nova forma de desejos. Ensinam-na a desejar, relacionando seus desejos a algo fictício, ao seu papel no jogo e suas regras. Nas brincadeiras a criança sempre se comporta além de seu comportamento habitual de sua idade, além de seu comportamento diário. No brinquedo, é como se ela fosse maior do que é na realidade. Isso possibilita a criação de zona de desenvolvimento proximal [Vygotsky 2004].

Assim, o jogo traz oportunidade para o preenchimento de necessidades irrealizáveis e também a possibilidade para exercitar-se no domínio do simbolismo. Quando a criança é pequena, o jogo é o objeto que determina sua ação. Na medida em que cresce, a criança impõe ao objeto um significado. O exercício do simbolismo ocorre justamente quando o significado fica em primeiro plano. Do ponto de desenvolvimento da criança, a brincadeira traz vantagens sociais, cognitivas e afetivas.

Ainda, segundo o autor, a brincadeira possui três dimensões que são: a imaginação, a

imitação e a regra. Elas estão presentes em todos os tipos de brincadeiras infantis, tanto nas tradicionais, naquelas de faz-de-conta, como ainda nas que exigem regras. Essas dimensões podem aparecer, também, no desenho, como atividade lúdica.

Do ponto de vista psicológico, Vygotsky [Vygotsky 2004] atribui ao brinquedo um papel importante, aquele de preencher uma atividade básica da criança. Ou seja, ele é um motivo para a ação. Isso ocorre porque uma criança pequena, por exemplo, tem uma necessidade muito grande de satisfazer os seus desejos imediatamente. Quanto menor é a criança, menor será o espaço entre o desejo e sua satisfação. No pré-escolar há uma grande quantidade de tendências e desejos não possíveis de ser realizados imediatamente, e é nesse momento que os brinquedos são inventados, justamente para que a criança possa experimentar tendências irrealizáveis. A impossibilidade de realização imediata dos desejos cria tensão, e a criança se envolve com o ilusório e o imaginário, onde seus desejos podem ser realizados.

Segundo Vygotsky, a imaginação é um processo novo para a criança, pois constitui uma característica típica da atividade humana consciente. É certo, porém, que a imaginação surge da ação, e é a primeira manifestação da emancipação da criança em relação às restrições situacionais. Isso não significa necessariamente que todos os desejos não satisfeitos dão origem aos brinquedos.

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 idéias, pela representação, e não pelos objetos. Quando um objeto é o pivô da separação entre um significado e o mundo real, a brincadeira fornece um estágio de transição em direção à representação do mundo real [Vygotsky 2004]. Esse processo é construído pela atividade da criança na brincadeira (seus movimentos e gestos) e não pelo objeto. A criança pode, assim, atingir uma definição funcional de conceitos ou de objetos [Vygotsky 2004]. Desse modo,

o brinquedo simbólico das crianças pode ser entendido como um sistema muito complexo de 'fala' através de gestos que comunicam e indicam os significados dos objetos usados para brincar.

A chave para toda a função simbólica da brincadeira infantil é, portanto, a utilização pela criança de alguns objetos como brinquedos e a possibilidade de executar com eles um gesto representativo. Desta maneira, os jogos, assim como os desenhos infantis, unem os gestos e a linguagem escrita [Vygotsky 2004].

Uma brincadeira se relaciona com o desenvolvimento quando o comportamento da criança vai além das suas ações no dia-a-dia. Quando isso ocorre, a brincadeira cria uma zona de desenvolvimento proximal da criança, pois esta se comporta além do comportamento habitual de sua idade, além de seu comportamento diário. A brincadeira fornece, pois, ampla estrutura básica para mudanças da necessidade e da consciência, criando um

22CAPÍTULO 2. APRENDIZAGEM SOB O FOCO SÓCIO-HISTÓRICO DE VYGOTSKY

novo tipo de atitude em relação ao real. Nela, aparecem a ação na esfera imaginativa numa situação de faz-de-conta, a criação das intenções voluntárias e a formação dos planos da vida real e das motivações volitivas, constituindo-se, assim, no mais alto nível de desenvolvimento pré-escolar [Vygotsky 2004].

2.1.6 O Papel da escola

O processo de ensino-aprendizagem inclui sempre aquele que aprende, aquele que ensina e a relação entre essas pessoas [Vygotsky 2004]. Por isso, para a pedagogia, o conceito de ZPD tem várias implicações. Na avaliação, por exemplo, que normalmente é centrada no que cada aluno pode fazer sozinho. Para Vygotsky, isso é um erro. O que deve ser avaliado é a capacidade que o aluno tem de fazer coisas colaborando com os outros e até recebendo informações e instruções.

A ZPD oferece também novas perspectivas para a área da "construção da autonomia". Para Vygotsky, só uma criança que foi "bem regulada" pelos outros poderá um dia assumir o papel de reguladora. A consequência pedagógica é clara: para construir autonomia, não basta dar liberdade às crianças. É preciso pensar em formas de levá-las também a controlar a própria atividade [Moysés 1997].

Existe ainda outra consequência de se levar em conta o conceito de ZPD. Em vez de esperar que a criança esteja "pronta" para aprender, o processo de ensino deve se antecipar às aprendizagens e tentar criar novas possibilidades de desenvolvimento. Começamos a aprender qualquer conceito apenas no momento em que o vemos pela primeira vez, pois somente a partir desse momento seu significado poderá começar a transformar nosso pensamento.

Para Vygotsky, as escolas pecam ora porque propõem atividades fora dos limites da ZPD (conceitos e exigências abstratos demais), ora porque não levam em conta sua existência (como no caso do ensino baseado apenas em materiais concretos e na espera de que a criança esteja "pronta" para aprender conteúdos mais sofisticados).

2.1.7 Aplicações da Teoria Sócio-interacionista

A teoria de Vygotsky traz uma grande contribuição para a educação, na medida em que discute sobre as características psicológicas tipicamente humanas, suscitando questionamentos, diretrizes e formulações de alternativas no plano pedagógico. No entanto, as idéias de Vygotsky não se limitaram à educação. Como uma teoria psicológica, tem sido utilizada para o desenvolvimento de pesquisas em várias áreas, como ambientes de aprendizagem, Engenharia de Requisitos (em Computação), e Robótica Social. Nessa seção, apresentaremos alguns trabalhos que utilizam o sócio-interacionismo como fundamentação teórica.

Passerino e Santarosa [Passerino & Santarosa 2000] utilizam as idéias de Vygotsky para análise de um ambiente telemático de realidade virtual. Já Andrade et al [Andrade et al. 2003] apresentam um arcabouço (*framework*) sobre aprendizagem baseado na teoria sócio-cultural de Vygotsky. Para efetivar o modelo, foi desenvolvido um sistema multiagente para a educação à distância. O ambiente visa privilegiar a colaboração como forma

de interação social, o uso da linguagem, símbolos e signos. Para suportar aprendizado colaborativo, foram implementados quatro agentes artificiais: agente ZDP, agente mediador, agente semiótico e agente social. Os agentes humanos tem, segundo os autores o papel de tutores ou de aprendizes.

Jars e colaboradores [Jars et al. 2004b, Jars et al. 2004a] apresentam um sistema multiagente em que são consideradas a entrada de novos agentes no ambiente e suas interações, incluindo experiências com robôs sociais inteligentes [Jars et al. 2004b]. Estes estão baseados, segundo os autores, no estrito pressuposto de que socialidade está no cerne do desenvolvimento cognitivo. Estas investigações em robótica são baseadas na suposição de que para se estudar o desenvolvimento cognitivo dos robôs tem-se de considerar o "robô na sociedade". Por isso, os autores utilizaram a abordagem de Vygotsky para ver como interações sociais fundamentais ocorrem, bem como de que forma ocorre o processo de desenvolvimento de funções cognitivas superiores.

O projeto Ecolab [Luckin & Boulay 1999] que utiliza o conceito de ZDP para o design de um *software* educacional. É um ambiente de aprendizagem interativa que possibilita a crianças com idades entre 10 e 11 anos aprender sobre cadeias alimentares. O software Ecolab é uma ambiente no qual a criança pode colocar diferentes organismos e explorar as relações existentes entre eles. Existem no *software* cinco níveis de ajuda. Quanto maior é o nível, mais a criança precisa de assistência. Essa vai sendo diminuída de acordo com as interações das crianças.

Os trabalho de Cruz Neto [Cruz Neto et al. 2003] e Martins [Martins 2007, Martins 2001], na área de Engenharia de Requisitos, utilizam a Teoria da Atividade para desenvolver sistemas computacionais com determinados requisitos sistêmicos.

2.2 Considerações

Vivemos em uma sociedade em que os artefatos se tornam indispensáveis para interagirmos com o mundo. A cada novo artefato, novas exigências cognitivas e demandas sociais surgem. Assim, as idéias suscitadas por Vygotsky, a partir de suas investigações, oferecem novos rumos, não só à psicologia, possibilitando que muitos outros pesquisadores possam compreender que o processo de desenvolvimento do indivíduo é coletivo, isto é, como os outros e os artefatos intervêm no desenvolvimento. As bases dessa compreensão são os conceitos de mediação simbólica, a linguagem, os processos psicológicos superiores e o conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal.

Pode-se afirmar, então que as idéias de Vygotsky são resumidas em:

1. o desenvolvimento cognitivo se dá através de fatores sociais e culturais;
2. as ferramentas culturais são adquiridas via interações sociais;
3. aquisição de conhecimento simbólico; e
4. a linguagem é a chave para o desenvolvimento cognitivo.

Neste trabalho, usamos um artefato cultural que há algum tempo já tem sido utilizado na escola: o robô, que será introduzido no próximo Capítulo.

24 *CAPÍTULO 2. APRENDIZAGEM SOB O FOCO SÓCIO-HISTÓRICO DE VYGOTSKY*

Capítulo 3

Robótica Pedagógica

3.1 Introdução

O robô
Quanta coisa ele conhece,
Sabe a tudo responder.
E o que tanto o entristece
É ser humano ele não ser.
(...)
Nunca tem nenhuma dúvida,
Incansável e seguro.
Por tudo isso ele é considerado
O homem do futuro.
(...)
Os adultos, sempre sérios,
Sabem só me programar.
Se eles não brincam comigo,
Com criança eu vou brincar.
Toquinho, Mutinho

Ao longo do tempo, o homem tem procurado desenvolver ferramentas que possibilitem a sua adaptação ao meio em que vive. Essas ferramentas visam não só ampliar as ações humanas, como também substituir a presença humana para realização de tarefas pesadas ou em ambientes inóspitos. As ferramentas criadas pelo homem possuem valores culturais e históricos, denominados artefatos culturais [Komosinski 2000, Halfpap 2005].

O nosso foco nesse capítulo é um artefato cultural do nosso tempo: o robô. Para isso, será apresentado um breve recorte sobre a origem da robótica. Será mostrado o robô como artefato cultural, resultado da interação do homem com o meio, constituído de conhecimentos sobre tecnologias, e também carregado de simbolismos. O objetivo é preparar para discutirmos sobre Robótica Educacional a partir do ponto de vista do sócio-histórico.

3.2 Robótica

A concretização de fato, mecânica, elétrica e computacional do robô só ocorreu no século XX, mas o desejo de criar um ser artificial, que ganha "vida", acompanha o homem há séculos. Povos antigos como os egípcios, os gregos e judeus possuem mitos que ilustram esse desejo. Segundo Pazos [Pazos 2002], no Egito antigo sacerdotes construíram os primeiros braços mecânicos que eram utilizados em estátuas de deuses com a intenção de atuar sob inspiração daqueles, como meio de impressionar o povo. Na mitologia grega, *Cadmus*, fundador de Tebas, matou um dragão. Após a batalha, Cadmus ofereceu um sacrifício a Atenas em gratidão. A deusa sugeriu a semeadura dos dentes do dragão. A cada dente semeado saía um soldado (artificial). Na mitologia judaica existe a figura de *Golem*, um humanóide feito de barro e água, que pôde ser trazido à vida através de um processo mágico. *Golem* obedece ordens, realiza trabalhos pesados e pequenas tarefas repetitivas do dia-a-dia, além de defender seu criador de qualquer ameaça.

Saindo do campo mitológico, por volta do ano 350 AC, o matemático grego Aquinas de Tarento, criou um pássaro mecânico feito de madeira, capaz de voar por compressão de ar, denominado o "Pombo". No ano de 1492, Leonardo da Vinci (1452-1519) apresentou um croqui de um cavaleiro mecânico, denominado *O Homem Vitruviano* (ver Figura 3.2), uma de suas mais famosas criações. O homem Vitruviano é o resultado de suas investigações sobre anatomia. No projeto, o cavaleiro tem pernas com três graus de liberdade e braços com quatro graus de liberdade (ombro, cotovelo, pulso e mãos). Os braços são controlados por um controlador mecânico analógico programável, localizado no peito. Já as pernas são controladas através de cabos conectados a locais chaves nos tornozelos, joelhos e quadris. Esse projeto só ficou no papel.



Figura 3.1: O Homem Vitruviano, 1492. Lápis e tinta.

O termo robô surge mais tarde, no século XX, derivando da palavra tcheca *robota*

que significa trabalhador forçado (ou escravo). O termo, com a sua atual interpretação, foi inventado pelo escritor tcheco Karel Capek em seu romance “*R.U.R. (“Robôs Universais de Rossum”)*”, em 1921. Nesse romance, o personagem Rossum projeta e constrói um exército de robôs que se tornam muito inteligentes e dominam o mundo. O foco principal dessa obra é a desumanização do homem face a um meio tecnológico. O termo robótica também saiu da literatura quando em 1941, o escritor russo-americano Isaac Asimov (1920-1992) escreveu um conto intitulado “Runaround”, em que o termo significa o estudo e o uso de robôs. Mais tarde o termo foi adotado pela comunidade científica. Entretanto, a robótica não é ficção científica. É uma ciência em expansão e transdisciplinar por natureza, envolvendo várias áreas de conhecimento, tais como: microeletrônica, computação, engenharia mecânica, inteligência artificial (IA), física (cinemática), neurociência, entre outras [Halfpap 2005]. Portanto, a robótica é a ciência ou o estudo da tecnologia associado com o projeto, fabricação, teoria e aplicação dos robôs.

Ainda faz parte do nosso imaginário uma sociedade em que trabalhos tidos como "braçais" sejam feitas por máquinas com algum princípio de inteligência. Desde pequenos, essa idéia com as características dos robôs povoa o nosso imaginário. Isso é reforçado para o mundo infantil por desenhos animados, como as robotas *Sandra* de Riquinho Rico e a *Rose* dos Jetsons, e o atual Robôs (2005), dentre outros. O cinema também é responsável pela divulgação dessa idéia, como também da divulgação da idéia (errônea) de grande ameaça que essas máquinas são para a humanidade. Isso pode ser sentido nos filmes. Não podemos esquecer de filmes famosos como *2001: Uma Odisséia no espaço*, *Blade Runner: O Caçador de Andróides* (1983), e *Matrix* (2004), entre outros. Outra idéia difundida é de que as máquinas se tornarão tão inteligentes que desejarão serem humanas. Isso é destaque nos filmes *O homem Bicentenário* (1999) e *A.I. Inteligência Artificial* (2001). Entretanto, um pouco diferente do imaginário, os robôs já estão presentes no nosso dia-a-dia, sejam como elevadores, caixas eletrônicos, robôs de entretenimento (como o cãozinho da *Sony* ou os humanóides), ou como robôs nos chão das fábricas de automóveis [Murphy 2000].

Até chegar à sua forma e funções atuais, os robôs são resultados de desenvolvimento de tecnologias desenvolvidas com o surgimento da Revolução Industrial. A Robótica moderna começou com a automatização de operações industriais na indústria têxtil, com o surgimento de teares mecânicos, no início século XVIII. A revolução industrial foi marcada pelo aumento da produtividade, através da automação de tarefa repetitivas. No entanto, a idéia de bonecos mecânicos de funcionamento previamente programado só seria possível nos anos 40 do século XX, depois que George Stibitz, da empresa Bell Labs (Estados Unidos) apresentou o *Complex Number Calculator*, o primeiro computador digital. Mas, o robô só sai da ficção científica em 1961, quando Joseph Engelberger desenvolveu o primeiro robô comercial, o UNIMATE [Murphy 2000].

Segundo Russell-Norvig [Russell & Norvig 2004], robôs são agentes físicos, que executam tarefas manipulando o mundo material. Para essa execução, esses agentes são equipados com atuadores (pernas, rodas, articulações e garras), que exercem força física sobre o mundo, e com sensores, que permitem perceber o ambiente. Idealmente, um robô deve ter os seguintes elementos:

(i) Atuadores: são meios pelos quais os robôs se movem e alteram a forma de seus corpos.

Por exemplo, braços, pernas, mãos, pés;

- (ii) Sensores: peças que funcionam como sentidos que podem detectar objetos, calor ou luz; depois converte a informação em símbolos processados por computadores;
- (iii) Computador: o "cérebro" que contém instruções, isto é algoritmos, para controlar o robô;
- (iv) Equipamentos ou mecanismos: isso inclui ferramentas e equipamentos mecânicos.

As características que tornam um robô diferente de outras máquinas são: normalmente robôs funcionam por si só, são sensíveis ao seu ambiente, adaptam-se às variações do ambiente ou a erros no desempenho anterior, são orientados para a tarefa e, muitas vezes, têm a habilidade de experimentar diferentes métodos para realizar a uma tarefa.

Atualmente, os robôs podem ser agrupados em três categorias: manipuladores, robôs móveis e híbridos. Os manipuladores são fixos ao seu local de trabalho, enquanto que os móveis se deslocam em seu ambiente usando atuadores. Os híbridos são obtidos com junção dos dois anteriores [Russell & Norvig 2004].



Figura 3.2: Robô móvel Khepera

Para o R.I.A. (*Robotics Institute of American*), robô é um manipulador, re-programável e multi-funcional, projetado para mover materiais, partes, ferramentas ou dispositivos especializados através de movimentos variáveis, podendo ser programados para desempenhar uma variedade de tarefas.

A robótica é uma ciência nova, está em expansão e é considerada uma área interdisciplinar que, como visto, engloba conceitos da Física, incluindo mecânica e eletricidade, da Matemática, da Computação, etc. Seu campo de atuação se multiplica com grande rapidez. Máquinas robotizadas têm sido usadas nas indústrias automobilísticas, realizando tarefas como pintura ou montagem. Outras indústrias também se beneficiam com o uso da robótica, como a indústria de eletrodomésticos, eletro-eletrônica, música, alimentícia, têxtil, calçados, petrolífera, entre outras. Nesses setores, os robôs não são entendidos como máquinas robotizadas, que servem apenas para executar tarefas repetitivas na linha de produção, mas também como entidades dotadas de certa *inteligência*, que manuseiam produtos entre uma tarefa e outra, ou que transportam e armazenam produtos numa fábrica, como exemplos.

Segundo Pazos [Pazos 2002], algumas razões para utilização de robôs na indústria são:

1. Custo: o custo de um robô é mais barato do que de um operário, sem considerar que um robô pode trabalhar em 95% do tempo da tarefa a ser realizada;
2. Melhora na produtividade: em algumas aplicações, os robôs podem trabalhar mais rápido que os humanos, sem falar na economia de material;
3. Melhora na qualidade do produto: devido às capacidades de maior precisão e velocidade, um robô faz um produto com melhor qualidade e em menos tempo;
4. Capacidade de operar em ambientes hostis ou com materiais perigosos.

Porém, nem só nos meios de produção os robôs são utilizados. Atualmente, sua aplicação tem extrapolado até para áreas em que os humanos dominam bem, como o entretenimento, por exemplo. Exemplos da aplicação da robótica nestas e outras áreas são apresentados a seguir.

1. *Robôs Domésticos*

Destinados ao uso doméstico, esses robôs podem ser desenvolvidos para executar trabalhos domésticos e outros como vigilantes e mascotes. Um dos robôs domésticos mais famoso é o cãozinho AIBO da Sony.

2. *Robôs de entretenimento e robôs sociais*

Robôs projetados para o lazer ou para entreter pessoas. Na sua grande maioria, são humanóides ou antropomórficos, como um cachorro ou gato. Podem ser guias de museus e exposições, acompanhantes ou brinquedos. Um exemplo é o robô *Enon*, mostrado na Figura 3.3(b)), da Fujitsu ¹, que é utilizado como guia no Museu Kyotaro Nishimura, em Tóquio.

3. *Robôs médicos*

Os robôs-cirurgiões aumentam o desempenho do cirurgião, conseguindo uma precisão de movimentos muito superior, e pode servir para treinamento e ensino em ambientes virtuais de medicina. Um exemplo é o robô *da Ince*², mostrado na Figura 3.3(d). Ele é portátil, possui os quatro braços robóticos interativos e pode operar e diagnosticar pacientes. O robô pode ser controlado à longa distância por um médico.

4. *Robôs militares*

Os robôs militares são utilizados em confrontos com civis ou militares. Outra aplicação é a utilização em localização e destruição de minas terrestres ou aquáticas e espionagem em território inimigo. Um exemplo é o TALON (figura 3.3(c)), um robô portátil usado pelo Exército dos Estados Unidos da América. Ainda, robôs aéreos como aviões ou helicópteros aeromodelos robotizados podem ser usados também nesta categoria, dotados de equipamentos que os permitam agirem de forma autônoma.

5. *Veículos autônomos inteligentes e AGVs*

AGV (Automated Guided Vehicle) é um robô que tem várias utilidades, entre elas o transporte de cargas pesadas ou materiais inflamáveis [Murphy 2000]. Os veículos

¹<http://www.frontech.fujitsu.com>

²da Vinci Surgical System desenvolvido pela Intuitive Surgical - USA <http://www.intuitivesurgical.com>

autônomos são robôs aplicados à condução e ou vigilância. Esses robôs têm que interagir com o mundo, obtendo informações, evitando situações perigosas para os humanos, a si próprios e outros objetos. Um exemplo de veículo autônomo é o avião *Eagle Eye* (olhos de águia). Esse avião-robô possui hélices nas pontas de suas asas e pode decolar como um helicóptero. Tem a capacidade de voar durante oito horas seguidas e possui sistemas de navegação e comunicação que permitem a execução de missões sem a ajuda dos seres humanos.

6. Robôs de busca e salvamento

São robôs projetados para realizar busca e salvamento, em terra, no ar ou na água. São também utilizados para fazer resgates em incêndios, terremotos e outras catástrofes. O robô humanóide BEAR ³, mostrado na Figura 3.3(f), é projetado para localizar e transportar pessoas em situação de risco.



(a) AIBO: um robô doméstico.



(b) Enon: robô guia de museu.



(c) Tolon: um robô para uso militar.



(d) da Ince: um robô médico.



(e) Eagle Eye: um veículo militar para patrulhamento.



(f) BEAR: robô humanóide para resgate de pessoas.

Figura 3.3: Robôs em várias áreas

Esses são apenas alguns exemplos do uso de robôs pela nossa atual sociedade. Existem outros, porém enumerá-los não é nosso objetivo. Esses foram importantes para ter-

³<http://vecnarobotics.com/>

mos uma idéia das várias áreas científicas que integram a robótica e de como podemos interagir com eles. Ainda, é oportuno vermos um robô como um bem que tem valor sócio-cultural e, como tal, necessitamos compreendê-lo sob a ótica da cultura. Assim, um robô é dotado de um sistema de significação que está em permanente construção e transformação por um determinado grupo social. A introdução de robôs na nossa sociedade vem provocando mudanças significativas, seja na extinção de postos de trabalho, na criação de outros não existentes anteriormente, até na forma de nos relacionarmos socialmente. Essas características da Robótica a tornam uma ferramenta interdisciplinar de grandes possibilidades de uso na educação, o foco do nosso trabalho.

3.3 Robôs como artefatos mediadores na Educação

O casamento entre a robótica e educação tem todos os ingredientes para dar certo. Primeiro, o robô, como elemento tecnológico, possui uma série de conceitos científicos cujos princípios básicos são abordados pela escola. Segundo, 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. O ambiente de aprendizagem em que o professor ensina ao aluno a montagem, automação e controle de dispositivos mecânicos que podem ser controlados pelo computador é denominado de *Robótica Pedagógica* ou *Robótica Educacional*.

A robótica pedagógica envolve um processo de motivação, colaboração, construção e reconstrução. Para isso, faz-se necessário a utilização de conceitos de diversas disciplinas para a construção de modelos, levando os alunos a uma rica vivência interdisciplinar.

O robô como ferramenta de trabalho possibilita a criação de novas formas de interação com o mundo. A aprendizagem é fundamentalmente uma experiência social, de interação pela linguagem e pela ação. Essa interação deve favorecer a cooperação e autonomia, assegurar a centralidade do indivíduo na construção do conhecimento e possibilitar resultados de ordem cognitiva, afetiva e de ação.

Assim, na construção de um modelo robótico, o processo de colaboração acontece quando os problemas são analisados e resolvidos em grupos e a autonomia é exercida na medida em que cada elemento do grupo tem responsabilidade por uma parte da solução, e no respeito aos outros indivíduos. Cada um tem a responsabilidade pelo seu próprio conhecimento e pelo grupo. Todos devem participar da solução. Assim, a dúvida de um e a certeza do outro fazem com que o grupo cresça e se desenvolva.

A utilização de robôs como mediador para construção do conhecimento não é algo recente. O grande precursor desta atividade foi Seymour Papert, pesquisador do MIT (Instituto de Tecnologia de Massachusetts). Seus trabalhos acerca da robótica na educação começaram nos anos 60 quando também nascia o construcionismo [Papert 1994]. Papert via no computador e suas possibilidades um recurso que atraía as crianças e com isso facilitaria o processo de aprendizagem. Um de seus trabalhos mais célebres é a criação da linguagem LOGO. Essa linguagem tinha como elemento principal uma tartaruga, que inicialmente era um robô móvel que se deslocava no chão e como o desenvolvimentos do monitor de vídeo passou a ser representado de forma icônica na interface do programa.

E, da junção do LOGO com os brinquedos da LEGO, surgiu o sistema de robótica

educacional (SRA) *LEGO-LOGO*. Com esse sistema, as crianças têm a possibilidade de construir seus protótipos e construir programas em LOGO para proporcionar comportamentos aos protótipos montados.

Desde o seu surgimento, a robótica educacional caracteriza-se por um ambiente de trabalho, em que os alunos terão a oportunidade de montar e programar seu próprio sistema robótico, controlando-o através de um computador com softwares especializados. Através da robótica, o aprendiz será o construtor de seus conhecimentos, por meio de observações e da própria prática.

Esse trabalho considera que a robótica pedagógica é uma denominação para o conjunto de processos e procedimentos envolvidos em propostas de ensino-aprendizagem que tomam os dispositivos robóticos como tecnologia de mediação para a construção do conhecimento. Desta forma, quando nos referirmos à robótica pedagógica não estamos falando da tecnologia ou dos artefatos técnicos/robóticos em si, nem do ambiente físico em que as atividades são desenvolvidas. Estaremos nos referindo também à proposta de possibilidades metodológicas do uso da robótica no processo de aprendizagem, incluindo conteúdos transversais.

Segundo Zilli [Zilli 2004], as principais vantagens pedagógicas da robótica são:

- Desenvolver o raciocínio e a lógica na construção de algoritmos e programas para controle de mecanismos;
- Favorecer a interdisciplinaridade, promovendo a integração de conceitos de áreas como matemática, física, eletricidade, eletrônica e mecânica;
- Aprimorar a motricidade por meio da execução de trabalhos manuais;
- Permitir testar em um equipamento físico o que foi aprendido na teoria ou em programas "modelo" que simulam o mundo real;
- Transformar a aprendizagem em algo positivo, tornando bastante acessível os princípios de Ciência e Tecnologia aos alunos;
- Estimular a leitura, a exploração e a investigação;
- Preparar o aluno para o trabalho em grupo;
- Estimular o hábito do trabalho organizado, uma vez que desenvolve aspectos ligados ao planejamento, execução e avaliação final de projetos;
- Ajudar na superação de limitações de comunicação, fazendo com que o aluno verbalize seus conhecimentos e suas experiências e desenvolva sua capacidade de argumentar e contra-argumentar;
- Desenvolver a concentração, disciplina, responsabilidade, persistência e perseverança;
- Estimular a criatividade, tanto no momento de concepção das idéias, como durante o processo de resolução dos problemas;
- Tornar o aluno consciente da ciência na sua vida cotidiana;
- Desenvolver a auto-suficiência na busca e obtenção de conhecimentos;
- Gerar habilidades para investigar e resolver problemas concretos.

Outras vantagens destacadas por Castilho [Castilho 2002] são a visão da criança sobre o robô: é um brinquedo, algo divertido e a outra é possibilidade de se estimular a exploração e a investigação de problemas concretos por meio do raciocínio lógico. Ao criar

e programar o robô, as crianças estão sendo constantemente desafiadas a pensar sobre o que se estão fazendo de forma lógica e organizada.

3.3.1 Objetivos da Robótica Pedagógica

A utilização de quaisquer recursos em uma escola deve, em teoria, fazer parte do projeto político pedagógico da instituição de ensino. Com a robótica não seria (será) diferente. No entanto, se analisarmos as características pertinentes à robótica industrial, pode-se afirmar que a utilização da robótica em sala de aula possui os seguintes objetivos:

1. Desenvolver a autonomia, isto é, a capacidade de se posicionar, elaborar projetos pessoais, participar na tomada de decisões coletivas;
2. Desenvolver a capacidade de trabalhar em grupo: respeito a opiniões dos outros;
3. Proporcionar o desenvolvimento de projetos utilizando conhecimento de diversas áreas;
4. Desenvolver a capacidade de pensar múltiplas alternativas para a solução de um problema;
5. Desenvolver habilidades e competências ligadas à lógica, noção espacial, pensamento matemático, trabalho em grupo, organização e planejamento de projetos envolvendo robôs;
6. Promover a interdisciplinaridade, favorecendo a integração de conceitos de diversas áreas, tais como: linguagem, matemática, física, ciências, história, geografia, artes, etc.

Esses objetivos estão de acordo com os objetivos estabelecidos na LDB [Brasil. Lei n. 9.394 1996] para o Ensino Fundamental:

Seção III

a compreensão do ambiente natural e social, do sistema político, da tecnologia, das artes e dos valores em que se fundamenta a sociedade;

Assim como, para o Ensino Médio

Seção IV

IV - a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina.

Esses objetivos estão, também, de acordo com os princípios estabelecidos nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Fundamental (PCNs) [Brasil 1997] que indica que um dos objetivos do Ensino Fundamental é que os alunos devam ser capazes de utilizar diferentes fontes de informação e *recursos tecnológicos* (grifo nosso) para adquirir e construir conhecimento.

Dessa forma, do ponto de vista legal, a robótica, também pode ser vista como um instrumento de mediação na medida em que possibilita o estabelecimento de novas relações para a construção do conhecimento e novas formas de atividade mental, destacados no PCNs do Ensino Fundamental.

3.3.2 Conjuntos (ou *Kits*) de Robótica

Para o trabalho com robótica, é necessário o uso de equipamentos que favorecem o contato dos alunos com planejamento, construção e controle dos robôs. A robótica educacional, atualmente, é servida por vários produtos de acordo com a faixa etária e com o contexto pedagógico que se deseja trabalhar. Existem brinquedos pedagógicos com eletrônica de controle, *kits* educacionais com foco em alunos do Ensino Fundamental e Ensino Médio. E há conteúdo didático e competições utilizando *kits* de montagem robótica e até robôs móveis inteligentes de pequeno porte para o nível técnico e de graduação, que também podem ser aplicados em pesquisas por alunos de pós-graduação.

No mercado brasileiro, existem muitas opções (basta utilizar um sítio de busca na internet) de *kits* para robótica. Serão apresentados, neste trabalho, apenas alguns para ilustrar como essa área tem crescido e despertado o interesse de empresas especializadas em material para automação, e de escolas que os utilizem em sala de aula como objeto de aprendizagem ou simplesmente para participar de competições de robótica.

- *Kit Lego Mindstorms*

O Lego Mindstorms é um dos *kits* de robótica mais populares. A linha Mindstorms combina um tijolo programável - um computador denominado RCX ou NXT, dependendo da versão - com motores elétricos, sensores e peças como engrenagens, eixos, vigas de encaixe, polias, rosca sem fim, cremalheiras, dentre outros.

O *kit* padrão tem cerca de mil peças LEGO, incluindo o RCX ou NXT, um transmissor infravermelho para o envio de programas para os robôs, um CD-ROM do *software* Mindstorms, um guia do construtor, motores, sensores e várias outras peças, tais como conectores, rodas, pneus e outras. A versão mais nova foi lançada em 2006 como Lego Mindstorms NXT, mostrado na Figura 3.4(c). A versão mais antiga do *kit* Lego vinha com o RCX, mostrado na Figura 4.1, sendo descrito adiante nesta tese.

- *Kits da Fischertechnik*

A Fischertechnik (<http://www.fischertechnik.de/en/index.aspx>) é uma empresa alemã, e a principal concorrente da Lego Dacta. Os *kits* de montagem incluem sistemas eletromecânicos que podem ser motorizados, automatizados e controlados pelo computador. Estes *kits* podem ser utilizados a partir dos 5 anos. Podem serem usados dentro da grade curricular de uma escola, como ferramenta pedagógica para o desenvolvimento cognitivo ou até mesmo por robistas, entusiastas, cientistas, pesquisadores e também curiosos. A representante no Brasil é a Nektechnik - Tecnologia Educacional (<http://www.nektechnik.com.br/>).

Os *kits* compõe-se de peças de plástico e de alumínio que se encaixam através de um sistema de guias e pinos (figura 3.5(a)), permitindo ao operador implementar praticamente qualquer sistema mecânico e também dar movimento ao mesmo chegando ainda ao passo mais avançado de poder controlá-lo pelo computador, como ilustrado nas figuras 3.5(b) e 3.5(c).

- *Vex Robotics Design System*



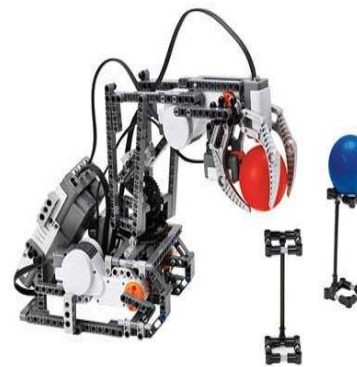
(a) Lego Mindstorms RCX.



(b) Robô desenvolvido com RCX.

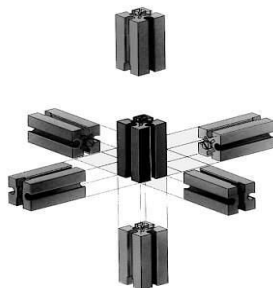


(c) Lego Mindstorms NXT.



(d) Robô desenvolvido com NXT.

Figura 3.4: kits Lego Mindstorms



(a) Bloco Básico



(b) kit para robô móvel



(c) Robô Móvel

Figura 3.5: Material da Fichertechnik

O Vex Robotics Design System ⁴ é desenvolvido pela empresa americana Innovation First Inc ⁵(Ver Figura 3.6(a),). O *kit* é destinado a introduzir estudantes no mundo da robótica e vem com o microcontrolador ("cérebro"), mostrado na Figura 3.6(b), diversos sensores (2 de toque, sensor limitador e 2 chaves ou *switches*), três motores elétricos e um servo-motor, rodas, artes, e peças estruturais.



(a) *kit* Vex Robotics Design System



(b) Controlador Vex



(c) Robôs desenvolvidos com Vex Robotics

Figura 3.6: Material da Fichertechnik

- *kit da EDUTEC*

A EDUTEC - *Tecnologia na Educação* é uma empresa de Informática Educacional que iniciou suas atividades em São Paulo-SP no ano de 1989. Oferece projetos de Robótica Educacional. A EDUTEC conta com um *kit* de robótica e um software (GDR) que permite programação e o controle de movimentos de protótipos por meio do computador. O *kit* (Figura 3.7) é composto por uma placa de robótica, uma

⁴<http://www.vexrobotics.com/>

⁵<http://www.innovationfirst.com/about>

fonte de alimentação, motor de passo, motor de giro, luzes (*leds*) e sirene.



Figura 3.7: Edutec

- **ROBOKIT**

O ROBOKIT (3.8) é desenvolvido pela IMPLY (<http://www.imply.com.br/>) em parceria com o curso de Licenciatura em Computação da Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC). Segundo a empresa, o *kit* é muito simples de operar, e desenvolve conhecimentos em programação e robótica, raciocínio lógico e criatividade. É possível criar sons, repetir comandos e elaborar procedimentos. Uma programação simples no teclado controla os motores e os *leds*.



Figura 3.8: ROBOKIT

- **Curumim**

O Curumim® é um robô móvel desenvolvido pela Xbot⁶. O *kit* Curumim (Figura 3.9) é constituído de uma plataforma robótica e um ambiente para programação de robôs que foram criados com o objetivo de promover o desenvolvimento educacional e aprendizado de conceitos técnicos nas áreas de lógica digital, controle, programação e robótica para alunos do Ensino Médio e cursos técnicos.

O sistema Curumim inclui, além de um robô móvel, um rádio base com cabo USB, um carregador de baterias, duas baterias de 15 Volts, um transmissor e receptor de vídeo e o software para a programação das ações a serem realizadas por este robô.

⁶<http://www.xbot.com.br/>

Existe um software para comunicação entre o usuário e o robô, pelo qual se enviam ações a serem realizadas pelo robô. Além da programação em blocos (visual), é possível programar em linguagem C/C++ (Visual C Express e Borland C). Também é possível programar utilizando a plataforma Microsoft Robotics Studio⁷.



Figura 3.9: Robô Móvel Curumim

- *Kit ALFA EDUC 2008*

O *kit* ALFA EDUC (ver Figura 3.10(a)) é desenvolvido pela empresa brasileira PNCA Robótica e Eletrônica. Segundo informações obtidas no sítio da empresa (<http://www.pnca.com.br/>) o *kit* é ideal para iniciar o trabalho na robótica e na mecatrônica. Com ele, pode-se projetar, construir e programar robôs e dispositivos mecatrônicos. É constituído de um módulo de controle MC2.5, um programa (LEGAL 2008), dois sensores de luz, dois sensores de contato, dois sensores de faixa, um sensor de temperatura, um sensor de cor, um sensor de infravermelho, um cabo USB, dois motores com redução, duas bases para os motores, rodas de diferentes tamanhos, uma roda livre, um servo motor, peças estruturais metálicas para montagem com furos com espaçamento padrão e podem ser conectadas com parafusos e porcas fornecidos com o *kit*.

A figura 3.10(b) mostra um modelo de um robô desenvolvido com o *kit* Alfa⁸.

3.3.3 Robótica com sucata

Outra maneira de se trabalhar robótica na escola é através de material reciclado ou sucata [Albuquerque et al. 2007]. O uso de sucata é uma maneira de se construir protótipos robóticos a baixo custo. Segundo Rocha [Rocha 2006], as primeiras aplicações da Robótica Pedagógica foram baseadas no reaproveitamento de sucata como, por exemplo, no projeto da UFRGS (descrito abaixo) ou o Cyberbox, mostrado na Figura 3.11.

O material para montagem dos protótipos pode ser obtido de equipamentos eletroeletrônicos obsoletos inutilizados que não justificam sua manutenção. Esses equipamentos costumam conter dispositivos eletromecânicos, tais como motores e sensores, além de materiais que podem ajudar o educando na montagem de seus projetos de controle dos dispositivos, como eixos, roldanas, engrenagens, fiações, resistores, transistores, reguladores de tensão, etc.

⁷<http://msdn.microsoft.com/en-us/robotics/default.aspx>

⁸Fonte: Revista Pesquisa FAPESP

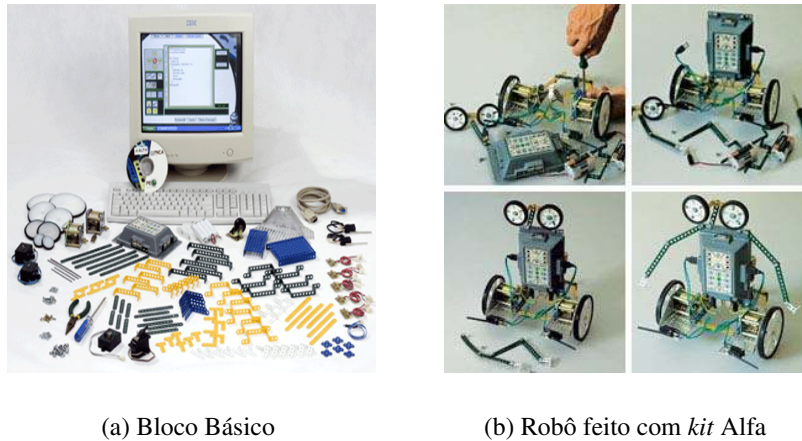


Figura 3.10: ALFA 2008

Os projetos com sucata podem utilizar um microcontrolador pronto para o controle de dispositivos robóticos ou podem desenvolver tudo. Existem no mercado várias opções de microcontroladores. Abaixo, destacam-se alguns comerciais.

- *kit Cyberbox*

O Cyberbox (figura 3.11) é uma interface para robótica pedagógica, desenvolvida no Brasil pela Imbrax ⁹, destinada a qualquer nível de ensino. Ele é constituído de um microcontrolador com processador (RISC), Comunicação serial de 115.200 bps, 12 saídas digitais com PWM de 12V, 16 entradas digitais 0-5V, 8 entradas analógicas de 10bits de resolução. Os *softwares* compatíveis para programação são o Everest, o Imagine, o Micromundos e o Superlogo.

A empresa também comercializa *kits* de acessórios compatíveis com o Cyberbox: *kit* de Acessórios Standard, para alunos iniciantes, e *kit* Plus para robótica mais avançada.



Figura 3.11: Cyberbox

- *Super Robby*

⁹<http://www.imbrax.com.br>

O Super Robby é o primeiro *kit* de robótica educativa do Brasil, desenvolvido pela empresa pernambucana ARS Consult ¹⁰. Esse *kit*, mostrado na Figura 3.12, é composto por uma interface, uma fonte de alimentação, o software de simulação do funcionamento desta interface e alguns componentes eletro-eletrônicos. O equipamento pode ser utilizado com dois softwares: o Super Robby, desenvolvido pela empresa, ou o MegaLogo.



Figura 3.12: Super Robby

- Placa Go-go

A placa Go-go (ver Figura 3.13) foi projetada para trabalhar alimentada com 9 volts. No entanto, ela é bastante flexível, e qualquer valor entre 6 e 12 volts deve funcionar. A alimentação pode ser feita com pilhas normais, baterias de 9 volts ou de um adaptador (transformador), muito parecido com aqueles que são comumente usados em telefones sem fio, secretárias eletrônicas, computadores portáteis etc.

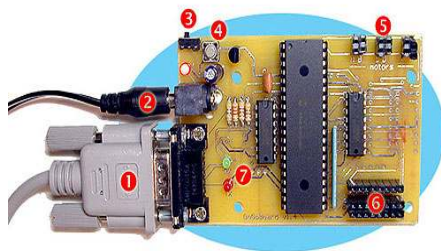


Figura 3.13: Placa Go-go

Para o desenvolvimento de um robô com material reciclado, são necessários vários conhecimentos, dos quais destacamos os conhecimentos de mecânica, eletrônica e programação. Esses conhecimentos são usados nas diversas fases da construção de um protótipo robótico, móvel ou não.

¹⁰<http://www.arsconsult.com.br/>

Por isso, de acordo com Ribeiro [Ribeiro 2006], o uso de sucata pode ser mais atraente economicamente, mas exige conhecimentos de eletrônica que não a tornam atrativa para qualquer professor, nem para os níveis de ensino mais básicos. Concordamos em parte com essa afirmação, uma vez que pode-se desenvolver projetos baseados em manuais para o aluno, em que a criança seja orientada, passo a passo, para construção de conhecimento abstrato necessário para a aprendizagem de conceitos de robótica usando sucatas.

3.3.4 Softwares utilizados em Robótica

Para a programação dos robôs, cada *kit* possui um linguagem de programação. Um *kit* pode usar uma linguagem já existente no mercado ou criar a sua própria. Como por exemplo, O Vex usa o C, a PNCA, criou o sistema LEGAL. Nessa seção, descrevemos dois *softwares* que são muito utilizados em robótica com fins pedagógicos: o RoboLab e o SuperLogo.

O RoboLab é um software desenvolvido pela National Instruments and Tufts University, com base no LabView. Já o SuperLogo é uma versão do Logo desenvolvida pela Universidade de Berkley (EUA) traduzida para o português pelo Núcleo de Informática Aplicada à Educação (NIED) da UNICAMP.

RoboLab

A primeira versão do RoboLab foi lançada em 1998 e nela existia apenas uma seção: "Programmer", dividida nas componentes "Pilot" e "Inventor". Em 2000 foi lançada a versão 2.0, que incorporava outra seção: "Investigator". Com essa seção, foi possível a aquisição e análise de dados. Atualmente encontra-se disponível a versão 2.5.4. Esse é um ambiente de programação que vem junto aos os *kits* da linha LEGO Mindstorms. Os desenvolvedores do *software* disponibilizam tutoriais para fixação dos ícones utilizados pelo programa, dando suporte para usuário que utilizam a tecnologia LEGO pela primeira vez. Isso é feito com um guia de ajuda, que auxilia a instalação do programa e ensina os princípios básicos de programação, contendo também as funções que pode ser utilizadas.

Os programas feitos no RoboLab podem ser passados para o RCX através de uma torre (IR) infravermelha. A torre IR está disponível para conexão serial (porta COM) ou para uma conexão USB (para 2.5 ou versões mais elevadas somente). Requer sistemas como o Windows®95 / 98 / 2000 / XP, Processador 486/33 MHz, 32 MB RAM, 70 MB de HD, e uma porta serial e Macintosh são sistemas a partir de 7.5 com 60 MHz PowerMac\u2122 Processador, 32 MB RAM, 85 MB HD, e uma porta serial.

A programação no RoboLab é feita através de ícones, que é uma linguagem de programação gráfica LabVIEW. O RoboLab requer certo conhecimento e compreensão das funcionalidades de baixo nível do robô (motores, sensores, etc.). É ideal para projetos de nível médio ou elementar. O programa RoboLab é dividido níveis de programação que seguem o nível de conhecimento e habilidades do estudante.

Logo que o programa é carregado, o utilizador dispõe de três opções: "Administrator", "Programmer" e "Investigator". Na seção "Administrator" é possível efetuar a configuração das comunicações com o RCX e descarregar o *firmware*.

- O PILOT, mostrado na Figura 3.14, é um ambiente básico em que os programas são construídos serialmente e são escolhidas as relações existentes entre cada componente, o que garante que os programas sempre sejam compilados e rodados com isso não é possível ter erro de programação. Ele contém quatro níveis de dificuldade e de recursos. Na Figura 3.14, são mostrados exemplos de programação em cada nível.



Figura 3.14: Tela: Pilot

- INVENTOR (Figura 3.15) é o segundo modo de programação, em que os princípios do nível *pilot* são relevantes, mas em que muitas características novas serão introduzidas. Programar neste nível é mais complexo. Para programar, só é necessário arrastar os ícones dos painéis da função e colocá-los na janela de programação. Cada nível do inventor oferece um número crescente de opções de programação. Neste ambiente, os programas são criados através da ligação dos ícones por fios. Os programas criados podem ter os elementos típicos de programação, quais sejam variáveis, ciclos (*loops*) e funções.

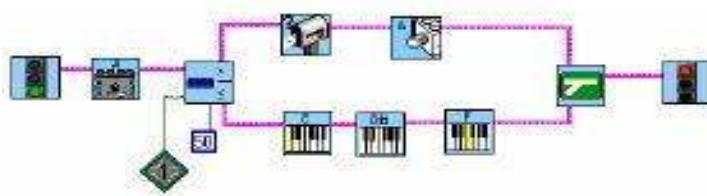


Figura 3.15: Tela: Inventor

- INVESTIGATOR estende o uso do RCX e do ROBOLAB. Ele inclui a criação das experiências que usam a programação, de registrar os dados, de ferramentas da computação, e de documentação. As ferramentas de programação no investigador são as mesmas encontradas no modo piloto e no inventor, com comandos adicionais para registrar os dados. Após ter funcionado o programa, é feita a transferência dos dados coletados. A Figura 3.16 mostra a interface deste nível.

Um aspecto negativo, para nós, é o fato de não se ter disponível uma versão em português. Este problema da língua dificulta o uso para muitos alunos, inclusive do Ensino Médio, que não dominam o inglês da forma desejável. Por outro lado, esse problema pode ser resolvido através de uma parceria com professores da matéria de inglês.

Contudo, pelo estilo gráfico da programação, o problema da língua não é sentido nessa etapa, mas sim ao nível da ajuda. Os símbolos utilizados são intuitivos, representando

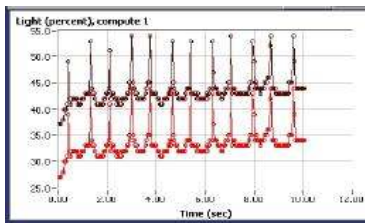


Figura 3.16: Tela: INVESTIGATOR

bem as funções, pelo menos no que diz respeito as mais comuns. Em termos de escrita, não há problema, pois na maioria das vezes o usuário só precisa introduzir números nas caixas de texto (salvo a um nível muito avançado).

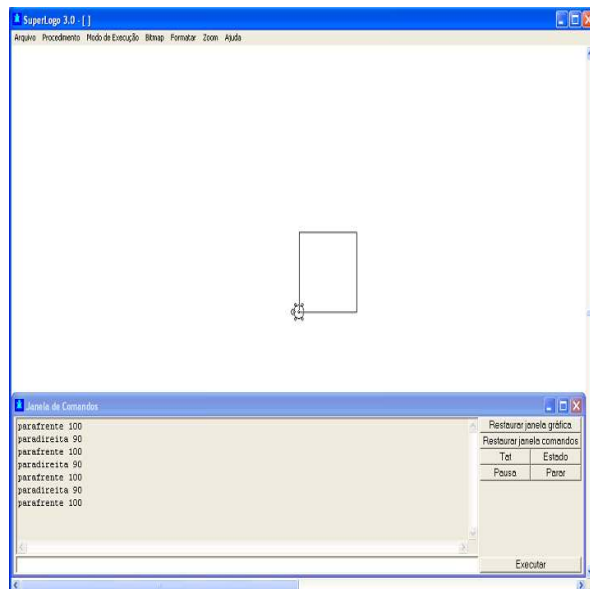
Outro fato positivo é o uso dos mesmos ícones desde os níveis mais baixos até os níveis mais avançados. Isso permite uma fácil progressão do nível 1 ao nível 5. No que diz respeito à telas de ajuda, além da disponibilizada pelo RoboLab, existe o *Reference Guide* (Guia de Referência - livre tradução), citado acima. É possível adquirir uma versão em português da ajuda embora esta seja muito mais restrita e limitada do que o guia de referência.

SuperLogo

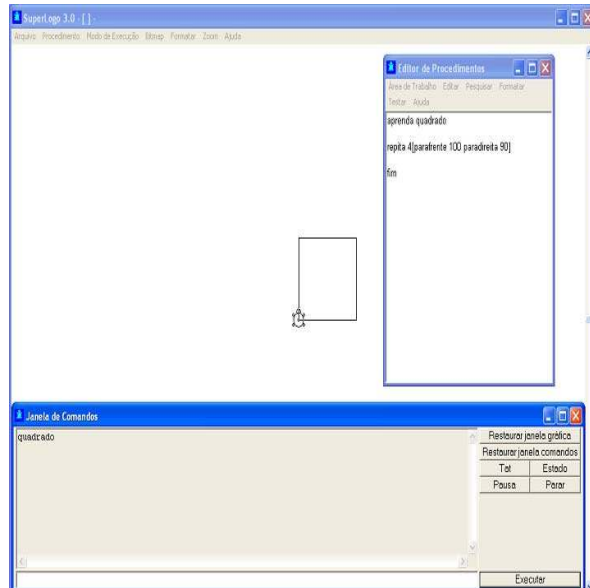
O SuperLogo é uma versão do Logo, utilizada para automação e controle de dispositivos robóticos.

Essa linguagem apresenta um grande grau de flexibilidade podendo ser utilizada tanto por crianças como por programadores experientes, atendendo, em ambos os casos, às necessidades do usuário. A linguagem possui uma terminologia simplificada, ou seja, facilidades no que diz respeito aos nomes de comandos, de regras sintáticas e da parte gráfica.

Um ponto bastante interessante no Logo e conseqüentemente no SuperLogo é a parte gráfica, que é caracterizada 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. Para realizar movimentos da tartaruga na janela gráfica, deve-se utilizar comandos de deslocamento e giro, como por exemplo: para-frente (pf), para-trás (pt), para-direita (pd) e para-esquerda (pe). Para usar estes comandos, é necessário especificar o número de passos ou o grau do giro. Por exemplo, para fazer um quadrado com lado 100, escreve-se: pf 100 (andar para frente 100 passos), pd 90 (virar à direita 90^o), pf 100 (andar para frente 100 passos), pd 90 (virar à direita 90^o), pf 100 (andar para frente 100 passos) e pd 90 (virar à direita 90^o), pf 100 (andar para frente 100 passos). A cada comando, a tartaruga "risca" uma linha reta na tela. O resultado desta seqüência é mostrado na Figura 3.17(a). Outra maneira é criar um procedimento, isso eliminaria os comandos repetidos. Para isso, basta usar o comando "repita". Um exemplo simples é mostrado na Figura 3.17(b). Assim, o Logo é uma linguagem intuitiva, simples de aprender, mesmo por crianças das séries iniciais.



(a) Usando linha de comando.



(b) Usando procedimento.

Figura 3.17: Fazendo um quadrado no SuperLogo

3.4 Robótica Pedagógica no Brasil

Pode-se dizer que, na prática, no Brasil a Robótica Pedagógica começou através do Projeto EducaDi ¹¹. Desse projeto, as ações de robótica foram implementadas pela

¹¹Projeto coordenado pelas universidades federais de Alagoas, Rio Grande do Sul, e Unicamp

UFRG, com o **Ciberbox**, e pelo NIED-Unicamp, com o Projeto **Siros**. Esses projetos foram pioneiros ao levar dispositivos às crianças de escolas públicas.

O projeto de robótica pedagógica no NIED teve seu início em 1988, a partir da montagem de um circuito para controle via microcomputador da linha MSX, de um motor LEGO que faria parte de um *kit* para montagem de um helicóptero [d'Abreu 1999].

Atualmente, várias universidades têm desenvolvido projetos nessa área em escolas públicas, bem como algumas secretarias estaduais e municipais já começam a estudar o emprego da robótica educacional em algumas de suas escolas. Muitas escolas particulares (mais de três mil em todo o Brasil) também têm se utilizado da robótica, seja em sala de aula ou como atividade extra-classe.

3.4.1 As Competições de Robótica

No Brasil, a partir de 2003, as competições de robótica têm impulsionado e fomentado definitivamente a utilização da robótica nas universidades e escolas. As competições dividem-se em várias categorias e modalidades. A pioneira foi a Competição Brasileira de Robótica (CBR), voltada aos alunos universitários, que ocorreu pela primeira vez em 2003, em Bauru-SP. Desde então, ela ocorre anualmente¹². A CBR é promovida em conjunto pelas Sociedades Brasileiras de Computação (SBC) e de Automática (SBA). As Competições de Robótica Latino Americanas (LARC), com os mesmos desafios, ocorrem anualmente no México, Chile e Brasil, sendo aqui juntamente com a CBR, a cada três anos. Em futuro breve, a Colômbia e Venezuela entrarão neste grupo. A CBR e LARC são eventos promovidos pela *Robotics and Automation Society* (RAS) do *Institute for Electric and Electronic Engineers* (IEEE), envolvendo categorias como Futebol de Robôs *Very Small* e os desafios *Livre* e *SEK* (*Standard Educational Kits*).

A RoboCup Brasil promovida pelo Conselho Brasileiro da Robocup¹³, promovida pela *International Robocup Federation*¹⁴ ocorre desde 2004, junto com a CBR. A Robocup envolve competições baseadas ou em torno do futebol de robôs. A RoboCup Júnior Brasil, realizada pela primeira vez no país em 2005, é uma das iniciativas orientadas ao Ensino Fundamental e médio (incluindo técnico). O objetivo é introduzir a robótica aos jovens estudantes dos níveis mais elementares da educação. Mais do que o desenvolvimento tecnológico, o foco nesta liga é a educação e o estímulo ao surgimento de futuros pesquisadores. Essa competição possui as modalidades destinadas a alunos do Ensino Fundamental e Médio. Ela envolve, basicamente, três modalidades:

- *RoboCup Júnior Resgate* destinada aos alunos do Ensino Médio e Fundamental II. Os alunos devem construir e programar um robô capaz de seguir um trajeto marcado com uma linha ao mesmo tempo de desvia de obstáculos e encontra objetos no ambiente da competição (feridos, por exemplo).
- *RoboCup Júnior Dança* destinada aos alunos do Ensino Médio e Fundamental II. Os alunos devem construir um ou mais robôs autônomos para uma apresentação

¹²<http://www.dca.ufrn.br/jri2008>

¹³<http://robocup.sorocaba.unesp.br/>

¹⁴<http://www.robocup.org/>

de uma performance de dança, que pode inclusive contar com a participação dos alunos.

- *RoboCup Júnior Futebol* destinada aos alunos do Ensino Médio. Os alunos devem montar uma dupla de robôs para jogarem partidas de futebol contra outros adversários, de forma autônoma, visando apresentar desafios ao mesmo tempo simples e interessantes.

A Olimpíada Brasileira de Robótica (OBR), realizada pela primeira vez em 2007, é o principal evento voltado ao Ensino Fundamental e médio, com maior número de participantes. Este evento é também uma parceria entre a SBC e a SBA, possuindo os mesmos moldes de outras Olimpíadas Científicas Brasileiras, tais como a Olimpíada de Matemática (OBM), de Física (OBF), de Química (OBQ), de Astronomia e Astronáutica (OBA) e de Informática (OBI). A OBR É um evento gratuito, sendo financiado, entre outras agências e empresas, pelo Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), e é aberto à participação de todas as escolas brasileiras de Ensino Fundamental e/ou médio (ou equivalente). Ou seja, a OBR inclui todos os segmentos do ensino básico, com alunos que vão desde o primeiro ano do Ensino Fundamental até a última série do Ensino Médio (ou equivalente).

A OBR foi criada para despertar e estimular o interesse pela Robótica, áreas afins e a Ciência em geral e promover a difusão de conhecimentos básicos sobre Robótica de forma lúdica e cooperativa. Outros objetivos da OBR são:

- Promover a introdução da robótica nas escolas de Ensino Médio e fundamental;
- Proporcionar novos desafios aos estudantes;
- Aproximar a universidade dos Ensino Médio e fundamental;
- Identificar os grandes talentos e vocações em Robótica de forma a melhor instruí-los e estimulá-los a seguir carreiras científico-tecnológicas.
- A OBR procura ainda colaborar no desenvolvimento e aperfeiçoamento dos professores e colaborar com a melhoria do ensino em geral.

Em 2007 e 2008, a OBR foi constituída de três modalidades:

1. Modalidade Teórica (destinadas a alunos do Ensino Fundamental e Médio) é composta por provas teóricas . Essa modalidade é dividida em três níveis:
 - Nível 1, voltado aos alunos do primeiro ao terceiro anos do primeiro ciclo do atual Ensino Fundamental;
 - Nível 2, voltado aos alunos do quarto ao sexto anos do atual Ensino Fundamental.
 - Nível 3, voltado aos alunos do sétimo ao nono anos do atual Ensino Fundamental.
2. *Modalidade Prática* composta de desafios de Sumô de Robôs, disputados em duas fases. A primeira fase é realizada em escolas Sede, escolhidas entre as escolas participantes da OBR que se candidataram a realizar esta modalidade. As finais são realizadas juntamente com evento de Robótica das Associações que promovem a OBR (SBC e SBA). Esta modalidade foi dividida, em 2007 e 2008, nos seguintes níveis:

- (a) Nível 1, voltado à alunos Ensino Fundamental.
 - (b) Nível 2, voltado à alunos do Ensino Médio (ou equivalente), alunos matriculados em cursinho pré-vestibular (em Instituição de Ensino), alunos que não estejam cursando, mas tenham sido aceitos em qualquer curso do Ensino Superior. Apesar dessa abrangência, existe uma idade limite para participar, que é de de 19 anos completos no ano de realização das provas.
3. *Modalidade duatlon*, composta de duas fases, uma teórica e uma prática. A prova teórica do duatlon é similar a prova das outras modalidades e ocorre no mesmo período. Essa modalidade tem as mesmas restrições da Modalidade Prática, nível 2. A final prática também ocorre no mesmo local que a Modalidade Prática. No entanto, essa etapa final é constituída de um mini-curso de robótica básica, seguido de desafios práticos, em que os estudantes terão que construir e programar robôs com *kits* fornecidos pela Organização para executar tarefas simples.

As finais da OBR/2007 ocorreram durante a realização da Competição Brasileira de Robótica, em Florianópolis-SC. Nessa primeira edição participaram 7.000 alunos de estabelecimentos de ensino (público e particulares). No ano de 2008, as finais/2008 aconteceram em Salvador-BA, durante LARS (Simpósio Latino Americano de Robótica). Em seu segundo ano, participaram mais de 10.000 estudantes de estabelecimentos público e particulares de todo o Brasil. Um diferencial dessa final foi apresentação de posters sobre o desenvolvimento dos robôs, feita pelos alunos finalistas da modalidade Prática. Outro evento importante promovido pela OBR foi o 1^o *Workshop* de Robótica Educacional, organizado pela coordenação da Olimpíada e realizado durante as competições. As figuras 3.18(a),3.18(b),3.18(c),3.18(d) mostram alguns robôs desenvolvidos para competir na OBR/2008. Os robôs desenvolvidos para essa edição mostram o grau de comprometimento dos alunos com a Olimpíada.

Apesar de toda essa movimentação em torna da robótica na Educação, no Brasil não existe uma política para inserção da robótica no sistema publico de Ensino. Essa ocorre por iniciativas isoladas de Prefeituras, como por exemplo, o caso dos seguintes municípios: João Pessoa-BB, Fortaleza-CE, Lauro de Freitas-BA, na região nordeste, São Paulo-SP, no Sudeste, Curitiba-PR, na região Sul. Ou escolas particulares como Positivo(SP), Nossa Senhora de Fátima-BA. Ou escolas Publicas que são parceiras de Universidades(Publicas ou Privadas), como a Ascendino de Almeida/UFRN - RN [Barrios Aranibar et al. 2006, Silva & Gonçalves 2007, Silva et al. 2008].

Entretanto, apesar de não fazer parte do Programa Nacional de Informática na Educação - PROINFO (MEC), a robótica educacional poderá fazer parte de um número maior de escolas publicas, pois em 2008, o Ministério da Educação (MEC) publicou o *Guia de Tecnologias Educacionais* [André 2008]. Esse guia contém a descrição de várias tecnologias voltadas para a educação e informações que auxiliam os gestores a conhecer e a identificar aquelas que possam contribuir para a melhoria da educação em suas instituições.

Para compor o guia o MEC lançou o Edital de Pré-Qualificação de Tecnologias Educacionais que Promovam a Qualidade da Educação Básica, em 2007. O objetivo desse guia é avaliar e pré-qualificar tecnologias educacionais inovadoras, que apresentem condições de promover a qualidade da educação básica em todas as suas etapas (Educação



(a) Robôs Finalistas I



(b) Robôs Finalistas II.



(c) Sumô de Robôs- Nível 1.



(d) Sumô de Robôs- Nível 2.

Figura 3.18: OBR 2008

Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio) e modalidades.

As tecnologias educacionais pré-qualificadas, segundo o Edital, poderão ser certificadas pelo MEC, se após avaliação, se verificar que tenham gerado impacto positivo na evolução dos indicadores de qualidade da educação básica elaborados pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP).

O Guia apresentado é organizado em cinco blocos de tecnologias: Gestão da Educação, Ensino/aprendizagem, Formação de Profissionais da Educação, Educação Inclusiva e Portais Educacionais. Cada bloco é composto por tecnologias que estão sendo implementadas pelo MEC, elaboradas por suas Secretarias e pelo FNDE, ou por parcerias estabelecidas com instituições da área de Educação, pelas tecnologias apresentadas por instituições e/ou empresas públicas ou privadas, que foram avaliadas pela Secretaria de Educação Básica SEB/MEC e consideradas pré-qualificadas.

Segundo informações do guia, os sistemas de ensino que, ao elaborarem seu Plano de Ações Articuladas (PAR), incluem como demanda as tecnologias que consideram importantes para o desenvolvimento de seu trabalho, serão atendidos pelo Ministério. Os demais sistemas poderão consultar diretamente as empresas responsáveis pelas tecnologias pré-qualificadas para adquiri-las e as secretarias do Ministério para implantá-las em seu município ou estado.

Destaca-se aqui, o Bloco Ensino Aprendizagem. Neste foi pré-qualificado o *Projeto*

de Alfabetização Tecnológica - kit de Robótica. O Projeto de Alfabetização Tecnológica fundamenta-se no uso da robótica para desenvolver um programa de formação pautado na exploração conceitual de conteúdos curriculares. A proposta é utilizar *software* livre como ambiente de aprendizagem e apresentar um sistema de programação especialmente desenvolvido para o projeto, o que favorece a exploração dos temas pela ótica investigativa. O público alvo desse projeto são os professores e alunos do Ensino Fundamental. A empresa responsável pelo projeto é a PETe Planejamento em Educação Tecnológica, dos desenvolvedores do PNCA.

Em abril de 2008, o MEC lançou outro edital para classificar novas tecnologias, na área de robótica educacional a pré-classificada foi a distribuidora da FishTecnick do Brasil, em Curitiba (vide seção 3.3.2).

3.5 Pesquisas em Robótica Pedagógica

A utilização da robótica tem crescido muito, não só em função dos números de tecnologias disponíveis, o que tem causado uma diminuição no preço de se montar um laboratório de robótica, mas, sobretudo, pelas pesquisas feitas por universidades. Nesse sentido, vários trabalhos de pesquisa, recentes, têm sido desenvolvidos, com objetivos e alcance diferentes.

O Projeto Robótica Livre [Albuquerque et al. 2007] tem uma proposta diferenciada, pois parte para soluções livres em substituição aos produtos comerciais. Propõe o uso de softwares livres (Linux e seus aplicativos) como base para a programação, e utiliza-se da sucata de equipamentos eletroeletrônicos e outros tipos material para a construção de *kits* educacionais.

O trabalho de George [George & Despres n.d.] discute um ambiente de aprendizagem à distância do campo de robótica educacional. Os alunos interagem com este ambiente através de atividades pedagógicas (navegar por livro eletrônico, *design* e construção de micro-robôs, descrição e programação de micro-robôs). O professor prepara as atividades e ajuda os alunos quando estes encontram dificuldades durante a aprendizagem sessões. No desenvolvimento da aplicação, é utilizada uma arquitetura multiagentes de assistência remota, através da Internet. Nesse trabalho é apresentado, um exemplo de assistência à distância, com o professor manipulando remotamente o micro-robô de um aluno para detectar as causas de um problema.

Outro trabalho de Ensino a Distância é proposto Stinckwich [Stinckwich et al. 2007]. O ambiente SqueakBot é baseado em Roboteach que é um ambiente de aprendizado interativo (ILE), desenvolvido por P. Leroux para robótica educacional. O SqueakBot é uma plataforma de ensino de robótica, destinada a jovens, que possibilita o controle e simulação de diversos dispositivos, tais como robôs. O projeto tem como metas ter uma arquitetura de software que poderá ser incorporada em dispositivos de hardware de pequena dimensão (com recursos limitados de memória e computação) e incorporar dispositivos de realidade virtual simulados por um computador e dispositivos físicos disponíveis no ambiente nesta plataforma.

O Cartografia Tátil e Robótica Pedagógica [d'Abreu 2004] é um projeto desenvolvido por pesquisadores pertencentes às universidades paulistas Unicamp e Unesp. Esse

projeto tem como objetivo desenvolver material didático tátil de baixo custo através da integração da Cartografia Tátil e Robótica Pedagógica, bem como desenvolver metodologias de utilização do material produzido. É um projeto que visa não só a construção de conhecimentos de cartografia e geografia, mas, sobretudo, a inclusão de portadores de necessidades especiais.

O projeto Robótica Pedagógica de Baixo Custo [d'Abreu 1999] está sendo desenvolvido pelo Núcleo de Informática Aplicada à Educação (Nied) da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e a divisão de robótica do CTI-CENPRA. O objetivo geral do projeto é lançar as bases para programas de robótica pedagógica de baixo custo para serem inseridos em escolas e centros de difusão tecnológica.

3.6 Robótica e Teoria Sócio-histórica

Ao se observar uma criança manipulando um robô, pode-se dizer que este age como um instrumento mediador entre o aluno (sujeito) e o objeto de sua ação (simbólico: idéia ou conceito ou físico). O robô, sob a perspectiva do sócio-interacionismo, é um instrumento de transformação que altera materialmente o ambiente. Assim, ao usar um robô para deslocar ou carregar um objeto, a criança está se apropriando dos seus usos e vendo sua importância como artefato cultural.

Mas, se a criança não só manipula o robô, mas o constrói e programa, o que está em jogo? Nessa atividade a criança investiga e reflete sobre cada ação realizada, e isso a possibilita explorar as suas potencialidades, as quais o levam a interiorização de novos sistemas simbólicos. Assim, um robô passa a ser um objeto que media relações não só físicas como também cognitivas.

De acordo com as afirmações acima, o uso de robôs na educação pode fazer surgir ou ampliar a zona de desenvolvimento proximal do indivíduo à medida que surgem obstáculos à atividade que está sendo executada ou quando são propostos desafios que o fazem investigar sobre o tema abordado, a refletir sobre o objeto de sua construção e, também, sobre as propriedades específicas do conceito imbricado nessa construção, favorecendo a internalização das mesmas pelo indivíduo. Essa internalização pode ser observada no próprio diálogo com o aluno ou na complexidade dos resultados de suas tarefas.

Esse processo ocorre, como visto, através da linguagem. No trabalho com o significado, no diálogo com a linguagem da robótica, na introdução de conceitos científicos e na busca de sua apropriação pelo aluno, está a possibilidade do processo de generalização, que é fundamental para o pensamento conceitual. Conforme Vygotsky [Vygotsky 1998], a palavra "nunca se refere a um objeto isolado mas a todo um grupo ou classe de objetos. Por essa razão cada palavra é uma generalização latente". A formação de conceitos, segundo ele, resulta de generalizações em níveis diferentes de conceitos, ou seja, consiste em organizá-los em um sistema, tendo como critério o grau de generalização.

A utilização da robótica no ensino favorece um processo de apropriação cultural específico, contribuindo para a formação de um modo particular de pensar e de ver a realidade. E os conceitos robóticos podem ser visto como ferramentas desse pensamento. É preciso salientar que o desenvolvimento de conceitos é, ao mesmo tempo, uma mudança na forma de lidar praticamente, empiricamente com o objeto e na forma de pensar teórica-

mente. Nesse sentido, são extremamente úteis as formulações desse autor sobre conceitos científicos e conceitos cotidianos.

Na robótica, alguns conceitos são mais gerais, porém elementares, como: força, engrenagem, máquinas simples, atuadores, sensores. Além desses, vários outros são essenciais para compor um modo de pensar que seja instrumento de análise da realidade. Não é o caso de analisar o conteúdo escolar em si mesmo, mas de atribuir importância para esse conteúdo como ferramenta intelectual. Nesse caso, não podemos abonar práticas de ensino voltadas para a memorização, para a associação de palavras, para a definição de fenômenos físicos.

Um robô, enquanto conteúdo escolar, não é concebido apenas como um instrumento físico, mas como materialização de modos de vida, como um espaço simbólico. Seu estudo objetiva desenvolver no aluno a compreensão de um modo de vida da sociedade contemporânea.

Nesse processo de formação de conceitos, o professor, como mediador, deve propiciar a expressão, a comunicação da diversidade de símbolos, significados, valores, atitudes, sentimentos, expectativas, crenças e saberes, habilidades, qualidades ou características estas que estão presentes ao se construir um protótipo robótico. O contato com esse contexto específico pode favorecer a criação de ZDP para diversos conteúdos científicos estruturados pela robótica.

Como se percebe, a formação desses conceitos pelo ensino não é uma tarefa simples. Por isso mesmo, as contribuições de Vygotsky dão pistas valiosas para o cumprimento dessa tarefa de modo mais eficaz, entendendo que, nesse processo, as palavras, a linguagem da robótica, são signos que, em princípio, têm o papel de meio na formação de um conceito e, posteriormente, tornam-se seu símbolo no pensamento do aluno. Na concepção de Vygotsky, não se ensina conceitos aos alunos, pode-se, no máximo, apresentar definições de conceitos (que são uma expressão particular desses conceitos) para serem reproduzidas pelos alunos. Na verdade, são os próprios alunos que formam seus conceitos sobre as coisas, e o professor é um mediador nesse processo ao trabalhar com a linguagem da robótica, ao propiciar a negociação/apropriação de significados. Contudo, Vygotsky afirma que é necessário que o conceito espontâneo tenha alcançado um certo nível para que o conceito científico correspondente seja internalizado.

"Todos conhecemos o grande papel que nos jogos da criança desempenha a imitação, com muita frequência estes jogos são apenas um eco do que as crianças viram e escutam dos adultos, não obstante estes elementos da sua experiência anterior nunca se reproduzem no jogo de forma absolutamente igual e como acontecem na realidade.

O jogo da criança não é uma recordação simples do vivido, mas sim a transformação criadora das impressões para a formação de uma nova realidade que responda às exigências e inclinações da própria criança" [Vygotsky 1998]

Assim, a robótica proporciona duas faces de uma mesma realidade: uma ferramenta física e uma simbólica. A física, como ferramenta de trabalho. Enquanto entidade simbólica, a robótica é constituída de sistemas simbólicos como a matemática, a linguagem, a física, a mecânica, dentre outras que a constitui.

Desta forma, os elementos básicos da teoria de Vygotsky sobre o desenvolvimento do pensamento humano, destacados no capítulo 2, ajudam a encaminhar uma relação entre a teoria de Vygotsky e uma orientação metodológica para a robótica educacional.

3.7 Considerações

Nesse capítulo, a robótica foi apresentada, com suas áreas de atuação e sua origem. Esse conjunto de informações serviu de base para podermos conceituar e analisar o seu uso na educação.

Com base no referencial teórico apresentado no Capítulo 2 foi possível analisar os robôs como elemento mediador com base na teoria histórico-cultural de Vygotsky. Agora, com todo esse referencial teórico, podemos partir para a apresentação do sistema de Robótica Educacional RoboEduc, cuja essência foi concebida a partir deste trabalho. Essa apresentação será feita no capítulo 4 e no capítulo 5.

Capítulo 4

RoboEduc: *hardware e software*

"As novas tecnologias (...) não saíram do nada repentinamente, com o sinistro objeto de dominar o mundo. Foram chamadas pela evolução geral da sociedade, pertencendo à lógica geral da época. Não podem fixar-se a uma estratégia de dicotomia contábil, que visaria reduzir a coluna de efeitos negativos e alargar a de efeitos positivos. O que está em causa é o bloco histórico do qual as novas tecnologias saíram. O futuro só pode ser definido a partir do futuro da própria modernidade. "

Jean Chesneaux

No capítulo 3 foi apresentada a definição de um ambiente de robótica educacional como sendo um ambiente que possui, além de material técnico de Robótica, aspectos pedagógicos bem definidos. Essa definição foi usada como base para o desenvolvimento do ambiente de robótica Educacional RoboEduc, cuja proposta surgiu a partir deste trabalho. Ou seja, mais do que um software, o RoboEduc nasceu como uma técnica de ensino, que consiste em juntar metodologias de educação e uma parte técnica (robôs e computação).

O objetivo principal desse capítulo é apresentar o *software* educacional RoboEduc. O RoboEduc tem como objetivo propiciar meios para que os diversos recursos disponíveis no computador, como multimídia, programação e controle de robôs possam ser utilizados de forma integrada e contextualizada nas séries iniciais do Ensino Fundamental, seguindo a perspectiva histórico-cultural de Vygotsky. O sistema desenvolvido será apresentada na Seção 4.2.

Será apresentado, também, uma breve descrição do Kit Lego Mindstorms, produto da Lego destinado para educação tecnológica. Esse kit é constituído por peças da linha tradicional (tijolos, placas, rodas) e da linha *LEGO Technic* (tijolos vazados, motores, eixos, engrenagens, polias e correntes), acrescido de sensores de toque, de luz e de temperatura, e um processador programável, o módulo RCX (*Robotic Command Explorer*) para montagem de protótipos robóticos e de um hardware (que pode ser proprietário ou não) usado

para o desenvolvimento de protótipos robóticos. As peças do *kit*, apresentados na Seção 4.1, foram usados como *hardware* neste trabalho.

4.1 Hardware do RoboEduc: A plataforma Lego Mindstorms

Como visto no capítulo 3, o sistema Lego Mindstorms é fruto da parceria entre o *MIT Media Laboratory* e a Lego e teve o apoio de Seymour Papert e de Mitchel Resnick, através do *Epistemology and Learning Group*. É importante ressaltar que a designação Mindstorms é parte do título de uma publicação de Seymour Papert, *Mindstorms: Children, Computers and Powerfull Ideas* [Papert 1994, Miranda 2006].

A tecnologia Lego Mindstorms foi desenvolvida e lançada para adolescentes e o mercado educacional, mas acabou por se tornar alvo de adultos, o que impulsionaram as vendas. Basta, por exemplo, realizar uma busca na Web usando as palavras Lego Mindstorms para encontrar várias aplicações em robótica que usam o referido *kit*.

O kit da Lego Mindstorms é composto por uma unidade de controle, o RCX (Figura 4.1), uma torre de comunicação com o computador por infravermelho, dois motores, sensores e várias peças para montagem dos protótipos. O RCX (Robotics Command Center) é componente fundamental do kit. É um pequeno bloco (9,5cm x 6,3 cm x 4 cm) que é o centro de controle do robô, dispondo de três entradas (1, 2 e 3), onde pode-se ligar sensores, e de três saídas (A, B e C), para ligar atuadores que são normalmente motores (Figura 4.1).

O RCX tem um visor de cristal líquido e quatro botões. Estes botões permitem realizar funções como ligar/desligar, iniciar/parar um programa, selecionar o programa desejado ou monitorar as entradas ou saídas, através da função "*view*". Na parte posterior, possui uma caixa para 6 pilhas do tipo AA (1,5 V) que têm a função de alimentar todo o sistema.



Figura 4.1: RCX

Para funcionar, o robô precisa ser programado: é necessário programar as respostas aos estímulos que o robô irá obter através dos seus sensores. Antes de programar o

RCX, é necessário carregar o *firmware*, que permitirá ao processador operar e executar os programas que venham a ser carregados para o RCX.

O *firmware* é uma extensão da memória ROM. Na memória ROM, encontra-se o *firmware* básico, que vem com o RCX, ou seja, um conjunto de instruções que permite as funções mais elementares de acesso ao hardware, providas pelo fabricante. Mesmo sem carregar o *firmware*, com o *firmware* básico o RCX consegue se comunicar com a torre de infravermelhos, bem como executar cinco programas já incorporados. O *firmware* carregado irá servir de complemento às instruções que se encontram na memória ROM, situando-se num nível superior. Este fica armazenado na memória RAM e basta ser carregado uma vez, a menos que sejam retiradas as pilhas ou se descarreguem.

Para programar e carregar o *firmware* para o RCX, bem como programar e carregar os outros programas, é necessário um computador ao qual se liga a torre de infravermelhos. É esta torre, mostrada na Figura 4.2, que envia a informação em forma mensagens (ou pacotes) para o receptor de infravermelhos existente no RCX. Toda a comunicação entre o computador e o RCX é feita através de codificação usando luz infravermelha, utilizando os emissores/receptores presentes no RCX e na torre.



Figura 4.2: Torre

A torre pode funcionar ligada à porta serial ou à porta USB do computador. Pelas características próprias da porta USB, a torre USB não necessita de alimentação, o mesmo não sucedendo com a versão para porta serial. É necessário utilizar uma pilha de 9V para alimentar o emissor/receptor de infravermelhos.

O *firmware* consome aproximadamente metade da memória do RCX, sobrando em torno de 16 Kb para os programas de usuário. Estes valores referem-se ao *firmware* padrão, fornecido pelo fabricante. Há possibilidade de carregar versões mais simples, que ocupam menos espaço na memória, com a desvantagem de exigirem uma programação mais complexa.

Existem várias possibilidades de se programar um robô construído com tecnologia Lego, sem utilizar o software do fabricante, com tecnologia aberta e livre. Alguns dos ambientes de programação disponíveis são: o NQC, o BriccxCc e ainda o compilador leJOS. Existem ainda outras possibilidades para programar o RCX, sendo a maioria de utilização livre. O ambiente do fabricante, o RoboLab, embora não seja uma ferramenta de utilização livre, será descrita aqui por ser usada no nível 4 de programação do RoboEduc.

Entradas do RCX: sensores

O RCX possui três entradas, onde pode-se ligar sensores, fornecidos pela Lego ou fabricados por outras empresas, ou até mesmo sensores criados pelo próprio usuário. O sensor de toque (figura 4.3(a)) é essencialmente um interruptor, que é fechado quando pressionado e encontra-se aberto quando o sensor é liberado. O sensor de luz (figura 4.3(b)) é um tijolinho Lego de 2 x 4 cm, que contém um diodo que emite luz vermelha (LED) e um foto-transistor. O LED vermelho acende a área em frente do tijolo, a foto-transistor mede a intensidade da luz refletida. O sensor retorna um valor entre 0 % a 100 %. Todos os kits educacionais são fornecidos com sensores de luz e de toque. O sensor de rotação (figura 4.3(c)) consegue detectar rotações de $1/16$, ou seja, $22,5^{\circ}$. Este sensor tem ainda a capacidade de distinguir o sentido da rotação.



(a) Sensor de Toque



(b) Sensor de Luz



(c) Sensor de Rotação

Figura 4.3: Sensores Lego

Saídas do RCX: atuadores

Como visto acima, o RCX dispõe de três saídas: A, B e C, nas quais podem ser ligados atuadores tais como motores ou qualquer outro receptor (lâmpadas, por exemplo) desde que este possua determinadas características eletromecânicas. Um desses receptores que vem no kit é a lâmpada, mas podemos ligar outro tipo de receptor. Quando a submetida a uma tensão de 9V, a lâmpada é percorrida por uma corrente de aproximadamente 30mA. Na verdade, se pensarmos em dispositivos de *output* no seu sentido mais geral, devemos considerar também o auto-falante, o visor LCD e a porta de comunicação com a torre.

A Lego oferece para esse kit três tipos de motores, o motor sem redução de 9V (Figura 4.4(a)), o Micro Motor Lego 9V com redução (Figura 4.4(b)) e o motor com 9V com redução (Figura 4.4(c)), esse motor pode ser ligado as portas A, B ou C. Esse último merece especial atenção, pois este é o modelo fornecido nos kits Lego Mindstorms e utilizado nos protótipos desenvolvidos durante as oficinas de robótica. Os dois primeiros motores são vendidos separadamente.



Figura 4.4: Motores Lego

Peças para construção

Na construção de protótipos robóticos é possível utilizar todas as peças para montagem disponíveis pela Lego. Assim, é possível fazer várias construções distintas. O Kit Lego Mindstorms possuem peças com várias finalidades, a saber:

1. Sistema elétrico

Constituído de cabos de energia que servem para conectarmos o RCX aos sensores e aos motores e lâmpadas. Nos kits veem com dois tipos de cabo de energia, os pequenos que medem 16 cm e os grandes com 1,5 m.

2. Estruturas

As peças de estruturas são constituídas de pranchas duplas e pranchas simples, que servem para dar uma base de sustentação para montagem de estruturas e apoio de componentes. Os blocos com e sem furos são essenciais na montagem de estruturas e veículos. Essas peças, permitem também o acoplamento de eixos de rodas para movimentos. Outras peças importantes são os tijolos para montagens de estruturas rígidas. Esses tijolos são encontrados nas versões 2x2, 2x3, 2x4, 2x6, 2x8 e 2x10.

3. Transmissão de Movimento

As peças que possibilitam a transmissão de movimentos são os eixos que permitem a conexão de motores com engrenagens que transmitem a força para as rodas, proporcionando movimento. Outras peças importantes são as engrenagens, coroas (engrenagens que permitem a transmissão de movimento perpendicularmente), cremalheiras (engrenagens chatas que permitem a transmissão de movimento em elementos planos), rodas, pneus e esteiras.

4.2 O Software Educacional RoboEduc

O *RoboEduc* dá suporte ao ensino de conceitos de robótica e programação de robôs, assistindo na construção, controle e programação de diversos modelos de protótipos de robôs, e permite o aprendizado de comportamentos usados para os robôs construídos [Barrios Aranibar et al. 2006]. O RoboEduc é um *software* educacional desenvolvido

para funcionar com mediador em atividades de robótica educativa. O RoboEduc não serve somente para programação, mas também para design de robôs. Para utilização do *software* não é exigido nenhum conhecimento prévio de computação ou experiência em programação de computadores e dispositivos.

Este *software* vem sendo desenvolvido de forma contínua e participativa, tendo todas as suas ferramentas idealizadas, projetadas e depuradas segundo as necessidades relatadas por seus usuários e pela equipe de robótica educacional do Laboratório NatalNet. O *software* tem uma interface gráfica amigável (ou seja, que a criança consegue interagir com facilidade), o que torna o aprendizado muito mais atrativo para as crianças. O intuito é fazer com que as mesmas controlem e programem robôs construídos com peças Lego Mindstorms.

Como sugerido, ele permite trabalhar em dois modos de operação: controle e programação. No primeiro modo, os comandos estão disponíveis para a atuação direta sobre o robô. Já no modo de programação, o usuário pode criar um programa usando os comandos dentro de uma linguagem de programação desenvolvida para tal propósito, a linguagem RoboEduc.

Outra característica importante do *software* é que ele permite o movimento de um protótipo através do teclado e do mouse. O *software* foi desenvolvido em Linguagem C e XML, com total execução dentro do RCX (neste caso autônomo) ou também executando em ambos RCX e computador (controlado) [Barrios Aranibar et al. 2006].

Engenharia de Software

O modelo evolutivo de Engenharia de *Software* foi usado para desenvolver o RoboEduc. Neste paradigma, um *software* deve ser desenvolvido a partir da evolução de protótipos. Segundo Pressman [Pressman 2002], a prototipagem é uma abordagem baseada numa visão evolutiva do desenvolvimento de *software*, afetando o processo como um todo. Esta abordagem envolve a produção de versões iniciais - "protótipos- de um sistema futuro com os quais se pode realizar verificações e experimentações para avaliar algumas de suas qualidades antes que o sistema venha realmente a ser construído. A prototipagem evolutiva permite que os requisitos sejam definidos progressivamente, e apresenta alta flexibilidade e visibilidade para os clientes.

O fluxo de atividades do modelo evolutivo caracteriza-se por ser cíclico ou iterativo. Ele começa com o design e desenvolvimento de um protótipo inicial, que deve ser mostrado aos usuários e avaliado. Durante a avaliação, novos requisitos são definidos e devem ser feitas alterações e incrementos ao protótipo inicial. Este ciclo repete-se em direção ao produto final. A grande vantagem deste modelo está em permitir a verificação antecipada do produto final por engenheiros, clientes e usuários, permitindo a correção dos problemas detectados.

Segundo Batista [Batista & Figueiredo 1997], esta abordagem é interessante para o desenvolvimento de *softwares* educativos, pois:

- a) Favorece a comunicação entre a equipe de desenvolvimento e os usuários;
- b) O risco dos programas não ser adaptado ao aluno é minimizado;
- c) Diferentes modelos de análise podem ser conciliados;

- d) A transmissão dos modelos de análises para os de projetos e as retroalimentações são facilitadas;
- e) A correspondência entre o mundo real e as especificações é mais direta.

Apesar da extrema flexibilidade deste modelo e a sua falta de rigor, basear o desenvolvimento no incremento de protótipos pode levar a *softwares* mal documentados e com arquiteturas mal definidas. Como os requisitos estão sempre sendo revistos a cada ciclo de desenvolvimento, torna-se praticamente impossível estimar custos e prazos e planejar as atividades de desenvolvimento.

A implementação do RoboEduc é feita no ambiente de programação C++. Para o desenvolvimento das interfaces com o usuário é utilizado a biblioteca Qt (Qt 3 e Qt 4.3). Para tornar o sistema dinâmico está sendo utilizada linguagem de marcação XML. Os códigos-fontes dos robôs foram programados utilizando a API BrickOS (Sistema Operacional e compilador). Até o momento foram desenvolvidas quatro versões do RoboEduc. Estas serão descritas a seguir.

Primeira versão

A primeira versão RoboEduc implementa somente a funcionalidade de *Controle Remoto*, incluindo a comunicação necessária entre o sistema e o RCX, e isso é possível somente pela porta serial. Na Figura 4.5 temos a primeira tela do RoboEduc. Como pode ser notado, as informações sobre o protótipo ficam em um menu do lado esquerdo e as crianças controlam os protótipos usando as teclas de navegação do teclado. A comunicação entre o programa e o robô era realizada pela porta serial.

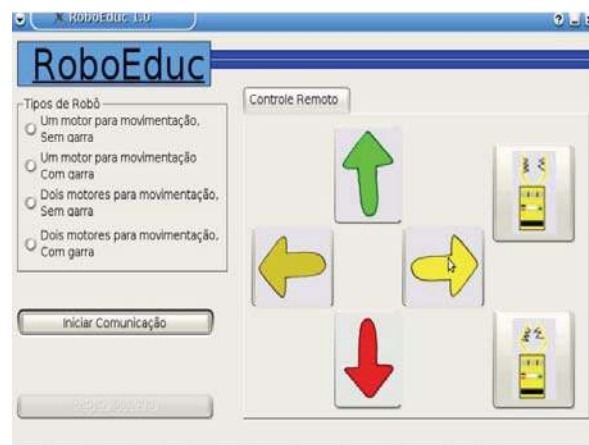


Figura 4.5: Tela do RoboEduc 1.0

Segunda Versão

Na segunda versão [Santos 2006] foram implementadas as funcionalidades *Controlar Protótipo*, *Programar Protótipo* e *Executar Programa Aprendido*. A comunicação entre o programa e o robô passou a ser realizada pela porta USB.

Na tela principal (Figura 4.6(a)) do sistema RoboEduc é disponibilizado ao usuário um modelo, que foi montado previamente (professor e/ou monitor) e com o qual pretende-se utilizar o *software*. Existem vários modelos disponibilizados para essa versão do sistema, tais como robô escritor, robô carregador, robô corredor, robô segurador, robô lixeira e robô batedor.

Após escolher o modelo na tela inicial, é solicitado que o usuário escolha os componentes de hardware existentes no protótipo montado na (Figura 4.6(b)). Isso deve ser feito especificando a maneira de locomoção bem como a quantidade, tipo e posição de sensores, atuadores e motores. Depois desta etapa, é apresentada ao usuário uma tela com a descrição do modelo escolhido, bem como as suas funcionalidades. Nesse momento, pode-se escolher o que se pretende fazer: Controlar o Protótipo, Programar o Protótipo ou Executar Programa Aprendido (Figura 4.6(c)).

Controlar Protótipo

Quando o usuário pressiona o botão de comando, a ação correspondente é enviada para ser executada. Ou seja, cada comando é representado por um botão, sendo enviada uma mensagem para o protótipo através de um protocolo de comunicação.

Ensinar Protótipo

Quando o usuário está controlando um protótipo, existe também uma opção que permite o armazenamento dos comandos executados através do controle em um arquivo que poderá ser executado posteriormente. Dizemos neste caso que o robô está aprendendo ações que foram ensinadas pela criança, pois ele guarda a seqüência de comandos no arquivo, que pode ser carregado depois e executado. Então, o robô sabe executar certas ações aprendidas nesta opção.

Executar Programa Aprendido

Executar Programa Aprendido refere-se a procurar o arquivo no qual o programa está escrito, mostrar o mesmo na tela de programação no nível adequado e executar os comandos contidos no programa. Este caso de uso aparece em dois momentos no sistema:

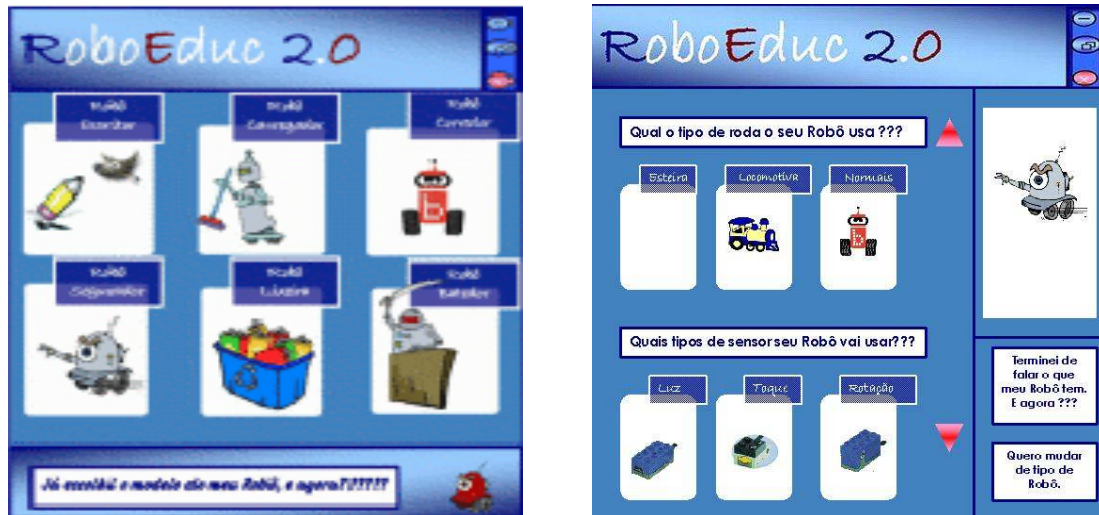
- Após ser escolhido o protótipo e os seus componentes, o usuário escolhe o que se deseja fazer: Controlar protótipo, Programar protótipo e Executar Programa Aprendido.
- E como uma funcionalidade de programação.

Enviar Comando

O caso de uso Enviar Comando exige o envio de pacotes efetivamente ao robô (para o RCX) através de um protocolo de comunicação que utiliza a torre ligada ao computador. Para que tais pacotes sejam enviados, faz-se necessário pressionar o botão referente à ação.

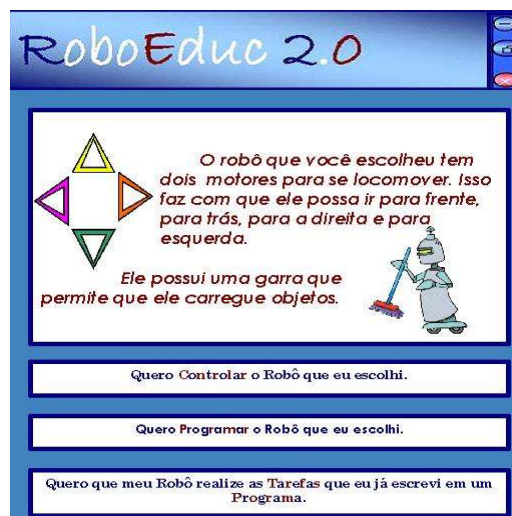
Enviar Programa

Este caso de uso diz respeito ao ato de enviar o programa já compilado e verificado para o RCX. Implicitamente espera-se que esse caso de uso faça também a inicialização e verificação do protocolo de comunicação.



(a) Tela Inicial do roboEduc 2.0

(b) Tela Componentes do robô



(c) Tela Funcionalidades

Figura 4.6: Telas do RoboEduc 2.0

Terceira Versão

Na terceira versão, o diferencial em relação à anterior é a interface do *software*. Também, encontra-se implementado o modo ensinar protótipo. Basicamente, além de controlar um protótipo, o aluno tem a opção de armazenar os comandos executados em um arquivo, para executá-lo outra vez. Pode também abrir um arquivo existente e executá-lo. A Figura 4.7(a) mostra a tela inicial do RoboEduc 2.1. Na tela Controle de Protótipo (Figura 4.7(b)) o usuário controla um protótipo robótico. Na tela Ensinar Protótipo (Figura

4.7(c)), a criança poderá salvar todas as ações feitas em um arquivo e usá-lo posteriormente.



(a) Tela Inicial do roboEduc 2.1



(b) Tela Controle de Protótipo



(c) Tela Ensinar Protótipo

Figura 4.7: Telas do RoboEduc 2.1

Quarta Versão

Na sua quarta versão [Barros 2008], a interface do RoboEduc é totalmente reformulada. A equipe de desenvolvimento opta por usar algo mais infantil, ficando claro a opção pelas séries iniciais do Ensino Fundamental. Outra novidade é a implementação do **Módulo Autoria**. Esse módulo é destinado a professores ou monitores (alunos ou não) de robótica educacional.

Nesse módulo, o professor pode projetar o protótipo e definir a tarefa a ser executada por um robô. Nessa quarta versão, logo na tela principal do RoboEduc (Figura 4.8), o



Figura 4.8: Tela Inicial do RoboEduc 3.0

usuário visualiza o módulo **Aluno** e o módulo **Autoria**. No módulo Autoria o usuário poderá definir previamente as seguintes funcionalidades:

1. *Cadastrar Modelo, Base, Atuador, Sensor, Ação, Sentido*

Na tela (figura 4.9) são apresentados os modelos já cadastrados e há a opção de adicionar novos modelos. Ao pressionar no botão Criar, o usuário cadastra o nome, a descrição e associa uma imagem do tipo GIF animado ao novo modelo. O mesmo procedimento deve ser adotado para cadastrar:

- Modelo: um modelo é uma representação genérica de um robô.
- Base : Uma base é uma estrutura de sustentação onde são montadas o corpo do robô.
- Atuador: meio pelos quais um robô provoca mudança no ambiente ou em si mesmo.
- Sensor: dispositivo que permite um robô perceber o ambiente
- Ação: é a forma como o robô vai interagir com o ambiente.
- Sentido: é uma maneira de sincronizar os movimentos do atuador para dá semântica as ações do robô.

Nessa tela, o usuário (professor ou tutor) pode criar o manual de montagem do protótipo.

2. *Cadastrar protótipos e tarefas;*

3. *Enviar Firmware para o robô:* o mesmo das versões anteriores;

4. *Selecionar protótipos cadastrados:* o mesmo da versão anterior;

5. *Controlar Protótipo:* o mesmo da versão anterior;

6. *Ensinar Protótipo:* o mesmo das versão anterior;

7. *Programar Protótipo:* ao pressionar o botão do mouse no ícone, é exibida uma outra tela ao usuário, a tela programação, mostrada na Figura 4.10.

Nessa tela, o usuário tem possibilidade de programas em cinco níveis distintos de programação. Cada nível refere-se a uma abstração diferente dos objetos disponíveis para a programação do robô:

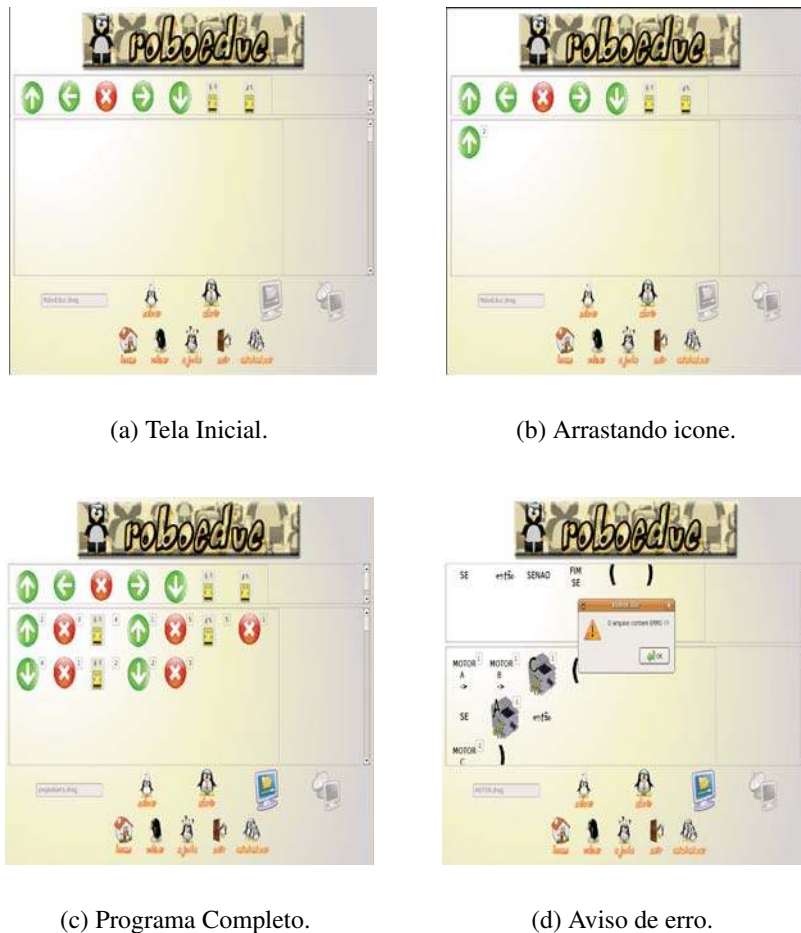


Figura 4.9: Tela do Nível 2



Figura 4.10: Tela Níveis de Programação

- i) *Nível 1* (Figura 7) é o nível mais elementar. As funções são semelhantes ao Controlar Protótipo. No entanto, a programação é realizada no modo gráfico por meio do mecanismo arrastar-soltar (*Drag&Drop*). Nesse nível, o usuário pode: Compilar Programa, Enviar Programa, Salvar Programa, Abrir Programa. A tradução da linguagem gráfica para a linguagem entendida pelo RCX é transparente ao usuário.
- i) *Nível 2* (Figura 4.12) possui funções semelhantes à anterior e o mesmo modo de programação, só que agora foram acrescentadas estruturas de fluxos (se e então).
- i) *Nível 3* (Figura 4.13) tem as mesmas funcionalidades do nível 2, mas a forma de programar é diferente. Passa-se do gráfico para o textual (ou comandos de linha). Nesse nível o usuário programa usando a linguagem de programação "RoboEduc", desenvolvida especificamente para programação de robôs móveis, que será descrita na Seção 4.2. O usuário programa usando um editor de texto semelhante aos editores de outras linguagens existentes. A extensão do arquivo fonte é denominada .rob.
- i) *Nível 4* (Figura 4.14) tem as mesmas funcionalidades e modo de programação do Nível 2, só que as funções são semelhantes (em taxa de abstração) às do RoboLab.



(a) Tela Inicial.

(b) Arrastando icone.

(c) Programa Completo.

(d) Aviso de erro.

Figura 4.11: Nível 1

- i) *Nível 5* (Figura 4.15) usa-se as funções do BrickOS[BrickOS 2006]. A programação é realizada no modo textual também. A diferença é que nesse nível também é possível compilar o programa desenvolvido.

8. *Enviar Programas*: o mesmo que a versão anterior.

A tabela 4.1 contém um resumo das versões do *software*. Para mais detalhes, ver os trabalhos de Santos[Santos 2006] e Barros[Barros 2008].

A Linguagem RoboEduc

Para que se tenha controle adequado dos movimentos de um robô móvel, especificamente da Base Móvel, é necessário possuir um conjunto de comandos que permitam a um usuário fazer com que o robô se movimente da maneira desejada. Também, deve-se permitir a construção de programas que descrevam uma determinada tarefa que o robô deve executar, escrevendo os mesmos em disco rígido para possibilitar a sua repetição

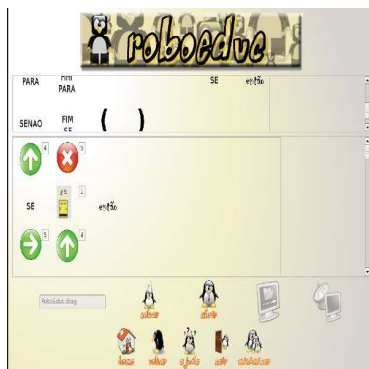


Figura 4.12: Tela do Nível 2



Figura 4.13: Tela do Nível 3

Funcionalidades	Versão			
	Primeira	Segunda	Terceira	Quarta
Enviar <i>Firmware</i>	*	*	*	*
Controle Remoto	*	*	*	*
Programar Protótipo		*	*	*
Executar Programa Aprendido		*	*	*
Enviar Comando			*	*
Enviar Programa			*	*
Ensinar Protótipo			*	*
Salvar Comando em Arquivo				*
Módulo Autoria				*

Tabela 4.1: Versões do RoboEduc

posterior. Ou seja, para tanto, é necessário ter uma linguagem de programação para o robô.

Para permitir a programação dos protótipos, foi especificada e criada uma linguagem para programação de robô móveis, denominada RoboEduc [Barros 2008]. Esta linguagem é simples, procedimental (*procedural*), sendo composta basicamente por uma série de



Figura 4.14: Tela do Nível 4



Figura 4.15: Tela do Nível 5

comandos e por uma estrutura adequada para a descrição dos movimentos de um robô. Os comandos são utilizados nos níveis 1, 2 e 3 de programação. A descrição desta linguagem e seus aspectos fazem parte de dois outros trabalhos de pesquisa: um já finalizado por Barros [Barros 2008] e outro em andamento. Esses são trabalhos paralelos ao nosso, e, apesar de termos colaborado na especificação das bases da linguagem, não é o escopo da presente pesquisa.

4.3 Considerações

O RoboEduc é um software educacional destinado ao ensino de robótica. Os principais objetivos desse *software* são:

- Auxiliar crianças que cursam as séries do Ensino Fundamental em relação a montagem, controle e programação de protótipos robóticos;
- Auxiliar professores do Ensino Fundamental a desenvolvem atividades para o uso de robôs com elemento mediador no processo de ensino-aprendizagem.

Ao realizar as ações de controle as crianças têm uma ferramenta física e também signos que as fazem ter ações mais reflexivas. As peças do kit são transformadas em elemen-

tos icônicos na tela inicial do Módulo Aluno e e no Módulo Autoria. Essa transformação possibilitam uma internalização dos significados das peças Lego. O mesmo acontece com as ações de controle são transformadas em signos como as setas que indicam a direção (frente, ré) e os sentidos (direita, esquerda).

No entanto, acreditamos que o uso pedagógico do *software* requer uma base metodológica e planejamento adequado de modo que possa-se utilizar a robótica nas séries iniciais do Ensino Fundamental. No próximo capítulo será apresentado a proposta metodológica que visa tornar a robótica um elemento mediador no processo de ensino-aprendizagem.

Capítulo 5

RoboEduc: Metodologia para Robótica Educacional

"Mudar sim, mas reconhecer a mudança. Preciso ser coerente com o direito que tenho de mudar."

Paulo Freire

O propósito fundamental desta tese é discutir e propor uma metodologia para introdução de robótica às crianças do Ensino Fundamental. Então, podemos iniciar questionando-nos como oferecer a elas, no início da escolaridade, atividades que propiciem oportunidade de construir os conceitos fundamentais para que favoreçam a construção de conceitos científicos, mais especificamente, relacionados a robótica.

Baseado na teoria histórico-cultural, que foi introduzida no Capítulo 2, podemos entender que é a criança que constrói esse conhecimento, refletindo sobre suas ações. Essas reflexões são frutos de suas experiências coletivas e estão integradas às experiências anteriores, resultando na construção de conceitos cada vez mais complexos. Nesse processo, a qualidade das experiências é um fator muito importante e depende de várias condições, tais como a interação com os companheiros, a relação professor-aluno e os materiais didáticos disponíveis. Assim, apresentamos uma proposta metodológica para o uso de robôs na educação a partir das primeiras séries do ensino Fundamental.

O uso de robótica na educação requer um planejamento cuidadoso de todas as etapas do processo ensino-aprendizagem. Este uso não se limita a simples montagem de protótipos, mas, sobretudo, como e quais conceitos podem ser abordados ao se elaborar tal protótipo.

Para uma elaboração e aplicação de Robótica como elemento mediador do processo de ensino aprendizagem é preciso seguir algumas etapas fundamentais, como: formação em robótica educacional, que visa discutir sobre os problemas cotidianos relativos à área, estruturação das oficinas, visando a formação dos grupos para aplicarem as oficinas e a produção dos recursos a serem utilizados e por fim a realização das oficinas de robótica e avaliação de todo processo. A figura 5.1 apresenta uma visão geral dessa proposta. Cada etapa será descrita nas seções 5.1, 5.2 e 5.3.

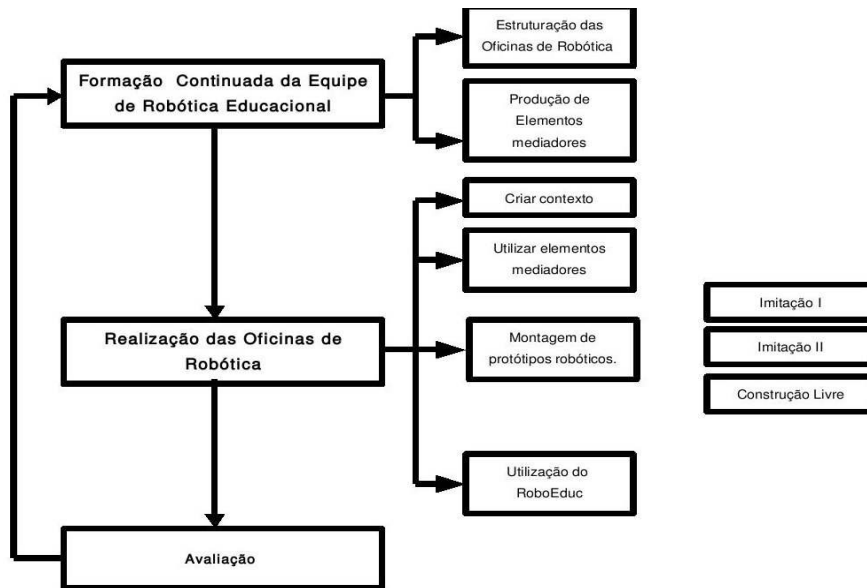


Figura 5.1: Estrutura da Metodologia

5.1 Formação em Robótica Educacional

A primeira etapa para utilização de robôs como mediadores no processo de ensino aprendizagem é a elaboração de um plano de ação que consiste em analisar as estratégias, os conteúdos e a forma como os robôs serão utilizados em sala de aula. Nessa etapa, as primeiras reuniões são sistematizadas com a comunidade educacional e os objetivos são expostos e re-elaborados.

As reuniões devem ser feitas com todos os envolvidos no projeto. É muito importante nessa etapa agrupar pessoas das mais diferentes áreas para que se possa coletar as várias informações e experiências.

A seguir é delimitada toda a estrutura básica da utilização da robótica na escola, que compreende o conhecimento teórico e prático sobre robótica, isto é, é o momento da elaboração de um pré-projeto. Para a execução do pré-projeto, é de suma importância que as pessoas envolvidas nesta fase do trabalho tenham um conhecimento mínimo sobre robótica, sobre os aspectos importantes da teoria de Vygotsky (mediação, zdp etc), para poder discernir e identificar as estratégias de ação. Isso significa que um estudo teórico e prático, através de capacitação e atualização, se faz necessário, pois, nas fases seguintes, os docentes terão que interagir com os alunos para que esses possam atuar nas zdp que vão surgindo com as interações com novos conhecimentos.

É importante lembrar, que, nesse momento, o que é traçado é um plano geral, para que os envolvidos possam ter uma dimensão do que se quer atingir, de onde o aluno deve sair e até onde pode chegar. Mas, que o planejamento será refeito a cada interação em sala de aula, pois, a cada zdp que surge nos alunos, velhas e novas estratégias podem ser utilizadas.

Portanto, o trabalho de robótica com crianças requer ações que reconheçam as expe-

riências de vida cotidiana e que abordem conceitos científicos que as levem à construção de conhecimentos, proporcionando mudanças cognitivas em nível coletivo e individual. Nessa perspectiva, usamos como estratégia para aplicação da metodologia, oficinas pedagógicas para trazer ao espaço escolar a robótica pedagógica. Concordamos com a opinião de Cubelles [Cubelles 1987] que se refere à oficina como:

tempo-espaço para a vivência, a reflexão, a conceitualização: como síntese do pensar, sentir e atuar. Como o lugar para a participação, o aprendizado e a sistematização dos conhecimentos. (...)

As oficinas são espaços de construção coletiva de um saber, de análise da realidade, de confrontação e intercâmbio de experiências, de exercício concreto dos direitos humanos. A atividade, a participação, a socialização da palavra, a vivência de situações concretas através de sócio-dramas, a análise de acontecimentos, a leitura e discussão de textos, a realização de vídeo-debates, o trabalho com diferentes expressões da cultura popular, etc, são elementos presentes na dinâmica das oficinas.

Como base nessa proposta, as oficinas devem ser desenvolvidas de modo que as crianças adquiram conhecimentos de robótica, informática, matemática, física, dentre outras, além de desenvolver habilidade para montar os robôs e de poder fixar conteúdos de outras matérias comuns do seu segmento. Cada oficina é dividida em duas partes: o trabalho com informática, sempre de forma lúdica, e trabalho com Robótica. Este consiste em abordar aspectos teóricos tais como, por exemplo, montagem e manipulação de robôs construídos com o kit Lego. Com essa estrutura, as oficinas são divididas em quatro grandes momentos, que são descritos abaixo.

Como nossa proposta traz consigo uma perspectiva histórico-cultural, isso implica que os conceitos a serem abordados sejam selecionados a partir de um referencial próximo aos profissionais que irão trabalhar com robótica, suas perspectivas em relação à robótica e relacioná-la com sua prática na escola. Isso é importante, porque os profissionais verão a importância dessa forma de agir quando trabalharem com as crianças. Isso significa que, ao propor atividades de robótica, inicialmente deve-se levar em conta eventos compatíveis com a idade do aluno, e, à medida que esse avance, ir propondo novos desafios para que ele possa ir além. Com base na teoria de Vygotsky, deve-se apresentar uma atividade que promova um colapso cognitivo e esta deva estar presente até que possa ser internalizada.

Para validar o uso de robôs na educação, realizamos oficinas pedagógicas, pois, entendemos a oficina pedagógica como uma metodologia de trabalho em grupo, caracterizada pela cooperação entre parceiros que confrontam e trocam experiências. Assim como com as crianças, as oficinas com os professores seguem as etapas de contextualização, utilização de recursos de informática e utilização de elementos mediadores, descritas nas subseções 5.1.1, 5.1.2 e 5.1.3.

5.1.1 Contextualização da oficina

As temáticas abordadas durante as oficinas procuram contextualizar-se com a realidade da utilização dos robôs em nossa sociedade (ver capítulo 3). A ação pedagógica não

deve desvirtuar a sua aplicação, deixando-a apenas no imaginário infantil. É importante mostrar que um robô é um objeto real, que é uma função no "social", não é construído do nada. É um artefato tecnológico caro, que gasta recursos e que precisam ser seguidas etapas rígidas de planejamento.

Assim, é escolhido um tema para construção de um protótipo robótico seguindo as etapas descritas acima. Aqui, é apresentado o porquê de se construir determinado tipo de robô. Para a sua construção, é necessário o domínio de certos conceitos científicos e julgamos ser importante trabalhá-los nessas oficinas:

1. Máquinas Simples

As máquinas simples são instrumentos capazes de diminuir o esforço físico. As seis máquinas simples são: a alavanca, a polia, o plano inclinado, a cunha, a mola, as rodas e o eixo. Os princípios dessas máquinas são considerados fundamentais porque estão presentes em máquinas mais complexas.

Existem diversos tipos de mecanismos de transmissão e transformação de movimento. Destes, destacamos, as polias, as correias, e as engrenagens que foram usadas na construção de protótipos robóticos móveis.

- *Polias*

Polias são mecanismos de transmissão de movimento que se encontram fixados em eixos de máquinas e motores. As polias necessitam de correias para transmitirem movimento de um órgão de uma máquina para outro órgão da mesma máquina ou de outra máquina. As correias funcionam como elemento de ligação entre as polias.

- *Engrenagens*

A engrenagem é um elemento mecânico extremamente importante para qualquer objeto mecânico. São usadas para realizar diversos tipos de tarefas, sendo a mais importante e a redução na transmissão de movimento. Isto é importante porque um motor pequeno girando muito rapidamente consegue fornecer energia suficiente para um dispositivo, mas não consegue dar o torque necessário. Com a redução de transmissão, a velocidade de saída pode ser diminuída e o torque, aumentado.

2. Torque

Na prática, pode-se entender o torque como uma força que tende a rodar (ou virar) objetos. Formalmente, torque ou momento de uma força é uma grandeza física associada à movimento de rotação de um corpo, em torno de um eixo, que resulta da aplicação de uma força a esse corpo.

Por exemplo, a maçaneta da porta serve para aumentar a distância entre o eixo de rotação e o ponto de aplicação da força. É difícil girar uma maçaneta com a haste quebrada. Portanto, quanto maior for o torque maior será a facilidade para abrir uma porta. Por isso, da mesma forma, é difícil abrir uma porta empurrando-a nos pontos próximos às suas dobradiças (como a distância é pequena, o torque é pequeno).

A rotação provocada por um torque pode ter dois sentidos: o sentido do ponteiro dos relógios e o sentido oposto (isto é, podemos abrir ou fechar uma porta aplicando torques em sentidos opostos). Quando aplicamos dois torques iguais num corpo,

mas com sentidos opostos, existe equilíbrio. O corpo não entra em rotação. Assim sendo, rotações decorrem de torques aplicados ao corpo. Uma vez colocado em rotação, um corpo permanecerá sempre em rotação, a menos que lhe apliquemos torques.

3. Roda e Eixo

O eixo é a reta que passa pelo centro de um corpo e em volta da qual esse corpo realiza um movimento de rotação.

A roda é uma das seis máquinas simples com vastas aplicações no transporte e em máquinas. Normalmente, consiste de um disco sólido ou anel circular com raios, desenhado para girar em torno de um eixo que passa no seu centro. Também pode ser uma forma imaginária traçada por uma manivela enquanto gira.

4. Sensores

Um sensor é um dispositivo que mede o valor de uma grandeza física, como temperatura, luz, velocidade, ou pressão. Os sensores em um robô permitem que este perceba o ambiente e possa agir nele baseando-se nas informações obtidas, isso permite que um robô interaja com o ambiente de forma flexível.

Os sensores podem ser classificados em:

- Sensor interno: fornecem informação sobre o estado interno do robô, como nível da carga de uma bateria, posição ou velocidade da roda, etc.
- Sensores externos: fornecem informações do mundo exterior ao robô. Sensores de toque, de luz, sensores químicos, ultra-som, são exemplos de sensores externos.

5. Atuadores

Atuadores são dispositivos usados para que um robô possa realizar uma dada tarefa.

6. Transmissão de Movimento

O motor é um componente mecânico que converte outras formas de energia em energia mecânica, de forma a impelir movimento a uma máquina ou veículo. No entanto, nem sempre produz o movimento necessário para realizar um trabalho desejado. Para resolver esse problema é usado um mecanismo de transformação de movimento.

- Transformação de movimento: é a passagem de movimento de um órgão da máquina para outro(da mesma máquina), podendo ou não haver alteração da velocidade.
- Transmissão de movimento: a transformação ocorre quando o tipo do movimento sofre alterações num mecanismo de transmissão.

5.1.2 Utilização de Elementos Mediadores

Recursos de Informática

Outro aspecto relevante é o ensino de Informática, não pelo controle dos protótipos, mas, sobretudo, por causa do projeto maior que o presente trabalho de pesquisa faz parte: a Inclusão Digital. O computador é visto aqui como um instrumento que auxilia na construção do conhecimento e, portanto, ser um recurso com o qual o aluno possa criar, pensar

e manipular a informação. O enfoque das atividades será no domínio do computador. O objetivo principal é desmistificar o uso dessa tecnologia, e que as crianças, ao terem o controle do seu uso, possam utilizá-lo para obter informações.

As atividades devem abordar como manusear o computador, o significado dos seus signos e o uso dos mesmos. Esse aprendizado se dará desde o uso de aplicativos (descrito abaixo) até o controle e programação de protótipos robóticos através do RoboEduc.

5.1.3 Outros Elementos Mediadores

Mediados por vários recursos, os conceitos principais de robótica foram sendo construídos nas oficinas. O processo de mediação foi feito através dos recursos descritos abaixo.

1. Linguagem oral e escrita

A expressão oral é uma das formas de mediação comumente utilizada, que deve buscar sempre respeitar e incentivar a fala dos alunos. Esse respeito se mostra ao buscar saber sempre as opiniões dos alunos, seus desejos e idéias para resolver determinado problema. Outra forma de valorizar a linguagem oral é apresentação de conceitos em forma de histórias (quadrinhos, músicas, etc.) e promover a leitura oral por todos os envolvidos (professores e alunos). Isso mostra que todos têm voz durante a realização das oficinas.

Outro elemento importante é a escrita de relatórios sobre o que aprenderam durante as oficinas. Servem não só para que os alunos aprendam a sistematizar, mas também como material para avaliação. Exercícios impressos também são elementos de grande importância, pois podem aliar a linguagem oral e a escrita.

2. Linguagem Infográfica

Infografia provê a representação visual ou gráfica da informação (ou infográfico) [Módolo 2007]. Essa forma é utilizada para explicar um determinado assunto ou conteúdo de forma mais dinâmica. Para produzir um infográfico, pode-se utilizar uma combinação de fotografias, desenhos e texto. É um recurso muito rico, que muitas vezes passa a informação melhor do que os textos tradicionais. Pois, "essa linguagem, que dá preferência à imagem, parece encaixar-se mais adequadamente ao estilo de vida da população: o infográfico é lido em poucos minutos, já que é predominantemente visual, e apresenta-se de uma forma fácil de compreender a uma grande parcela da população" [Módolo 2007].

Segundo Portillo [Portillo 2007], através das infografias é possível apresentar a informação de forma gráfica, cartográfica ou esquemática. Estas contribuem para fomentar fortalecer nos alunos a destreza para a leitura gráfica, entendida como a "aptidão para a representação e interpretação gráfica, a elaboração e o comentário cartográficos, a análise e a correta utilização de diagramas etc".

Os manuais de montagem são infográficos por que utilizam textos e, fotos ou desenhos de como um protótipo pode ser construído. A construção dos robôs deve, inicialmente, partir da unidade para o todo. Os gráficos podem ser completos ou incompletos. Os completos trazem toda a informação de construção, esses são destinados para as atividades iniciais.

À medida que os alunos dominam as peças do kit e os conceitos para construção de um protótipo (base, eixos, motores etc), as informações podem ser dadas de forma parcial. Pode-se iniciar a construção até certo ponto e deixar que os alunos completem o restante até obter um protótipo que realize a tarefa estipulada ou que obtenha apenas informação das etapas finais e devem partir do zero até chegar aquele ponto e construir o protótipo de acordo com as características determinadas.

3. Aplicativos

O uso de aplicativos computacionais para o ensino não é algo novo. Esses aplicativos possibilitam o armazenamento e organização de informações representadas de várias formas, tais como textos, vídeos, gráficos, animações e áudios, possível nos bancos de dados eletrônicos e sistemas multimídia. Portanto, o uso de *softwares* para o ensino tem como objetivo contribuir com o aprendizado que se espera alcançar, ajudando o aprendiz a construir o seu conhecimento. Ainda, segundo Valente [Valente 2004] os aplicativos são extremamente úteis tanto ao aluno quanto ao professor.

A utilização de apresentações multimídias desenvolvidas em *softwares* de apresentação, como o *OpenOffice.org Impress* possibilita a comunicação de conceitos de forma dinâmica e atrativa pois,

- a) o uso de vários elementos integrados, como texto, imagem, áudio, vídeo, animação e gráficos possibilita a criação de um sistema simbólico próprio, adequado ao público final; e
- b) a maneira como a informação está organizada pode favorecer a navegação do aluno no documento; a organização pode ser seqüencial (linear), como acontece obrigatoriamente num vídeo, ou pode ir dando cada vez mais possibilidades de escolha ao aluno, organizada de forma hierárquica e em rede, com o uso de *links* ou *hiperlinks*.

As apresentações podem ser utilizadas para abordar conceitos de robótica, de outras disciplinas ou de informática.

4. Jogos

Como apresentado no capítulo 2, os jogos são elementos mediadores importantes. Em todas as oficinas, eles devem estar presentes, sejam utilizados para avaliação, como jogo da memória, e ou para que as crianças tenham um motivo para controlar e/ou programar um robô. Os jogos devem ser vistos como um recurso didático e devem ter as seguintes características:

- a) possuir regras claras e de preferência, ser conhecida pelos alunos;
- b) provocar colapso cognitivo, isto é, fazer com que a criança crie novas representações;
- c) deve desenvolver nas crianças habilidades e noções bem definidas;
- d) preparar a criança para aprendizagem de conteúdos e desenvolvimento de habilidades escolares.

Em uma brincadeira, sempre existe a figura do ganhador. É importante lembrar que os jogos causam certa frustração aos perdedores, por isso o professor deve aproveitar esse momento para mostrar que se ele não alcançou o objetivo do jogo, é

por falta do domínio da técnica. Essa é para Vygotsky [Vygotsky 1998] uma ótima oportunidade para o aluno aprender.

Como já dissemos, o brinquedo é caracterizado pelo fato de seu alvo residir no próprio processo e não no resultado da ação. Isto é verdadeiro não apenas no caso das brincadeiras do período pré-escolar, mas também em qualquer jogo. Como visto no Capítulo 2, o jogo pode ser visto em dois aspectos: possibilidade de imitação e de criação de novas zonas de desenvolvimento proximal.

O jogo está mais voltado para o desenvolvimento da memória do que o da criatividade [Vygotsky 2004]. Assim, quando joga, a criança é motivada pelo que enxerga e vivencia. E, através das interações com o outro, aprende novas situações, provocando seu desenvolvimento. A coletividade é o motor para o desenvolvimento individual. Dar oportunidade para que as crianças se comuniquem e interajam através de jogos, é favorecer a aprendizagem, é favorecer seu desenvolvimento. Ou seja, enquanto brinca, a criança vai desenvolvendo funções psíquicas e atitudes que dão condições para seu desenvolvimento futuro na escola e na vida, isto porque

(. . .) tudo aparece no brinquedo que se constitui, assim, no mais alto nível de desenvolvimento pré-escolar. A criança desenvolve-se através da atividade de brinquedo. Somente neste sentido o brinquedo pode ser considerado uma atividade condutora que determina o desenvolvimento da criança.

5.2 Realização das Oficinas

Nesta etapa, começa a parte prática, com os alunos (que podem ser professores ou crianças). Como é um trabalho que visa colaboração, os alunos devem ser divididos em grupos. Deve-se buscar a composição de grupos heterogêneos, pois segundo Pozo [Pozo 1998] "... deve haver desníveis no conhecimento para haver trocas significativas". É importante lembrar que esse desnível é contextual.

O contato do professor com o aluno inicia, descobrindo-se suas expectativas sobre robótica e o seu nível real e o potencial para alguns conceitos, tais como leitura, noção de número, sequenciação e ordenação. Esses conceitos são importantes para a construção dos conceitos científicos, destacados acima.

No primeiro contato com os alunos, o professor explica o que é a robótica, como as oficinas serão desenvolvidas, tais como horário, local, atividades, regras de convivência social, que são o centro de todo o trabalho e quais as funções que irão desempenhar. Com isso, começa-se a despertar a curiosidade do aluno e leva-lo a pensar sobre os robôs.

Para facilitar o contato com a robótica o grupo de alunos participantes deve ser subdividido em grupos menores. Isso fará com que, ao atender a um chamado de um grupo, o professor terá a oportunidade de conhecer cada membro do grupo, suas potencialidades e dificuldades. Assim, poderá ajudá-los a superar-se frente aos desafios propostos em cada oficina. Para isso, o professor precisará conhecer, também, como se dá o processo grupal, como as crianças interagem umas com as outras, como são mediadores e como exercem esse papel. Para isso, a ação pedagógica do professor deve ter como base os aspectos afe-

tivos, dessa maneira, cada criança irá adquirir confiança e passará a manifestar suas idéias com convicção e autonomia, expondo assim suas necessidades, ansiedades e o conhecimento já adquirido. Essas informações serão importantes para o planejamento, pesquisas e desenvolvimento de atividades a serem aplicadas durante o trabalho em grupo.

O tamanho reduzido dos grupos (máximo seis pessoas por grupo) amplia as interações e facilita o processo de aprendizado. Os grupos podem ser formados de maneira espontâneas ou podem ser construídos pelo/a professor/a. No entanto, deve-se ter como meta o confronto de diferenças que levem a novas descobertas, ou seja, o surgimento de novas ZDPs. É importante lembrar que o trabalho não visa que todos no grupo pensem igual e produza a mesmas coisas, mas sim, que com base nas interações, diálogos criem novas possibilidades de ação e resolução de problemas. Outra vantagem do trabalho em grupo é o estímulo à autonomia. A cada trabalho em conjunto, cada a criança passa de um nível de alta dependência do mediador (professor/a) para a um nível de independência na formulação de hipóteses.

Outro aspecto é que ao atender um grupo, enquanto os outros trabalham, o professor poderá acompanhar individualmente cada membro para auxiliá-lo na superação das suas dificuldades. Nesse momento se trabalha diretamente com o conceito de desenvolvimento proximal. O mediador precisa conhecer o desenvolvimento real e as potencialidades de cada criança, para que através do auxílio direto, explicações, dicas ou sugestões ajude cada um a avançar, consolidando o desenvolvimento que era apenas potencial. No trabalho individual respeita-se a zona proximal de cada um, pois ela é , como visto no capítulo 2 diferente em cada membro de um grupo.

Outro fator que certamente facilitará o interesse e participação nas oficinas será o uso de conceitos de outras disciplinas abordados na escola, nas oficinas de robótica. Por se tratar de um tema interdisciplinar, a construção de robôs envolve conceitos diversos e pode ser explorados por todas as disciplinas, sem distinção, como, por exemplo:

- *Matemática*: abordar noções de proporção, números naturais e racionais, etc.;
- *Lógica*
- *Português*: instigar, através do uso de um vocabulário e textos específicos, usando conceitos próprios de robótica (robô, atuadores, sensores, etc.), a curiosidade e o interesse dos alunos a trabalhos relacionados a esta temática;
- *História*: expor um breve histórico acerca da origem dos robôs, suas aplicações;
- *Geografia*: abordar noções de localização espacial, aspectos topológicos. Países produtores de robôs, etc.
- *Ciências (Física, Química e Biologia)*: abordar conceitos como Força, velocidade, máquinas simples, etc. materiais usados para construir os robôs, sentido, sistema de locomoção.
- *Línguas Estrangeiras (Inglês e Espanhol)*: trabalhar palavras da língua inglesa referentes não só a robótica como ao uso do computador (*robot, mouse, display, etc.*).

As oficinas são problematizadas e construídas sobre um determinado tema, onde a sequência para a aprendizagem é: Delineamento do Problema, Solução e Construção do Problema e Avaliação. Assim, em cada fase do planejamento, o professor de robótica é a principal figura (protagonista) e cabe a ele, através de sua função, dinamizar as suas aulas a fim de instigar o interesse dos alunos para os conteúdos abordados com o uso de robôs.

O mais interessante é que, no trabalho com robótica, o professor tem mais uma possibilidade de superar a atividade de mero transmissor de conteúdos, para resgatar a tarefa de pesquisador que nele existe, em forma potencial, assumindo assim uma postura crítica, capaz de torná-lo apto a coordenar trabalhos e/ou entre várias disciplinas, de modo interdisciplinar.

5.2.1 Criando contextos

A palavra contexto origina-se do latim *contextuum*, que significa, encadeamento das idéias de um texto. Originário de *contexere*, significa tecer juntos. A palavra "*texto*" vem do latim *texere*, que significa construir, tecer. O particípio passado *textus* também era usado como substantivo e significava "*maneira de tecer*", ou "*coisa tecida*". Com base nessas idéias, as oficinas de robótica são iniciadas com a criação de um tecido cujos fios são tecidos coletivamente. Nesse primeiro momento, é apresentado aos alunos o contexto de cada atividade. Assim, criar contextos é possibilitar a construção de significações em robótica.

Como vimos na Seção 5.2, a robótica pode ser usada em várias áreas do conhecimento. É, portanto, quase inesgotável a quantidade de contextos que podem ser utilizados para ajudar os alunos a dar significado aos conhecimentos relacionados com robótica. Por outro lado, alguns conceitos científicos usados para construção de robôs (máquinas simples, torque, etc.) podem ser próximos ou remotamente familiares aos alunos. Com isso, conclui-se que quanto mais próximo estiver o conhecimento sobre robótica presente na vida pessoal do aluno e no mundo no qual ele atua, mais esse conhecimento terá significado. Assim, a criação de contexto em robótica pode ser feita de duas maneiras, a saber:

- relacionar o conhecimento a vida pessoal e cotidiana dos alunos, isto é, análise dos conceitos cotidianos sobre o assunto e sobre os conceitos científicos a ele inerente;
- relacionar o conhecimento a sociedade ou mundo em que o aluno vive. O desenvolvimento científico é resultado do acúmulo e uso de conceitos construídos historicamente. Isso resulta no surgimento de tecnologias no nosso dia-a-dia. Não ter um robô no seu cotidiano, não nega a existência desse artefato em outros setores da sociedade. A robótica vem sendo aplicada em vários setores, como mostrado no Capítulo 3, e isso é realidade na sociedade da qual o aluno faz parte.

No entanto, criar contexto não é exemplificar. É possibilitar situações de aprendizagem que resultem na construção de significados, é dotar as ferramentas e signos de valores, para que de posse desses elementos o aluno desenvolva-se de maneira significativa e articule positivamente sua ação no mundo.

5.2.2 Montagem de protótipos robóticos

Na etapa de montagem, os alunos separam todos os componentes necessários para produzirem um robô para executar uma determinada tarefa. Ao montarem um protótipo,

os alunos passam a conhecer as peças Lego, adquirindo conceitos e fazendo relação entre as partes e o todo (peças × robô). A montagem possibilita alcançar as seguintes metas:

1. desenvolvimento da coordenação motora fina;
2. desenvolvimento do pensamento seqüencial.

Para que essas metas sejam alcançadas, a aprendizagem da montagem de protótipos deve ser encadeada seguindo as etapas denominadas Imitação I, Imitação II e Construção Livre.

Nas duas primeiras etapas, os conceitos referentes a montagem e desenvolvimento de um protótipo robótico serão construídos através dos processos de imitação, tentativa e acerto/erro e formação de conceitos, abordados no capítulo 2. Como visto, a aprendizagem se dará, inicialmente ao imitar o outro e ao repetir o que já foi feito por alguém. Mas, certamente não uma cópia mecânica de um modelo, mas sim uma cópia ressignificada, onde surgirão questões relativas a subjetividade de cada criança.

Isso se dá porque para Vygotsky o processo de imitação está vinculado ao conceito de zona de desenvolvimento proximal, pois para Vygotsky [Vygotsky 2004] "o mérito essencial da imitação na criança consiste em que ela pode imitar ações que vão muito além dos limites das suas próprias capacidades, mas estas, não obstante, não são de grandeza finita". Assim, a criança, através da imitação, dá um passo, saindo do que é capaz de fazer, para o que ainda não é capaz. fazendo surgir assim, novas zdps.

A terceira etapa é um processo mais elaborado, pois de posse dos conhecimentos necessários para se montar o protótipo, cada criança ou grupo de crianças decidirá como deverá ser as estruturas de cada protótipo para atender as exigências de uma dada tarefa. Essa etapa requer estruturas cognitivas como planejamento, capacidade de trabalho em grupo, visualização de um protótipo final e depuração. Por isso, sugerimos que ela seja feita após o desenvolvimento das etapas anteriores ou se o aluno/grupo de alunos já possui/possuam essas habilidades em seus níveis desenvolvimento potencial.

Imitação I: Desconstruir para construir

Nesse primeiro momento, destinado para alunos iniciantes, é apresentado um robô pronto. Deve-se explorar seus aspectos físicos e mostrar aos alunos o que o robô faz. É a etapa de brincar com o robô. Depois da ambientação, o robô é desmontado ao mesmo tempo em que as peças do kit Lego são apresentadas.

Essa etapa é baseada no desejo infantil de querer se apropriar de um brinquedo a ponto de querer ver o que tem dentro. Nesse processo, é importante que o professor instigue a criança a querer descobrir o que faz o robô andar, como se montam as rodas, o que são aquelas peças e quais suas funções.

Assim, deve-se iniciar o processo de desconstrução, buscando na criança o que ela quer tirar. Cada peça tirada deve ser nomeada e mostrada a sua função. Desta forma, conceitos como engrenagens, motor, eixo, rodas, transferência de movimento, conectores vão sendo apresentados aos poucos à criança.

Depois, vem o passo reverso: Reconstruir. Esse é um momento para levar a criança a perceber a necessidade de ter um projeto, de saber como as peças se encaixam e como as

partes formarão o todo. Surge, então, um elemento mediador importante, que é o manual de montagem. Entre as peças e o robô final está o manual e o professor. Esse é um jogo de troca que fará com que a criança ganhe confiança no que está fazendo. Ela tem um objetivo e tem como chegar lá. É um processo de estruturação da atividade.

Imitação: Construção passo a passo

Este processo é oposto ao outro. Os alunos não têm mais a imagem real do que vai montar, sabem o que devem fazer, mas ainda não sabem como e qual o resultado final. Assim, parte das partes para chegar ao todo. Para isso fazem uso do manual de montagem. A percepção do objeto final vai se ampliando, ganhando forma.

Essa fase exige que a criança crie o modelo mental do que está construindo: "Eu sei o que o robô deve fazer, mas que passos eu vou seguir para chegar lá?". Um elemento mediador, que é o robô construído, é substituído pelo modelo mental do que seria esse robô construído.

Após apropriar-se da construção de robôs, os alunos deverão ter se apropriado de conceitos importantes como a base de um robô, mecanismos para transmissão de movimento, sensores, atuadores e motores. Essas etapas exigem das crianças muito mais do que o conhecimento das peças do kit Lego, exigem um pensamento reversível que consiste em operar inversamente, sendo capazes de fazer uma leitura dos significados que cada peça tem em nível individual (sozinha, isolada) e do significado que terá na estrutura do robô construído.

Construção Livre

Essa é a etapa mais avançada de construção de robôs. Nela, os alunos deverão desenvolver seus próprios protótipos de acordo com um objetivo e recursos disponíveis. Exige maior habilidade, pois requer que os alunos construam um modelo mental, especificando as características e as habilidades que seu robô terá. Essa previsão é o momento em que ele elabora as hipóteses e observações sobre o que deseja que o robô realize, de acordo com as regras existentes na tarefa a ser executada.

A construção física do robô é a etapa em que o modelo simulação ganha corpo, sentidos e habilidades. Nesse processo, a criança obtém resultados que possibilitam confirmar ou refutar hipóteses formuladas ou vão estimular a reconstrução do conhecimento através da formulação de novas habilidades e/ou estruturas físicas (reformulação do modelo) para atingir o resultado esperado.

Controle e programação de protótipos robóticos

Essa etapa exige dois níveis de abstração: controle e programação de robôs. No primeiro, a criança controla via *software* as ações do robô. É como se a criança controlasse um brinquedo com controle remoto. As ações não são armazenadas e da próxima vez que realizar a tarefa ou outra similar tem que realizar os movimentos novamente. Isso é importante para que a criança perceba a necessidade de uma ação mais efetiva, que elimine movimentos repetitivos: a programação em robótica.

Aprender uma linguagem de programação não é só adquirir regras, mas, sobretudo, adquirir competências comunicativas, permitindo o uso adequado da mesma para controle de um sistema computacional. Assim, como criar um protótipo físico, programar um robô consiste em dotá-lo de capacidades para agir no ambiente físico. Em programação de robôs as crianças devem ser estimuladas, ao construir seus modelos que os robôs devem ter funcionalidades básicas, como:

- um robô para poder explorar um ambiente precisa de capacidades sensoriais;
- a cada atividade, deve-se ter um controle da velocidade, posição e orientação para que um robô a execute de maneira satisfatória;
- se um robô for coletar objetos de interesse este deve ser dotado de atuadores adequados;
- num nível mais avançado, um robô deve executar planos e estratégias de forma eficiente.

Pode-se afirmar que a programação é uma etapa criadora de zdp. A programação exige não só o domínio de um novo código linguístico, mas também a capacidade de resolver problemas (O que vou fazer? Como vou fazer?), fazer previsão de problemas futuros e de possíveis soluções. Sem falar que, ao testar o programa no robô, o aluno terá um retorno, do conjunto, que poderá levá-lo a reformular o comportamento do robô.

Nesse momento, o foco será os níveis de programação apresentados no *software* RoboEduc (ver capítulo 4). A cada nível novas estruturas cognitivas são exigidas e novas zdps são criadas e os níveis de desenvolvimento proximal e real são modificados.

5.3 Processo de Avaliação

Tendo como perspectiva as idéias de Vygotsky discutidas anteriormente, fica-nos claro que, a partir da organização dos conteúdos, o contato com os primeiros conceitos da disciplina (na Pré-escola), cria uma zona de desenvolvimento proximal que será consolidada à medida que o aluno for se apropriando dos demais conteúdos em situações posteriores.

A avaliação do processo educacional está ligada à concepção educacional que está subjacente à prática pedagógica. Por isso, para acompanhar o desenvolvimento das capacidades dos alunos participantes das oficinas de robótica, criamos um sistema avaliativo. Para aplicar esse modelo, é preciso entender "o que é avaliação, o que se deve avaliar e como se deve avaliar".

Para Vygotsky, o professor ou o que exerce essa função deve se preocupar com as potencialidades do educando. O foco deve ser a zona de desenvolvimento que surge em cada atividade proposta. Assim, dentro dessa perspectiva, *avaliar* é comparar as interações com um "modelo ideal". Esse "modelo ideal" expressa, através do delineamento de metas e objetivos, um padrão de qualidade a ser atingido.

Portanto, avaliar é uma atividade que envolve um conhecimento sobre quem é avaliado. É constituída de um movimento cíclico que envolve a ação, reflexão e retorno à ação. Nesse sentido, o processo de avaliação e o processo de aprendizagem são entendidos como um só. Isto é, partindo de pressupostos vygotskianos, seria impossível eliminar

a mediação de signos e instrumentos do processo avaliativo, bem como a interação humana. Pois, desde os primeiros dias de desenvolvimento, as atividades de uma criança adquirem significado próprio em um sistema de comportamento social e, estando dirigidas para um objetivo definido, elas são reflexos do ambiente, fato que não pode ser ignorado no processo avaliativo.

A avaliação é o fruto de uma análise qualitativa das interações entre a criança e o objeto. O quanto precisa de ajuda, como deve ser essa ajuda, quais instrumentos devem ser utilizados. Deve-se, sobretudo levar em consideração os problemas adquiridos pela criança, as sugestões dadas por ela, a criação de novos modelos frente às proposições dadas pelas atividades. Isso tudo fornece "*insights*" acerca do processo de ensino-aprendizagem. Esse movimento proposto pela avaliação, de acordo com Vygotsky, faz com que o ensino se situe dentro da zona de desenvolvimento proximal.

Dentro da perspectiva da teoria histórico-cultural, a avaliação possui três dimensões, a saber: de diagnóstico, mediadora, e de retorno. A figura 5.2 mostra como essas três dimensões se interligam.

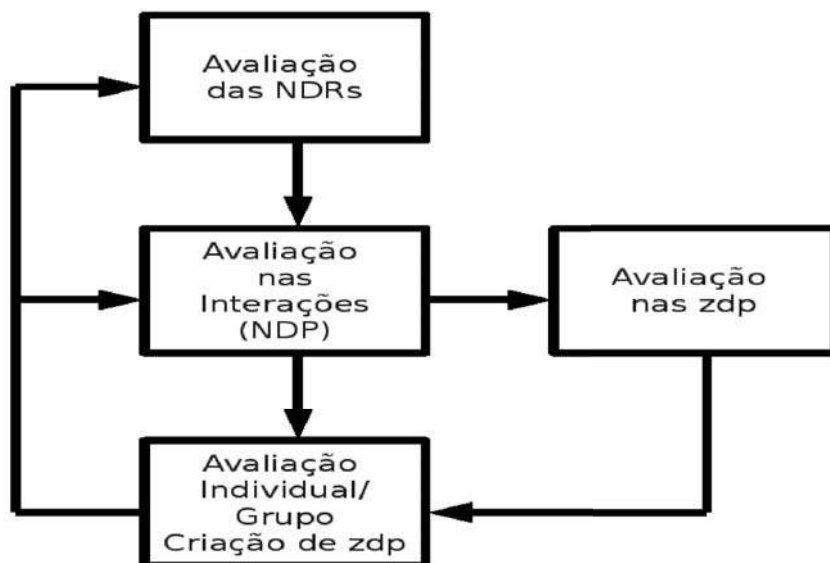


Figura 5.2: Dimensões da Avaliação

A dimensão diagnóstica é vista como o conhecimento dos níveis de desenvolvimento real de cada aluno e da dinâmica do grupo do qual faz parte. De posse da avaliação dos NDR dos alunos, o professor poderá propor novas estratégias de ação, que visem criar novas zonas de desenvolvimento proximais. Com isso, expandindo sua prática de avaliação diagnóstica para uma avaliação formativa, mediada por novos desafios, novas experiências e, conseqüentemente, novas produções de conhecimento surgem. Esse modelo de avaliação leva as monitoras a observar mais cuidadosamente seus alunos, compreendendo melhor seu funcionamento, ajustando de maneira mais organizada e individualizada as mediações pedagógicas e as situações didáticas, na expectativa de obter melhores resultados na aprendizagem.

A dimensão mediadora é vista como a análise do nível de desenvolvimento proximal de cada um. E isso é obtido através das interações, nos diálogos e contradições surgidas no trabalho em grupo. É nesse momento que o professor procura identificar as estruturas cognitivas que estão em processo germinativo e assim, aos poucos ir mapeando as várias ZDPs existentes na turma. É nessa etapa também que o professor poderá considerar outras estruturas cognitivas ainda não presentes na turma e que julga necessárias, provocando o surgimento de novas zonas de desenvolvimento proximais.

A dimensão de retorno visa trabalhar diretamente nas ZDPs e e analisar os avanços ou não. Aqui o uso de elementos mediadores e as intervenções do outro mais capaz são de suma importância para promover modificações nas zdps dos envolvidos na atividade. Essa é uma etapa de criação de ZDPs e de reavaliação das etapas anteriores.

Além dos aspectos cognitivos, dentro de uma perspectiva sócio-histórica, é preciso contemplar na avaliação aspectos relacionados ao comportamento, à interação, à participação nas atividades, integração com o grupo, criatividade e assimilação dos conteúdos de robótica e informática, como também, por meio de um trabalho interdisciplinar, trabalhar conteúdos relacionados com Português, a Matemática, a Geografia, a Física, em fim disciplinas as quais as atividades desenvolvidas englobam. Esses aspectos mostram as relações do grupo, seus valores, papéis que cada um assume no grupo, as contradições, isto é, sua historicidade, sua evolução em relação a apropriação e ressignificação dos conceitos de robótica.

Dessa forma, os instrumentos de avaliação devem valorizar as interações sociais (o indivíduo/meio e indivíduo/indivíduo). A avaliação tem diversos efeitos sobre a aprendizagem, entre eles o de prover informação ao professor e ao aluno sobre os progressos e os obstáculos que se encontram no processo de sua aprendizagem, como os possíveis erros que o aluno e o professor devem superar.

O processo de avaliação ora proposto implica no reconhecimento de que o objeto a ser avaliado não é nem o que aluno aprendeu, nem o que o professor ensinou, mas a produção de conhecimentos que esta relação propicia bem como os seus possíveis desdobramentos (as potencialidades).

5.4 Considerações

Nesse capítulo defendemos a idéia de que o sucesso da robótica nas séries iniciais do Ensino Fundamental depende da definição e implementação de uma metodologia de ensino-aprendizagem apropriadas à linguagem pedagógica, com uso de vários elementos mediadores, sobretudo da linguagem, com etapas bem estruturadas, objetivos definidos e, um planejamento que leve em consideração a historicidade de todos os envolvidos no processo, os tipos de relações existentes entre os sujeitos e as relações deste com os conteúdos de robótica. Outro aspecto que deve ser levado em consideração são os instrumentos de avaliação e como eles serão utilizados durante as atividade de robótica.

Nenhuma tecnologia pode (em especial os robôs) resolver todos os tipos de problemas, e o aprendizado depende mais da forma como esta tecnologia está aplicada nas atividades de robótica educacional, do que do tipo de tecnologia utilizada. No capítulo 6 será

84 *CAPÍTULO 5. ROBOEDUC: METODOLOGIA PARA ROBÓTICA EDUCACIONAL*

descrito como a metodologia para ensino de robótica foi aplicada com alunos do ensino fundamental I.

Capítulo 6

Oficinas de Robótica Pedagógica: Aplicação e Resultados

A inteligência ou a cognição são o resultado de redes complexas onde interagem um grande número de atores humanos, biológicos e técnicos. Não sou 'eu' que sou inteligente, mas 'eu' com o grupo humano do qual sou membro, com minha língua, com toda uma herança de métodos e tecnologias intelectuais. /.../ O pretendo sujeito inteligente nada mais é do que um dos micro atores de uma ecologia cognitiva que o engloba e restringe."
(Pierre Lévy)

Para validar a metodologia desenvolvida, realizamos atividades de robótica pedagógica utilizando o ambiente de robótica educacional proposto, o RoboEduc. O objetivo não é realizar estudos práticos ou de simulação exaustivos, mas sim demonstrar que o sistema de robótica educacional é um sistema adequado para o ensino de robótica nas séries iniciais do Ensino Fundamental, que funciona muito bem na prática.

Como relatado no capítulo introdutório desta tese, o enfoque metodológico é a pesquisa-ação, pois o projeto de inclusão social tem um caráter de intervenção, já que, além do intuito de encontrar respostas para questão da pesquisa, pretendemos também aprimorar processos metodológicos para a aplicação em escolas do ensino fundamental.

Na prática, podemos dizer que foram realizadas duas pesquisas diferentes. Uma delas foi voltada ao desenvolvimento de ações pedagógicas relacionados à robótica e a outra voltada ao desenvolvimento de software para a robótica pedagógica. A nossa participação mais efetiva foi maior na primeira vertente, mas o nosso trabalho serviu de base para suscitar e fomentar todo o arcabouço do software desenvolvido. Assim, estivemos sempre junto com a equipe de desenvolvimento do RoboEduc, planejando e ajudando a definir os objetivos, e os métodos a serem implementados, para, a partir daí, dar uma cara mais educacional ao software.

6.1 Coleta dos dados

Durante o desenvolvimento do Projeto de Inclusão Digital, foram utilizados vários métodos para coletar dados, o que permitiu a comparação e o confronto das informações tomadas a partir dos diferentes instrumentos.

O método mais utilizado ao longo de todo o projeto foi observação durante as oficinas ministradas pelas monitoras. Nelas, procuramos avaliar as seqüências das oficinas, as interações das monitoras com os alunos e com o objeto central que eram os robôs. Vale lembrar que, como parte do presente trabalho, planejamos de antemão as oficinas e que elas foram apresentadas e discutidas com toda a equipe, sendo analisadas as possibilidades de execução, se estava adequada ao desenvolvimento dos alunos. Assim, de posse do conhecimento sobre o que deveria acontecer, foram registrados os desvios em relação ao planejamento, a fim de investigar com as monitoras as causas dessas alterações.

Nas reuniões de planejamento, procuramos anotar as falas das monitoras que indicassem suas opiniões, reflexões e angústias, que poderiam subsidiar futuros questionamentos. Procuramos, também, definir quais temas seriam abordados nas nossas discussões. Como participante ativa (condutora das reuniões), tais anotações eram limitadas e alguns questionamentos se perdiam diante de certas demandas, como planejar próximas oficinas, escolher tipos de robôs e analisar as avaliações da monitoras.

Além da observação, outro instrumento precioso na coleta dos dados foram as avaliações feitas pelas monitoras. Ao discutirmos o que elas avaliaram, procuramos ver qual a concepção que tinham sobre a avaliação, quais os seus conceitos espontâneos e como nossas discussões estavam fazendo com que elas refletissem sobre o tema.

A entrevista estruturada também foi realizada com os professores das turmas em que os alunos foram selecionados e a direção. O objetivo dessa entrevista era saber quais as expectativas sobre o projeto e, mais ainda, como estavam influenciando no processo de ensino aprendizagem dos alunos.

Na Seção 6.2.1, descrevemos como as oficinas foram planejadas e aplicadas com crianças do 4^o e 5^o anos da Escola Municipal Ascendino de Almeida, de acordo a metodologia apresentada no capítulo 5 foi empregada. Na Seção 6.3, apresentamos alguns resultados obtidos durante o ano de 2006 e 2007, tanto no que se refere à construção do ambiente, quanto à realização das oficinas.

6.2 Oficinas de Robótica Pedagógica

Utilizamos como estratégia para aplicação da metodologia descrita no capítulo 5, *oficinas pedagógicas*. Essas oficinas foram desenvolvidas através de três momentos básicos: sistematização de conceitos, construção coletiva de protótipos robóticos, controle e/ou programação de protótipos e conclusão/compromisso. Para cada um desses momentos foi necessário planejar atividades adequadas para cada situação específica, tendo-se sempre presente a experiência das pessoas (crianças, monitoras, coordenadores) envolvidas no projeto.

As oficinas foram ministradas por três monitoras, todas graduandas do curso de Engenharia da Computação na Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Estas tiveram a

primeira oportunidade de entrar em contato com o meio educacional, propriamente como professoras através do Projeto de Inclusão Digital com Robôs, participando do planejamento de ações juntamente com os outros componentes da equipe do Projeto, sugerindo atividades, expondo as dificuldades encontradas neste novo ofício que exercem, como também apresentando os avanços de seus alunos, e assim mostraram-se realizadas como mediadoras da aprendizagem.

6.2.1 Espaço de Ação e Sujeitos Participantes

Para efetivação desse trabalho usamos dois espaços distintos: O Laboratório NATALNET (DCA-UFRN), para as reuniões, confecção de material e programação do *software* RoboEduc e a sala de Leitura da Escola Municipal Professor Ascendino de Almeida para realização das oficinas de robótica.

Laboratório NATALNET

No laboratório Natalnet-DCA¹ são desenvolvidos projetos nas áreas de Realidade Virtual, Robótica, Redes de Computadores, Desenvolvimento de Software para TV Digital e Interativa, Jogos e Multimídia e envolve professores e pesquisadores da UFRN, UFPB e LNCC. Esses projetos são coordenados pelo Professor Luiz Marcos Garcia Gonçalves.

Atualmente existem vários projetos executados no Laboratório Natalnet, dentre eles o Projeto *Inclusão Digital com Robôs*. Para desenvolvermos esse projeto tínhamos a disposição quatro kits Lego Mindstorms(RCX), 5 computadores e materiais diversos para planejamento das oficinas.

Escola Municipal Professor Ascendino de Almeida

As oficinas foram realizadas na Escola Municipal Prof. Ascendino de Almeida, situada na zona oeste da cidade de Natal, Rio Grande do Norte. Segundo a direção, a escola atende a crianças cuja renda familiar não passa de três salários mínimos e que essa escola é tida pela Secretaria de Educação como uma escola modelo. A Ascendino atende à comunidade dos bairros Pitimbú (onde está localizada) e Cidade Satélite, que são bairros periféricos de Natal. A escola oferece vagas à Educação Infantil (educação pré-escolar) e ao primeiro segmento do Ensino Fundamental (primeiro ao quinto ano). Ainda, a Educação de Jovens e Adultos (Avaliação no Processo) e Educação Especial fazem parte das suas obrigações.

A Escola tem boa estrutura e teve sua construção inicial concluída em 1994. Durante o ano de 2007 passou por uma reforma em sua estrutura física. Essa foi concluída no final do mesmo ano, sendo inaugurada pelo prefeito de Natal em abril de 2008. Em 2006/2007, a escola atendia 252 alunos, distribuídos em doze (12) salas de aula. A escola tem uma sala para professores, uma sala para Direção, Cantina, 18 banheiros, uma quadra poliesportiva, espaço para alunos da educação Infantil e uma sala de Leitura. Nessa sala, fica a biblioteca e a videoteca. Durante a realização desta pesquisa, notamos que a escola

¹<http://www.natalnet.br/>

88CAPÍTULO 6. OFICINAS DE ROBÓTICA PEDAGÓGICA: APLICAÇÃO E RESULTADOS

possui apenas um computador, na sala da direção, que serve para serviços burocráticos. Com a reforma da escola, foi instalada uma sala de micro-computadores visando aulas de informática, mas ainda não operacionalizada até o final desta pesquisa.

O primeiro contato com a escola foi realizado em 2005, quando foi apresentado à direção e a coordenação da escola o Projeto Inclusão Digital com Robôs e como este seria desenvolvido. Como visto no primeiro capítulo dessa tese, esse projeto visa inserir a criança digitalmente, usando o robô e o computador como ferramentas. Depois dessa apresentação, já no início de 2006, a direção marcou uma reunião com os professores das turmas do 4^o e 5^o anos para apresentarmos o projeto e a proposta das oficinas na escola. Por questões técnicas e educacionais, nesse encontro foi definido que:

- Como o único espaço disponível era a sala de leitura, este foi o espaço destinado para a realização das oficinas. Convém ressaltar que a escola não possui acesso à Internet e os móveis da sala não favorecem o trabalho em grupo.
- As oficinas aconteceriam no mesmo turno em que os alunos estudavam. Não poderiam ser oferecidas em turno oposto aos alunos, pois poderia gerar ônus a algumas crianças (isso só não ocorreria se selecionássemos alunos que residissem próximo à escola, o que limitaria muito a participação dos alunos);
- A Direção ficou encarregada de comunicar aos pais sobre a realização das oficinas;
- Devido à limitação de recursos humanos e de material, cada professor selecionaria 4 (quatro) alunos da turma sob sua responsabilidade. A definição de critérios para a seleção e a escolha dos alunos ficou a cargo dos professores.

No ano de 2006, foram realizadas 15 oficinas de robótica com alunos do 4^o e 5^o anos do Ensino Fundamental. As atividades não abordavam somente conceitos de robótica e montagem e controle de protótipos, mas também conceitos já trabalhados pela escola em disciplinas como Matemática (Resolução de problemas de aritmética), Geografia (Leitura e localização em mapas, regiões do Rio Grande do Norte, Meios de transportes), e Português (Leitura e escrita de textos).

Para as oficinas de 2007, a direção foi contatada no início do ano letivo. Houve nova reunião com os professores para falarmos sobre as oficinas. Nesse encontro, fizemos um balanço sobre a realização das oficinas ocorridas em 2006. Apresentamos algumas atividades desenvolvidas durante aquele ano e apresentando as que seriam realizadas em 2007. Os professores argumentaram que gostaram do resultado, da empolgação dos alunos e da dificuldade em realizar uma nova seleção, pois todos os alunos queriam participar e queriam saber o porquê não haviam sido selecionados. Infelizmente, pelas mesmas limitações do ano anterior, só poderíamos atender a 18 crianças. As professoras solicitaram que apresentássemos o projeto aos alunos e comentássemos sobre o processo de seleção. Com esse intuito, visitamos as salas das turmas do 4^o e 5^o anos, ao se iniciar o ano letivo. A figura 6.1 ilustra esta apresentação, que fizemos aos alunos.

Em 2007, as atividades foram iniciadas em abril, tendo sido realizadas 20 oficinas de robótica, durante o ano todo, com novos alunos. Era intenção continuar com alguns alunos do ano anterior, mas como alguns trocaram de escola, não seria possível compor um grupo só com alunos que já tivessem um mesmo nível potencial relacionado à robótica.



Figura 6.1: Apresentação do Projeto às crianças

Parceiros de Projeto

O grupo que trabalhou nesta pesquisa é constituído, além da proponente desta tese (co-coordenadora geral do projeto), por uma mestranda, responsável pela parte computacional, três monitoras, uma aluna de pedagogia e pelos 18 alunos do 4^o e do 5^o ano do Ensino Fundamental. É importante salientar que as monitoras são alunas do curso de Engenharia da Computação da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Cada monitora é responsável por um grupo composto por seis alunos. Não existiu um critério para a composição de cada grupo de alunos. No entanto, como não conhecíamos o nível de interação dos alunos preferíamos não colocar num mesmo grupo todos os alunos de uma mesma sala. Ainda, ressaltamos que qualquer professor de escola fundamental, desde que tenha um treinamento, pode ser usuário da técnica proposta, no nível de tutor.

A idade das crianças que participaram das experiências varia entre 8 a 10 anos. Segundo as professoras, esses alunos apresentavam algumas dificuldades cognitivas referentes à leitura e à escrita, e também alguma dificuldade no relacionamento com professores e colegas.

6.2.2 Planejamento das Oficinas Pedagógicas

Em robótica pedagógica, fazer um planejamento é tecer conhecimentos para a execução do trabalho pedagógico. Para isso, é imprescindível não só preparar ou adequar recursos de robótica para prática em sala, como elaborar estratégias para atingir os obje-

tivos educacionais e técnicos referentes à área em estudo.

O planejamento foi dividido em execução das oficinas, planejamento da Capacitação da Equipe Técnica, organização da estrutura das oficinas e elaboração e confecção de elementos mediadores. Esses tópicos serão descritos a seguir.

Formação da Equipe de Robótica Educacional

Para que um agente "mediador" [Vygotsky 1998, Vygotsky 1993, Vygotsky 2004] possa desenvolver um ensino-aprendizado que possibilite a "apropriação" e a "internalização" dos conceitos de robótica, este necessita de uma formação permanente, que lhe possibilite saberes e competências necessárias ao planejamento e desenvolvimento de uma prática pedagógica de qualidade. Uma prática que possibilite a utilização de recursos pedagógicos os mais diversificados: "os instrumentos psicológicos" [Vygotsky 1998, Vygotsky 1993].

Ao nosso modo de ver, isso ocorre através de um diálogo permanente entre e através da utilização de procedimentos de ensino de robótica que propiciem a interação individual e grupal sujeitos envolvidos. Para criar esse diálogo permanente, durante os anos de 2006 e 2007, realizamos reuniões quinzenais, sempre dois dias após aplicação de uma oficina. Nessas reuniões, avaliamos a oficina executada, seus pontos negativos e positivos, a postura das monitoras perante os alunos, os momentos de intervenção perdidos e os acertos. Ao final dessas reuniões, é apresentada a proposta da próxima oficina e, em conjunto, decidido o seu desenvolvimento, como fazer, quem faz o quê e estabelecimento de prazos. Assim, buscamos as contribuições das monitoras para a definição e seleção de procedimentos metodológicos. Dessa maneira, as monitoras se sentem também autoras do processo que estavam desenvolvendo.

Além dessas reuniões, foram organizados encontros para discutir só aspectos pedagógicos (fundamentação sobre aprendizagem e avaliação) ou para discutir aspectos relacionados ao software e à construção de protótipos robóticos. Como os monitores são alunos de Engenharia da Computação, os encontros sobre robótica foram poucos, e mais voltados à montagem de protótipos usando peças do Kit Lego.

Em fevereiro de 2008, realizamos o 1º *Workshop* de Robótica Educacional do Laboratório NatalNet. Esse evento, organizado por nós, foi aberto ao público e aos integrantes do laboratório. Neste evento foi discutida a teoria da aprendizagem sobre o enfoque sócio-interacionista, a Programação de robôs usando o RoboLab, Brickos e NCQ, conceitos de linguagem de programação orientada a objetos, QT4 e montagem de robôs usando o Kit lego e programação via RoboEduc. O objetivo desse evento foi capacitar o grupo de robótica, bem como despertar o interesse de outras pessoas em robótica educacional.

Preparação das Oficinas

As oficinas foram previamente planejadas por nós e discutidas com as monitoras. Mas, elas não eram concebidas do nada. Tinham como base as interações das crianças, as avaliações e comentários das monitoras. *Buscamos "inspiração" em cinco anos de atuação como professora nas modalidades de Educação Infantil e nas séries iniciais do Ensino Fundamental e nos quatro anos de atuação no Núcleo de Tecnologia Educacional*

de Vitória da Conquista-BA, NTE-16, com capacitação de professores em Informática na Educação.

Em reuniões víamos a viabilidade da oficina, os recursos necessários e o tempo que se tinha para confecção de todo o material. As falas das monitoras nesses momentos eram cruciais. Eram elas que atuavam diretamente com as crianças, mesmo com a nossa participação efetiva na execução das oficinas, a nossa concentração estava voltada para como a mesma estava sendo desenvolvida, ou para, em certos momentos, auxiliar uma monitora que estivesse tendo dificuldades em abordar certo conteúdo, ou assumir um grupo quando alguma monitora se ausentasse.

Elaboração de Elementos Mediadores

Para atingir os objetivos propostos em cada oficina, são elaborados e construídos diversos elementos diferentes dos robôs que mediam o processo de ensino-aprendizagem. Vale lembrar que a elaboração desse tipo de recurso faz parte da metodologia proposta. Mediados por vários recursos, os conceitos principais de robótica são construídos nas oficinas. O processo de mediação foi feito não só através das intervenções das monitoras e por nós, mas também pelo uso dos recursos descritos abaixo.

1. Linguagem oral e escrita

Usando a expressão oral como uma das formas de mediação comumente utilizada, buscamos sempre respeitar e incentivar a fala dos alunos. As monitoras foram orientadas a buscar sempre as opiniões dos alunos, os relatos das oficinas e a nomeação das peças do kit. Uma maneira de apresentação de conceitos é em forma de história em quadrinhos e a posterior leitura pelas monitoras e pelos alunos. Esta forma serviu para mostrar que todos têm voz durante a realização das oficinas. Os alunos receberam um caderno onde deveriam, após cada oficina, relatar o que aprenderam. Neste caderno, incentivamos o desenho e escrita de rascunhos e outros rabiscos ou esquemas representando os planos dos robôs a serem construídos, bem como ele serve também para o aluno exprimir o que pensa.

Os exercícios impressos também são elementos de grande importância, pois aliam a linguagem oral e a escrita.

2. Linguagem Infográfica

Os manuais de montagem utilizam o texto verbal e imagens. A construção dos robôs parte da unidade para o todo. Os alunos "vêm" as peças que são utilizadas, separa-as, e, aos poucos, vêm como elas se agregam para formar o todo, o robô.

3. Kit Lego

Para formação de conceitos, buscamos partir do conhecimento espontâneo dos alunos. Por exemplo, para trabalhar os sensores, exploramos o conhecimento dos sentidos, apresentando os sensores e seu funcionamento em robôs. Com as peças do kit, foi possível abordar conceitos com transferência de movimento, através das engrenagens, construção de polias, etc.

4. Apresentações feitas no Software OpenOffice Apresentação

Apresentações foram utilizadas para abordar não só conceitos de robótica, ou de outra disciplina, mas também para trabalhar conceitos de informática. Esse recurso

foi interessante, uma vez que utilizamos texto verbal, imagens, animações e sons.

5. Jogos

Em cada oficina, usamos algum tipo de jogo, basicamente, com dois objetivos: um para avaliar, tal como o jogo da memória, e outros para as crianças controlarem os robôs para executar uma determinada tarefa, como o labirinto, a palavra cruzada (ver figuras 6.2(a) e 6.2(b)). Criamos alguns jogos especialmente para as oficinas, tal como o jogo "Dodecaedro Fracionário", em que a criança utiliza, além da robótica, noções de fração, geometria espacial e controle de software. Outro jogo bastante interessante foi o "Viajando pelo Rio Grande do Norte", em que as crianças devem fazer com que o robô navegue por um mapa, com algumas cidades em destaque, fazendo o menor caminho entre elas. Nesse jogo foram abordados conceitos de robótica, matemática (caminho em grafos, aspectos topológicos), história (aspectos sociais e históricos das cidades visitadas) e geografia (leitura de mapas, localização espacial). Ressaltamos aqui o grande potencial da metodologia desenvolvida de poder trabalhar qualquer tipo de conteúdo, incluindo outras matérias, além da Robótica e Computação.



(a) Labirinto



(b) Palavra-cruzada

6.3 Resultados

6.3.1 Avaliação das Oficinas

Foram realizadas 30 oficinas durante o biênio 2006/2007, sendo 14 em 2006 e o restante em 2007. Abaixo, descrevemos como ocorreram as oficinas nos respectivos anos.

Oficinas Realizadas em 2006

No ano de 2006, 24 crianças (doze meninas e doze meninos) foram divididas em quatro grupos com seis alunos cada. Essa divisão ocorreu porque tínhamos apenas quatro computadores. Pretendíamos trabalhar com grupos com no máximo cinco alunos, por acreditarmos que com esse número era possível que cada aluno aproveitasse integralmente das atividades. Bem como, as interações em grupo reduzido são ampliadas, favorecendo

o processo de aprendizagem. Outra vantagem, é que num grupo reduzido fica mais fácil para o mediador (professor ou outra pessoa que exerça esse papel) analisar o surgimento de ZPDs e fazer as interferências necessárias para que o que está na zpd "vá" para o nível de desenvolvimento real. Os grupos foram caracterizados pelas cores predominantes no material Lego: Grupo Azul, Grupo Vermelho, Grupo Amarelo e Grupo Branco.

As oficinas tinham uma carga horária de uma hora e quarenta e cinco minutos. As atividades foram desenvolvidas na sala de Leitura da Escola Ascendino de Almeida. Cada grupo era mediado por uma monitora, cuja função é auxiliar na execução das atividades propostas.

Nas primeiras oficinas, foram apresentadas aos alunos noções de robótica e de informática. Nessas, o foco principal é a construção de robôs. Mas, como visto acima, as atividades planejadas não se destinaram só a robótica, conteúdos de outras disciplinas, tais como Português, Matemática, Geografia, Física, História, etc. foram utilizados para elaborar situações problemas para que os alunos, ao resolvê-las, utilizassem conceitos ou ferramentas de robótica.

Os alunos foram desafiados a construir um robô em cada oficina, através da colaboração, construção e reconstrução em parceria com os colegas e monitores. Desta forma, várias foram as intervenções na construção dos protótipos robóticos e o uso de conceitos inerentes à robótica. Todas as atividades foram desenvolvidas em grupo e o papel de cada monitor é atuar como mediador, estimulando os alunos a refletirem sobre as decisões, sobre como resolver os problemas. Nesses momentos, as monitoras eram incentivadas a mostrar às crianças a importância da colaboração. Para isso, era preciso promover o diálogo e o respeito às diferentes opiniões.

Desde as primeiras oficinas, a primeira versão do *RoboEduc* já foi usada. Outro elemento mediador utilizado foram os jogos. A partir da oitava oficina, observamos um pouco de desinteresse por parte dos alunos, nas avaliações do grupo. Na figura 6.2 tem-se os itens que foram avaliados durante a realização das oficinas. As monitoras tinham o compromisso de preenchê-las assim que terminassem as oficinas, de modo que as impressões obtidas não se perdessem.

Com base nas avaliações feitas pelas monitoras, observações durante as oficinas, nos relatos durante as reuniões, constatamos uma crescente melhora por parte dos alunos nos aspectos considerados. O comportamento, a criatividade e a assimilação dos conteúdos têm melhorado gradativamente.

Durante as oficinas, a avaliação foi feita individualmente, como também foi levado em consideração o grupo como um todo. Os aspectos citados acima foram analisados pelas monitoras da oficina e com base na avaliação individual, estas eram responsáveis pela avaliação do grupo, qualificando o desempenho do mesmo entre regular, bom ou ótimo. Há um espaço também para comentários, estes estão relacionados às dificuldades encontradas por cada monitora na realização da oficina, seja de ordem técnica, de transmissão de conteúdos, avanço de determinados alunos, bem como aos problemas ocorridos com eles. Esta análise final revela com mais propriedade as dificuldades encontradas pelas monitoras no decorrer de suas aulas, que, juntamente com toda equipe, procuram formas de resolvê-las.

Um exemplo de como esse processo foi importante para o trabalho, foi o caso do aluno

94CAPÍTULO 6. OFICINAS DE ROBÓTICA PEDAGÓGICA: APLICAÇÃO E RESULTADOS

PROJETO DE INCLUSÃO DIGITAL COM ROBÔS SISTEMA AVALIATIVO PARA AS OFICINAS DE ROBÓTICA ESCOLA MUNICIPAL PROFESSOR ASCENDINO DE ALMEIDA								
Oficina de Robótica Nº:		Data: //		Código:		[A] Atingiu o desejável [AP] Atingiu Parcialmente [N] No atingiu		
Instrutor(a):								
Aluno(a)	Pontos a Serem Avaliados							
	Interação	Participação	Integração	Criatividade	Assimilação do Conteúdo			Comportamento
Informática					Robótica	Didática		
Avaliação do Grupo: <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> timo								
Comentários:								

Figura 6.2: Ficha de Avaliação - Oficinas 2006

Josaerton, de como sua atitude mudou em relação ao grupo.

Maria Luiza (Monitora do Grupo Amarelo): —Quem tem dado um pouquinho de trabalho é Josaerton. Ele é inquieto, não respeita a vez dos outros alunos. Só ele que quer controlar, construir os robôs. Às vezes responde antes dos outros e isso faz com que os outros não participem muito.

Diante desse problema, passamos a observar mais o aluno. Em uma oficina, devido à impossibilidade da monitora ir à escola, desenvolvemos a oficina com o grupo que Josaerton fazia parte. Estávamos fazendo uma revisão sobre as partes do computador. Nessa oficina, no primeiro momento, mostramos figuras das partes do computador e, ao ver uma fonte, Josaerton foi o primeiro a falar:

Josaerton: —Isso é uma fonte; sabia que vai 12v?
 Pesquisadora: —É mesmo? Quem falou isso?
 Josaerton: —Meu avô. Ele é mecânico; conserta carros.
 Pesquisadora: —Que legal. Você gosta de ajudá-lo?
 Josaerton: —Às vezes vou lá. Hoje, vamos montar robô de novo?

Com esse diálogo, pode-se ver a influência do social em Josaerton. Muito do que falávamos não era novidade para ele. Uma solução encontrada foi colocá-lo como monitor da turma. Pedir sempre a ele para respeitar a vez do colega.

Outro exemplo é o caso de Ivan, aluno da monitora Renata Barros(Monitora do Grupo Vermelho).

"Ivan é um menino tímido, não interage muito com o grupo. Isso é pior na hora da montagem do robô, pois ele não tem muita iniciativa. Espera sempre que eu diga o que fazer, ou deixa que outro colega faça por ele."

No final do ano, a monitora, se reporta a Ivan:

"Ivan melhorou muito. Tem participado mais das tarefas e agora participa mais da fase de montagem. Ele agora gosta mais da parte de controle."

Com relação ao Kit Lego, as crianças se adaptaram rapidamente às peças do kit, eles nomeiam as peças principais e tem demonstrado que sabem o que fazer com eles. As peças mais destacadas nas oficinas foram: RCX, engrenagens, eixos, roda, pneus, conectores, sensor de toque, base de um robô.

No final do ano, realizamos uma peça teatral misturando robôs e as crianças. Essa atividade estimulou muito as crianças, tendo sido apresentada aos demais componentes da comunidade escolar no dia de encerramento do ano letivo. O enredo da peça é a tentativa de invasão da cidade de Mossoró pelo bando de Lampião. Essa história é encenada anualmente na cidade de Mossoró, por conta dos festejos juninos, sendo muito conhecida no Rio Grande do Norte. Segundo a história, no dia 13 de junho de 1927 (dia de Santo Antônio), Lampião enviou uma carta ao prefeito, Rodolfo Fernandes, exigindo quatrocentos contos de réis para não atacar a cidade. E nesse mesmo dia tentou invadir a cidade. Mas, os habitantes de Mossoró resistiram e conseguiram expulsar Lampião e seu bando.

Essa escolha se deu após a realização da oficina "Fazendo um passeio pelo Rio Grande do Norte". Nessa oficina, as crianças teriam que fazer um robô passar por algumas cidades do Rio Grande do Norte, que foram desenhadas como círculos em um mapa grande medindo $1,80 \times 2,40$ metros. A cada visita, as crianças visualizavam, em uma apresentação feita no aplicativo OpenOffice, peculiaridades sobre a cidade visitada. Quando chegou a Mossoró, todos os alunos se referiam a ela como a cidade atacada por Lampião. Esse fato chamou a atenção e foi proposto o tema aos alunos. Eles concordaram. E os ensaios e planejamento começaram.

Na peça intitulada "Fora Lampião" (nome dado pelos alunos), os companheiros de Lampião e os moradores da cidade foram representados por alunos da oficina. Lampião foi representado pelo robô Galatéia, um robô móvel, mais profissional, objeto de várias outras pesquisas no Laboratório NatalNet. O braço direito de Lampião, de codinome Colchete, foi representado por um robô feito com peças Lego.

Um grupo de seis alunos ficou responsável pela montagem do Colchete, enquanto os outros ficaram responsáveis pela confecção do cenário, chapéus e das cartuchearias. Apesar do pouco ensaio, o grupo teve um excelente desempenho, souberam atuar e controlar os dois robôs (Lampião e Colchete) de acordo com a estrutura da peça.

Com essa peça foi possível ver as crianças se sentirem orgulhosas de terem participado do projeto e também felizes por terem conhecido "um robô de verdade" (a Galatéia). A figura (figura 6.3) mostra o registro desses momentos.

Apesar de todos os avanços que tivemos na parte pedagógica, que foi de grande reconhecimento pelos profissionais da escola, o desenvolvimento da ferramenta de *software* (o RoboEduc) não fluiu da mesma forma. Um dos motivos foi que, como as oficinas eram algo novo todos nós, envolvidos no projeto, detivemos muito tempo na sua elaboração e na produção de material. Assim, nos detivemos mais nas primeiras fases da metodologia: "destruir para construir" e "construção com o manual". Porém, conseguimos, a partir dessas oficinas iniciais, planejar o que deveria ser implementado novo ou melhorado na



Figura 6.3: Peça Teatral Fora Lampião

interface do RoboEduc, passando isso à equipe de implementação, que efetivamente melhorou o protótipo inicial do software, incluindo também idéias de como colocar o manual do aluno, visando a fase seguinte, construção do protótipo.

Notamos, com isso, que os alunos puderam passar tranquilos da uma fase à outra. Como foi retirado apenas um elemento mediador, que era o robô já pronto, essa passagem não causou grande impacto. Só na primeira vez em que foi feita uma oficina sem o modelo já pronto que eles estranharam um pouco. A preocupação maior era se não haveria mais montagem de robôs. Um aluno perguntou meio preocupado, "Tia, hoje não tem robô, não?". Tem sim, no final você vai ver, respondeu uma monitora. Essa preocupação dos alunos foi registrada pelas monitoras e pesquisadora na reunião seguinte a oficina. A dificuldade maior que se manteve por três oficinas foi montar o robô sem saber direito como ele ia ficar. Mas, a mediação das monitoras foi de fundamental importância para superar essa dificuldade.

Outro problema foi com a leitura do manual. Alguns alunos tinham dificuldades em leitura e isso se refletiu na leitura dos manuais que no início mesclava texto e fotos. Com isso, foi proposto fazer manuais com muito mais imagens. Com isso, surgiu uma preocupação de todos, que era a elaboração de manuais mais didáticos. Esse problema foi sendo superado a cada oficina, quando os alunos davam o retorno se gostaram ou não do manual.

Avaliação dos/pelos Professores

Na análise das entrevistas, constatamos a satisfação dos professores e da direção da escola em relação à implantação do projeto na escola. Segundo os professores, um dos

maiores benefícios é proporcionar às crianças o contato com as tecnologias, até então desconhecidas para eles.

Nas palavras da diretora da instituição de ensino, este projeto é de fundamental importância, principalmente por causa do público alvo, que segundo a diretora são crianças que têm pouco acesso a recursos tecnológicos tão comuns hoje, como televisão, telefone, geladeira, dentre outros. Ainda de acordo com a dirigente, as oficinas têm contribuído para desenvolver até a questão cognitiva dos alunos participantes.

Segundo as professoras, na entrevista, após a entrada da robótica na vida desses alunos, eles se tornaram mais atentos, o raciocínio lógico apresentou melhoras significativas. Uma professora destacou que seus alunos (participantes) estão mais responsáveis e comprometidos com as atividades em sala de aula.

Outro dado que, para nossa surpresa, foi conhecido somente com o passar das oficinas é que as crianças participantes das oficinas eram alunos com dificuldades na aprendizagem, com baixa concentração em sala de aula e alguns com repetências seguidas. A diretora expôs que as crianças foram escolhidas criteriosamente, pois a comunidade escolar apostou na robótica como atividade motivadora para a aprendizagem desses alunos. A mesma afirmou que resultados significantes foram obtidos por esses alunos no final do ano, incluindo melhoras de comportamento e notas.

Com as entrevistas, percebemos que, tanto as professoras quanto a diretora da escola, mostraram-se encantadas com o Projeto e com suas possibilidades de aplicação. Esse encantamento se deu depois que conheceram e puderam constatar que as atividades eram voltadas para à realidade das crianças, que seriam valorizados os conhecimentos que elas tinham ou que estariam construindo na escola. Reportaram também a ligação existente entre teoria e a prática. Assim, o conhecimento não iria ser transmitido de forma abstrata e subjetiva, mas sim concretamente, e de acordo com realidade daqueles alunos.

Outro dado obtido foi com relação à visão futura do projeto. Todos foram unânimes em registrar que gostariam que o projeto tivesse continuidade na escola. Esse interesse e as falas, tão importantes, mostraram que a robótica, através da nossa metodologia, realmente se inseriu como um recurso eficiente e facilitador no processo de ensino-aprendizagem desses alunos.

Assim, os dados obtidos revelaram a visão de pessoas externas ao projeto, no caso, professoras e diretora da instituição de ensino onde o mesmo desenvolveu-se. Estas acompanharam o avanço dos alunos que estão inseridos nas oficinas, dia a dia, no que se refere ao aprendizado no cotidiano de sala de aula. Isso é muito significativo para nós, pois temos assim, a resposta sobre a eficácia desta ferramenta no ambiente escolar através das pessoas que, mais do que ninguém, conhecem seus alunos, suas dificuldades e sabem identificar perfeitamente onde se encontram e o porquê da melhoria de seu desempenho.

Oficinas Realizadas em 2007

Nas oficinas de 2007, todo o restante da metodologia foi desenvolvido. Sendo quatro da primeira fase, seis de construção passo a passo e as restantes de construção livre e também algumas de programação (ensinar o robô). Lembramos que as crianças, tal qual no primeiro ano, nunca tiveram contato anterior com robôs e, salvo alguns raros, com a tecnologia ou com a informática.

Na primeira oficina, foram construídas, com as crianças, as regras de comportamento

que deveriam ser seguidas durante as atividades. Num segundo momento, utilizamos uma técnica para que todos os participantes se integrassem. Depois, sentados em círculos, discutimos o que era um robô para cada um. A maioria das crianças se referia como um brinquedo, ou como um agente de desenho animado. Nesse encontro os alunos foram divididos em grupos. Como nesse ano tínhamos três laptops, então os alunos foram agrupados em seis, formando três grupos. Esses grupos receberam as seguintes denominações: Grupo Vermelho, Grupo Azul e Grupo Amarelo. Cada aluno recebeu material para participar das oficinas. Essa material consistia em um caderno, um crachá, uma pasta, lápis, apontador e borracha. O material era da cor do grupo que o aluno pertencia. Isso favoreceu a identificação de qual grupo o aluno pertencia.

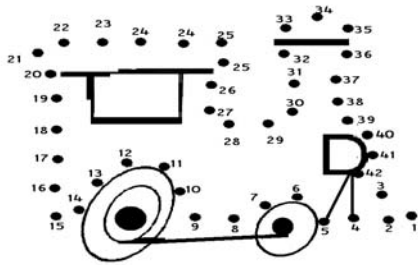
Nas três oficinas seguintes, robôs já montados foram apresentados e usados pelas crianças. Os alunos, a princípio, se mostraram meio receosos. Outros se mostraram afoitos em responder sobre o que poderia fazer o robô, para que servia. Eram respostas espontâneas, sem pensar, às vezes, no entanto, a maioria esperava que a monitora desse a resposta para o questionamento feito. Às vezes parecia um monólogo. As monitoras, nesse momento, questionavam os alunos sobre as respostas dadas, quais as suas crenças, o que poderia ser feito, modificado. Os alunos nessa etapa se mostraram meio receosos em responder aos questionamentos, em dar sua opinião, levantar hipóteses. Neste início, o processo de montagem era meio individual, revelando que os alunos tinham pouco contato com trabalho em grupo. Aos poucos, foram sendo introduzidos e utilizados outros elementos mediadores, tais como os apresentados nas figuras 6.4(a), 6.4(b), 6.4(c), 6.4(d), 6.4(e) e 6.4(f), incentivando o trabalho em grupo.

Quando passamos à parte de construir com a ajuda do manual, observamos que os conceitos abordados na etapa anterior foi bem assimilado pelos alunos. O interessante é que o grupo aceitou bem a leitura infográfica exigida pelos manuais. Optamos em fazer um manual com muitas imagens e indicações de como montar cada parte do protótipo a ser construído na oficina. Nessa altura, os alunos estavam mais soltos, e o trabalho começou a adquirir um formato mais coletivo. Os alunos ainda buscavam as respostas nas monitoras, mas já começavam a trocar entre si, a ouvir o colega mais capaz.

As oficinas que mais exigiram do grupo foram, sem dúvida, as de construção sem ajuda de um manual. Não na sua elaboração, pois afinal consistia em motivar o grupo a construir um robô que pudesse executar uma tarefa, mas na transferência do controle da atividade para os alunos. Essas oficinas foram divididas em duas etapas. Na primeira, os alunos montavam o robô e o controlavam com a parte de controle do RoboEduc. Na segunda, além de montar o robô, os alunos deveriam programá-los.

Apesar de já termos "criado" uma ZPD no que se refere à montagem de um robô e aos conceitos de robótica, os alunos e monitoras se sentiram inseguros durante esse processo. Foi tirado deles um elemento mediador importante, os manuais. Agora, era pensar sobre o que fazer e para as monitoras era também novidade, pois poderiam surgir questionamentos que não eram previsíveis, coisa que não acontecia antes, pois, de antemão, elas já sabiam como montar e na falta de uma peça, qual outra substituir.

Esses foram momentos de muito colapso cognitivo, primeiro em ajudar os alunos a se desprenderem dos manuais e criar a partir do que já sabiam e depois, foi ajudá-los a sair do controle, outro elemento mediador, e a pensar como programar, que exige um

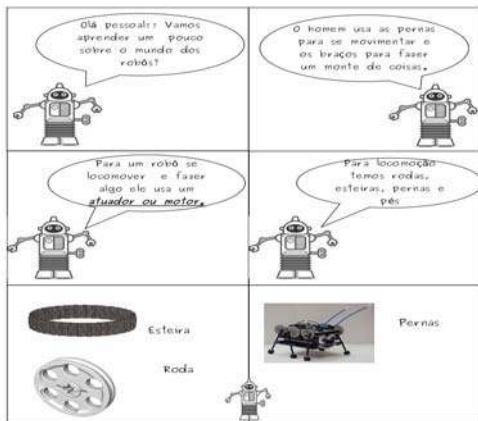


(a) Atividade Ligue os pontos: uso do Paint.

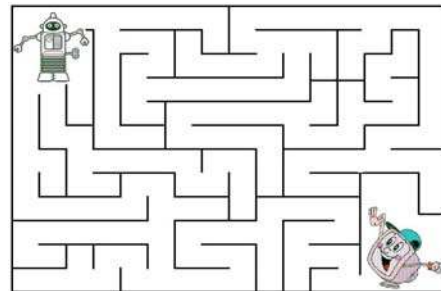
Gabinete	Monitor	Impressora	Estabilizador	Mouse
Fonte	Caixa de Som	Teclado	Microfone	

(b) Jogo da Memória.

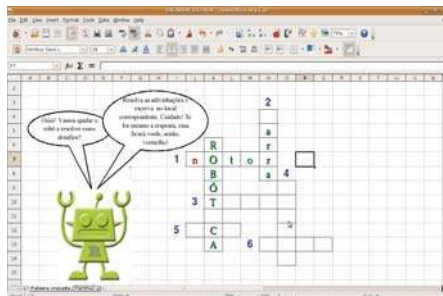
Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN
 Departamento de Engenharia da Computação e Automação
 PROJETO INCLUSÃO DIGITAL COM ROBÔS
 OFICINA DE ROBOTICA



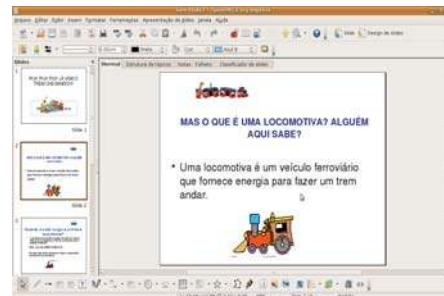
(c) História em Quadrinhos.



(d) Atividade extra-classe.



(e) Palavra-cruzada.



(f) Apresentação sobre locomotiva.

Figura 6.4: Exemplo de elementos mediadores produzidos para as oficinas



Figura 6.5: Realização de Atividades

pensar algoritmo. Isso exigiu que a equipe pedagógica não perdesse de vista que o suporte dado aos alunos era transitório, pois aos poucos o controle estava saindo das mãos das monitoras para os alunos.

As tarefas que os robôs deveriam executar eram simples. Consistiam na sua grande maioria em percorrer determinado caminho, apanhar algum objeto. Nessas oficinas, não foram realizadas tarefas que exigia o uso de controle de fluxo, só os comandos primitivos (direita, esquerda, frente, ré, abre/fecha garra e pare). As figuras 6.5 mostram as crianças durante a realização das oficinas.

Outra mudança neste segundo ano foram os critérios de avaliação. No ano de 2006 as monitoras sentiram dificuldade em analisar o desempenho das crianças. Era uma situação nova e isso as deixaram com dúvidas. Durante nossas reuniões construímos um novo modelo, apresentado na figura 6.6.

Com base nas avaliações obtidas, a construção do trabalho pelo enfoque sócio-interacionista mostrou-se rica em vários aspectos. O mais relevante é a construção do conhecimento pelos alunos. Outro aspecto é a participação de todos os envolvidos desde a concepção até a execução das mesmas.

RoboEduc

As avaliações de **software** RoboEduc foram feitas através de observações não estruturadas. A cada oficina, as monitoras-tutoras observavam as interações dos alunos com o *software*.

Universidade Federal do Rio Grande do Norte-UFRN Departamento de Engenharia da Computação e Automação PROJETO INCLUSÃO DIGITAL COM ROBÔS OFICINA DE ROBÓTICA/2007						
ATTITUDES / COMPORTAMENTO (0 a 3 pontos)						
Alunos (as) Itens	Aluno1	Aluno2	Aluno3	Aluno4	Aluno5	Aluno6
Avaliados						
Tomada de Decisão						
Resolução de Problemas						
Segurança						
Zelo						
Motivação						
Integração com a Equipe						
ASSIMILAÇÃO DOS CONTEÚDOS (0 a 7 pontos)						
Robótica						
Informática						
Conteúdo Interdisciplinar						
RELATÓRIO						
Descreva como procedeu a sua oficina e como seus alunos se comportaram durante a aula.						

Figura 6.6: Critérios para Avaliação/ Oficinas 2007

Uma das grandes dificuldades que surgiu foi o controle do robô. Os alunos ficaram um pouco perdidos quanto à noção de direita e esquerda (em relação ao referencial estabelecido). Eles sabiam, fisicamente, que direção o robô deveria tomar, mas havia dificuldades em expressar isso em movimentos na interface de controle. No início, as monitoras começaram a usar mnemônicos tais como os braços ("Olha o meu braço", "Vira para lá", "Vira para cá"). Até que, para soluções parciais, as iniciativas foram válidas, mas era preciso fazê-los avançar na aquisição dessas habilidades. Por isso, as tutoras foram orientadas quanto à necessidade de se trabalhar essas noções. Então, antes de se iniciar o controle, eram abordados com os alunos noções de lateralidade. Descrevemos abaixo alguns critérios elaborados pela equipe para análise do RoboEduc:

- **Gestão de erros:** o RoboEduc fornece aos usuários meios para corrigir seus próprios erros. Quando o usuário não determina o tipo de robô de acordo com a atividade (ver figura 6.7), o sistema informa que não existe o protótipo. Mas não diz o que, isso faz com que o aluno repense a atividade e qual o tipo robô.
- **Navegação:** a passagem de uma "aba" para outra não é direta. Outro problema é que se um aluno quiser programar um protótipo, ele tem que refazer a escolha do protótipo.
- **Carga informacional:** para diminuir a carga de informação, reduzindo a fadiga mental, foram utilizados os "menus".
- **Compatibilidade:** os comandos de controle são utilizados em todos os níveis, isso respeita o costume do usuário.
- **Fornecimento de Ajuda:** a ajuda é feita através de menus. No entanto, ainda não dá suporte para conteúdos de robótica ou estratégias.

Levando-se em conta que o desenvolvimento do *software* (ainda hoje) encontra-se ainda em andamento, as análises apresentadas até o momento ainda devem ser aprofundadas e outras serão feitas. Por exemplo, sente-se a falta de uma análise mais qualitativa

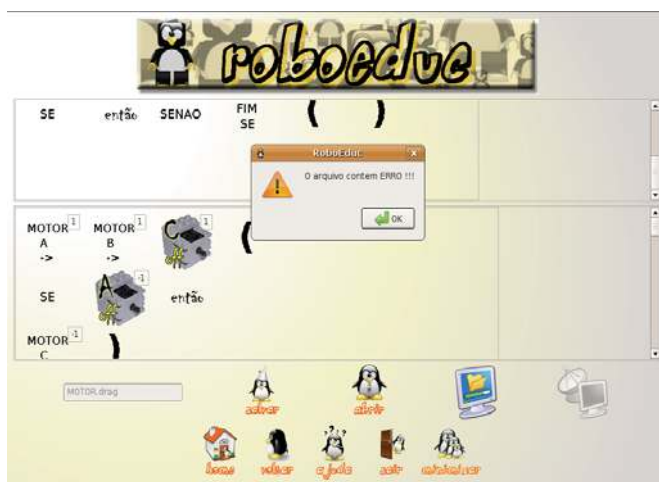


Figura 6.7: Tela de Erro - RoboEduc 3.0

do RoboEduc. Esta ocorrerá à medida que novas oficinas sejam realizadas. Estão previstas oficinas para 2009 com crianças da Alfabetização do Núcleo de Educação Infantil, NEI, da UFRN.

6.4 Avaliação Quantitativa

Embora a pesquisa-ação se paute em análise qualitativa dos dados, levantamos alguns dados quantitativos extraídos das avaliações sobre a participação dos alunos nas oficinas, com base na afirmação de Vygotsky de que a escola deve impulsionar um avanço nas zonas de desenvolvimento proximal de cada aluno. Pois, para Vygotsky[Vygotsky 1998]

aquilo que é zona de desenvolvimento proximal hoje será o nível de desenvolvimento real amanhã, ou seja aquilo que uma criança pode fazer com assistência hoje, ela será capaz de fazer sozinha amanhã.

Com base nas avaliações feitas pelas monitoras e de que o kit Lego era inicialmente destinado às crianças acima de onze anos, percebemos através das avaliações que, várias zonas foram criadas nos alunos: referente a montagem de protótipo, trabalho em equipe, uso do computador. E, como sendo definidas segundo o modelo de Vygotsky. A preocupação era que as atividades deveriam ser voltadas para crianças com idade de 12 anos, pois com base na teoria sócio interacionista, deve-se propor às crianças atividades que estejam dentro dos limites da ZDP (conceitos e exigências abstratas demais ficam fora dessa zona) [Vygotsky 1993, Vygotsky 2004].

As figuras 6.8(b) e 6.8(a) abaixo ilustram como ficou o desenvolvimento dos alunos no que se refere ao uso do software e à montagem de protótipos robóticos, tanto em 2006 quanto em 2007. Foi considerado que ainda não existe uma ZDP para essas atividades e que durante as oficinas essa foi criada, surgindo assim novas potencialidades nos alunos. Assim, os alunos foram agrupados por idades referentes à atividade. O critério para essa

classificação é a necessidade de ajuda de cada indivíduo. Quanto menos necessita de ajuda, mais está perto dos 12 anos.

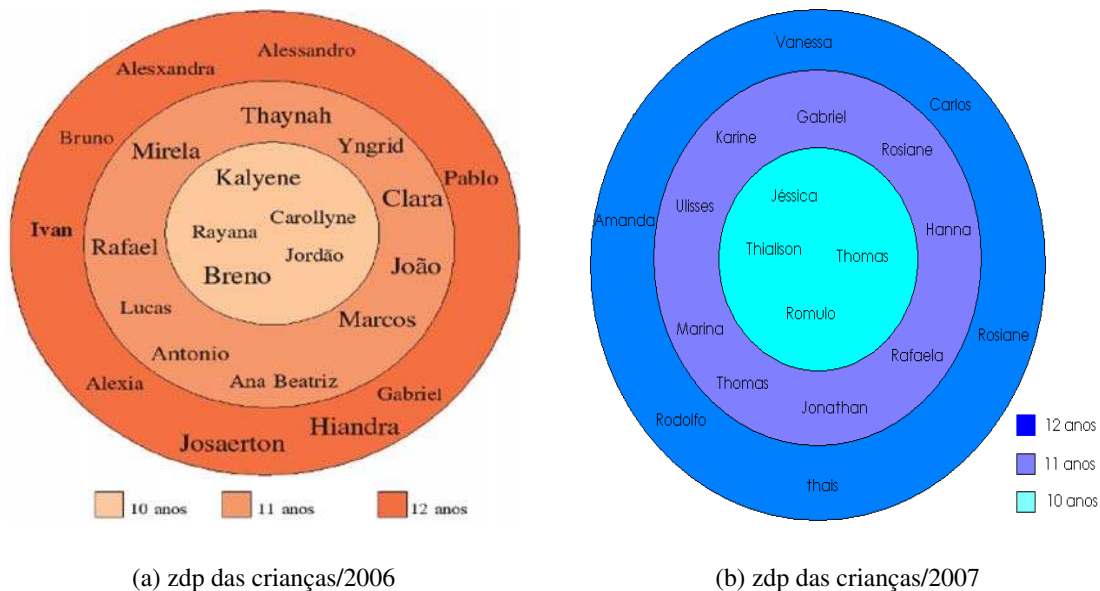


Figura 6.8: Avaliação zpd das crianças em 2006 e 2007

Podemos observar que a maioria das crianças encontra-se agrupada na faixa dos 11 anos. Isso significa que elas precisam de uma interação mais "branda" do que os que estão no setor dos 10 anos. Os alunos que estão no setor 12 anos são os que com as interações se beneficiaram com as atividades desenvolvidas.

Esses resultados nos permitem afirmar que, com as interações promovidas nas oficinas ampliou-se significativamente a potencialidade para a construção conjunta de estratégias que visavam responder aos desafios da construção de protótipos robóticos, tanto para o sujeito de nível cognitivo superior, quanto para aquele de nível inferior, o que implicou um novo desempenho, agora significativo do ponto de vista da robótica.

Com relação à programação, podemos afirmar que o pensamento das crianças em relação à programação usando o RoboEduc progrediu dentro da seqüência de três níveis conceituais. No primeiro nível, as setas são meios mnemônicos que auxiliam as crianças a realizarem o controle no nível da visualização. No segundo nível, os alunos entendem as setas a partir de suas propriedades, assim, podemos dizer que eles chegaram em um nível de análise. No terceiro nível, quando é chegado o momento da programação, tem-se a importância da ordenação. Existe uma ordenação lógica para colocar as setas para controlar um robô e seus significados. Programar não é uma atividade mecânica, como apertar algumas teclas, é pensar sobre o que fazer e como fazer, da melhor forma possível, para que o robô possa "aprender" corretamente determinada tarefa. A vantagem é que, com o RoboEduc, um programa pode ser depurado e a melhor maneira de resolver uma tarefa seja guardada. Uma outra vantagem é que a criança passar a perceber que existem problemas em que a solução não é única e pode ser sempre melhorada.

Isso pode ser visto quando na penúltima oficina, resolvemos verificar o tamanho do programa, devido a um questionamento de um aluno, de quem tinha feito o melhor caminho. Contamos quantas operações tinham sido feitas por cada aluno, e verificamos que alguns alunos conseguiram fazer a tarefa em menos tempo e com menos operações. Assim, podemos afirmar que as idéias que apareciam nas oficinas eram desenvolvidas dentro de um processo inter-psicológico [Vygotsky 1998], em que a idéia de um participante era apreciada pela monitora e pelos colegas e era discutida, criticada, transformada.

6.5 Considerações sobre os experimentos

Durante a realização das oficinas vários desafios surgiram, alguns foram superados e outros ainda continuam em estágio de latência. Um deles foi encontrar elementos mediadores que possibilitassem a aquisição de conceitos de robótica e de disciplinas afins (Matemática, Física etc). Os componentes do kit, que a princípio eram meras ferramentas, passaram a ser signos ao constituírem elementos dos manuais de montagem. Os robôs também passaram a ter seu caráter simbólico ao abordarmos conceitos como engrenagem, movimento, necessidade executar uma determinada tarefa.

Capítulo 7

Conclusão

Mude, mas comece devagar, porque a
direção é mais importante que a
velocidade...."
Clarice Lispector

Nesta tese propomos uma metodologia para a Robótica Educacional inspirada pela teoria sócio-interacionista de Vygotsky, cuja base é a utilização de mediações e criações de ZDP. Então, uma das principais contribuições deste trabalho é a aplicação dos pressupostos da teoria de Vygotsky, para validação da metodologia.

Com as oficinas, foi possível constatar a importância de mais um recurso para a educação, o robô. Com o uso da Robótica, muitos conteúdos podem ser analisados pelas crianças e professores de melhor forma, uma vez que essa tecnologia pode ser usada de diversas maneiras e em diferentes níveis de aprendizagem. Convém ressaltar que a tecnologia requer, ainda, um investimento financeiro expressivo, mas que vem ganhando grande notação no meio acadêmico e científico [d'Abreu 1999, Barrios Aranibar et al. 2006, Silva et al. 2008, Johnson 2002, Winer & Trudel 1991, Miglino & Lund 1999, Rocha 2006, Pio et al. 2006].

O desenvolvimento deste trabalho se orientou pela necessidade de desenvolver uma metodologia para o trabalho de robótica com alunos do Ensino Fundamental I, usando o Kit Lego Mindstorms RCX. Como foi constatado nas pesquisas, o que se tem atualmente é o uso de robótica voltado para alunos do ensino médio e na sua grande maioria visando preparação para as competições de robótica. Por entender que essa disciplina pode ser utilizada também na educação fundamental, sendo seu caráter essencialmente interdisciplinar, não se justifica a sua aplicação somente para utilização em competições ou como atividade extra-classe. Concluímos que a robótica necessita de pesquisas não só em questões técnicas, como também metodológica. Por isso, na medida em que criamos esforços em direção à superação de tais dificuldades, obtivemos resultados úteis que podem ser aplicados para a melhoria da qualidade do processo de uso de robótica nas escolas, como também entendemos estar contribuindo para que a Robótica Educacional se torne uma área de pesquisa *de fato*. Consequentemente, com o uso da teoria sócio-interacionista, possa-se compreender e criar possibilidades de aplicação de novos artefatos culturais e que estes possam ser utilizados de modo a contribuir para formação de conceitos científicos nas escolas do Ensino Fundamental.

Com a realização do nosso trabalho, os alunos tiveram oportunidade de trabalhar em grupo, planejar ações, projetar o modelo a ser construído, construir e apresentar o resultado final. Da maneira como foram planejadas, as atividades permitiram que os alunos utilizassem não só conceitos de Robótica, mas também outros conteúdos trabalhados no dia a dia pelas suas professoras. Além do mais, as atividades foram envolventes para os alunos, favorecendo o trabalho em equipe e colaborativo, desenvolvendo responsabilidade, a disciplina, o senso de organização, a descoberta, a auto-estima, a paciência, a persistência e a troca de experiência com os pares. Tudo isso, partindo de uma atividade lúdica, pois o brincar proporcionou troca de pontos de vista diferentes, ajudou a perceber como os outros os vêem e os auxiliam na manutenção de interesses comuns. Enfim, com as atividades desenvolvidas em cada oficina de robótica, uma gama de conteúdos, quer sejam conceituais ou procedimentais, foram trabalhados em conjunto com as envolvidas no projeto inclusão digital com robôs.

Para chegarmos à proposta da metodologia para robótica pedagógica com base na teoria sócio-histórica apresentada neste trabalho, realizamos inicialmente um estudo a teoria de Vygotsky e as suas várias aplicações em diversas áreas do conhecimento. Esse estudo ofereceu um panorama dos problemas enfrentados no processo de ensino-aprendizagem, com ênfase nas dificuldades relativas ao processo de ensino e avaliação. O foco foi o conceito de zona de desenvolvimento proximal (ZDP), que é complexo, envolvendo outros conceitos como sujeitos, ferramentas de mediação, conceitos científicos, dentre outros. Outra etapa fundamental para a elaboração da metodologia proposta, foi o estudo sobre Robótica, e, mais especificamente, sobre Robótica Educacional, trazendo como tema central de discussão o robô e o uso de conceitos de robótica para crianças. Os conceitos de ZDP e os de robótica são adotados na metodologia proposta, onde utilizamos a ZDP como uma unidade organizativa do processo de ensino-aprendizagem de vários conceitos científicos, habilidades e competências.

Com a aplicação das oficinas de robótica pedagógica na Escola Municipal Prof. Ascendino de Almeida, com crianças do 4º e do 5º ano do Ensino Fundamental, buscamos demonstrar a viabilidade do uso da metodologia proposta para o uso da robótica na escola. A quantidade e a relevância das informações obtidas sobre os processos de planejamento e de como o referencial teórico deve ser aplicado, desde a concepção das atividades até o processo de avaliação. Isso tudo nos ofereceu um exemplo de uma metodologia promissora para a utilização da robótica em escolas do Ensino Fundamental.

Um fato observado é que a utilização de robôs no processo de aprendizagem ainda é uma tarefa de certa complexidade para o universo escolar, seja pelo seu custo, pela gama de novos conceitos inerentes a robótica, seja pela opção educacional de cada escola. Entretanto, com este trabalho, encontramos transformações nos saberes práticos e pedagógicos referentes à robótica, à aprendizagem, ao ensino e ao planejamento, à avaliação, aos alunos e ao desenvolvimento de *software* educacional.

A transformação e a elaboração de saberes trouxeram melhorias para o desenvolvimento não só das crianças, como também de toda a equipe do projeto. Isso ocorreu devido às interações coletivas que promoveram algumas condições particulares que resultaram nas mudanças ocorridas durante a realização do projeto.

Entretanto, nossos resultados mostram, também, alguns limites do uso da teoria sócio-interacionista no desenvolvimento das oficinas, principalmente nas condições em que elas foram implementadas. É importante destacar esses limites, na medida em que eles podem apontar novas possibilidades de avanço.

Um fator limitante foi o pouco contato com os professores dos alunos que participaram das oficinas. Tínhamos inicialmente a proposta de trabalhar com os professores, mas devido à falta de espaço dentro da carga horária dos professores, não foi possível realizar oficinas especificamente com os professores.

Outro fator limitante foi a parte de avaliação. Avaliar não é uma tarefa trivial. Ainda mais quando se pretende determinar a ZDP. Apesar de definir critérios, a sua análise não é algo tangível, muito bem mensurável, e também perpassa por questões culturais. Como a ZDP, a avaliação também é fruto das interações. Essa dificuldade foi sentida pela nossa equipe ao analisar questões como habilidades e competências, o que ficou claro a grande importância de um referencial teórico sólido. No entanto, a análise dos conceitos científicos foi uma etapa fácil de chegar a um consenso.

Com o período de realização das oficinas, não foi possível estabelecer, como mostrado nos resultados, um conhecimento comum que permitia cada aluno a fazer as tarefas de controle e programação de robôs sozinhos, sem ajuda da monitora ou pares, apesar de que, para alguns, essa ajuda já era bem menor do que no início das atividades. Isto é, o processo de transferência de controle para o aluno já se encontra bastante avançado, ao final da nossa pesquisa.

7.1 Trabalhos Futuros

Tendo como base de que essa tese é um instrumento cultural e como tal "expandem os poderes da mente tornando a sabedoria do passado analisável no presente e passível de aperfeiçoamento no futuro" [Vygotsky 1998], apresentamos a seguir lista de propostas para alguns trabalhos que podem ampliar as pesquisas em Robótica Educacional no NatalNet e assim contribuir para uma utilização da robótica nas escolas do Ensino Fundamental.

Um primeiro trabalho seria investigar mais detalhadamente sobre os aspectos cognitivos envolvidos na passagem de um nível de programação para outro com uso do RoboEduc, com a conclusão do desenvolvimento do agente de diagnóstico apresentado por nós [Silva et al. 2008] para se obter melhores informações sobre a criação das ZDP. Outro trabalho que já vem sendo iniciado é melhorar o sistema de ajuda do software para que este seja mais um elemento de controle utilizado pelo aluno num momento de colapso cognitivo. Esta melhora inclui também modos de utilizar as informações sobre as estratégias criadas pelos alunos para modelar o comportamento de agentes robóticos.

Ainda, uma vez que o protótipo inicial do RoboEduc está pronto, resta investigar como se dará a apropriação do Sistema de Robótica Pedagógica RoboEduc por professores do Ensino Fundamental. Melhorias no software incluem utilizar a tele-presença (controle de robôs pela Internet) experimentalmente, publicar via RoboEduc as atividades, ampliar o RoboEduc para se tornar um ambiente virtual de aprendizagem usando protótipos robóticos. Ainda, seria interessante adicionar ao ambiente RoboEduc a possibilidade do

aluno simular a construção do seu protótipo e habilidades. Finalmente, possibilitar que a linguagem RoboEduc se torne orientada a objetos.

Quanto ao hardware, como não queremos nos prender a uma marca proprietária, seria interessante desenvolver um hardware barato, basicamente composto de um microcontrolador (para controle de protótipos robóticos), que possa ser usado com materiais reciclados (robótica com sucata).

Referências Bibliográficas

- Albuquerque, Ana Paula, Caio Monteiro Melo, Danilo Rodrigues César & Daniel Mill (2007.), *Robótica pedagógica livre: instrumento de criação, reflexão e inclusão sócio-digital*, em 'Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)', São Paulo-SP).
- Andrade, Adja Ferreira de, Lúcia M. M. Giraffa & Rosa Maria Vicari (2003), Uma aplicação da teoria sociointeracionista de vygotsky para construção de um modelo de aluno, em 'XIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação', Rio de Janeiro-RJ.
- Bagio, Rodrigo (2003), 'Mapa da exclusão digital'. Acesso: Abril/2006.
URL: http://www2.fgv.br/ibre/cps/mapa_exclusao/apresentacao/apresentacao.htm
- Baquero, Ricardo (1998), *Vygotsky e a Aprendizagem Escolar*, Artes Médica.
- Barrios Aranibar, Dennis, Viviane Gurgel, Aquiles Burlamaqui, Luiz M. G. Gonçalves, Marcela Santos, Gianna R. Araújo, Válber C. Roza & Rafaella A. Nascimento (2006), Technological inclusion using robots, em 'Anais do II ENRI - Encontro Nacional de Robótica Inteligente', XXVI Congresso da Sociedade Brasileira de Computação - SBC2006, Campo Grande, MS, Brazil.
- Barrios Aranibar, Dennis, Viviane Gurguel, Marcela Santos, Gianna R. Araujo, Valber C. Roza, Rafaella A. Nascimento, Alzira F. da Silva, Akynara Silva & Luis M. G. Nascimento (2006), Roboeduc: A software for teaching robotics to technological excluded children using lego prototypes, em '3rd IEEE Latin American Robotics Symposium', Santiago, Chile.
- Barros, Renata Pitta (2008), Roboeduc- uma ferramenta para programação de robôs lego, Relatório técnico, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- Batista, J. & A. Figueiredo (1997), Desenvolvimento de programas educativos por prototipagem continuamente evolutiva, em 'III Simpósio Investigação e Desenvolvimento de Software Educativo'.
- Brasil, Secretaria de Educação Fundamental (1997), *Parâmetros curriculares nacionais: introdução aos parâmetros curriculares nacionais*, Secretaria de Educação Fundamental, Brasília.
- Bri (2006), 'Brickos operating system and c/c++ development environment for the lego mindstorms rcx controller', <http://brickos.sourceforge.net/>. Acesso: Julho/2006.

- Castilho, Maria Inês (2002), *Robótica na educação: Com que objetivos?*, Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Cruz Neto, Genésio Gomes da, Alex Sandro Gomes & Patrícia Tedesco (2003), Aliando teoria da atividade e tropos na elicitação de requisitos de ambientes colaborativos de aprendizagem, em 'WORKSHOP EM ENGENHARIA DE REQUISITOS - WER03', Vol. 1.
- Cubelles, M. T. Gonzales (1987), *El Taller de los Talleres*, Talleres Gráficos de Indugraf.
- da Silva Filho, Antonio Mendes (2003), 'Os três pilares da inclusão digital', *Revista Espaço Acadêmico* 3(24).
- d'Abreu, João Vilhete Viegas (1999), Desenvolvimento de ambientes de aprendizagem baseados no uso de dispositivos robóticos, Anais do X Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Curitiba-PR.
URL: <http://www.nied.unicamp.br/oea>
- d'Abreu, João Vilhete Viegas (2004), Disseminação da robótica em diferentes níveis de ensino, em 'Revista educAtiva', Vol. 1, pp. 11–16.
- Dagdilelis, Vassilios, Maya Sartatzemi & Katerina Kagani (2005), Teaching (with) robots in secondary schools: Some new and not-so-new pedagogical problems, em 'Proceedings of the IEEE International Conference of Advanced Learning Technologies, ICALT 2005', pp. 757–761.
- Fitch, D. (2002), Digital inclusion, social exclusion and retailing: an analysis of data from the 1999 scottish household survey, em 'Technology and Society, 2002. (ISTAS'02). 2002 International Symposium on', pp. 309– 313.
- Franco, Maria Amélia Santoro (2005), 'Pedagogia da pesquisa-ação', *Revista Brasileira de Educação e Pesquisa* 31(3), 483–502. abril/2007.
URL: www.scielo.br/pdf/ep/v31n3/a09v31n3.pdf
- Frawley, William (2000), *Vygotsky e a Ciência Cognitiva: linguagem e integração das mentes social e computacional*, Artmed.
- Freitas, Maria Teresa de Assunção (2005), A abordagem sócio-histórica como orientadora da pesquisa qualitativa, em 'Caderno de Pesquisa[on-line]', número 116. Acesso:Fev/2006.
- Gallimore, R & R. Tharp (1990), *Teaching mind in society*, Cambridge University Press, New York.
- George, Sébastien & Christophe Despres (n.d.), A multi-agent system for a distance support in educational robotics.

- Halfpap, Dulce Maria (2005), Um Modelo de Consciência para Aplicação em Artefatos Inteligentes, Tese de doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Tecnológico. Engenharia de Produção e Sistemas.
- Jars, Isabelle, Nadia Kabachi & Michel Lamure (2004a), An additional step toward intelligence, *em* 'International Conference on Systems, Man and Cybernetics', IEEE.
- Jars, Isabelle, Nadia Kabachi & Michel Lamure (2004b), Proposal for a vygotsky's theory based approach for learning in multi-agent systems, *em* 'The AAAI-04 Workshop on Agent Organizations: Theory and Practice', San Jose, California. Obtido em <http://www.cs.uu.nl/virginia/aotp/papers/AOTP04IJars.Pdf>.
- André, Cláudio Fernando (Org.) (2008), *Guia de Tecnologias Educacionais-MEC-Secretaria de Educação Básica*.
URL: <http://www.mec.gov.br>
- Johnson, Jeffrey (2002), Children, robotics, and education, *em* '7th International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB-7)', pp. 491–496.
- Komosinski, Leandro José (2000), Um Novo Significado para a Educação Tecnológica fundamentado na Informática como Artefato Mediador da Aprendizagem, Tese de doutorado, UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.
- Lau, Kin W., Heng Kiat Tan, Benjamin T. Ervin & Pavel Petrovic (1999), Creative learning in school with lego(r) programmable robotics products, *em* 'Frontiers in Education Conference, 1999. FIE '99. 29th Annual', Vol. 2, pp. 12d4/26–12d4/31.
- LEGO (2006), 'Lego mindstorms', <http://mindstorms.lego.com>. Last Access in 26/07/2006.
- Lei de Diretrizes e Bases da Educação (Lei n. 9.394) - LDB* (1996), Congresso Nacional-Brasil. Acesso em 20 fev 2006.
URL: <http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/ldb.pdf>
- Lejos (2006), 'Lejos, java for the rcx', <http://lejos.sourceforge.net/index.html>. Acesso: julho/2006.
- Leontev, A.N (1977), 'Activity and consciousness'. Acesso: Março/2007.
URL: <http://www.marxists.org/archive/leontev/works/1977/leon1977.htm>
- Leontev, A.N (1978), 'Activity, consciousness, and personality'. Acesso: Março/2007.
URL: <http://www.marxists.org/archive/leontev/works/1978/index.htm>
- Luckin, Rosemary & Benedict du Boulay (1999), 'Ecolab: The development and evaluation of a vygotskian design framework', *International Journal of Artificial Intelligence in Education*.

- Lund, Henrik Hautop & Luigi Pagliarini (2000), Robocup jr. com lego mindstorms, *em* 'Proceedings of the 2000 IEEE International Conference on Robotics & Automation', San Francisco CA, pp. 813–819.
- Lévy, Pierry (1995), *As tecnologias da inteligência - o futuro do pensamento na era da informática*, 34.
- Martins, Luiz Eduardo Galvão (2001), Uma Metodologia de Elicitação de Requisitos de Software Baseada na Teoria da Atividade, Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação. Departamento de Engenharia de Computação e Automação Industrial, Campinas-SP.
- Martins, Luiz Eduardo Galvão (2007), Teoria da atividade: Um paradigma possível para elicitação de requisitos de software, *em* 'Workshop Um Olhar Sociotécnico sobre a Engenharia de Software (WOSES)', Porto de Galinhas-PE, pp. 13–24.
- Meer, J. (2003), 'Getting on the net: the struggle for digital inclusion of the navajo', *Technology and Society Magazine, IEEE* **22**(1), 53–58.
- Miglino, Orazio & Henrik Hautop Lund (1999), 'Robotics as an educational tool', *Journal of Interactive Learning Research* **10**, 25–48.
- Miranda, Leonardo Cunha de (2006), Robofácil: Especificação e implementação de artefatos de hardware e software de baixo custo para um kit de robótica educacional, Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Instituto de Matemática. Núcleo de Computação Eletrônica, Rio de Janeiro.
- Miranda, Marília Gouveia de & Anita C. Azevedo Resende (2006), 'Sobre a pesquisa-ação na educação e as armadilhas do praticismo', *Revista Brasileira de Educação* .
- Moysés, Lucia (1997), *Aplicações de Vygotsky à educação matemática*, Papirus.
- Murphy, Robin R. (2000), *Introduction to AI Robotics*, MIT Press, Cambridge, MA, USA.
- Módolo, Cristiane Machado (2007), Infográficos: características, conceitos e princípios básicos, *em* 'XII Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação da Região Sudeste'.
- NQC (2006), 'Not quite c language with a c-like syntax for the lego mindstorms rcx controller', <http://bricxcc.sourceforge.net/nqc/>. Acesso:julho/2006.
- Oliveira, Marta Kohl de (1997), *Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento um processo sócio-histórico*, Scipione.
- Papert, Seymour (1994), *A Máquina das Crianças:repensando a escola na era da informática*, ArtesMédicas.
- Passerino, Liliana Maria & Lucila Maria Costi Santarosa (2000), Uma visão sócio-histórica da interação dentro de ambientes computacionais., *em* 'IV Congresso Ibero-Americano de Informática na Educação'.

- Pazos, Fernando (2002), *Automação de Sistemas & Robótica*, Axcel Books do Brasil.
- Petre, Marian & Blaine Price (2004), 'Using robotics to motivate 'back door' learning', *Education and Information Technologies* **9**(2), 147–158.
- Pio, José Luiz, Thais Castro & Alberto Castro (2006), A robótica móvel como instrumento de apoio à aprendizagem de computação, em 'XVII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)'.
URL: <http://www.ipea.gov.br/>
- Portillo, Alfredo (2007), 'Las infografías como recurso didáctico para el análisis de los fenómenos geopolíticos. el caso da bolivia', *Revista de Teoría y Didáctica de las Ciencias Sociales* .
- Pozo, Juan Ignacio (1998), *Teorias Cognitivas da Aprendizagem*, 3ª edição, Artes Médica, Porto Alegre-RG.
- Pressman, Roger S. (2002), *Engenharia de Software.*, McGrawHill, Rio de Janeiro.
- Ribeiro, Célia Rosa (2006), Robôcarochinha: Um estudo qualitativo sobre a robótica educativa no 1o ciclo do ensino básico, Dissertação de mestrado, Universidade do Minho -Instituto de Educação e Psicologia.
- Rocha, Rogério (2006), A utilização da robótica pedagógica no processo de ensino-aprendizagem de programação de computadores, Dissertação de mestrado, Centro Federal e Educação Tecnológica de Minas Gerais-CEFET, Belo Horizonte-MG.
- Rondelli, Elizabeth (2003), 'Quatro passos para a inclusão digital'. Acesso:Abril/2006.
URL: <http://www.comunicacao.pro.br/setepontos/>
- Russell, Stuart & Peter Norvig (2004), *Inteligência Artificial*, Elsevier.
- Santos, Carmen L. R. & Jaime Simão Sichman (1997), Significado e representação de organizações em sistemas multi-agentes: Uma análise preliminar, em 'Anais do 1o. Encontro Nacional de Inteligência Artificial'.
- Santos, Marcela Gonçalves dos (2006), Roboeduc: Um software para ensino da robótica para crianças digitalmente excluídas utilizando protótipos lego, Relatório técnico, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Departamento de Computação e Automação.
- Santos, Neide (1999), 'Desenvolvimento de software educacional'.
- Selwyn, Neil (2004), 'Reconsidering political and popular understandings of the digital divide', *New Media Society* **6**, 341–362.

- Silva, Alzira Ferreira da, Luis M. Garcia Gonçalves & Renata Pitta Barros (2008), Diagnostic robotic agent in the roboeduc environment for educational robotics, em '5º Simpósio Latino-Americano de Robótica', Salvador-BA.
- Silva, Alzira Ferreira da, Aquinara Aglaé Silva, Luis M. Garcia Gonçalves, Renata Pitta Barros, Ana Maria G. Guerreiro & Dennis Barrios Aranibar (2008), Utilização da teoria de vygotsky em robótica educativa, em 'IX Congreso Iberoamericano de Informática Educativa-RIBIE', Caracas-Venezuela.
- Silva, Alzira Ferreira da & Luis M. Garcia Gonçalves (2007), Aprendizado em agentes robóticos baseado na teoria de vygotsky, em 'VIII Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente-SBAI', Florianópolis-SC.
- Solar, Javier Ruiz & Roberto Avilés (2004), 'Robotic courses for children as a motivation tool: The chilean experience', *IEEE Transactions on Education* **47**(4), 474–480.
- Steffen, Heloisa Helena (2002), Robótica pedagógica na educação: Um recurso de comunicação, regulação e cognição, Dissertação de mestrado, Escola de Comunicação e Artes, Universidade de São Paulo.
- Stinckwich, Serge, Severin Lemaignan & Samir Saidani (2007), 'Squeakbot : a pedagogical robotic platform', *Creating, Connecting and Collaborating through Computing, International Conference on* **0**, 137–144.
- Thiollent, Michel (2005), *Metodologia da pesquisa-ação*, Cortez Editora.
- Tripp, David (2005), 'Pesquisa-ação: uma introdução metodológica', *Revista Brasileira de Educação e Pesquisa* .
- Valente, José Armando (2004), *Computadores e Conhecimento: repensando a educação*, Gráfica da UNICAMP.
- van der Veer, René & Jaan Valsiner (2001), *Vygotsky: uma síntese*, Edições Loyola, São Paulo-SP.
- Vygotsky, Lev S. (1993), *Pensamento e Linguagem*, Martins Fontes.
- Vygotsky, Lev S (1998), *A Formação Social da Mente*.
- Vygotsky, Lev S. (2004), *Psicologia Pedagógica*, Martins Fontes.
- Wainer, Jacques (2007), Métodos de pesquisa quantitativa e qualitativa para a ciência da computação, em 'JAI 2007. Jornada de Atualização em Informática, Anais do XXVII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação'.
- Willis, Suzanne & Bruce Tranter (2006), 'Beyond the 'digital divide': Internet diffusion and inequality in australia', *Journal of Sociology* **42**(1), 43–59.
- Wilson, Kenneth R., Jennifer S. Wallin & Christa Reiser (2003), 'Social stratification and the digital divide', *Social Science Computer Review* **21**(2), 133–143.

- Winer, Laura R. & H el ene Trudel (1991), 'Children in an education robotics environment: experiencing discovery', *J. Comput. Child. Educ.* **2**(4), 41–53.
- Wooldridge, Michael (1993), *An Introduction to Multiagent System*, John Wiley e Sons Ltd.
- Zilli, Silvana do Rocio (2004), A rob tica educacional no ensino fundamental: Perspectivas e pr ticas, Disserta o de mestrado, Programa de P s-gradua o em Engenharia de Produ o, Universidade Federal de Santa Catarina.